

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 4(76)/2019

Новочеркасск

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

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

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

Выпуск № 4(76)/2019

Октябрь – декабрь 2019 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

Ответственный секретарь – Л. И. Юрина

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

Технический редактор, выпускающий – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – А. И. Литовченко

Переводчик – В. В. Кульгавюк

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

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

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

Подписано в печать 22.11.2019. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 22,1. Тираж 500 экз. Заказ № 41

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

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

ISSN 2313-2248



9

772313 224008

Дата выхода в свет 06.12.2019
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

Абраменко И. П., Ревунов Р. В. Направления и факторы повышения эффективности использования водных ресурсов Ростовской области.....	5
Лытов М. Н. Агрофитоценоз как объект управления гидротермическим режимом в условиях орошения.....	9
Балакай Г. Т., Куприянова С. В. Ресурсосберегающие мероприятия при осуществлении водных мелиораций на орошаемых землях юга России	14
Федотова Е. В. Водораспределение на рисовой оросительной системе в условиях маловодья	21
Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Мелиоративная эффективность кормовых трав на песчаных землях аридной зоны.....	26
Юркова Р. Е., Докучаева Л. М., Балакай Г. Т. Почвенно-мелиоративное состояние пойменных земель Нижнего Дона.....	31
Бабичев А. Н., Сидаренко Д. П. Определение порога безубыточности при внедрении технологии прецизионного орошения в овощном севообороте.....	38
Чернова М. А., Буковский М. Е., Кузьмин К. А. Оценка ресурсов поверхностного стока реки Савалы на территории Тамбовской области	42
Клишин И. В. Компьютерная программа для прогноза изменений уровня грунтовых вод в результате временного поднятия воды в реке, канале, водохранилище.....	47
Сафронова Т. И., Степанов В. И. Вероятностная модель принятия управленческих решений при проведении мелиоративных мероприятий.....	53
Рябцева Н. А. Эффективность технологий возделывания полевых культур на черноземе обыкновенном Ростовской области	59
Майер А. В. Управление гидротермическим режимом и физиологическая активность плодовых культур.....	65
Хожанов Н. Н., Медерова Н., Хожанова Г. Н. Некоторые проблемы дифференцирования системы земледелия в аридной зоне Казахстана	70
Власов М. В. Расчет укрупненных нормативов удельных капиталовообразующих инвестиций в строительство и реконструкцию оросительных систем.....	76
Шкура Вл. Н., Шевченко А. В., Шинкаренко Т. В. Обоснование целесообразности устройства и технология функционирования приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов	82
Мусаев А. И., Хожанов Н. Н., Турсунбаев Х. И. Основы энергетической эффективности орошения сточными водами в Казахстане	88
Полухина Е. В., Власенко М. В., Кулик А. К. Выращивание качественной виноградной продукции в засушливых условиях	94
Малышева Н. Н., Якуба С. Н., Настаченко А. В., Кизинёк С. В. Проблемы водообеспеченности рисовых систем Краснодарского края и пути их решения.....	99
Владимиров С. А. Влияние способов содержания почвы в допосевной период при различных режимах влажности на урожайность риса.....	106
Рыжаков А. Н., Кузьмичёв А. А., Мартынов Д. В. Разработка геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений».....	110

Шепелев А. Е., Юченко Л. В. Особенности конструкции широкозахватной дождевальнoй машины фронтального действия	118
Омариев Ш. Ш., Рамазанова Т. В., Караева Л. Ю. Влияние различных кормовых севооборотов на ирригационную эрозию	124
Приходько И. А. «Балльная методика» оценки мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы	127
Газарян А. С., Гловацкий О. Я., Хамдамов Б., Азизов О. Р. Совершенствование технологических режимов насосных станций в условиях нестационарного движения жидкости	137
Пунинский В. С. Информационные и цифровые технологии системы машин для механизации мелиоративных работ	142
Нецепляев Д. А., Белоусов А. А., Гонзалез-Гальего М. Р., Коржов В. И. Автоматизация расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оросительной сети	150
Гонзалез-Гальего М. Р., Белоусов А. А., Нецепляев Д. А., Коржов В. И. Информационно-технологическая поддержка гидравлических расчетов водозаборных сооружений оросительных систем	154
Пономаренко Т. С., Бреева А. В., Ковалев С. В. Анализ работы информационно-аналитической системы мониторинга параметров окружающей среды «Эмерсит»	160

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Штанько А. С., Удовидченко Я. Е. Особенности геометрии корневых систем яблони сорта Айдаред, произрастающей на склоновых землях	166
Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю., Ветренко Е. А. Влияние режима орошения и минерального питания на урожай капусты белокочанной	170
Удовидченко Я. Е., Штанько А. С. Особенности формирования локальных контуров влажности на склоновых землях при капельном поливе	174

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Слабунов В. В., Воеводин О. В. К вопросу приоритета использования типовой проектной документации для строительства и реконструкции мелиоративных объектов	180
Воеводин О. В., Слабунов В. В. Аспекты формирования фонда типовой проектной документации для строительства мелиоративных объектов	186

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

УДК 626.81

И. П. Абраменко

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

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

Р. В. Ревунов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация;

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

НАПРАВЛЕНИЯ И ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Целью исследования является изучение существующего в настоящее время механизма эксплуатации водоресурсных благ (на материалах Ростовской области) в контексте повышения социо-эколого-экономической эффективности регионального водопользования, обоснование организационно-экономических мероприятий, направленных на интенсификацию использования водных ресурсов на микро- и мезоэкономическом уровнях. С помощью эконометрических методов определены показатели и динамика антропогенного воздействия на водные объекты Ростовской области за период 2014–2018 гг., что позволяет сделать вывод о перманентно возрастающей эмиссии загрязняющих веществ в акватории водных объектов Ростовской области. Совокупное загрязнение возросло с 82,1 тыс. т в 2014 г. до 104,6 тыс. т в 2018 г. (+22,5 тыс. т). Авторами обосновывается тезис о том, что повысить эффективность эксплуатации водных ресурсов можно с помощью реализации организационно-экономических мероприятий, включающих в себя частно-государственное партнерство, концессионный механизм, реализацию налоговых и административных преференций.

Ключевые слова: регион; Ростовская область; водные ресурсы; водопользование; водное хозяйство.

I. P. Abramenko

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

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

R. V. Revunov

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation;

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

TRENDS AND FACTORS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF WATER RESOURCES USE IN ROSTOV REGION

The aim of the research is to study the current mechanism of water resources use (based on materials of Rostov region) in the context of increasing the socio-ecological and

economic efficiency of regional water use, substantiation of organizational and economic measures aimed at intensifying the use of water resources at micro- and mesoeconomic levels. Using econometric methods, indicators and dynamics of anthropogenic impact on water bodies of Rostov Region for the period 2014–2018 were determined, which allows to conclude that the emission of pollutants is constantly increasing in the water bodies of Rostov Region. Total pollution increased from 82.1 thousand tons in 2014 to 104.6 thousand tons in 2018 (+22.5 thousand tons). The thesis on possibility of increasing the efficiency of water resources use through the organizational and economic measures, including private-public partnerships, a concession mechanism and the implementation of tax and administrative preferences is substantiated by the authors.

Key words: region; Rostov region; water resources; water use; water industry.

Введение. Качественные характеристики используемых в промышленном, сельскохозяйственном, питьевом водоснабжении водоресурсных благ являются фактором, определяющим показатели как экономического развития, так и социального благополучия граждан. По мнению видных деятелей науки, «...большинство крупных водохранилищ на реках заилены и имеющиеся в них резервы воды значительно уменьшились по сравнению с запроектированными» [1]. Кроме того, как отмечают исследователи, «высокая степень антропогенной нагрузки на природную среду вынуждает по-новому взглянуть на проблему комплексной оценки экологической емкости территорий. Окружающая нас среда многолика и разнопланова, а человечество в процессе своей жизнедеятельности воздействует на среду обитания и на местном уровне, и на региональном, и на глобальном» [2]. Указанные обстоятельства аргументируют научный поиск направлений повышения эффективности использования водных ресурсов на микро- и мезоэкономическом уровнях.

Методы исследования. Среди отраслей ростовской промышленно-хозяйственной инфраструктуры, вклад которых в деградацию регионального водного бассейна является наибольшим, необходимо выделить машиностроение, химическую и металлургическую промышленность, отрасли агропромышленного комплекса, связанные с орошаемым земледелием [3, 4]. В таблице 1 представлена информация, отражающая антропогенное воздействие на акватории Ростовской области, в таблице 2 показан удельный вес отраслей экономики Ростовской области в загрязнении водоемов [5–9].

Таблица 1 – Загрязнение водоемов Ростовской области за период 2014–2018 гг. в отраслевом разрезе

Наименование отрасли экономики	Год					Динамика
	2014	2015	2016	2017	2018	
Промышленность	37,1	38,3	39,7	41,1	42,3	5,2
Агропромышленный комплекс	21,2	29,2	29,7	31,4	32,1	10,9
Жилищно-коммунальное хозяйство	15,2	15,8	16,3	17,4	18,9	3,7
Прочее загрязнение	8,6	8,8	9,4	10,5	11,3	2,7
Всего	82,1	92,1	95,1	100,4	104,6	22,5

Таблица 2 – Удельный вес отраслей экономики Ростовской области в загрязнении водоемов, 2014–2018 г.

Наименование отрасли экономики	Год					Динамика
	2014	2015	2016	2017	2018	
Промышленность	45,2	41,6	41,7	40,9	40,4	–4,7
Агропромышленный комплекс	25,8	31,7	31,2	31,3	30,7	4,9
Жилищно-коммунальное хозяйство	18,5	17,2	17,1	17,3	18,1	–0,4
Прочее загрязнение	10,5	9,6	9,9	10,5	10,8	0,3
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

Анализ информации, отраженной в таблицах 1 и 2, показывает, что антропогенное воздействие на водные объекты Ростовской области возрастает за период наблюдения на 22,5 тыс. т. Наиболее высокий темп роста загрязнения демонстрирует агропромышленный комплекс, негативное воздействие которого увеличилось с 21,2 тыс. т в 2014 г. до 32,1 тыс. т в 2018 г. Вклад промышленности в совокупное загрязнение водоемов региона возрос с 37,1 до 42,3 тыс. т за период наблюдения (+5,2 тыс. т). Жилищно-коммунальное хозяйство и другие отрасли экономики Ростовской области также показывают увеличение загрязнения водных объектов. В структуре загрязнения наибольший удельный вес принадлежит промышленности, однако ее доля сокращается с 45,2 % в 2014 г. до 40,4 % в 2018 г. (–4,7 %). Удельный вес агропромышленного комплекса возрастает с 25,8 до 30,7 % за анализируемый период (+4,9 %). Доли жилищно-коммунального хозяйства и прочих отраслей в структуре загрязнения водоемов Ростовской области колебались незначительно за период наблюдения.

В данном контексте сокращение не имеющего аналогов антропогенного воздействия на водные объекты Ростовской области является приоритетной задачей, так как успешное экономическое развитие, повышение конкурентоспособности региона в современных условиях в значительной степени детерминировано эффективностью использования водоресурсных благ, а также степенью минимизации деструктивных последствий реализации инвестиционных проектов. Актуальность сказанного возрастает, если учесть остроту проблемы обеспечения жителей региона питьевой водой надлежащего экологического качества, так как дефицит водоресурсных благ в Ростовской области постоянно возрастает и оказывает непосредственное воздействие на социо-эколого-экономическое благополучие, что подтверждается результатами научных исследований [10–12].

На современном этапе Ростовская область обладает природно-ресурсным потенциалом, формирующим благоприятные предпосылки для высокопродуктивной сельскохозяйственной деятельности, представленной отраслями растениеводства, животноводства, переработки сельскохозяйственной продукции. При этом необходимо особо отметить тот факт, что эффективность агропромышленного комплекса в значительной степени детерминирована качеством земельных угодий и используемых для орошения водных ресурсов, влияющих на урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур. В Ростовской области наблюдается дефицит водоресурсных благ надлежащего экологического качества. Регрессу количественных и качественных характеристик водных ресурсов способствует ресурсорасточительный режим их хозяйственного освоения, сочетающийся с высоким антропогенным прессингом на водные объекты. Крупнейшая река Южно-Российского макрорегиона – Дон – подвержена интенсивному загрязнению сточными водами. Загрязненная поливная вода попадает в почву, накапливается в ней, что также способствует ухудшению ее качественных характеристик.

Результаты и обсуждение. Существующей на сегодняшний день в Российской Федерации в целом и Ростовской области в частности системе управления водопользованием присущи такие атрибуты, как чрезмерная централизация, избыточное сосредоточение полномочий по управлению водными ресурсами на уровне федерального правительства, что затрудняет своевременную реакцию на изменение ситуации и не позволяет в полной мере учесть региональную водохозяйственную специфику. Указанные обстоятельства аргументируют необходимость модернизации действующей системы управления водными ресурсами.

Предложения по совершенствованию системы управления водопользованием на микро- и мезоэкономическом уровнях заключаются в передаче части полномочий по надзору и регулированию в сфере водного хозяйства от Российской Федерации к субъектам Российской Федерации и органам местного самоуправления. Также целесообразно наделить органы местного самоуправления правами по надзору за водохозяйственной практикой в части соблюдения водопользователями установленных природоохранных норм. На сегодняшний день необходимые контрольные полномочия

у муниципалитетов отсутствуют, что способствует многочисленным нарушениям водохозяйственных стандартов (подобная тенденция в наибольшей мере характерна для сельских районов), это приводит к ухудшению качественных характеристик малых водных объектов, вызывая их обмеление, загрязнение. Указанная тенденция, в свою очередь, способствует деградации почв. С учетом сказанного не вызывает сомнений необходимость формирования нормативно-правовой базы и административных инструментов муниципального контроля за водохозяйственной деятельностью в границах своих территорий.

В числе организационно-экономических мер, направленных на повышение эффективности регионального водопользования, необходимо выделить концессионный способ реализации водохозяйственных проектов, субсидирование (за счет средств бюджетной системы Российской Федерации) процентных ставок по привлекаемым кредитам, связанным с реализацией приоритетных водохозяйственных проектов, предоставление отсрочек и (или) сниженных процентных ставок в отношении местных и региональных налогов и сборов. Практическая реализация обозначенных предложений способствует интенсификации водопользования Ростовской области.

Выводы. Существующей в настоящее время в Ростовской области водохозяйственной практике присущ экологодестабилизирующий, ресурсорасточительный характер, что является фактором, сдерживающим темпы социально-экономического развития региона. Реализация комплекса организационно-экономических и административно-правовых мероприятий, включающих в себя государственно-частное, муниципально-частное партнерство, концессионный механизм, реализацию налоговых и административных преференций, позволяет повысить социо-эколого-экономическую эффективность водопользования на микро- и мезоэкономическом уровнях.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 1–11. – Режим доступа http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec585-field6.pdf. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.

2 Мусихина, Е. А. Новый подход к оценке ущерба водным ресурсам / Е. А. Мусихина, О. М. Мусихина // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 7. – С. 33.

3 Москаленко, А. П. Регулятивные особенности эколого-экономического взаимодействия в природохозяйственных комплексах / А. П. Москаленко // Экономика и экология территориальных образований. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 42–53.

4 Ревунов, Р. В. Водопользование Ростовской области: показатели, динамика, территориальные особенности / Р. В. Ревунов, Е. А. Янченко // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 11(58). – С. 98–100.

5 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2017 году» / под общ. ред. В. Г. Гончарова, М. В. Фишкина; Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д., 2018. – 367 с.

6 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2016 году» / под общ. ред. В. Г. Гончарова, Г. А. Урбана; Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д., 2017. – 368 с.

7 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2015 году» / под общ. ред. В. Н. Василенко, Г. А. Урбана, А. Г. Куренкова, С. В. Толчеевой, С. Ю. Покуля; Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д., 2016. – 369 с.

8 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2014 году» / под общ. ред. В. Н. Василенко, Г. А. Урба-

на, А. Г. Куренкова, С. В. Толчеевой, С. Ю. Покуля; Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д., 2015. – 383 с.

9 Официальный сайт Правительства Ростовской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.donland.ru>, 2019.

10 Ревунов, С. В. Инструменты повышения эффективности природопользования на микро- и мезоэкономическом уровнях / С. В. Ревунов, Д. В. Янченко // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 3-1(32). – С. 145–147.

11 Суровцева, С. С. Сетевое взаимодействие организаций различной ведомственной принадлежности в воспитании рационального водопользования и бережного отношения к водным ресурсам / С. С. Суровцева // Актуальные проблемы состояния и рационального использования водных ресурсов: материалы регион. науч.-практ. конф. – 2015. – С. 136–139.

12 Чумакова, В. Н. Водохозяйственная практика региона: направления модернизации и повышения эффективности / В. Н. Чумакова, Л. А. Новосельская, Д. В. Янченко // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 9(98). – С. 1288–1290.

УДК 635.04:631.6.03

М. Н. Лытов

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

АГРОФИТОЦЕНОЗ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Целью исследований является качественная идентификация фундаментальных связей, определяющих подходы к регулированию гидротермического режима агрофитоценозов в условиях орошения. Предмет исследования – структурно-функциональная организация, функциональные связи, системы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза, реализуемые посредством оросительных мелиораций. Основным методологическим принципом исследований стал комплексный подход к оценке потенциала оросительных мелиораций как совокупного регулятора водного и температурного режима агрофитоценоза. Обосновано, что солнечная радиация, температура почвы, микроклимат в среде посева и доступность почвенной влаги являются основными факторами, определяющими гидротермический режим агрофитоценоза. Регулируя перечисленные выше факторы окружающей среды, орошение позволяет в значительной мере контролировать гидротермический режим агрофитоценоза. Предложена укрупненная модель управления гидротермическим режимом агрофитоценоза, устанавливающая фундаментальные связи между объектом, предметом управления и средствами управления, в качестве которых выступают различные способы орошения сельскохозяйственных культур. Фактический водный режим растений в агрофитоценозе рассматривается как баланс потребления почвенной влаги и расходования воды на транспирацию надземными органами растения. Отмечена связь температурного режима растений с условиями водообеспечения агрофитоценоза, приведены примеры использования мелкодисперсного и комбинированного орошения для регулирования микроклимата посевов.

Ключевые слова: агрофитоценоз; гидротермический режим; модель управления; орошение; факторы внешней среды.

M. N. Lytov

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

AGROPHYTOCENOSIS AS AN OBJECT OF HYDROTHERMIC MODE CONTROL UNDER IRRIGATION

The aim of the research is the qualitative identity of fundamental relationships determining the approaches to regulating the hydrothermic regime of agrophytocenoses under irrigation. The subject of the study is the structural and functional organization, functional relationships, systems for the agrophytocenosis hydrothermal regime regulation applied through irrigation reclamation. The main methodological principle of the research was an integrated approach to assessing the irrigation reclamation potential as an aggregate regulator of the water and temperature regime of agrophytocenosis. It was proved that solar radiation, soil temperature, microclimate in seeding environment and the availability of soil moisture are the main factors that determine the hydrothermal regime of agrophytocenosis. By regulating the environmental factors listed above, irrigation makes it possible to control significantly the hydrothermic regime of agrophytocenosis. An enlarged model for controlling the hydrothermic regime of agrophytocenosis which establishes fundamental relations between an object, a subject of control, and control means which are various methods of crop irrigation was proposed. The actual plant water regime in agrophytocenosis is considered as a balance of soil moisture consumption and water consumption for transpiration by the plant aboveground organs. The connection of the plant temperature regime with the water supply conditions of agrophytocenosis is noted, the examples of finely dispersed and combined irrigation use to control the crops microclimate are given.

Key words: agrophytocenosis; hydrothermic regime; control model; irrigation; environmental factors.

Введение. Агрофитоценоз как система характеризуется упорядоченной структурой, наличием входящих возмущающих факторов (внешняя среда) и функцией отклика. Последняя характеризует реакции растений (сообщества сельскохозяйственных растений) на совокупное действие возмущающих факторов, реализуемое в соответствии с генетической программой и адаптационным потенциалом возделываемых культур. Как любая другая система, агрофитоценоз характеризуется большим числом внутренних связей, внутренних каналов обмена энергией и меньшим их числом – с внешней средой. Сложная внутренняя организация позволяет растениям, а также всему растительному сообществу адаптироваться к условиям внешней среды, реализовывать физиологические функции, формировать и накапливать биологическую массу (ростовые процессы), развиваться (качественная трансформация растительного организма в онтогенезе), реализовывать репродуктивную функцию. Все эти функции важны, так как суммируются реализацией потенциала продуктивности культуры.

Однако не всегда перечисленные функции имеют однонаправленный вектор. Например, функция адаптации растений к условиям окружающей среды предполагает направление части ассимилированной энергии для задействования приспособительных механизмов. Чем сильнее выражена и используется эта функция, тем больше энергии растения тратят на приспособление к условиям окружающей среды в ущерб ростовым функциям и продукционному процессу. Наиболее ярко это проявляется в сравнении культурных и диких форм растительных организмов. Последние имеют несравнимо больший адаптационный потенциал, который позволяет растениям выжить и реализовать репродуктивные функции в условиях естественной природной среды. При этом потенциал воспроизводства и накопления биологической массы растениями сравнительно невелик, как правило, несопоставим с потенциалом продуктивности культурных форм.

Условия среды, в которой выращиваются культурные формы растений, искусственно регулируются, снижая непроизводительные затраты энергии и синтезированного органического вещества на реализацию приспособительных функций. Однако на практике области регулирования условий внешней по отношению к агрофитоценозу

среды далеки от возможности полного исключения затрат энергии на приспособительные реакции растений. Большинство значимых для физиологии растений факторов лишь частично улучшаются применяемыми агротехнологиями, при этом не компенсируется в полной мере стохастика природного фактора, а некоторые из факторов и вовсе находятся в минимуме, лимитируя уровень формируемого урожая. К таким лимитирующим факторам в засушливых условиях юга России относится гидротермический режим агрофитоценоза. Целью исследований является определение фундаментальных связей, определяющих подходы к регулированию гидротермического режима агрофитоценозов в условиях орошения.

Материалы и методы. Гидротермический режим объединяет два важнейших для реализации физиологических функций фактора жизни растений – условия водообеспеченности и температурный режим растений. В минимуме в засушливых регионах юга России эти факторы легко превышают адаптационный потенциал многих сельскохозяйственных культур. Выращивание таких культур в условиях засухи возможно только при орошении. Орошение здесь выступает в роли ключевого агротехнического регулятора. Орошение и сейчас рассматривается как главный инструмент регулирования водного режима почвы в условиях засухи, определяющего условия водообеспечения растений. Комплексная оценка потенциала оросительных мелиораций как совокупного регулятора водного и температурного режима агрофитоценоза позволяет существенно более эффективно использовать регуляторный ресурс орошения.

Методология исследований базируется на известных принципах теории систем [1], теории управления технологическими процессами [2], основных положениях теории мелиорации [3]. Материалами исследований являются опубликованные материалы, касающиеся теории и практики эксплуатации оросительных систем [3, 4], опыта регулирования гидротермического режима посевов в различных климатических зонах России и мира [5–7].

Результаты и обсуждение. Укрупненная модель управления гидротермическим режимом агрофитоценоза в условиях орошения представлена на рисунке 1.

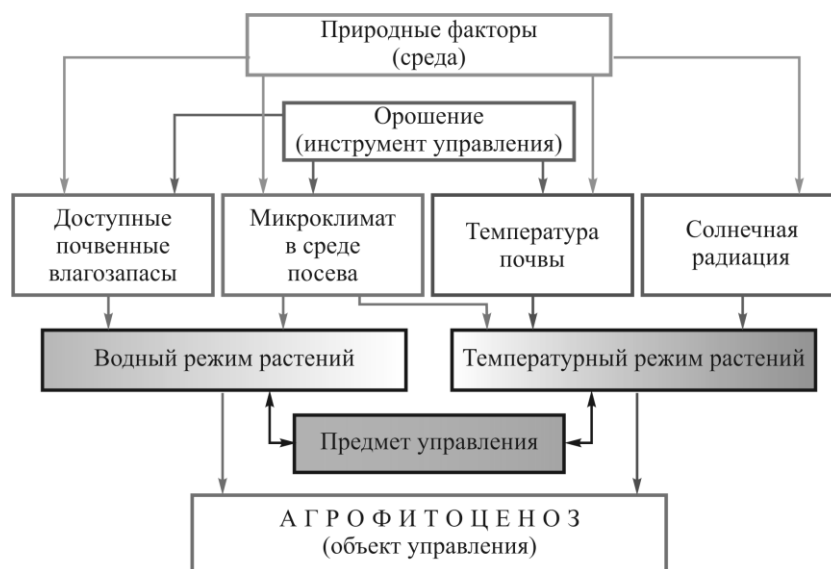


Рисунок 1 – Укрупненная модель управления гидротермическим режимом агрофитоценоза в условиях орошения

Предметом управления при регулировании гидротермического режима агрофитоценоза являются, собственно, водный режим растений и температурный режим растений, оцениваемый по правилам генеральной совокупности. Генеральную совокупность в этом смысле составляют все растения агрофитоценоза, который и является объектом управления в рамках решаемой задачи. Задача управления гидротермическим

режимом агрофитоценоза – поддержание оптимального для биологии культуры водного и температурного режимов:

$$T_{\text{опт}} = \{t | t_{\min} < t < t_{\max}\}$$

и

$$W_{\text{опт}} = \{W | W_{\min} < W < W_{\max}\},$$

где $T_{\text{опт}}$, $W_{\text{опт}}$ – соответственно физиологически оптимальные оценки температурного и водного режима растений;

$t_{\min}$, $W_{\min}$ – количественные оценки температуры (°C) и оводненности растительных тканей (%), соответствующие нижнему порогу физиологически оптимального диапазона;

$t_{\max}$, $W_{\max}$ – количественные оценки температуры (°C) и оводненности растительных тканей (%), соответствующие верхнему порогу физиологически оптимального диапазона.

Фактические показатели температурного и водного режима растений в естественных условиях определяются совокупностью факторов, характеризующих состояние внешней среды и оказывающих непосредственное влияние на гидротермический режим агрофитоценоза. В предложенной модели из таких факторов выделены следующие:

- солнечная радиация. Этот параметр внешней среды определяет приток тепловой энергии в виде излучения и почти неуправляем с позиций классической агротехники культур открытого грунта. В плане снижения уровня воздействия этого фактора известны опробованные приемы изменения альбедо посева [8], однако технология не получила широкого распространения;

- температура почвы. Этот фактор чрезвычайно важен, так как определяет физиологию функционирования корня. В естественных условиях зависит от степени проективного покрытия площади вегетативной массой растений, солнечной радиации, складывающихся метеорологических условий, содержания почвенной влаги и др.;

- микроклимат в среде посева. Составной фактор, содержащий оценки температуры и относительной влажности воздуха в среде посева, ветровой режим, – все те оценки параметров приземного слоя атмосферы, от которых зависит температурный режим и формирование водного баланса растения;

- доступность почвенной влаги. В естественных условиях определяется режимом поступления атмосферных осадков, динамикой поверхностного испарения и транспирации растительного полога, гидрогеологическими особенностями участка и пр.

Все указанные факторы, за исключением притока солнечной радиации, поддаются регулированию при помощи орошения (рисунок 1).

Фактический водный режим растений в агрофитоценозе определяется балансом потребления почвенной влаги и расходования воды на транспирацию надземными органами растения. Условия доступности почвенной влаги растениям зависят от наличия почвенных влагозапасов и водно-физических свойств самой почвы, определяющих матричное давление почвенной влаги. Регулированию этого фактора преимущественно подчинены почти все известные технологии орошения. Оптимальное орошение для регулирования доступности почвенной влаги определяется условиями:

$$P_{\text{опт}} = \{p | p < p_n\}$$

и

$$Q_{\text{опт}} = \{q | q < q_n\},$$

где $P_{\text{опт}}$, $Q_{\text{опт}}$ – соответственно оптимальные диапазоны матричного давления почвенной влаги (кПа) и аэрации почвы (%);

p_n – пороговое значение матричного давления почвенной влаги, в пределах которого почвенная влага доступна данному виду растений, кПа;

q_n – пороговое значение содержания почвенного воздуха, обусловленное физиологией растений и требованиями к оптимальному развитию почвенной микробиоты, %.

Динамика расходования воды на транспирацию зависит от комплекса факторов, к основным из которых относятся энергетические ресурсы атмосферы, параметры вегетативного развития растительного полога, физиологическое состояние растений. Оптимальной транспирацией растений следует считать тот ее диапазон, который соответствует оптимальному физиологическому состоянию растений при наличии доступной почвенной влаги. Избыточные энергетические ресурсы атмосферы при этом могут быть понижены путем регулирования отдельных показателей микроклимата, в частности снижения температуры воздуха и повышения влажности воздуха в среде посева. При этом следует учитывать требования биологии растений к влажности воздуха, которые для разных культур могут существенно различаться.

Регулирование параметров микроклимата в технологическом плане остается достаточно сложным вопросом. Для решения задач этого плана выделен отдельный способ орошения – мелкодисперсное дождевание. Технологии мелкодисперсного дождевания довольно энергоемки и до настоящего времени требовали специального, дорогостоящего оборудования. Сегодня во ВНИИГиМ разработан ряд оригинальных предложений по освоению комбинированных технологий орошения, в т. ч. сочетанное использование капельного и мелкодисперсного дождевания [9, 10]. Разработка позволяет решать проблему реализации частых повторных технологических циклов и снизить энергоемкость мелкодисперсного дождевания за счет оптимизации схем расстановки дождевательных аппаратов.

Для регулирования температуры почвы разработаны специальные технологии утеплительного орошения. Однако они получили ограниченное распространение из-за отсутствия необходимой для реализации энергоэффективной технологии получения теплой воды в достаточных для орошения объемах. Специальных технологий для компенсации перегрева почвы нет. Но такое смещение фактора, как правило, обуславливается дефицитом почвенной влаги. Почвы с достаточным (оптимальным) уровнем влагосодержания при развитом проективном покрытии растительного полога преимущественно не имеют проблем с перегревом до физиологически значимого уровня.

Выводы. Солнечная радиация, температура почвы, микроклимат в среде посева, доступность почвенной влаги являются основными факторами, определяющими гидротермический режим агрофитоценоза. Регулируя перечисленные выше факторы окружающей среды, орошение позволяет в значительной мере контролировать гидротермический режим агрофитоценоза. Предложена укрупненная модель управления гидротермическим режимом агрофитоценоза, устанавливающая фундаментальные связи между объектом, предметом управления и средствами управления, в качестве которых выступают различные способы орошения сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников

- 1 Артюхов, В. В. Общая теория систем: самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы / В. В. Артюхов. – М.: Либроком, 2009. – 224 с.
- 2 Денисова, Л. А. Модели и методы проектирования систем управления объектами с переменными параметрами / Л. А. Денисова. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 168 с.
- 3 Мелиорация земель / А. И. Голованов, И. П. Айдаров, М. С. Григоров, В. Н. Краснощеков, В. С. Кожанов, С. А. Максимов, Л. Ф. Пестов, В. П. Пчелкин, Г. А. Рябова, Г. А. Сенчуков, Т. И. Сурикова, Ю. И. Сухарев, В. В. Шабанов, А. П. Аверьянов. – М.: КолосС, 2011. – 824 с.
- 4 Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Колганов, Н. В. Сухой, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.
- 5 Responses of growth, yield and N use efficiency of selected tomato cultivars to varia-

tions in hydrothermal regimes of the cropping seasons in a tropical rainforest zone of Nigeria / S. O. Agele, I. A. Adeniji, E. O. Alabi, A. Olabomi // Journal of Plant Interactions. – 2008. – Vol. 3, № 4. – P. 273–285.

6 Шумаков, Б. Б. Аэрозольное орошение: технология и эффективность / Б. Б. Шумаков, В. В. Бородычев // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – № 7. – С. 7–11.

7 Шабанов, В. В. Расчет необходимости гидротермических мелиораций / В. В. Шабанов // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1968. – № 4. – С. 85–92.

8 Технология регулирования гидротермического режима посевов при орошении / С. Н. Сабуренков, А. В. Колганов, М. Ю. Храбров, К. В. Губер, Г. П. Лямберт, В. В. Бородычев // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 3. – С. 36–38.

9 Дубенок, Н. Н. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур / Н. Н. Дубенок, А. В. Майер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1(49). – С. 9–19.

10 Система комбинированного орошения / В. В. Бородычев, М. Ю. Храбров, В. К. Губин, Н. Г. Колесова, Т. С. Акимова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 201–210.

УДК 631.67:628.1

Г. Т. Балакай, С. В. Куприянова

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

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ВОДНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЮГА РОССИИ

Цель исследований – информационное обеспечение специалистов агропромышленного комплекса России в области методов и способов водосбережения на орошаемых землях юга России. Приводится анализ и обобщение результатов многолетних исследований ученых Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации, посвященных рациональному использованию водных ресурсов на орошаемых землях, которое обеспечивает получение высокой урожайности при одновременной экономии водных ресурсов. В качестве основных мероприятий ресурсосбережения рассматриваются: методы планирования водоподдачи и способы управления работой насосных станций на водозаборе, противифльтрационные мероприятия, управление водораспределением на межхозяйственной и внутрихозяйственной сети, рациональные способы полива, совершенствование дождевальной техники и технологии орошения, усовершенствованные дифференцированные режимы орошения, повышение плодородия почвы и биопродуктивности орошаемых земель, соблюдение принципов ландшафтного земледелия и обработки почвы на орошаемых землях. Реализация перечисленных основных мероприятий позволяет в совокупности снизить объемы использования водных ресурсов для орошения сельскохозяйственных культур на 25–30 %, сократить расход оросительной воды на единицу продукции на 10–15 % и повысить эффективность использования орошаемых земель на 15–20 %.

Ключевые слова: мелиорация земель; информационное обеспечение мелиоративного комплекса; орошаемое земледелие; водосберегающие технологии орошения; мелиоративные мероприятия; ресурсосбережение; рациональные способы полива.

G. T. Balakay, S. V. Kupriyanova

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

RESOURCE-SAVING PRACTICES DURING WATER RECLAMATION ON IRRIGATED LANDS IN THE SOUTH OF RUSSIA

The aim of the research is to provide information support for specialists in Russian agro-industrial complex in the field of methods and ways of water conservation on irrigated lands in southern Russia. The analysis and generalization of multi-year research by scientists of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems on sustainable use of water resources on irrigated lands which provides high yields at simultaneous water resources saving is given. Water delivery planning methods and methods of controlling the operation of pumping stations at the water intake, anti-filtration practices, water distribution management on inter-farm and intra-farm networks, rational irrigation methods, improvement of sprinkling machines and irrigation technology, advanced differentiated irrigation modes, increasing soil fertility and bio-productivity of irrigated lands, observing the principles of landscape farming and cultivation of irrigated land are considered as the main measures of resource conservation. The implementation of the main measures mentioned above allows to reduce collectively the volume of water resources used for irrigation of crops by 25–30 %, irrigation water consumption per unit of output by 10–15 % and to increase the efficiency of irrigated land use by 15–20 %.

Key words: land reclamation; information support of reclamation complex; irrigated agriculture; water-saving irrigation technologies; land reclamation measures; resource conservation; rational irrigation methods.

Введение. Мелиорация земель является одним из основных факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития агропромышленного комплекса России [1, 2]. В настоящее время дальнейшее развитие орошаемого земледелия во многом определяется наличием водных ресурсов. Хотя на долю России приходится почти половина мировых запасов, в экономике страны используется порядка 65 км^3 , а в отрасли АПК на орошение и сельхозводоснабжение приходится ежегодно около $8,8 \text{ км}^3$ [3, 4]. Объемы водозабора из природных источников по субъектам РФ различаются в больших пределах, и связаны они в основном с хозяйственной деятельностью регионов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Объемы забора воды в субъектах РФ из природных источников, км^3

Наибольший объем водозабора отмечается в Краснодарском крае ($6,7 \text{ км}^3$). Это связано в основном с расходом воды на возделывание риса на площади 130 тыс. га и

более, а также с использованием ее в промышленности и коммунальном хозяйстве края. Большие объемы отбора воды отмечаются также в промышленно развитых регионах России: Ленинградской, Тюменской и Московской областях (соответственно по 5,9; 4,16 и 3,79 км³ воды в год).

Свободных объемов воды становится недостаточно для расширения площадей орошаемых земель до уровня 1980 г., когда водопользование для орошения и сельхозводоснабжения составляло 23 км³ (рисунок 2). Так, дефицит водных ресурсов, пригодных для орошения, на юге России прослеживается на р. Дон, Кубань, Терек и др. Из-за недостаточного количества и плохого качества воды в водных источниках дальнейшее развитие орошаемого земледелия становится проблематичным. В связи с этим расширение площадей орошаемых земель возможно только при совершенствовании мелиоративного комплекса страны и внедрении водосберегающих мероприятий, техники и технологий орошения.



Рисунок 2 – Динамика использования водных ресурсов, относящихся к виду «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство», в т. ч. на орошение

По данным Минсельхоза России, в состав российского мелиоративно-водохозяйственного комплекса федеральной собственности входит более 60 тыс. различных гидротехнических сооружений, в т. ч.: свыше 230 водохранилищ, более 2 тыс. регулирующих гидроузлов, около 50 тыс. км водопроводящих и сбросных каналов, свыше 3 тыс. км защитных валов и дамб.

В Поволжском, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах практически все водные ресурсы вовлечены в народно-хозяйственную деятельность. Суммарный водозабор на хозяйственные нужды по ряду речных бассейнов превышает экологически допустимые объемы изъятия, в т. ч. по р. Дон – 64 %, по р. Терек – 68 %, по р. Кубани – 80 % от среднегодового стока.

Вместе с тем наблюдаются недопустимо большие потери воды, в т. ч. в сельском хозяйстве, например, в европейской части России – до 30 % (несовершенные техника и технологии полива, завышенные нормы полива, непроизводительные сбросы в растениеводстве, завышенные нормы подачи воды для целей животноводства). В связи с этим актуальными являются вопросы разработки ресурсосберегающих техники и технологий орошения, направленных на экономию водных ресурсов и за счет них увеличение орошаемых площадей и эффективности их использования. В решение этой проблемы большой вклад внесли мелиоративные институты РАН и отраслевые институты и вузы Минсельхоза России, одним из которых является ФГБНУ «РосНИИПМ».

Комплексные разработки ФГБНУ «РосНИИПМ» решают большинство проблем дефицита водных ресурсов за счет новых разработок техники и технологий водосбережения на мелиоративных системах, начиная от водозабора на оросительных сетях и заканчивая современной поливной техникой с использованием технологии прецизионного орошения сельскохозяйственных культур на орошаемом поле. Эти мероприятия позволяют сократить объемы забора воды на цели гидромелиорации на 20–25 % и более.

Материалы и методы. В ходе проведения исследований, а также их камеральной, математической и статистической обработки использовались общепринятые методики проведения исследований и программное обеспечение. В данной статье приводятся основные результаты исследований РосНИИПМ с целью поиска водо- и ресурсосберегающих технологий орошения сельскохозяйственных культур. Анализ и обобщение результатов исследований РосНИИПМ за последние три десятилетия показывают, что экономия водных и энергетических ресурсов может происходить в несколько этапов осуществления водных мелиораций, начиная от водозабора на водоисточнике и заканчивая орошаемым полем [3, 4].

Результаты и обсуждение. По результатам исследований установлено, что при осуществлении водных мелиораций экономия водных и энергетических ресурсов может происходить по нескольким основным направлениям (рисунок 3).

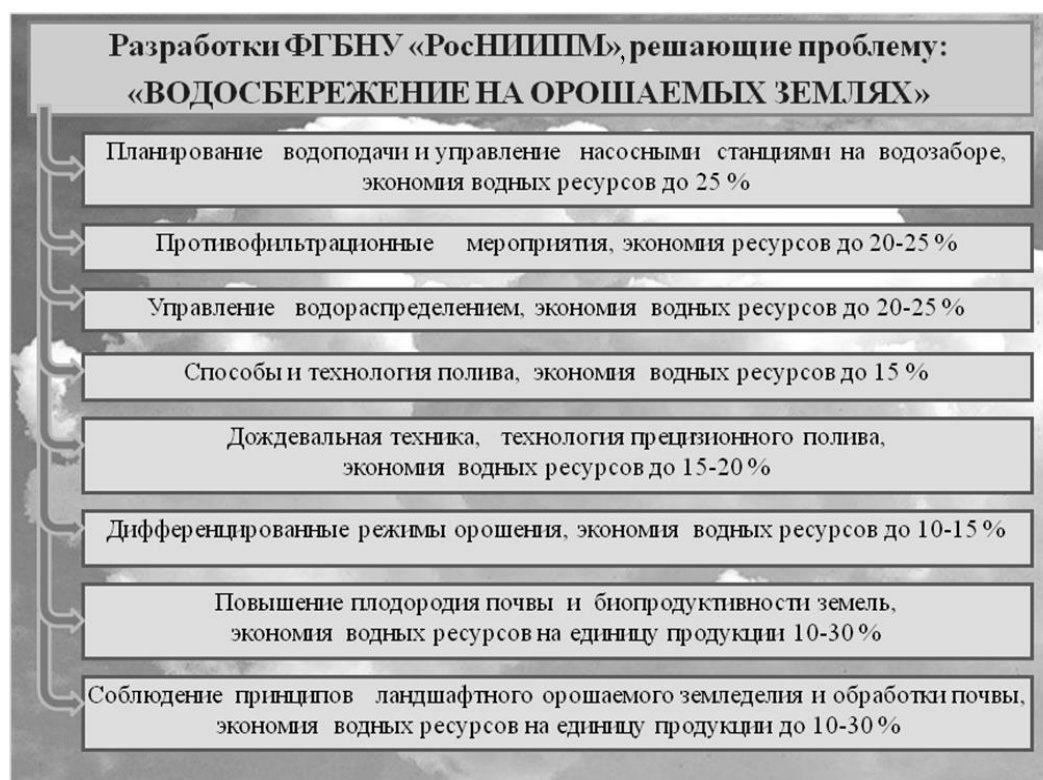


Рисунок 3 – Блок-схема основных направлений рационального использования и сбережения водных ресурсов на орошаемых землях юга России

На рисунке 3 приведена блок-схема и основные мероприятия, позволяющие на современном этапе развития мелиорации земель экономить не менее 20–25 % оросительной воды, используемой на орошение, и при этом получать высокую и стабильную урожайность большинства сельскохозяйственных культур.

Определенный вклад в водо- и энергосбережение может внести внедрение в производство результатов исследований ученых ФГБНУ «РосНИИПМ» по приведенным ниже основным направлениям.

1 Планирование водоподачи и управление работой насосных станций на водозаборе [4]:

- обоснованное автоматизированное планирование водоподачи обеспечивает уменьшение объемов забираемой воды из источника не менее чем на 15–25 % за счет снижения объемов водоподачи на орошаемое поле, потерь воды на распределительной оросительной сети и уменьшения объемов работ и энергоресурсов при строительстве оросительной сети;

- снижение объемов забираемой воды за счет освоения усовершенствованных режимов орошения, циклической и периодической технологий орошения;

- уменьшение затрат энергоресурсов за счет использования современного насосно-силового оборудования с более высоким КПД;

- снижение потребности в объемах оросительной воды на орошаемом поле обеспечивает уменьшение расходов воды в канале, и тем самым уменьшаются размеры сечения каналов и их профиль, снижаются объемы земляных работ при строительстве каналов, а также расход облицовочных и других материалов.

2 Противофильтрационные мероприятия и закрытая оросительная сеть [5]:

- снижение потерь оросительной воды на фильтрацию на 20–25 % путем изменения технологии строительства и замены каналов в земляном русле каналами с облицовкой, что обеспечивает повышение их пропускной способности в 1,5 раза;

- применение облицовок из сборных железобетонных плит НПК позволяет снизить фильтрацию и повысить КПД транспортирующей сети с 0,76 для земляных русел до значений КПД 0,93 для каналов в облицовке, а использование высоконадежных конструкций противофильтрационных экранов из полимерных материалов нового поколения (геокомпозитов) с наиболее высокими физико-механическими характеристиками позволяет повысить КПД водораспределительных каналов до 0,97–0,98 и снизить потери воды на фильтрацию на 20 % и более по сравнению с современным состоянием каналов в земляном русле;

- снижение потерь на фильтрацию позволяет увеличить пропускную способность каналов и уменьшить сечения распределительных каналов, снизить затраты на строительство и эксплуатацию оросительной сети;

- современные полимерные и композитные материалы с долговечным жизненным циклом позволяют прокладывать закрытую внутрихозяйственную сеть с доведением КПД до 0,99, исключить потери на фильтрацию и ирригационный сток и экономить до 10–15 % оросительной воды.

3 Управление водораспределением на межхозяйственной и внутрихозсети [4]:

- автоматизированное планирование и оперативная корректировка водораспределения с использованием программных средств (разработки исполнителя, патенты) снижают непроизводительные сбросы оросительной воды из каналов на 5–15 %;

- автоматизация и программное обеспечение своевременного пуска и отключения насосов с учетом эффекта добегающей воды по каналам до распределительного узла позволяют экономить 10–15 % электроэнергии, расходуемой насосными станциями на перекачку воды;

- в орошаемом земледелии создание на внутрихозсети водооборотных систем с использованием сбросовых вод и опреснением (разбавлением) коллекторно-дренажных вод до допустимых нормативов позволяет экономить до 10–15 % оросительной воды.

4 Рациональные способы полива [5]:

- системы капельного орошения являются водосберегающим способом полива и позволяют экономить до 20–30 % оросительной воды, однако являются дорогостоящими и пока малораспространенными;

- поверхностные способы полива по бороздам имеют большие потери воды 15–25 % на фильтрацию и ирригационный сток, поэтому применять их можно только с использованием технических средств распределения воды и укладкой перфорирован-

ной пленки на дно борозды (способной сократить вдвое потери на фильтрацию), в связи с этим на сегодняшний день одним из основных способов полива остается дождевание.

5 Совершенствование дождевальной техники и технологии полива [5, 6]:

- применение дождевальных машин с прецизионной технологией орошения позволяет дозированно распределять оросительную воду, равномерно увлажнять почву на всем участке и повышать урожайность на 10–15 %;

- замена устаревших дождевальных машин типа ДДА-100ВХ (имеют наибольшее распространение в Южном федеральном округе, у них потери воды составляют 25–30 %, в т. ч. на фильтрацию из каналов внутрихозсети в земляном русле и временных оросителей на поле 10–15 % и технологические сбросы от 15 до 20 %) современными широкозахватными дождевальными машинами;

- замена энергонасыщенных ДМУ «Фрегат», «Кубань» современными широкозахватными дождевальными машинами позволяет экономить энергоресурсы на 30–35 % за счет снижения напора в трубопроводах с 0,7 до 0,35 МПа;

- применение технологии циклического и периодического орошения предполагает введение в севообороты засухоустойчивых культур, которые можно поливать только в критические периоды роста растений для получения максимальной прибавки урожая на единицу объема оросительной воды;

- использование очищенных животноводческих стоков, разбавленных природной водой, позволяет снизить нормы минеральных удобрений на 30–50 % и поддерживать баланс органического вещества в почве.

6 Усовершенствованные дифференцированные режимы орошения:

- применение водосберегающих экономически обоснованных оросительных норм для полива сельскохозяйственных культур позволяет экономить 10–15 % воды;

- дифференцированные режимы орошения сельскохозяйственных культур при постоянном, циклическом или периодическом орошении с поддержанием оптимальной влажности почвы поливами в наиболее критические фазы роста растений;

- исследованиями ученых РосНИИПМ и других организаций установлено, что снижение поливных и оросительных норм на 20 % от оптимальных биологических расчетных (установленных экспериментально) приводит к уменьшению урожайности только на 3–8 %, поэтому является экономически выгодным и обоснованным.

7 Повышение плодородия почвы и биопродуктивности земель позволяет увеличить урожайность и снизить затраты водных ресурсов на единицу продукции [7–9]:

- повышение плодородия почвы за счет внесения расчетных норм минеральных и органических удобрений на планируемую урожайность позволяет поддерживать баланс питательных веществ в почве, повысить урожайность в 2–3 раза и снизить на 10–15 % расходы оросительной воды на единицу урожая;

- выбор рациональных севооборотов и оптимальных составов (структуры) сельскохозяйственных культур при орошении позволяет повысить урожайность и эффективность использования земель;

- применение рациональных дифференцированных режимов орошения с учетом эколого-мелиоративного состояния орошаемого поля позволяет избежать подтопления, вторичного засоления, осолонцевания и снижения плодородия почвы и урожайности.

8 Соблюдение принципов ландшафтного земледелия и обработки почвы на орошаемых землях предполагает [10]:

- выполнение агротехнических работ по снижению поверхностного стока от талых, дождевых и ирригационных вод и их аккумуляцию в почве путем освоения компенсационных мероприятий на различных типах ландшафтов, что сокращает количество поливов и расход поливной воды на 300–500 м³/га, или 10–15 %;

- учет рационального соотношения орошаемых и богарных земель на агроландшафтах, которое обеспечивает экологическую устойчивость;

- использование агролесомелиоративных мероприятий с целью снижения эрозии и дефляции, создания благоприятного микроклимата для развития растений;
- проведение обработки почвы с учетом типа агроландшафта и уклона поверхности, в т. ч. щелевания, поверхностной обработки почвы поперек склона с сохранением стерни, полосное размещение культур;
- на пропашных культурах более частое рыхление почвы после поливов для создания рыхлого слоя и снижения испарения с поверхности почвы.

По большинству предложенных выше направлений водосбережения при осуществлении водных мелиораций в РосНИИПМ подготовлены программы для ЭВМ, которые можно использовать в качестве информационного обеспечения для специалистов ФГБУ по мелиорации земель и сельхозводоснабжению для управления эксплуатацией оросительных систем и рационального использования водных ресурсов.

Выводы. Внедрение в производство ресурсосберегающих научных разработок РосНИИПМ в области мелиорации земель позволит снизить объемы использования водных ресурсов для орошения сельскохозяйственных культур на 25–30 % и более, расход оросительной воды на единицу продукции на 10–15 % и повысить эффективность использования орошаемых земель на 15–20 %.

Список использованных источников

1 Стратегия инновационного развития мелиоративного комплекса России на период 2012–2020 годы / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, А. И. Перельгин, Л. М. Докучаева, Т. П. Андреева, Н. И. Балакай; ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2011. – 48 с. – Деп. в ВИНТИ 19.07.11, № 348-B2011.

2 Балакай, Г. Т. Развитие мелиорации – основа стабилизации производства сельскохозяйственной продукции в России / Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 2(02). – С. 1–9. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=21&id=22>.

3 Использование водных ресурсов в АПК: науч. обзор / Г. А. Сенчуков, А. С. Капустян, В. Д. Гостищев, Д. В. Ермак; ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2011. – 60 с. – Деп. в ВИНТИ 23.05.11, № 242-B2011.

4 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / сост.: В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Г. А. Сенчуков, Е. И. Шкуланов; под общ. ред. В. Н. Щедрина; ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ». – М., 2009. – 342 с.

5 Высоконадежные конструкции противofильтрационных облицовок каналов и водоемов с применением инновационных материалов / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, А. В. Ищенко, О. А. Баев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2013. – 24 с. – Деп. в ВИНТИ 13.01.14, № 7-B2014.

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

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

8 Приемы повышения биопродуктивности земель, сохранения почвенного плодородия и экологической устойчивости агроландшафтов: науч. обзор / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, Е. В. Полуэктов, А. Н. Бабичев, Л. А. Воеводина, Л. И. Юрина; ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2011. – 71 с. – Деп. в ВИНТИ 19.07.11, № 349-B2011.

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

10 Полуэктов, Е. В. Агроландшафты юга России и их классификация по типам / Е. В. Полуэктов, Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2006. – С. 43–48.

УДК 631.671; 631.559.2

Е. В. Федотова

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

ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ В УСЛОВИЯХ МАЛОВОДЬЯ

В данной статье описаны мелиоративные условия Нижней Кубани, а именно Черноерковской оросительной рисовой системы; выявлено, что при растущем дефиците воды для полива риса создаются предпосылки для решения оптимизационной задачи по распределению и перераспределению воды. Предложен вариант оптимального распределения поливной воды с использованием производственной функции – зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от оросительной нормы.

Ключевые слова: орошаемое земледелие; водораспределение; мелиоративно-водохозяйственный комплекс; оросительная система; внутрихозяйственная оросительная система.

E. V. Fedotova

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

WATER DISTRIBUTION ON RICE IRRIGATION SYSTEM UNDER THE CONDITIONS OF LOW WATER LEVEL

The reclamation conditions of the Lower Kuban, namely the Chernookovsky irrigation rice system is described; it was revealed that the prerequisites for solving the optimization problem of water distribution and redistribution are caused by increasing water deficit for rice irrigation. The variant of the optimal irrigation water distribution using the production function – the dependence of crop productivity on irrigation rate is proposed.

Key words: irrigated agriculture; water distribution; reclamation-water industry complex; irrigation system; on-farm irrigation system.

Орошаемое земледелие, и особенно рисоводство, является самым крупным водопотребителем в сельскохозяйственном производстве. Значительная часть забираемой на орошение воды расходуется на фильтрацию из каналов и непроизводительные сбросы из оросительной сети (вследствие плохой работы дренажа и отсутствия должной планировки) и пополняет запасы грунтовых вод, что вызывает их подъем, заболачивание и засоление почв.

Водные ресурсы р. Кубани и ее притоков являются одним из главных «жизнеобеспечивающих» факторов агропромышленного комплекса Краснодарского края. При возникновении длительных и даже кратковременных маловодных периодов в бассейне р. Кубани, которые наблюдаются раз в 3 года, отмечается ощутимый ущерб сельскохозяйственному производству в масштабах края, и особенно рисоводческой отрасли. Рисовый мелиоративный комплекс является наиболее весомой составляющей обще-

го водохозяйственного комплекса Кубани, фактически около 80 % всего российского риса производится в Краснодарском крае.

Для выращивания риса в крае в 1920–1930 гг. были осушены большие площади плавней и построены оросительные и оросительно-обводнительные мелиоративные системы. Рисосеяние Кубани развивается в весьма сложных в почвенном отношении условиях, формирующих своеобразные приемы возделывания риса с соответствующим водным режимом.

Мелиоративный комплекс Кубани представлен достаточно крупными водохранилищами (Краснодарское, Крюковское и Варнавинское), гидротехническими регулирующими сооружениями (Федоровский и Тиховский), современными инженерными мелиоративными системами, имеющими общую подающую и отводящую межхозяйственную сеть.

Сток нижнего течения р. Кубани регулируется Краснодарским водохранилищем, сток левобережных ее притоков – Шапсугским, Крюковским и Варнавинским. Краснодарское водохранилище – самое крупное на р. Кубани, построено в 1975 г., предназначено для защиты от паводковых наводнений, хозяйственно-бытового и питьевого водоснабжения и гарантированной подачи воды на орошение. Для нужд рисосеяния (230 тыс. га) из бассейна р. Кубани забирается до 3,5 км³ воды, более половины которой после использования возвращается в Приазовские дельтовые лиманы, являющиеся местами нереста ценных пород рыб.

В составе мелиоративного комплекса Кубани Черноерковская рисовая оросительная система (ЧОРС) является одной из крупнейших рисовых систем России. Общая площадь орошаемых земель системы – 33,2 тыс. га, протяженность оросительной и сбросной сети каналов составляет 4674 км, в т. ч. межхозяйственных – 568 км. Вода на орошение поступает из р. Протоки, являющейся правым рукавом р. Кубани [1].

В техническом исполнении система на 68 % состоит из карт краснодарского типа и на 32 % из карт кубанского типа.

ЧОРС расположена внутри Приазовского подрайона, где высота местности близка к уровню моря, а по отдельным депрессиям опускается до отметки 0,5 м. Высотные отметки обуславливают сильное влияние моря и лиманов на мелиоративное состояние системы. В неудовлетворительном состоянии по недопустимым уровням залегания грунтовых вод и по засолению находится 13325 га, или 38,2 % от ирригационного фонда.

Территория имеет довольно однообразный равнинный рельеф и, как правило, характеризуется очень мягкими, постепенными перепадами с общим уклоном в сторону моря. Доминирующими формами рельефа являются лиманные понижения, русла угасших и действующих ериков, приериковые гряды и грядовые повышения, обширные межгрядовые понижения и замкнутые межгрядовые депрессии. Наличие гряд и обширных межгрядовых понижений между ними, а также слабый уклон местности создает благоприятные условия для заболачивания территории.

Водоподача на систему осуществляется пятью водозаборами, один из них самоотечный (СМК), четыре водозабора оборудованы насосными станциями (НС-1, НС-2, НС-3, НС-6). Сбросные воды поступают к насосной станции НС-4 и сбрасываются в р. Протоку. С основной части орошаемых площадей системы отведенные под рисосеяние сбросные воды поступают к насосным станциям НС-5 и НС-6, откуда направляются вновь на орошение, восполняя недостаток воды внутри системы. Оставшиеся сбросные воды поступают в р. Протоку. Технические характеристики насосных станций представлены в таблице 1.

Из общего объема оросительной воды, подаваемой за вегетационный период на гектар рисового поля, непосредственно на производственные нужды расходуется лишь около одной трети. Примерно половина этого расхода идет на транспирацию растениями риса, вторая – на физическое испарение с поверхности. Все остальное – не-

производительные затраты для создания слоя воды на поверхности почвы и требуемой проточности в чеке. При орошении риса возникает как поверхностный, так и грунтовый сток, который не может быть устранен никакими практическими методами.

Таблица 1 – Основные технические характеристики насосных станций Черноерковской системы

Наименование насосной станции	Год постройки	Назначение	Обслуживаемая площадь, га	Максимальный расход фактический (проектный), м ³ /с	Годовой объем водоподачи, тыс. м ³
НС-1	1976	водоподача	6650	15 (18,2)	169,2
НС-2	1981	водоподача	6750	28,5 (27,7)	182
НС-3	1971	водоподача	4979	16,8	156
НС-4	1973	водоподача и водоотведение	10200	10	189,2
НС-5	1979	водоподача и водоотведение	57284	59,2	700
НС-6	1984	водоподача и водоотведение	5500	16	146

Водораспределение на внутрихозяйственной оросительной системе формируется по производственным (плановым) показателям и эколого-экономическим критериям. На межхозяйственной оросительной системе водораспределение выполняется согласно поданным хозяйствами-водопользователями заявкам на объемы оросительной воды. В таблице 2 представлены данные о водоподаче на насосные станции ЧОРС на основе заявок на объемы оросительной воды.

Таблица 2 – Водоподача насосных станций Черноерковской рисовой оросительной системы (по данным ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» на 2018 г.)

Название	Объем воды за год, т/м ³	Площадь риса, га	Водоподача по хозяйству, тыс. м ³ /г	В т. ч. по месяцам				
				IV	V	VI	VII	VIII
СМК	129800	5526	117419	7297	36429	27660	29089	16944
НС № 1	100600	4151	86312	4876	28093	20717	20625	12002
НС № 2	131600	4700	98934	4215	32886	23555	25105	13174
НС № 3	99427	4028	91465	3681	26559	24013	24013	13198
НС № 6	24073	3499	68340	3327	19133	16825	18635	10420
Всего	485500	21904	454470	19076	139420	112770	117467	65738

Водопользователями ЧОРС являются 12 рисоводческих хозяйств с общей орошаемой площадью 30683,2 га, из которой площадь выращивания риса около 21904 га, остальное сопутствующие культуры (таблица 3).

В настоящее время в хозяйствах Краснодарского края ощущается растущий дефицит воды для полива, что создает предпосылки для определения оптимизационной задачи по распределению и перераспределению воды. Для этого необходимо определение эколого-экономических критериев, которые зависят от показателей водопотребности риса и водозатрат агротехнологии в целом по его производству.

Но при изучении нормативно-методической документации выявлено отсутствие разработанных нормативных документов, касающихся норм водопотребности риса и норм водоотведения с рисовых оросительных систем для различных агроклиматических зон России, водно-физических и химических свойств почв, глубины грунтовых вод и их минерализации, состояния сооружений на рисовых оросительных системах, технологий орошения и других факторов [2].

Таблица 3 – Структура посевных площадей орошаемых земель Черноерковской оросительной рисовой системы (по данным ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» на 2018 г.)

В га

Наименование хозяйства	Орошаемая площадь	Зерновые			Технические культуры (соя, подсолнечник, цветы)	Кормовые	
		рис	озимый ячмень, озимая пшеница	яровые		однолетние травы	многолетние травы
1 ЗАО «Приазовское»	5297	3150	572	60	70	365	1080
2 ООО «ЗК «Новопетровская»	12225,8	9718,8	175		1789	543	
3 КФХ «Слюсаренко»	538	459		79			
4 ЗАО АПФ «Кубань»	1239	562	72		605		
5 ООО «Сельхозпром»	664	409			255		
6 ИП Красова Н. П.	2689,8	1893,4	796,4				
7 ООО «Мелиоратор»	821	443	115	96	167		
8 ООО «Кубань-Фавн»	4129	2586	420				1123
9 ООО «Сладковское»	632	632					
10 ООО «Промсервис-Юг»	1678	1678					
11 ИП Конюхов	700,6	276,6	424				
12 ООО «Бозон»	96	96					
Всего	30683,2	21903,8	2574,4	235	2886	908	2203

Водопотребность риса в основном зависит от режима орошения и агроэкологических факторов, таких как засоленность почв и засоренность полей, планировка поверхности чеков, скорость фильтрации воды, продолжительность вегетации, водный режим почвы в фазы развития растения и др. [3, 4].

Решение оптимизационной задачи строится на знании производственной функции – зависимости искомого результата от количества использованного на производство ресурса. Понятие производственной функции предполагает оптимальное использование ресурса, она строится по значениям урожайности при условии близкого к оптимальному или как минимум рационального режима орошения. Объем планируемой поливной воды на орошение культуры – важный показатель для последующего планирования поливных работ службой эксплуатации, поскольку предполагает возможность расчета планового числа поливов поля, занятого конкретной культурой, за вегетационный период и формирование укомплектованного графика полива.

Расчет планового оптимального числа поливов по культурам и полям на вегетационный период проводится на основе величин оросительных норм и имеющихся ограничений на поливные нормы по техническим характеристикам дождевальных машин, водно-физическим свойствам почв и состоянию агроценоза. Для определения производственной функции необходимо прежде всего в каждом конкретном хозяйстве рассчитать полную оросительную норму для практикуемого режима орошения на основании водного баланса рисового поля с учетом всех расходных статей и сопоставить с полученной фактической урожайностью зерна и погодными условиями вегетационного периода. На рисунке 1 представлен эскизный вариант множества производственных функций для посевов риса на землях ЧОРС. При малых оросительных нормах (3–7 тыс. м³/га) будет наблюдаться невысокая урожайность риса (около 25 ц/га) с малым разбросом,

а при больших урожайность риса высокая (около 65 ц/га), но со значительным разбросом из-за различных агротехнических недоработок (засоленности почв и засоренности полей, планировки поверхности чеков и др.), в т. ч. из-за нарушений в режимах орошения.

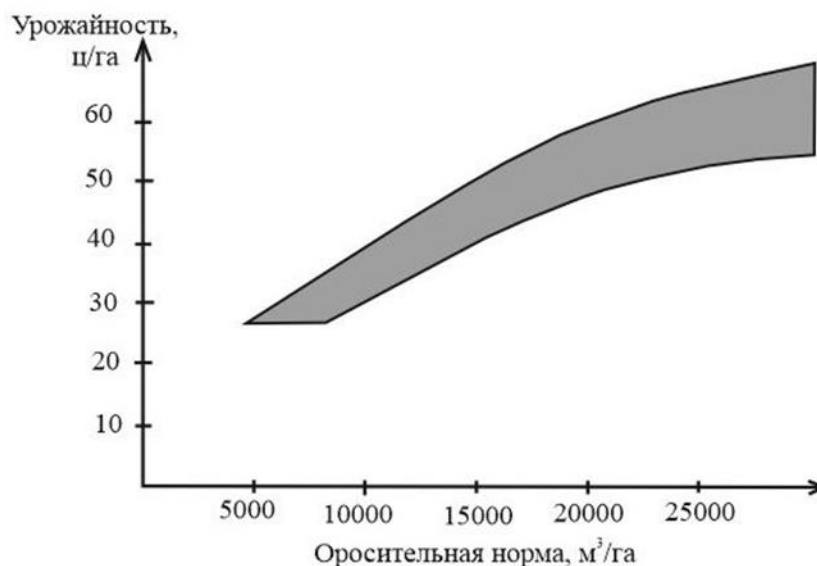


Рисунок 1 – Область значений производственных функций для риса, возделываемого на землях Черноерковской оросительной рисовой системы

Последующий анализ влияния дефицита поливной воды на составляющие водного баланса и урожайность может обеспечить возможность количественной интерпретации влияния недопдачи воды по срокам и объемам непосредственно на продукционный процесс и расширить границы и достоверность производственной функции [5, 6].

Выводы. Анализ мелиоративных условий и водораспределения на рисовых системах Нижней Кубани показал, что в настоящее время ощущается растущий дефицит воды для полива, поэтому необходимо решение оптимизационной задачи по распределению и перераспределению воды. Для этого требуется установить эколого-экономические критерии, которые зависят от показателей водопотребности риса и водозатрат агротехнологии в целом по его производству.

Использование производственных функций позволяет формулировать оптимизационную задачу по распределению и перераспределению воды на орошение по культурам в случае возникновения этого дефицита, а также количественно сопоставить затраты и результат по каждому отдельному виду продукции, оценить эффективность использования ресурса.

Список использованных источников

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

2 Балакай, Г. Т. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 3(31). – С. 1–22. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec557-field6.pdf. – DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-1-22.

3 Рау, А. Г. Водораспределение на рисовых системах / А. Г. Рау. – М.: Агропромиздат, 1987. – 86 с.

4 Ерыгин, П. С. Физиологические основы орошения риса / П. С. Ерыгин. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 208 с.

5 Галямин, Е. П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении / Е. П. Галямин. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 272 с.

6 Головатый, В. Г. Модели управления продуктивностью мелиорируемых агроценозов / В. Г. Головатый, Ю. П. Добрачев, И. Ф. Юрченко. – М., 2001. – 166 с.

УДК 633.2

С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова

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

МЕЛИОРАТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ ТРАВ НА ПЕСЧАНЫХ ЗЕМЛЯХ АРИДНОЙ ЗОНЫ

Пастбища – это сложные системы, состояние которых определяется погодными условиями, нагрузкой, временем выпаса, составом травостоя. Целью исследований явилось проведение прогноза продуктивности природных пастбищ при разных режимах выпаса (стравливания) путем изъятия биомассы (проводилась обрезка растений на 1/3, 1/2 и 2/3 высоты растений). При этом исходили из общепринятых принципов, которые включали следующие компоненты: структуру, учитывающую биологический ритм (временной ход) растений; показатели влияния температурного режима, влаги и пищевого режима. Норма выпаса и время изъятия биомассы брались такими, чтобы отрастание до конца вегетации было как можно большим и возмещало потерю. Поэтому в работе увязывались два компонента – рост растений и норма выпаса. Опыты показали, что характер увеличения высоты растений в целом и после обрезки сохраняется. Однако ни в одном случае растения не достигают высоты, которая формировалась в варианте без обрезки. Большее снижение наблюдалось в варианте обрезки на 2/3 высоты. Аридные территории требуют более осторожного подхода при ведении хозяйства, так как здесь гораздо труднее восстанавливается травостоя после определенного его стравливания, поэтому были разработаны модели многолетних кормовых экосистем для использования при фитомелиорации деградированных кормовых угодий аридной зоны.

Ключевые слова: животноводство; пастбищные экосистемы; проективное покрытие; почвенная влага; растительный экран; долговечность; фитоценозы.

S. Yu. Turko, K. Yu. Trubakova

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

RECLAMATION EFFICIENCY OF FODDER GRASS ON SANDY LANDS OF ARID ZONE

Pastures are complex systems whose condition is determined by weather conditions, load, grazing time and the stand composition. The aim of the research was to forecast the productivity of natural pastures at different grazing (pasturing) modes by removing biomass (pruning u to 1/3, 1/2 and 2/3 of the plant height). At that they proceeded from generally accepted principles, which included the following components: a structure that takes into account the biological rhythm (time course) of plants; parameters of the influence of temperature, moisture and food regime. The rate of stocking and the time of biomass removal were taken so that the growth to the end of the growing season was as large as possible and compensate for the loss. Therefore, two components were correlated – plant growth and rate of stocking. The experiments showed that the nature of increasing the height of plants in general and after pruning is preserved. However, in no case do plants reach the height that

was formed in the variant without pruning. A greater decrease was observed at the pruning option at 2/3 of the height. Arid territories require a more cautious approach in the course of farming since it is much more difficult to restore grass after its certain grazing, therefore, models of perennial food ecosystems for use at vegetative reclamation of degraded forage lands in the arid zone were developed.

Key words: livestock production; pasture ecosystems; projective plant cover; soil moisture; plant screen; durability; phytocenoses.

Введение. Луга и пастбища занимают почти четвертую часть суши Земли. Это кормовая база, и ее нужно содержать таким образом, чтобы не имела место ее деградация [1–4]. В целях повышения продуктивности деградированных естественных пастбищ должны создаваться и специализированные культурные пастбища целевого назначения, обеспечивающие высокий выход корма и животноводческой продукции и интенсивно используемые, а также должен сохраняться и рационально использоваться богатый генофонд естественных пастбищных трав, т. е. должна полностью учитываться агроэкологическая ситуация в регионе. Данные исследования как раз и направлены на решение этой задачи. Нами были созданы физические модели пастбищ для различного сезона использования [5, 6].

Материал и методы. Закладка опытов была проведена на экспериментальных участках гидрологического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН путем посева поликомпонентных смесей кормовых трав. Виды травосмесей: 1) весенне-летнее пастбище: житняк + пырей + костер (ж + пр + к); 2) летнее пастбище: житняк + овсяница + люцерна синяя (ж + о + л); 3) летне-осеннее пастбище: житняк + полынь + люцерна (ж + пл + л). Опыты закладывались на разных почвенных субстратах: кумский песок, бажиганский песок, черноземовидная супесчаная почва [7].

Результаты и обсуждение. Был проведен прогноз продуктивности природных пастбищ при разных режимах выпаса путем изъятия биомассы, при этом исходили из общепринятых принципов. В них включались следующие компоненты: структура, учитывающая биологический ритм (временной ход) растений [8]; показатели влияния температурного режима, влаги и пищевого режима [9]. Норма выпаса (снятие биомассы в опытах) и время изъятия биомассы брались такими, чтобы отрастание до конца вегетации было как можно большим и возмещало потерю.

В период с начала вегетации по май прирост по высоте составлял по злакам от 45 до 65 см на лизиметре № 6, от 30 до 45 см – на лизиметрах № 13 и 15. При изучении люцерны имели следующую картину: 65 см на лизиметре № 6, 35 см на лизиметре № 13 и 50–65 см на лизиметре № 15. Обрезка растений производилась на 1/3, 1/2 и 2/3 их высоты. Опыты показали, что характер увеличения высоты растений в целом и после обрезки сохраняется. Однако ни в одном случае растения не достигают высоты, которая формировалась в варианте без обрезки. Больше снижение наблюдалось в варианте обрезки на 2/3 высоты.

С использованием аллометрии [10] теоретически связали геометрические характеристики растений с объемными. При этом получили следующее аллометрическое уравнение:

$$q_{\max} = 31,5K_{\text{оп}}H^{0,5}, \quad (1)$$

где $q_{\max}$ – биомасса растительного экрана в конце вегетации, т/га;

$K_{\text{оп}}$ – коэффициент оптической плотности в целом для растительного экрана (с учетом коэффициента покрытия);

H – высота растительного экрана в конце вегетации, м.

Общий коэффициент оптической плотности рассчитывался по формуле:

$$K_{\text{оп}} = K_{\text{оп.р}} \cdot K_{\text{пок.р.}}$$

где $K_{оп.р}$ – коэффициент оптической плотности отдельных растений;

$K_{покp.}$ – коэффициент покрытия.

В таблице 1 приводятся данные по зависимости (1), которые показывают, что сходимость высокая.

Таблица 1 – Продуктивность пастбищ разного сезона использования на различных почвенных субстратах (гидрологический комплекс ФНЦ агроэкологии РАН)

В т/га

Вид пастбища	Травосмесь	Фитомасса	
		фактическая	расчетная
Черноземовидные супесчаные почвы (лизиметр № 6)			
Весенне-летнее	ж + пр + к	2,52	3,12
Летнее	ж + о + л	4,79	5,20
Летне-осеннее	ж + пл + л	4,88	4,44
Бажиганский песок (лизиметр № 13)			
Весенне-летнее	ж + пр + к	0,61	0,66
Летнее	ж + о + л	1,69	1,06
Летне-осеннее	ж + пл + л	1,11	1,06
Кумский песок (лизиметр № 15)			
Весенне-летнее	ж + пр + к	1,13	0,97
Летнее	ж + о + л	1,56	1,46
Летне-осеннее	ж + пл + л	2,46	1,60

Как показали исследования, после изъятия определенной части биомассы растения уже не достигают той высоты и биомассы, которые были бы без этого изъятия. Наши опыты позволили реально показать некоторые закономерности в этом плане. Теоретически это можно описать следующим уравнением:

$$\frac{H_{m.i.o.}}{H_{m.o.}} \left[\frac{1}{1 + \alpha_h e^{-\lambda_h \cdot h_{ck}}} \right],$$

где $H_{m.i.o.}$ – максимальная высота растений в конце вегетации при том или ином изъятии части биомассы, см;

$H_{m.o.}$ – то же без изъятия биомассы, см;

α_h, λ_h – ростовые показатели, зависящие от условий роста растений;

h_{ck} – высота оставшихся растений, %.

При этом $H_{m.o.}$ рассчитывается по формуле:

$$H_{m.o.} = \left(\frac{q_{\max}}{31,5K_{оп}} \right)^2. \quad (2)$$

Значение $K_{оп}$ для различных сочетаний растений на лизиметре № 6 можно принять равным 0,153 (по всем опытным данным).

Параметр α_h , как показали эксперименты, для злаковых растений на лизиметре № 6 имел величину, равную 16, а на лизиметрах № 13 и 15 – соответственно 6,9 и 9,8.

Третьим неизвестным параметром в зависимости (2) является λ_h . Экспериментами установлено, что он для злаков на лизиметрах № 13 и 15 равен соответственно 0,064 и 0,07.

При исследовании люцерны были получены следующие данные: на лизиметре № 6 значение α_h имело величину 6,4. На лизиметрах № 13 и 15 этот показатель был ра-

вен соответственно 4,3 и 4,6. Что же касается параметра α_h , то он на этих лизиметрах для люцерны был соответственно равен 0,047; 0,053 и 0,05.

Эта математическая структура дает возможность судить лишь о максимуме высоты растений в конце вегетации при том или ином изъятии части биомассы из растительного экрана. Что же касается процесса формирования высоты растений в период вегетации, то он должен описываться функцией, связанной с временным фактором:

$$H(t) = H_{m.i.o.} \left(\frac{1}{1 + \alpha_t e^{-\lambda_t t}} \right),$$

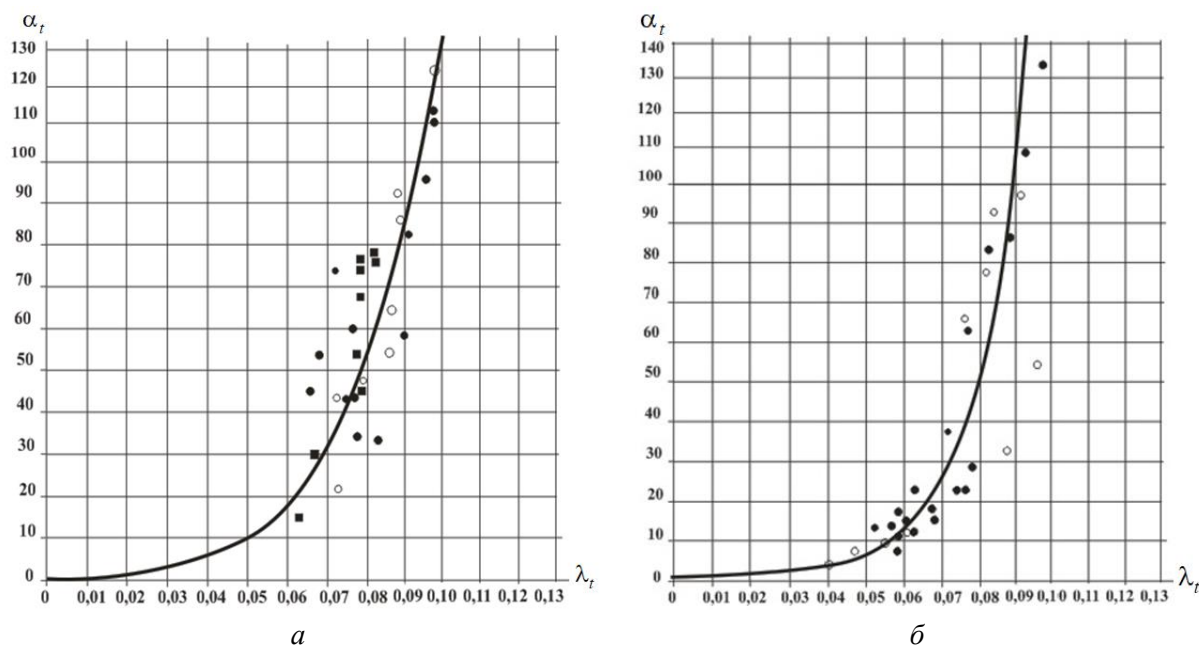
где $H(t)$ – высота растений, зависящая от времени вегетации, см;

α_t, λ_t – параметры роста;

t – период вегетации, сут.

Следует отметить то, что α_t и λ_t достаточно тесно связаны между собой. Установлено, что для злаковой растительности и люцерны связь между α_t и λ_t может быть описана единым уравнением вида (рисунок 1):

$$\alpha_t = e^{K_i \lambda_t^n}. \quad (3)$$



Условные обозначения: ○ – обрезка на 1/3; ■ – обрезка на 1/2; ● – все остальное

Рисунок 1 – Зависимость параметра α_t от λ_t : а – злаковые растения; б – люцерна

В нашем случае коэффициент K_i для злаков был равен 58,6, для люцерны – 188,6; показатель же степени n соответственно составлял 1,07 и 1,58.

Для раскрытия зависимости (3) нужно знать, как формируется либо α_t , либо λ_t .

Эксперименты показали, что проще определить параметр α_t , который представляется соотношением $\frac{H_{m.i.o.} - H_{m.i.n.}}{H_{\min i}}$. Как видим, появляется новая составляющая

$H_{\min i}$, которая легко учитывается, если знать фактический ход роста растительности, так как она связана с $H_{m.o.}$, а также с $H_{m.i.o.}$. Приблизительно эту характеристику можно находить из соотношения вида:

$$H_{\min i} = (148 - H_{m.i.o.})^{0,41},$$

где $H_{\min i}$ – высота растений в начале вегетации, см.

Значения же λ_t могут быть найдены с использованием связи (3):

$$\lambda_t = \left(\frac{1}{K_i} \ln \alpha_t \right)^{\frac{1}{n}},$$

где коэффициент K_i для злаковой растительности был равен 58,6, для люцерны 188,6; показатель же степени n соответственно составлял 1,07 и 1,58.

Выводы. Выявлено, что определенную роль играет на пастбище вид травосмесей. При составлении травосмеси необходимо принимать во внимание ботанические признаки, определяющие конкурентоспособность вида. Высокопродуктивными и высокоурожайными кормовыми растениями аридной зоны являются полынь, житняк гребенчатый, овсяница луговая, люцерна синяя, пырей солончаковый, костер безостый. Наибольший урожай сухой массы дают травосмеси житняк + овсяница + люцерна и житняк + полынь + люцерна (на черноземовидных супесчаных почвах 4,79–4,88 т/га, на Бажиганских и Кумских песках 1,56–2,46 т/га). Исследования показали, что небезразлично, когда проводить изъятие части биомассы, а также сколько ее изымать, чтобы не вызвать существенного ухудшения состояния травостоя на пастбище. Во всех без исключения опытах было замечено, что чем больше изымается биомассы, тем меньше высота и хуже травостой бывает в конце вегетации. Изъятие биомассы (выпас) нужно производить в период наиболее быстрого роста растений.

Список использованных источников

- 1 Турко, С. Ю. Фитомелиорация деградированных угодий на основе технологии выращивания перспективных видов кормовых растений / С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 68–72.
- 2 Кулик, К. Н. Моделирование дефляции аридных пастбищ с помощью марковских цепей / К. Н. Кулик, А. Н. Салугин // Экосистемы: экология и динамика. – 2017. – № 1(4). – С. 5–22.
- 3 Тубалов, А. А. Оценка состояния растительного и почвенного покровов аридных пастбищных ландшафтов / А. А. Тубалов, А. В. Вдовенко, А. С. Кравченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 1(33). – С. 91–96.
- 4 Турко, С. Ю. Моделирование функционирования пастбищ в целях прогнозирования их состояния при хозяйственной эксплуатации / С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова // Вестник Башкирского ГАУ. – 2018. – № 1(45). – С. 33–38.
- 5 Васильев, Ю. И. Моделирование продукционной составляющей озимой пшеницы с учетом колебаний влажностно-термического режима / Ю. И. Васильев, А. Н. Сарычев, Т. В. Волошенкова // Вестник РАСХН. – 2014. – № 6. – С. 9–11.
- 6 Власенко, М. В. Современное состояние степной растительности Придонских песчаных массивов / М. В. Власенко, А. К. Кулик // Аграрная Россия. – 2017. – № 9. – С. 22–29.
- 7 Турко, С. Ю. Восстановление деградированных пастбищ на легких почвах с использованием высокопродуктивных фитомелиорантов / С. Ю. Турко, А. К. Кулик, М. В. Власенко // Вестник РАСХН. – 2014. – № 5. – С. 58–61.
- 8 Лир, Х. Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польстер, Г. И. Фидлер. – М.: Лес. пром-сть, 1974. – 424 с.
- 9 Храмов, С. П. Метеорологический словарь / С. П. Храмов, Л. И. Мамонтова. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 568 с.
- 10 Аллометрические уравнения для фитомассы по данным деревьев сосны, ели, березы и осины в европейской части России / А. И. Уткин, Д. Г. Замолодчиков, Т. А. Гульбе, Я. И. Гульбе // Лесоведение. – 1996. – № 6. – С. 36–46.

УДК 631.412:631.616

Р. Е. Юркова, Л. М. Докучаева, Г. Т. Балакай

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

ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЙМЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НИЖНЕГО ДОНА

Цель исследований – проведение обследования почвенно-мелиоративного состояния пойменных земель, расположенных на территории Усть-Донецкого района Ростовской области. Использованы результаты полевых исследований пойменных земель орошаемого участка. Анализ полученных результатов показал, что обследуемые почвы не засолены, щелочность отсутствует, но выявлено недонасыщение почв кальцием, присутствие магниевой солонцеватости и проявление натриевой солонцеватости в отдельных местах. Установлено, что для улучшения почвенно-мелиоративного состояния луговых почв обследуемого участка необходимо проведение химической мелиорации путем внесения кальцийсодержащих мелиорантов в расчетных дозах.

Ключевые слова: пойменные земли; почвенно-мелиоративное состояние; засоление; щелочность; почвенный поглощающий комплекс; химическая мелиорация.

R. E. Yurkova, L. M. Dokuchaeva, G. T. Balakay

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

SOIL-RECLAMATION STATE OF FLOODPLAINS IN THE LOWER DON BASIN

The purpose of the research is to conduct a survey of the soil-reclamation state of floodplains located in Ust'-Donetsk district Rostov Region. The results of field studies of the floodplains of the irrigated area are used. An analysis of the results showed that the soils under study are not saline and without alkalinity, but calcium undersaturation of soils, magnesium alkalinity presence and sodium alkalinity manifestation have been identified in some places. It was determined that to improve the soil-reclamation state of meadow soils of the surveyed area, chemical reclamation adding calcium-containing ameliorants in designated doses is necessary.

Key words: floodplains; soil-reclamation state; salinization; alkalinity; soil absorption complex; chemical reclamation.

Введение. Пойма Дона тянется в пределах Ростовской области на протяжении около 300 км [1]. На ней распространены своеобразные пойменные почвы: луговые и болотные, местами солончаковатые или же солонцеватые, а также аллювиальные почвы разного гранулометрического состава. Как правило, большинство пойменных почв обладают высоким плодородием и благоприятным водным режимом для выращивания различных сельскохозяйственных культур. В Ростовской области такие земли нашли применение при производстве зерна, овощей, кормов, а также сена и пастбищных кормов [2].

Однако необходимо учитывать, что для пойм рек при близком залегании грунтовых вод возможно проявление такого процесса, как засоление, при котором легкорасстворимые соли находятся в количествах, вредных для растений [3]. Засоленность почв является одним из основных показателей почвенного плодородия, которые определяют

целесообразность использования пойменных земель для возделывания сельскохозяйственных культур. Во избежание засоления и других негативных процессов необходимо проведение обследования почв, что позволяет получить данные, определить на текущий момент почвенно-мелиоративное состояние участка и разработать мероприятия по их улучшению.

Целью данной работы является проведение обследования почвенно-мелиоративного состояния пойменных земель, расположенных на территории Усть-Донецкого района Ростовской области.

Материалы и методы. Объект исследований – луговые пойменные земли (пойма р. Дон), расположенные на территории Усть-Донецкого района Ростовской области. Орошение обследуемых полей осуществляется из двух источников – оросительного канала и р. Сусат.

План отбора почвенных образцов с обследуемого участка представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – План расположения скважин на полях обследуемого участка

Образцы почв в скважинах № 1 и 5 отбирались по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100, 100–130, 130–160, 160–200, 200–250 см (до грунтовой воды). В остальных скважинах пробы отбирались по слоям до метра. Кроме этого, на анализ отобраны пробы грунтовых вод и пробы воды, используемой для орошения, из оросительного канала и р. Сусат. В шурфе в районе скважины № 5 определена плотность сложения почв (объемная масса) по Качинскому [4]. Химический анализ образцов почв сделан в эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ». Отбор проб почв проводился согласно ГОСТ 28168-89¹.

¹ ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – Введ. 1990-04-01. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.

Полевые наблюдения и исследования проводились по общепринятым методам: состав водной вытяжки^{2, 3, 4, 5, 6}; состав обменных оснований (Ca и Mg⁷, Na⁸).

При оценке почв использовались «Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании» [5], «Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [6].

Результаты и обсуждение. Оценка качества оросительных вод с позиций воздействия на почвенные процессы представлена в таблице 1 [7]. Результаты показывают, что вода из канала непригодна для орошения, так как по минерализации (2,86 г/дм³), опасности хлоридного засоления, развитию натриевой солонцеватости она относится к IV классу опасности, а по развитию магниевой солонцеватости – к III классу. Вода из р. Сусат имеет минерализацию 0,93 г/дм³ и относится к II классу, по опасности хлоридного засоления, натриевого осолонцевания – к III классу, а по опасности магниевой солонцеватости – к IV классу. Развитие процессов содообразования при поливах водой такой минерализации и качества исключается.

Таблица 1 – Оценка качества оросительной воды

Источник	Минерализация		Опасность развития процессов						
	г/дм ³	Класс	Хлоридное засоление		Натриевое осолонцевание		Магниевое осолонцевание		Содообразование
			Cl	Класс	Ca ² /Na ⁺	Класс	Mg ²⁺ /Ca ²	Класс	
Канал	2,860	IV	10,23	IV	0,10	IV	0,90	III	I
Р. Сусат	0,930	II	4,80	III	0,78	III	0,47	IV	I

Концентрация ионов выражена в мг-экв./дм³.

Для определения мелиоративного состояния участка по основным показателям почвенного плодородия были проанализированы данные о физико-химических свойствах почвы.

Как видно из данных таблицы 2 (данных о почвах в районе скважин № 1 и 2), химизм (тип) засоления по всему обследуемому почвенному профилю в основном сульфатно-хлоридный (SO₄:Cl). Согласно этой характеристике, почвы в рассматриваемой зоне относятся к категории слабозасоленных ближе к незасоленным.

² ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

³ ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

⁴ ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

⁵ ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

⁶ ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

⁷ ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Введ. 1986-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

⁸ ГОСТ 26950-86. Метод определения обменного натрия. – Введ. 1987-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

Таблица 2 – Характеристика физико-химических свойств почв (скважины № 1, 2)

Скважина	Слой, см	Засоление		Щелочность ($\text{HCO}_3 - \text{Ca} + \text{Na} + \text{Mg}$), ммоль(экв)/100 г почвы
		тип	сумма солей, %	
№ 1	0–20	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,118	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	20–40	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,111	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	40–60	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,126	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	60–80	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,088	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	80–100	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,119	0,09
	100–130	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,159	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	130–160	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,149	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	160–200	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,081	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	200–250	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,015	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	0–40	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,114	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
№ 2	0–20	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,151	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	20–40	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,114	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	40–60	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,124	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	60–80	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,105	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	80–100	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,104	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$
	0–40	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,133	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$

Отсутствие капиллярной каймы в профиле 250 см (скважина № 1) свидетельствует о расположении грунтовых вод глубже критической глубины, и они не оказывают отрицательного влияния на почвенные процессы верхних слоев. Но их динамику следует проверять весной, так как вода, обнаруженная на глубине 280 см, характеризуется по степени минерализации как среднеминерализованная, по химизму засоления – сульфатно-кальциевая (таблица 3). Следует отметить, что при ее поднятии к верхним горизонтам возможно накопление сульфатных солей (CaSO_4 , MgSO_4) и хлоридных (CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl).

Таблица 3 – Характеристика грунтовых вод, отобранных в районе скважины № 1
В г/дм³

№ скважины	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Сумма ионов	Сухой остаток
1а	0,966	1,993	0,273	0,644	0,308	0,361		4,54	4,45
1б	0,994	1,680	0,503	0,676	0,273	0,346		4,47	4,76

Щелочность по всему почвенному профилю не обнаружена, поэтому почвы относятся к нещелочным (см. таблицу 2).

На наш взгляд, негативное влияние на развитие растений оказывает дернина, которая пока не переработана в гумус, содержит токсичные соединения. В данной скважине уже с 30 см обнаруживается сильное уплотнение, которое задерживает распространение корневой системы вглубь.

Скважина № 2 расположена в понижении, и визуально почвы в большей степени обеспечены влагой, чем в районе скважины № 1. По степени засоления почвы, расположенные в районе скважины № 2, относятся так же, как и в районе скважины № 1, к категории слабозасоленных и нещелочных почв. Уплотнение в этой скважине обнаружено несколько глубже – на уровне 40 см.

На поле в районе скважины № 3 местами растет камыш, что свидетельствует о близком залегании грунтовых вод. Вероятнее всего, они подтягиваются к поверхности в весенний период. Доказательством этого является наличие гипсоносных слоев с глубины 60 см (таблица 4). Химический состав грунтовой воды, отобранной из сква-

жины № 1, показывает, что на этой территории распространены воды, способствующие накоплению сульфатных солей с поверхности.

Таблица 4 – Характеристика физико-химических свойств почв (скважины № 3, 9, 10)

Скважина	Слой, см	Засоление		Щелочность ($\text{HCO}_3 - \text{Ca} + \text{Na} + \text{Mg}$), ммоль(экв)/100 г почвы	pH
		тип	сумма солей, %		
№ 3	0–20	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,057	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,4
	20–40	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,152	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,9
	40–60	SO_4	0,392	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,5
	60–80	SO_4	4,108	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,8
	80–100	SO_4	1,332	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	8,0
	0–40	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,105	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,6
№ 9	0–20	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,109	0,12	7,5
	20–40	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,127	0,16	7,8
	40–60	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,116	0,46	8,4
	60–80	SO_4	0,438	1,20	8,6
	80–100	SO_4	0,404	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	8,1
	0–40	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,118	0,14	7,6
№ 10	0–20	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,153	$\text{Ca} = \text{HCO}_3$	7,5
	20–40	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,139	0,24	7,9
	40–60	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,179	0,38	7,8
	60–80	SO_4	0,726	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,8
	80–100	SO_4	0,641	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	8,0
	0–40	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,146	0,12	7,7

Из данных таблицы 4 видно, что почвы не засолены, щелочность по всему метровому слою не проявилась.

Почвы поля, характеризующиеся скважиной № 9, по физико-химическим свойствам практически не отличаются от характеристик скважины № 3 (см. таблицу 4). Отличие заключается в меньшем накоплении сульфатных солей с глубины 60 см и меньшим содержанием обменного Ca с этой же глубины, это свидетельствует о том, что в скважине № 3 в этих слоях преобладают сульфаты кальция, а в скважине № 9 – сульфаты магния. В целом 40-сантиметровые слои в районе этих скважин по показателям практически одинаковы.

В районе скважины № 10 результаты оценки засоления и щелочности почв аналогичны почвам скважин № 3 и 9.

Анализ почвы из скважины № 8 показал, что она обладает неплохими для поймаемой территории физико-химическими свойствами в слое 0–40 см (таблица 5).

Таблица 5 – Характеристика физико-химических свойств почв (скважина № 8)

Скважина	Слой, см	Засоление		Щелочность ($\text{HCO}_3 - \text{Ca} + \text{Na} + \text{Mg}$), ммоль(экв)/100 г почвы	pH
		тип	сумма солей, %		
№ 8	0–20	$\text{Cl}:\text{SO}_4$	0,115	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,6
	20–40	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,098	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,3
	40–60	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,154	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,6
	60–80	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,083	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,7
	80–100	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,083	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,7
	0–40	$\text{SO}_4:\text{Cl}$	0,107	$\text{Ca} > \text{HCO}_3$	7,4

Почвы данной зоны не засолены, не обладают щелочностью. Присутствует натриевая солонцеватость в пределах 4–5 % от суммы почвенного поглощающего комплекса

(ППК) в слое 0–40 см, что характеризует эту почву как слабосолонцеватую. Незначительное накопление солей и обменного натрия указывает на наличие в слое 40–60 см капиллярной каймы, обусловленной в определенные периоды близким залеганием грунтовых вод.

Самая южная часть обследуемого участка характеризуется двумя скважинами № 5 и 6. Это поливная земля. Метровый слой обследуемых почв не засолен, хотя в верхнем слое 0–40 см сумма солей сульфатно-натриевого состава на 7–10 % меньше, чем в слое 40–80 см (таблица 6). Слой 80–100 см, в основном определяющий состояние почвообразующей породы, практически не влияет на свойства почв верхних слоев, если уровни грунтовых вод располагаются ниже критического уровня (2,5–3,0 м).

Таблица 6 – Характеристика физико-химических свойств почв (скважины № 5, 6)

Скважина	Слой, см	Засоление		Щелочность ($\text{HCO}_3 - \text{Ca} + \text{Na} + \text{Mg}$), ммоль(экв)/100 г почвы	pH
		тип	сумма солей, %		
№ 5	0–20	Cl:SO ₄	0,196	Ca > HCO ₃	8,03
	20–40	Cl:SO ₄	0,170	Ca > HCO ₃	8,01
	40–60	Cl:SO ₄	0,166	0,02	0,06
	60–80	Cl:SO ₄	0,162	0,12	8,06
	80–100	SO ₄ :Cl	0,073	Ca > HCO ₃	8,01
	100–130	Cl:SO ₄	0,129	0,10	–
	130–160	SO ₄ :Cl	0,114	Ca > HCO ₃	–
	160–200	Cl:SO ₄	0,205	Ca > HCO ₃	–
	200–250	Cl:SO ₄	0,235	Ca > HCO ₃	–
№ 6	0–40	Cl:SO ₄	0,183	Ca > HCO ₃	–
	0–20	Cl:SO ₄	0,141	Ca > HCO ₃	–
	20–40	Cl:SO ₄	0,137	Ca > HCO ₃	–
	40–60	Cl:SO ₄	0,133	0,32	–
	60–80	SO ₄ :Cl	0,127	0,84	–
	80–100	SO ₄	0,692*	Ca > HCO ₃	–
	0–40	Cl:SO ₄	0,139	Ca > HCO ₃	–
	* SO ₄ + Ca = 8,96 + 4,20 = 13,16 ммоль (гипсоносный слой).				

В скважине № 6 на глубине 80–100 см обнаружен гипсоносный слой, который при возможном поднятии грунтовых вод к поверхности будет сдерживать накопление в корнеобитаемом слое таких токсичных солей, как сульфаты натрия и магния. В обеих скважинах отсутствует щелочность. Некоторое увеличение pH связано с наличием магниевой и частично натриевой солонцеватости. Кроме этого, отрицательным моментом является недонасыщенность почв кальцием, что способствует их уплотнению.

Поле, характеризующее скважиной № 4, расположено возле Дона. По физико-химическим свойствам верхние слои почв с 20 см не засолены (таблица 7).

Таблица 7 – Характеристика физико-химических свойств почв (скважина № 4)

Скважина	Слой, см	Засоление		Щелочность HCO ₃ – Ca + Na + Mg, ммоль(экв)/100 г почвы	pH
		тип	сумма солей, %		
№ 4	0–20	SO ₄ :Cl	0,127	Ca > HCO ₃	7,6
	20–40	Cl:SO ₄	0,152	Ca > HCO ₃	7,3
	40–60	Cl:SO ₄	0,139	0,08	7,6
	60–80	SO ₄ :Cl	0,105	0,16	7,7
	80–100	SO ₄ :Cl	0,128	Ca > HCO ₃	7,7
	0–40	Cl:SO ₄	0,140	Ca > HCO ₃	7,4

Слабое засоление проявилось в слое 0–20 см за счет испарения влаги из нижних слоев при высоких температурах воздуха и в слое 80–100 см. Щелочность по всему метровому слою отсутствует. Почва очень уплотнена уже с поверхности, выявлена характерная для солонцеватых почв глыбистость.

Известно, что снижение урожайности и падение плодородия возможно не только на засоленных и подверженных ощелачиванию почвах, но и при наличии солонцеватости в них [5]. Характеризуется данный показатель содержанием натрия (Na) и магния (Mg) в ППК.

Содержание элементов ППК в луговых (пойменных) почвах обследуемого участка представлено на рисунке 2.

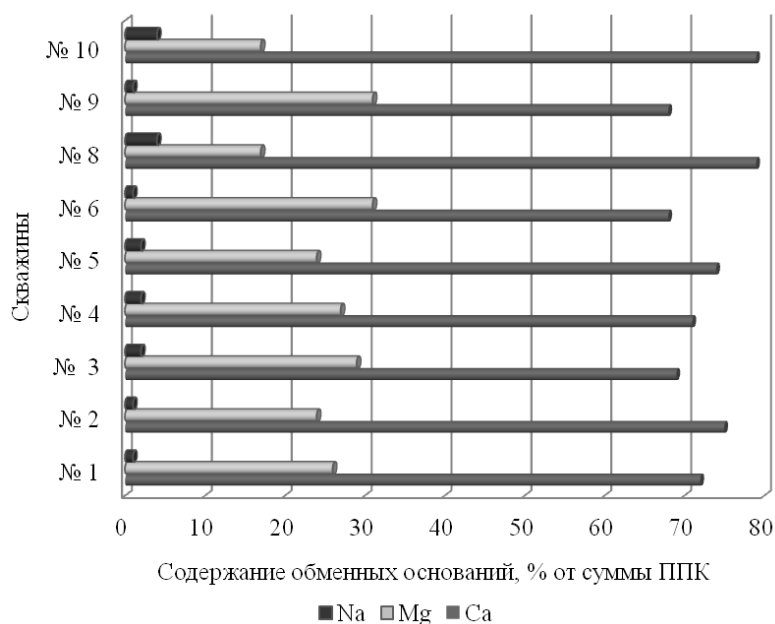


Рисунок 2 – Содержание обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе на обследуемом участке

Рассматривая ППК на обследуемом участке, обнаруживаем недонасыщение почвы кальцием (Ca) (скважины № 1–6, 9). Кроме отрицательного воздействия на почвы это сказывается и на развитии растений. Содержание Ca составляет в метровом слое от 68 до 72 % от суммы ППК при содержании магния (Mg) от 24 до 31 %, который в количестве более 20 % от суммы ППК оказывает такое же негативное воздействие на почвы, как и натрий, а именно: почвенная масса диспергирует, т. е. распыляется, теряется структура и т. д. Такое содержание Mg выявлено в районе скважин № 1–6 и 9.

Как видно из данных рисунка 2, ППК почв скважин № 8 и 10 содержат обменного кальция в большем количестве, чем в вышеописанных скважинах. В слое 0–40 см отсутствует магниевая солонцеватость, но отмечается слабая натриевая солонцеватость.

В целом следует отметить, что при выявленном недонасыщении почвы кальцием, присутствии магниевой и натриевой солонцеватости требуется проведение химической мелиорации, но каждый участок требует расчета своей дозы мелиоранта.

Выводы. Оптимизация мелиоративного состояния земель может быть осуществлена только при условии залегания уровня грунтовых вод ниже критического уровня (2,5–3,0 м). Данные о сумме солей и содержании обменного натрия указывают на их поднятие к поверхности, так как капиллярная кайма обнаруживается на глубине 40–60 см практически во всех скважинах. Отсюда следует, что необходимо уточнять, на какой глубине они располагаются в весенний период, когда грунтовые воды максимально поднимаются к поверхности, и как они могут повлиять на почвенные процессы и в целом на плодородие почв.

Показатели физико-химических свойств почв указывают на развитие таких негативных процессов, как магниевая солонцеватость и недонасыщенность почв кальцием. На отдельных территориях проявляется и натриевая солонцеватость. Все это требует осуществления химической мелиорации, которая должна проводиться под осеннюю вспашку после уборки сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников

1 Яцута, К. З. Природа Ростовской области [Электронный ресурс] / К. З. Яцута. – Режим доступа: <http://animalkingdom.su/books/item/f00/s00/z0000013/st035.shtml>, 2019.

2 Луганцев, Е. П. Мелиорация пойменных земель Приазовья Ростовской области / Е. П. Луганцев, П. Д. Шевченко // Пути повышения эффективности использования орошаемых земель: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2005. – С. 220–227.

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

4 Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

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. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. – 137 с.

6 Методические указания по проведению мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: Росинформагротех, 2003. – 240 с.

7 Безднина, С. Я. Экологические нормы водопользования / С. Я. Безднина. – М.: ВНИИА, 2005. – 224 с.

УДК 631.58:338.1

А. Н. Бабичев, Д. П. Сидаренко

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА БЕЗУБЫТОЧНОСТИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕЦИЗИОННОГО ОРОШЕНИЯ В ОВОЩНОМ СЕВООБОРОТЕ

В статье дан анализ показателя порога безубыточности при внедрении технологии прецизионного орошения. Предметом оценки земель сельскохозяйственного назначения является их потребительская стоимость, т. е. способность обеспечить производство сельскохозяйственной продукции, и экономический эффект от использования новых технологий (экономическое плодородие). В результате анализа порога безубыточности установлено, что с увеличением площади клина возрастают затраты. При площади клина овощного севооборота 100 га безубыточность обеспечивается увеличением урожайности на 3,7 %, а при увеличении клина до 800 га – соответственно уменьшается до 1,8 %, т. е. в 1,8 раза.

Ключевые слова: мелиорация; мелиорируемые земли; плодородие; цена; затраты.

A. N. Babichev, D. P. Sidarenko

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

DETERMINATION OF THE BREAK-EVEN POINT DURING INTRODUCTION OF PRECISION IRRIGATION TECHNOLOGY IN VEGETABLE ROTATION

The analysis of the break-even point when introducing the technology of precision irrigation is provided. The subject of agricultural land estimation is their use value, that is, their ability to ensure the production of agricultural products and the economic benefit of using new technologies (economic fertility). As a result of the analysis of break-even point, it was found that costs increase with an the wedge area increase. With a wedge area of vegetable crop rotation of 100 ha, break-even is ensured by the increase in yield by 3.7 %, and with an increase in wedge to 800 ha, it decreases accordingly to 1.8 %, i. e., 1.6 times.

Key words: land reclamation; reclaimed land; fertility; price; expenses.

Введение. Одно из самых современных направлений в земледелии – так называемое точное земледелие, которое является интегрированным процессом управления ростом растений и удовлетворения их потребностей. Точное земледелие еще называют земледелием по предписанию, точным сельским хозяйством, аккуратным сельским хозяйством [1–5].

Точное земледелие на орошаемых землях включает в себя целый комплекс технологических мероприятий, ведущим из которых является технология прецизионного орошения [6–9].

Материалы и методы. С экономической точки зрения точное земледелие является решающим шагом для улучшения эффективности деятельности хозяйства. Его преимущества для управления проявляются в разных областях ведения хозяйственной деятельности.

Результатом инноваций здесь может быть сохранение или повышение уровня плодородия почв, которое как свойство земельного участка должно получить оценку в стоимостном выражении. Наибольшее значение в данном случае имеет вопрос о том, как более эффективно обработать и использовать большое количество информации, которое дает точное земледелие. Хозяйства и предприятия, которые умеют работать с этой информацией, и имеют возможность на ее основе принимать рациональные решения и закладывают основу для формирования всей необходимой оперативной информации. В то же время эффективность затрат на организацию такой технологии орошения, как прецизионное, варьирует в значительных пределах в зависимости от широкого спектра факторов.

Эта система земледелия характеризуется комплексом качественно новых признаков, обуславливающих:

- более эффективную реализацию генетического потенциала новых сортов и гибридов при получении запрограммированных урожаев;
- уменьшение зависимости продуктивности растений и экологической устойчивости агроэкосистем от погодных и других факторов риска;
- получение высококачественных и безопасных продуктов питания и сырья для промышленности;
- снижение расхода техногенной энергии на каждую дополнительную единицу продукции;
- наиболее рациональное и обоснованное использование поливной воды;
- снижение степени загрязнения и разрушения природной среды.

Основное влияние на показатель эффективности инновационных технологий земледелия оказывают: состояние сельскохозяйственных угодий, а также различия в пестроте почвенного покрова, содержании органического вещества, основных элементов питания, уровне кислотности почвы, степень эродированности, расчлененность овражно-балочной сетью и, как следствие этого, разбивка полей на микроучастки. Немаловажным показателем является наличие доступных запасов влаги в почве.

Исследователи, занимающиеся изучением новых технологий в земледелии,

а также хозяйства, которые в своем производстве внедряют данные технологии, зачастую рассматривают их не только как технологию учета неоднородности и различий в условиях роста и развитии сельскохозяйственных культур, но и как отправную точку, а в планах – как важнейшую составную часть высокоорганизованного производства продукции в сельском хозяйстве, которое осуществляется управляемой информационной системой на основании использования всех имеющихся информационных технологий. На мелиорированных землях эффективность технологии производства зависит от исходного плодородия почвы, состояния участка и мелиоративной системы, наличия техники, развития инфраструктуры в каждом конкретном хозяйстве. Экономическая эффективность интенсивной технологии определяется с помощью обычной системы показателей. Установление эффективности только по прибавке урожайности не позволяет в полной мере получить достоверные результаты. Можно определить эффективность, сравнивая дополнительные производственные затраты и дополнительно полученную продукцию. К этим затратам относят затраты на приобретение, погрузку, доставку, складирование, подготовку (измельчение, смешивание), внесение в почву удобрений, а также на уборку дополнительно полученного урожая, амортизацию и текущий ремонт машин, оборудования и других средств производства, применяемых в технологиях. Полученный валовой сбор разносят на всю площадь, занятую культурой [10–12].

Результаты. Для экономической оценки новой технологии большую роль играет расчет порога безубыточности. Это такой объем производства и продажи полученной продукции, который может быть покрыт полученными доходами, а при выработке и продаже еще большего объема произведенной продукции товаропроизводитель может получить доход.

Для расчета порога рентабельности принято делить издержки на две составляющие:

- переменные затраты – возрастают пропорционально увеличению объема производства (реализации товаров);
- постоянные затраты – не зависят от количества произведенной продукции (реализованных товаров) и от того, растет или падает объем операций.

Для определения эффективности применяемых в производстве инновационных технологий и технологий, которые применялись ранее и уже хорошо изучены, нужно сопоставить затраты, как постоянные, так и переменные.

В таблице 1 приводятся результаты анализа порога безубыточности при внедрении точного земледелия в зависимости от размера хозяйства. В приведенном примере рассматриваются хозяйства с овощным севооборотом. В качестве примера взяты хозяйства с площадями выращивания овощных культур 100, 400 и 800 га. Результаты анализа показывают, на сколько при внедрении прецизионного орошения должна (при прочих равных условиях) повыситься урожайность или снизиться затраты производственных факторов для того, чтобы достичь покрытия издержек.

Таблица 1 – Анализ порога безубыточности при внедрении прецизионного орошения, применяемого в овощном севообороте

Показатель	Единица измерения	Площадь клина, га		
		100	400	800
Потребность в капиталовложениях для прецизионного орошения, всего	млн руб.	0,93	2,4	3,6
В т. ч. на 1 га	тыс. руб./га	9,25	6,00	4,50
Ежегодные дополнительные издержки, всего	млн руб. в год	0,2	0,5	0,8
В т. ч. ежегодные издержки из расчета на 1 га	тыс. руб./га в год	2,0	1,3	1,0
Необходимое повышение урожайности до порога безубыточности при равной средней стоимости продукции с 1 га севооборота 250,00 тыс. руб./га	%	3,7	2,4	1,8

Из данных таблицы 1 видно, что при равной средней стоимости продукции с 1 га севооборота 250,00 тыс. руб./га с увеличением площади клина возрастают общие капиталовложения на освоение технологии прецизионного орошения, но уменьшаются затраты из расчета на 1 га, а также снижается основной показатель, а именно необходимая величина повышения урожайности для обеспечения окупаемости затрат на прецизионное орошение. Так, при площади клина овощного севооборота 100 га безубыточность обеспечивается увеличением урожайности на 3,7 %, а при увеличении клина до 800 га – соответственно уменьшается до 1,8 %, т. е. в 1,6 раза.

Выводы. В настоящее время в России накоплен небольшой, но убедительный опыт применения точных технологий, свидетельствующий о значительных нераскрытых возможностях. Эффективность инноваций в земледелии устанавливается только по результатам сельскохозяйственного производства при одновременном измерении затрат на него, в т. ч. на внедрение приемов точного земледелия или прецизионного орошения, и стоимости прибавки урожая. С увеличением площади клина возрастают общие капиталовложения на освоение прецизионного орошения, но уменьшаются затраты из расчета на 1 га, а также снижается основной показатель, а именно необходимая величина повышения урожайности для обеспечения окупаемости затрат на прецизионное орошение. Так, при площади клина овощного севооборота 100 га безубыточность обеспечивается увеличением урожайности на 3,7 %, а при увеличении клина до 800 га – уменьшается до 1,8 %, т. е. в 1,6 раза.

Список использованных источников

- 1 Глобус, А. М. Агрофизический институт: 75 лет на пути к точному земледелию / А. М. Глобус. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2007. – 111 с.
- 2 Цифровое земледелие (Digital farming) – преемник точного (Precision farming) / Г. И. Личман, И. Г. Смирнов, А. А. Личман, А. И. Беленков // Фермер Поволжья. – 2017. – № 11(64). – С. 40–45.
- 3 Якушев, В. П. На пути к точному земледелию / В. П. Якушев. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2002. – 458 с.
- 4 Сычев, В. Г. Робототехника и точное земледелие / В. Г. Сычев, Р. А. Афанасьев // Плодородие. – 2016. – № 3. – С. 2–6.
- 5 Программирование технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Северного Кавказа: монография / Н. А. Кан [и др.]. – Ростов н/Д.: Рост. кн. изд-во, 1985. – 120 с.
- 6 Васильев, С. М. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учетом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий / С. М. Васильев, Л. А. Митяева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 131. – С. 216–231. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>.
- 7 Щедрин, В. Н. Оптимизация состава приборного обеспечения контроля агропараметров как этап разработки технологии прецизионного орошения / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, А. А. Чураев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 3(23). – С. 1–18. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec425-field6.pdf.
- 8 Система управления широкозахватной дождевальными машинами кругового действия для прецизионного орошения / А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, Р. В. Скиданов, В. В. Подлипов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 1(73). – С. 195–200.
- 9 Пузановский, К. В. Роботизированная платформа для точного земледелия / К. В. Пузановский, И. Ю. Шуткин, И. В. Рядчиков // Молодой ученый. – 2015. – № 9(2). – С. 138–139.

10 Модели определения эффективности инноваций в точном земледелии на мелиорированных землях / И. Д. Никитин, З. Н. Артемьева, Е. Е. Григорашенко, О. А. Карпенко, Е. М. Лохматов // Агрофизика. – 2013. – № 4(12). – С. 26–32.

11 Бабичев, А. Н. Методика прецизионного орошения для современных дождевальных машин / А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 2(74). – С. 14–17.

12 Ulaby, F. T. Microwave Remote Sensing: Active and Passive. Vol. III. From Theory to Applications [Electronic resource] / F. T. Ulaby, R. K. Moore, A. K. Fung. – Artech House Inc.: Dedham, MA, USA, 1986. – Series 4. Remote Sensing. – Mode of access: https://researchgate.net/publication/215722340_Microwave_Remote_Sensing_Active_and_Passive_Vol_III_From_Theory_to_Applications, 2018.

УДК 556.5

М. А. Чернова, М. Е. Буковский, К. А. Кузьмин

Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина, Тамбов,
Российская Федерация

ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА РЕКИ САВАЛЫ НА ТЕРРИТОРИИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследования – анализ основных гидрологических параметров р. Савалы. Работа выполнена с использованием данных Тамбовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС». Все расчеты были сделаны при помощи многочисленных математических методов, а также методов анализа, статистики и обобщения. В работе активно применялись такие программы, как Microsoft Excel, CorelDRAW. Нами установлено, что уровеньный режим бассейна р. Савалы выражается четким весенним половодьем, низкой летней меженью и достаточно устойчивой продолжительной зимней меженью. Годовой ход уровней отличается в основном периодами прохождения, мощностью и высотой весеннего половодья. Так, река выходила из русла на пойму 34 раза, а критический уровень затопления территории достигался пять раз за исследуемый период с 1936 по 2016 г. Сток воды на р. Савале в половодье имеет тенденцию к сокращению из-за быстрого роста стоков зимней и летней межени. Распределение стока воды по гидрологическим периодам позволило нам сделать следующий вывод: сток воды за половодье на р. Савале составляет 37 % от годового, летняя межень – 42 %, а зимняя межень – 21 %.

Ключевые слова: водообеспеченность; гидрологический пост; малые реки; половодье; расход; максимальный уровень воды.

M. A. Chernova, M. E. Bukovsky, K. A. Kuz'min

Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russian Federation

ESTIMATION OF THE SURFACE RUNOFF RESOURCES OF THE SAVALA RIVER IN TAMBOR REGION

The purpose of the study is the analysis of the main hydrological parameters of the river Savala. The work was performed using data from the Tambov Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, a branch of the Central Black Earth UGMS. All calculations were made using numerous mathematical methods, as well as methods of analysis, statistics and generalization. Such programs as Microsoft Excel, CorelDRAW were actively used in the work. It was found that the level regime of Savala river is expressed by a clear spring flood, a low water summer period and a fairly stable long winter period. The annual

course of the levels differs mainly by the periods of passage, power and height of the spring flood. So, the river overflows the banks to the floodplains 34 times, and the critical level of flooding of the territory was reached five times during the study period from 1936 to 2016. Water runoff on the Savala river during flooding tends to decrease due to the rapid growth of runoffs of winter and summer low water. The distribution of water runoff by hydrological periods allowed to draw the following conclusion: water runoff during high water flooding on the Savala river is 37 %, the summer low water is 42 %, and the winter low water is 21 % of the annual water flow.

Key words: water availability; hydrological post; minor rivers; high water; consumption; maximum water level.

Вода на Земле присутствует во всех трех агрегатных состояниях, однако наибольший объем ее приходится на жидкую фазу, которая весьма значима для формирования других особенностей планеты. Весь природный водный комплекс функционирует как единое целое, находясь в состоянии непрерывного движения, развития и обновления [1].

Согласно определению, данному в литературе географической направленности, режим реки представляет собой обычный для каждой реки ход изменений уровня, скорости и температуры, а также движения, состава и берегового рельефа, который отвечает за форму реки [2].

Под водным режимом рек понимают закономерные изменения стока воды, скорости течения, уровней воды и уклонов водной поверхности, прежде всего во времени, но также и вдоль реки.

Водный режим рек зависит от комплекса физико-географических факторов, среди которых важнейшая роль принадлежит факторам метеорологическим и климатическим. Поскольку эти факторы на Земле подвержены разнопериодным изменениям, в водном режиме рек также проявляются колебания различной длительности [3].

Информация о гидрологическом режиме рек, в т. ч. Донского бассейна, имеет значимость при охране мостов, плотин, безопасном пропуске весеннего половодья. Информация о поверхностном стоке важна для сельских, лесных, рыбных хозяйств, организации мест отдыха, спортивного туризма. Результаты анализа гидрологических данных могут использоваться при предупреждении различных опасных последствий мощных половодий, паводков, ледоходов и пр.

Обеспеченность водными ресурсами различных территорий планеты неодинакова. Россия является одной из наиболее благополучных стран как по уровню суммарных запасов пресной воды, так и по уровню удельной обеспеченности своих жителей.

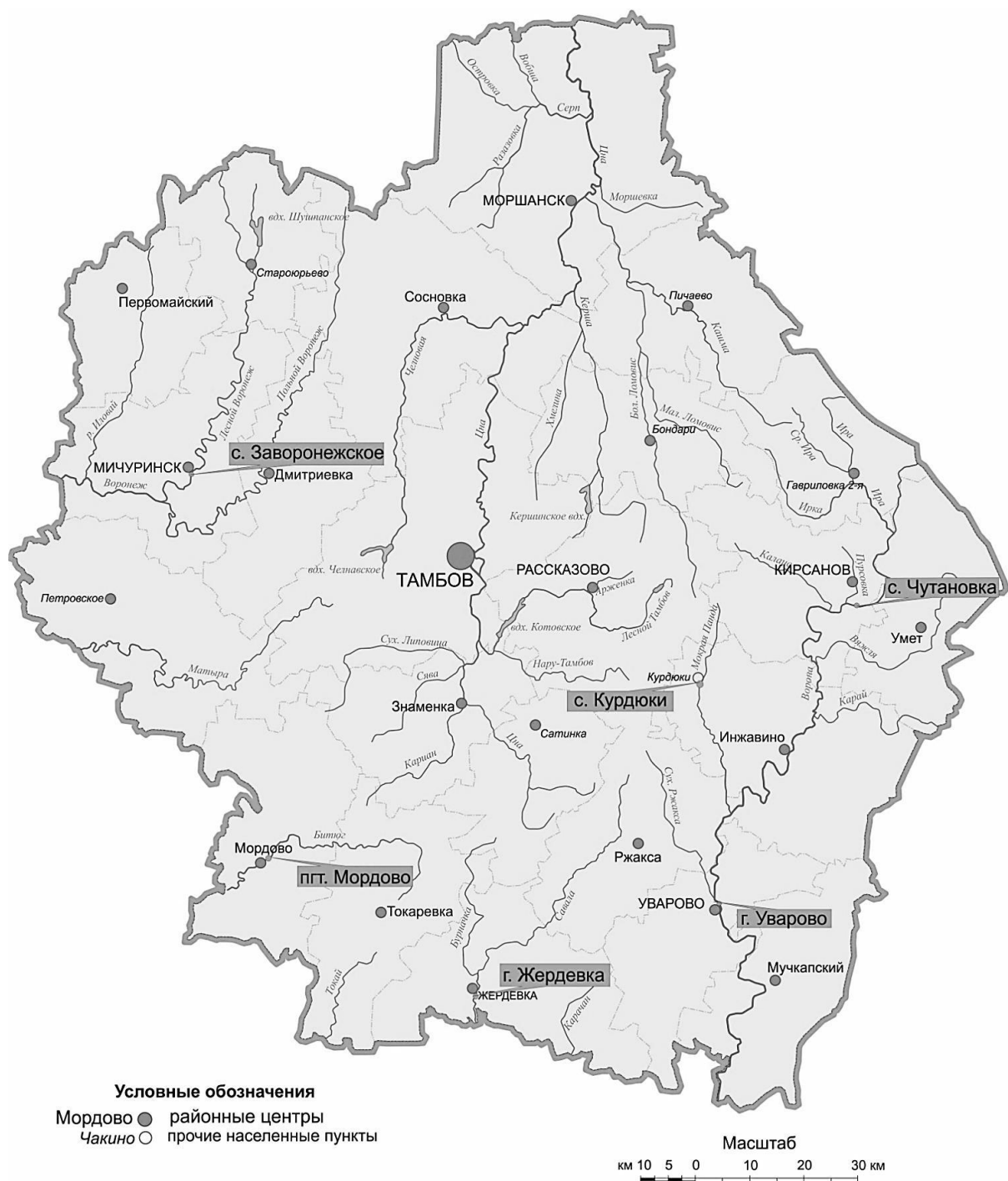
Основой водных ресурсов России является речной сток. Его средний ежегодный объем составляет 4262 км^3 [4].

Гидрографическая сеть Тамбовской области широко представлена реками, болотами, озерами, прудами и водохранилищами. Реки области расположены в двух бассейнах – Волги и Дона. На территории области всего насчитывается около 1400 речек. Из них 1200 имеют длину менее 10 км. Больших рек нет, есть только малые и средние [4].

В настоящей работе были использованы данные гидрологических журналов Тамбовского филиала ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС». Вся информация, содержащаяся в журналах и относившаяся к расходам и уровням воды Донского бассейна, была оцифрована в электронный вид для подробного анализа.

После оцифровки требуемых данных определялись гидрологические периоды каждого года для каждого гидропоста. Всего было оцифровано более 219000 значений.

Сегодня на территории Тамбовской области расположено всего 12 гидропостов, шесть из которых приходится на реки Донского бассейна (рисунок 1): р. Битюг – ГП Мордово; р. Ворона – ГП Уварово; р. Ворона – ГП Чутановка; р. Мокрая Панда – ГП Курдюки; р. Лесной Воронеж – ГП Заворонежское; р. Савала – ГП Жердевка.



**Рисунок 1 – Расположение гидрологических постов
в Донском бассейне на территории Тамбовской области**

Именно р. Савала является наиболее типичным примером, отражающим режимы уровней и расходов, характерных для рек Донского бассейна в Тамбовской области.

Половодье на гидрологическом посту Жердевка обычно начинается ближе к концу марта (20 марта) (таблица 1). В зависимости от того, как протекает весна, сроки начала половодья могут отклоняться от средних многолетних. Например, половодье в 2002 г. началось 20 февраля, а в 1958 г. – лишь 6 апреля.

Максимальный уровень половодья р. Савалы на гидрологическом посту Жердевка приходится на конец марта. 1 марта 1990 г. наблюдалась самая ранняя дата наступления максимального уровня половодья, а 18 апреля 1956 г. – самая поздняя.

Таблица 1 – Даты наступления важнейших характеристик половодья

Характеристика	Дата		
	средняя	ранняя	поздняя
Начало половодья	20 марта	20 февраля (2002)	6 апреля (1958)
Максимальный уровень	30 марта	1 марта (1990)	18 апреля (1956)
Конец половодья	14 апреля	17 марта (1990)	1 мая (2005)

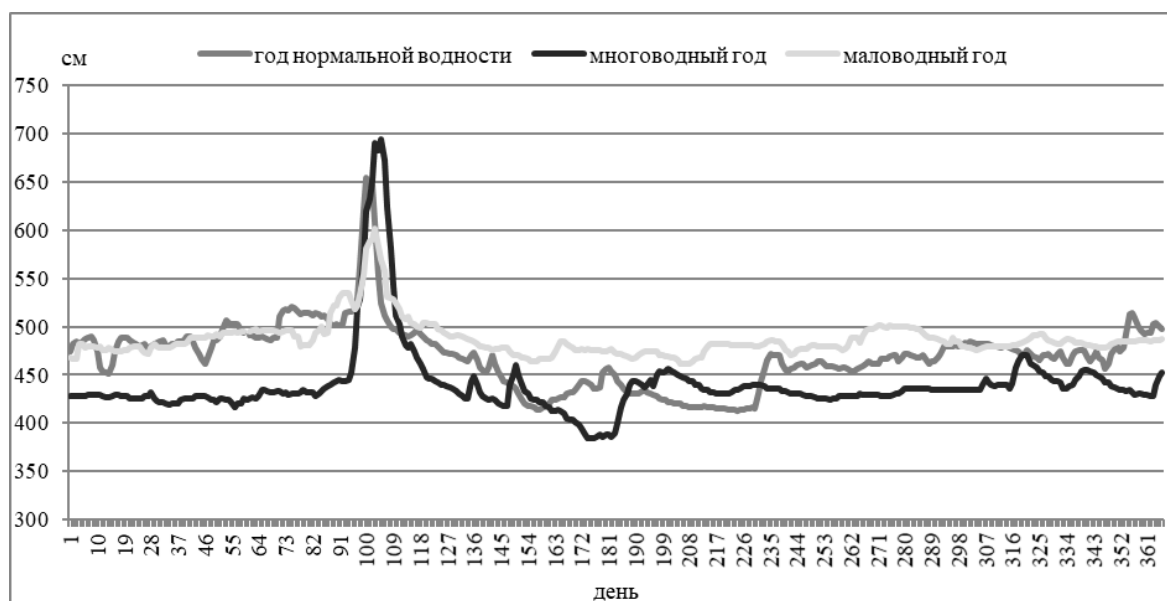
Окончание половодья в среднем приходится на 14 апреля. Наиболее ранней датой конца половодья является 17 марта 1990 г., а в 2005 г. половодье длилось до 1 мая, что является поздней датой окончания половодья на р. Савале.

За изучаемый период с 1936 по 2016 г. на р. Савале максимальные уровни половодья колебались от 392 см в 1939 г. до 736 см в 1951 г. В среднем на данном гидрологическом посту максимальный уровень половодья равен 592 см. Средняя продолжительность половодья р. Савалы составляет 25 дней.

Средняя интенсивность роста половодья равна 20 см/сут. Средняя максимальная – 42 см/сут. Максимальная интенсивность роста половодья составляла 146 см/сут в 1939 г. Интенсивность спада половодья обычно в среднем составляет 10 см/сут. Максимальная интенсивность спада половодья равна 36 см/сут (1950 г.).

Половодье одновершинное. Однако в некоторые годы при условии ранней весны или вернувшихся холодов наблюдалось сразу несколько пиков половодья (1936, 1939, 1940, 1955 гг. и т. д.). Половодье на гидрологическом посту Жердевка можно наблюдать каждый год.

Графики, отражающие колебания уровня воды р. Савалы у г. Жердевки в многоводный, маловодный и год нормальной водности, представлены на рисунке 2.

**Рисунок 2 – Типичный годовой ход уровня воды р. Савалы у г. Жердевки в многоводный, маловодный и год нормальной водности**

Река Савала характеризуется довольно высоким весенним половодьем, сменяющимся более низкими уровнями воды в период открытого русла летом, а затем и поздней осенью. Сразу после весеннего половодья уровень обычно немного выше.

Самые низкие уровни воды в период открытого русла обычно бывают летом, а к осени уровень становится несколько выше.

Период летне-осенних низших уровней довольно устойчив. Средний многолетний низший уровень был равен 411 см, а самый низкий уровень наблюдался в 1937 г. и составлял 60 см. Самый высокий уровень (526 см) наблюдался в 2013 г. Длительность

летне-осенней межени колеблется от 182 до 265 дней в 1987 и 1990 гг. соответственно. Средняя продолжительность летне-осенней межени составляет 218 дней.

Зимняя межень начинается в ноябре (в редких случаях – в конце октября), длится до конца марта (иногда до начала апреля включительно). За рассматриваемый нами период самое раннее начало зимней межени наблюдалось 11 октября 1939 г., а позднее – в 2006 г. (21 декабря). Средняя продолжительность зимней межени составляет 126 дней. При этом ее минимальная продолжительность – 80 дней, а максимальная – 244 дня. Раннее окончание зимней межени наблюдалось 25 февраля 1990 г., позднее – 6 апреля 1987 г.

Установление ледостава на р. Савале обычно приходится на среднюю дату 20 ноября. В 1976 г. устойчивый ледяной покров можно было наблюдать уже 13 октября. А в 2006 г. – только 21 декабря.

Окончание ледостава в основном бывает в конце марта (29 марта). В 1990 г. разрушение ледяного покрова закончилось 1 марта, что можно считать самой ранней датой окончания ледостава. В 1954 г. разрушительные процессы ледостава закончились только 18 апреля.

Средняя продолжительность периода закрытого русла на р. Савале у г. Жердевки составляет 121 день. Наименее продолжительным был период, длившийся 50 дней, в 2006 г. Наиболее продолжительным он был в 1968 г. (164 дня).

В весеннее половодье расходы воды р. Савалы максимальны. На летнюю межень приходятся минимальные расходы, осенью расходы снова повышаются, правда, не так сильно, как в период половодья.

Оценка процентного соотношения стока воды за три гидрологических периода р. Савалы на установленном участке с 1956 по 2016 г. приведена на рисунке 3.

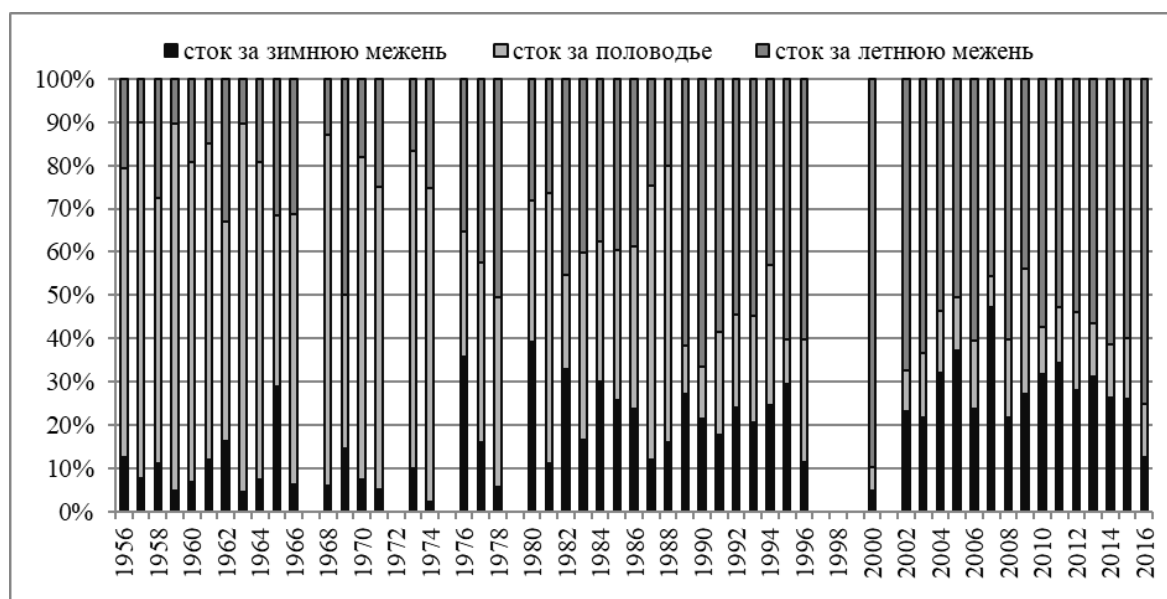


Рисунок 3 – Временной ряд процентного соотношения стока воды за гидрологические периоды с 1956 по 2016 г., р. Савала, г. Жердевка

В половодье сток воды с течением времени сокращается из-за быстрого роста стоков зимней и летней межени. Пробелы в диаграмме присутствуют из-за отсутствия гидрологических данных.

Анализ динамики стока воды по гидрологическим периодам позволил нам сделать вывод, что сток воды за половодье на р. Савале составляет 37 % от годового, летняя межень – 42 %, а зимняя межень – 21 %.

Таким образом, уровенный режим бассейна р. Савалы характеризуется четко выраженным высоким весенним половодьем, низкой летней меженью и достаточно устой-

чивой продолжительной зимней меженью. Иногда случаются летние паводки, но они, как правило, не превышают уровней весеннего половодья. Годовой ход уровней отличается в основном периодами прохождения, мощностью и высотой весеннего половодья.

На р. Савале отмечено постепенное уменьшение стока половодья за счет роста стока воды в периоды летней и зимней межени.

Список использованных источников

1 Можаров, А. В. Анализ содержания загрязняющих веществ в воде реки Цны / А. В. Можаров, А. В. Рязанов, С. А. Дрожжина // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2009. – Т. 14, № 1. – С. 194–195.

2 Инженерная экология / под ред. В. Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.

3 Буковский, М. Е. Расчет параметра «густота речной сети» в бассейнах рек Битюг и Савала / М. Е. Буковский, М. А. Чернова, В. В. Мачкасова // Вопросы современной науки и практики. – 2016. – № 4(62). – С. 34–37.

4 Реки Тамбовской области / под ред. Н. И. Дудника. – Тамбов: Изд-во ТГУ им. Г. Р. Державина, 2001. – 48 с.

УДК 556.324.004.42

И. В. Клишин

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

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В РЕЗУЛЬТАТЕ ВРЕМЕННОГО ПОДНЯТИЯ ВОДЫ В РЕКЕ, КАНАЛЕ, ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Цель исследования – разработка программного обеспечения, позволяющего в среде геоинформационной системы (ГИС) ArcGIS осуществлять прогнозный расчет изменений уровня грунтовых вод, возникающих в результате временного поднятия воды в реке, канале, водохранилище, с формированием кривой подпора. Расчет проводится в типовых створах водного объекта на определенном участке обследования. Результатом расчета является точечный слой в формате ГИС, отображающий кривые подпора по всем створам участка с рассчитанными абсолютными уровнями. Исходные данные представлены в виде шейп-файлов и содержат информацию, полученную с разведочных скважин в створах, об уровнях грунтовых вод в естественных условиях и параметрах слоев грунтовых пород. Наличие рассчитанного слоя точек, отражающего изменение уровней грунтовых вод в типовых створах, позволит стандартными средствами ArcGIS построить цифровую модель измененной поверхности слоя грунтовых вод на исследуемом участке. С помощью вычисления разницы между цифровой моделью рельефа и цифровой моделью поверхности слоя грунтовых вод могут быть получены границы зон для территорий сильного, умеренного и слабого подтоплений.

Ключевые слова: подтопление территорий; уровень грунтовых вод; компьютерная программа; геоинформационная система; водоносный пласт; фильтрация; зона подтопления; кривая подпора.

I. V. Klishin

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

COMPUTER PROGRAM FOR FORECASTING CHANGES IN THE GROUNDWATER LEVEL AS A RESULT OF TEMPORARY WATER RISE IN A RIVER, A CANAL, A RESERVOIR

The aim of the study is to develop software that allows to carry out prediction calculations of groundwater levels changes as a result of a temporary water rise in a river, a channel, a reservoir with the formation of a backwater curve under the geographic information system (GIS) ArcGIS environment. Calculation is carried out in typical sections line of a water body at a specific site of survey. The result of the calculation is a point layer in the GIS format displaying backwater curves for all section lines of the site with calculated absolute levels. The initial data are presented in the form of shapefiles and contain information from exploratory wells in the section lines on groundwater levels under natural conditions and ground rocks layers parameters. The presence of a calculated point layer reflecting the change in groundwater levels in typical section lines will allow using ArcGIS standard means to build a digital model of the altered surface of the groundwater layer in the area under survey. By calculating the difference between the digital elevation model and the digital surface model of the groundwater layer, zone boundaries can be obtained for areas of severe, moderate and weak underflooding.

Key words: increase in groundwater level of territories; ground water level; computer program; geographic information system; aquifer; filtration; underflooding zone; backwater curve.

Введение. Подтопление территорий, как застраиваемых, так и используемых в хозяйствах, в определенных случаях может представлять собой серьезную опасность и явиться причиной чрезвычайных ситуаций. Для их предотвращения необходимо представлять масштабы изменений зеркала грунтовых вод на опасных участках в случаях изменений режима работы водохранилищ, эксплуатации каналов, питания рек, техногенных изменений, паводковых периодов. В естественных условиях грунтовые воды постоянно питают реки большую часть года, но почти ежегодно в период паводков на непродолжительное время они пополняются из рек. Подъемы уровней воды в реках, каналах, водохранилищах зачастую создают подпор с формированием зоны подтопления.

При расчете и построении зон подтопления удобно пользоваться средствами геоинформационных систем (ГИС). Наиболее удобной ГИС для подобных построений является система ArcGIS, включающая в свой пакет различные инструменты, позволяющие формировать и производить вычисления с цифровыми моделями поверхностей. А возможность внутреннего программирования на языке Python при наличии пакета ArcPy, реализующего доступ к инструментам геообработки, дополнительным функциям, классам и модулям, позволяет пользователю программно реализовать вычисления и построения любой сложности.

Материалы и методы. Для создания программы был использован язык программирования Python 2.7.10. В качестве среды построения выбрана ГИС ArcGIS 10.

При выборе методики для расчета автор опирался на Справочное пособие к СНиП 2.06.15-85 «Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях». В нем излагаются основные положения расчета и методы прогнозирования подтопления грунтовыми водами застраиваемых и застроенных территорий, необходимого для проектирования предупредительных и защитных мероприятий [1]. В качестве расчетных схем выбраны схемы для расчета прогнозных подтоплений территорий в результате подпора грунтовых вод в полубесконечном массиве и долине рек. В данном пособии методы фильтрационных расчетов приведены не полностью, но имеются ссылки на литературу с более детальным изложением проблемы, поэтому автором дополнительно были использованы «Методические рекомендации по расчетам подпора грунтовых вод, подтопления земель и потерь воды на фильтрацию в районах каналов и водохранилищ» [2].

Описание компьютерной программы. Компьютерная программа представляет собой инструмент для работы в приложении ArcMap среды ArcGIS 10, написанный на языке Python (версия 2.7.10).

На рисунке 1 представлен пример окна в ArcMap для запуска представленной программы и ввода исходных данных.

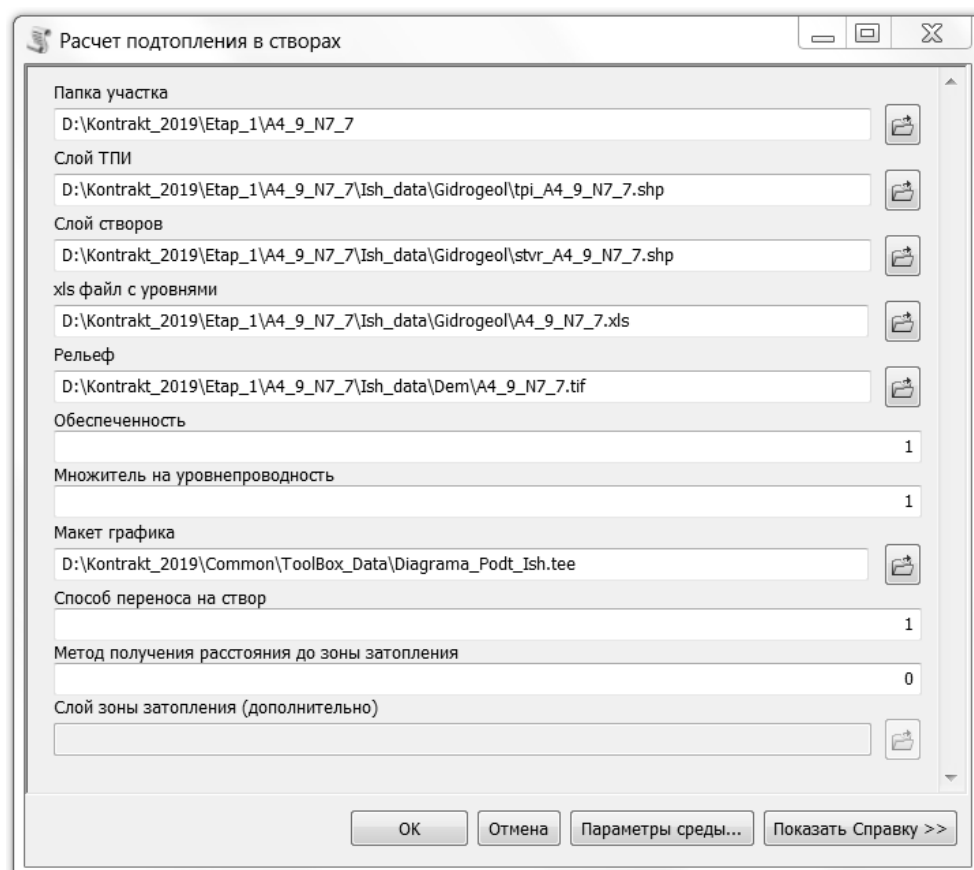


Рисунок 1 – Пример окна в ArcMap для запуска представленной программы и ввода исходных данных

Исходными данными для программы являются:

- шейп-файлы с информацией по разведочным скважинам с их кодировкой, уровнями грунтовых вод и параметрами слоев грунта;
- файл формата Excel с прогнозными абсолютными уровнями воды для створов обследуемого водного объекта на участке и периодом действия изменений;
- рельеф исследуемого участка в виде цифровой модели раstra.

На рисунке 2 представлен пример окна в ArcMap с исходными данными по разведочным скважинам.

По разведочным скважинам в атрибутивных таблицах шейп-файлов должны быть представлены следующие данные:

- код участка;
- код створа по порядку в зависимости от берега водного объекта, на котором он расположен;
- номер скважины в створе, начиная от уреза воды;
- абсолютная отметка уреза воды в створе;
- дата на момент съемки уреза воды по данному створу;
- абсолютная отметка поверхности земли в устье скважины;
- расстояние от уреза воды до скважины в створе;
- абсолютная отметка уровня грунтовых вод;
- абсолютная отметка водоупорного пласта;
- общее количество слоев грунта;
- абсолютная отметка нижней границы 1-го слоя грунта;

- тип 1-го слоя грунта;
- коэффициент фильтрации 1-го слоя грунта;
- природная влажность 1-го слоя грунта;
- плотность 1-го слоя сухого грунта;
- коэффициент пористости 1-го слоя грунта.

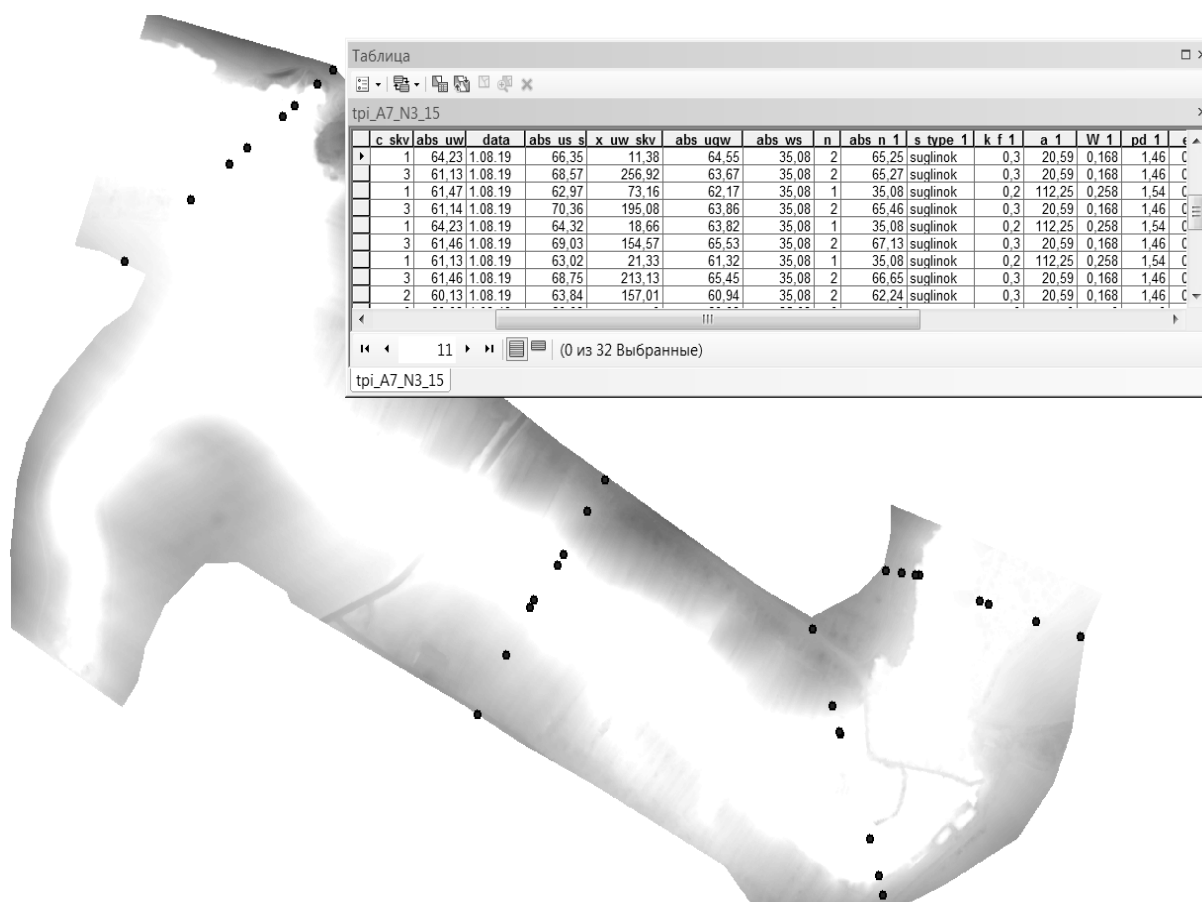


Рисунок 2 – Пример окна в ArcMap с исходными данными по разведочным скважинам

При наличии более одного слоя грунта их количество указывается в соответствующем поле, а в таблицу добавляются значения параметров, относящихся к грунтам, для всех последующих слоев.

Кроме того, исходные данные должны содержать шейп-файл, в котором представлен линейный слой, отображающий типовые створы с их кодировкой.

Расположение скважин вдоль типового створа может быть не строго по линии. Допустимы небольшие отклонения в сторону в случаях невозможности бурения скважин в необходимых местах. Программа при выполнении сама перенесет расчетные скважины на линию створа, произведя необходимую коррекцию данных для расчета.

Компьютерная программа позволяет:

- построить в приложении ArcMap слой из точек, лежащих вдоль типовых створов исследуемого водного объекта и содержащих информацию об абсолютных отметках естественного и прогнозного уровня грунтовых вод, возникшего в результате поднятия уровня воды в водном объекте;
- получить графики, отображающие естественный и прогнозные уровни грунтовых вод, поверхность и расположение разведочных скважин в створах.

На рисунке 3 представлен пример окна в среде ArcMap с результирующим слоем точек разведочных скважин.

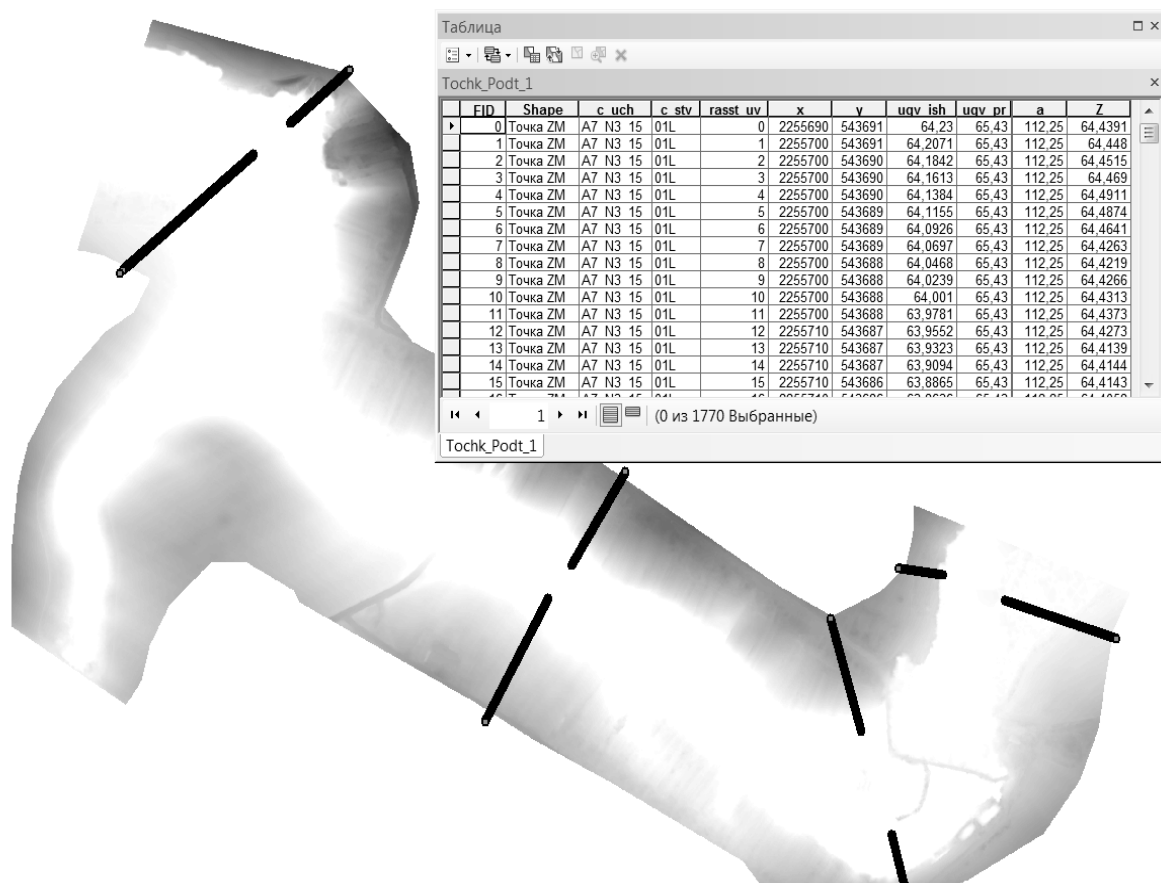


Рисунок 3 – Пример окна в среде ArcMap с результирующим слоем точек

На рисунке 4 представлен пример результирующего графика, отображающего изменение уровня грунтовых вод в створе при поднятии уровня воды в водном объекте.

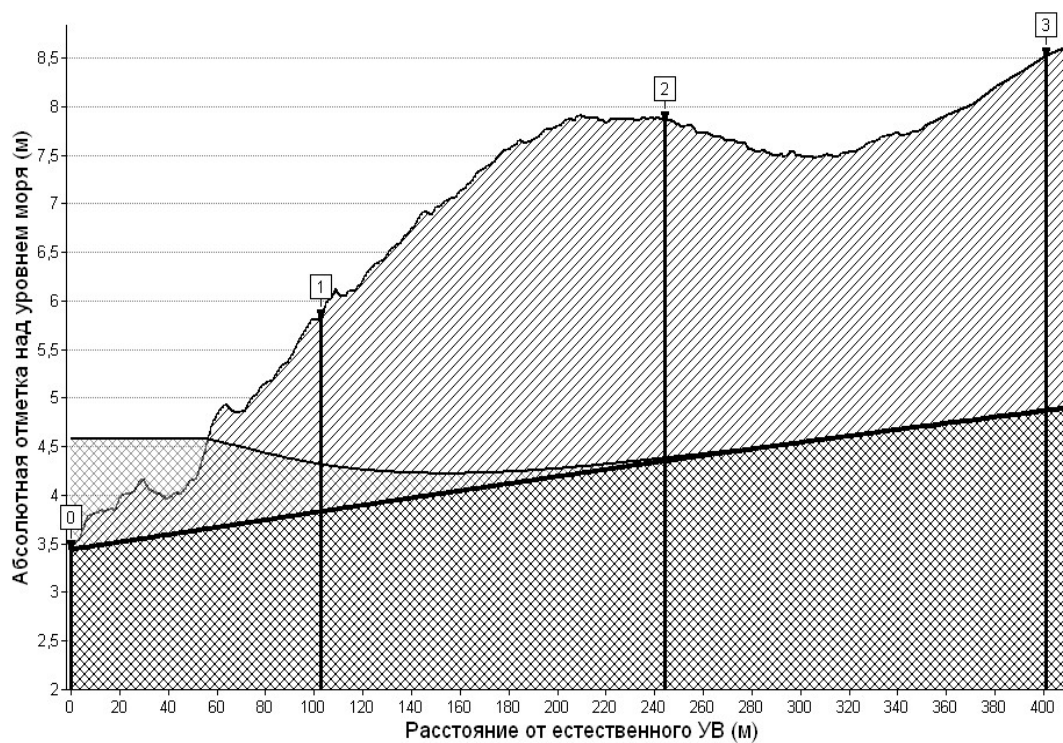


Рисунок 4 – Пример графика, отображающего изменение уровня грунтовых вод в створе при поднятии уровня воды в водном объекте

Точечный слой, полученный в результате расчета программой, будет состоять из точек, расположенных через 1 м (или 10 м, если это допускает кривизна полученной кривой уровня грунтовых вод) вдоль линии типовых створов. В каждой точке в виде атрибутивной информации будут храниться следующие данные:

- код участка;
- код типового створа, на котором расположена рассчитанная точка;
- расстояние от рассчитанной точки до уреза воды;
- координаты рассчитанной точки в плане;
- абсолютная отметка исходного уровня грунтовых вод в данной точке;
- абсолютная отметка рассчитанного уровня грунтовых вод при поднятии уровня воды в водном объекте;
- значение рассчитанной уводнепроводности в данной точке;
- абсолютная отметка поверхности рельефа в данной точке.

Наличие полученного в результате расчета точечного слоя позволит с помощью стандартных средств приложения ArcMap построить цифровую модель измененной поверхности грунтовых вод на исследуемом участке.

Согласно требованиям к территориям, входящим в границы зон подтопления [3], в границах зон подтопления определяются:

- территории сильного подтопления – при глубине залегания грунтовых вод менее 0,3 м;
- территории умеренного подтопления – при глубине залегания грунтовых вод от 0,3 до 2 м от поверхности;
- территории слабого подтопления – при глубине залегания грунтовых вод от 2 до 3 м [3].

Для получения границ зон подтопления будет необходимо стандартными средствами приложения ArcMap сделать следующие действия:

- получить цифровые модели измененной поверхности грунтовых вод, поднятые на 0,3; 2 и 3 м;
- из цифровой модели поверхности рельефа вычесть поднятые на указанные значения цифровые модели измененной поверхности грунтовых вод.

Полученные линии пересечения вычитаемых моделей поверхностей будут являться границами соответствующих зон подтопления. Останется произвести лишь корректировку зон на наличие отдельных неточностей, появляющихся из-за наличия отдельных особенностей рельефа исследуемого участка.

Выводы. Применение разработанной компьютерной программы при наличии необходимых исходных данных позволит значительно уменьшить время, которое требуется для расчета изменений уровня грунтовых вод на обследуемом участке, прилегающем к водному объекту, подвергающемуся временному изменению уровня воды в нем, а также построить в среде ГИС границы и зоны подтопления для обследуемой территории.

Список использованных источников

1 Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях / А. Ж. Муфтахов, И. В. Коринченко, Н. М. Григорьева, В. И. Сологаев, А. П. Шевчик; Комплекс. науч.-исслед. и конструктор.-технол. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. – М.: Стройиздат, 1991. – 272 с. – (Справ. пособие к СНиП 2.06.15-85).

2 Методические рекомендации по расчетам подпора грунтовых вод, подтопления земель и потерь воды на фильтрацию в районах каналов и водохранилищ. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1980.

3 Об определении границ зон затопления, подтопления: Постановление Правительства РФ от 18 апреля 2014 г. № 360 (ред. от 17 мая 2016 г.) // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2018.

УДК 631.6:519.87

Т. И. Сафронова

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

В. И. Степанов

Алтайский экономико-юридический институт, Барнаул, Российская Федерация

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Целью исследований являлось количественное оценивание проведения мелиоративных мероприятий – их состава, объема, очередности. С помощью мелиоративных приемов осуществляется регулирование водного и связанных с ним воздушного, теплового и питательного режимов почв. Основными видами мелиорации являются орошение, обводнение, осушение, борьба с эрозией почв, фитомелиорация, химическая мелиорация. Эти приемы обеспечивают повышение плодородия почв. С изменением экологических условий и развитием технического прогресса приемы улучшения условий жизни сельскохозяйственных культур постоянно совершенствуются, разрабатываются новые технические средства регулирования режимов почв. В таких условиях для исследователя очень важно уметь выявить перспективные направления мелиоративных исследований. Авторы предлагают одну из возможных моделей принятия управленческих решений при проведении мелиоративных мероприятий с учетом неконтролируемых факторов внешней среды, в которой рассматривают мелиоративные мероприятия пуассоновским потоком определенной интенсивности. Разработана вероятностная модель процесса снижения цены мелиоративного мероприятия. Подчеркнуто, что длительность фазы зависит от числа намечаемых мероприятий и среднее время до наступления удовлетворительного мелиоративного состояния – случайная величина. Определено математическое ожидание (среднее значение) времени достижения удовлетворительного мелиоративного состояния. Модель может быть использована для совершенствования управления мелиоративными системами и своевременной разработки мероприятий по недопущению ухудшения почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель, для повышения экологической надежности их функционирования.

Ключевые слова: мелиоративная система; длительность функционирования; неопределенность; математическая модель; вероятностные характеристики.

T. I. Safronova

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

V. I. Stepanov

Altai Economics and Law Institute, Barnaul, Russian Federation

PROBABILISTIC MODELLING OF MANAGERIAL DECISION-MAKING WHEN IMPLEMENTING RECLAMATION MEASURES

The aim of the research was the qualitative assessment of land reclamation measures realization – their structure, extent, priority. Water and related air, heat and nutrient regimes of soils are regulated with the help of reclamation techniques. The main types of land reclamation are irrigation, watering, drainage, soil erosion control, phytoreclamation, and chemical reclamation. These techniques provide the soil fertility increase. With the changing environmental conditions and development of technological progress, methods for improving the

growing conditions of crops are constantly improved, and new technical means of soil regimes regulation are developed. It is very important under such conditions for the researcher to be able to identify the promising areas of reclamation investigations. One of the possible models for making managerial decisions when conducting reclamation measures is proposed, taking into account uncontrolled environmental factors, where reclamation measures are considered with a Poisson flow of a certain intensity. A probabilistic model of the process of price reduction of land reclamation measures has been developed. It is emphasized that the duration of the phase depends on the number of planned activities and the average time to a satisfactory reclamation state is a random variable. The mathematical expectation (average value) of time for achieving a satisfactory reclamation state is determined. The model can be used for improving the management of reclamation systems and the timely development of measures to prevent the deterioration of the soil-reclamation state of irrigated lands, to improve the environmental reliability of their functioning.

Key words: reclamation system; duration of operation; uncertainty; mathematical model; probabilistic characteristics.

Введение. В мелиорации важнейшим объектом является земля с ее почвенным покровом. Потому важны методы, позволяющие заранее оценить намечаемые мероприятия для повышения плодородия почв и для ликвидации ущерба окружающей среде. Интенсивное развитие сельского хозяйства не может эффективно продолжаться без комплексных мероприятий по охране сельскохозяйственных земель от различных видов деградаций. С одной стороны, необходимо обеспечивать получение максимального урожая сельскохозяйственных культур, с другой – сохранить и приумножить плодородие почвы и не допустить отрицательного антропогенного воздействия на окружающую среду. Для расширенного воспроизводства почвенного плодородия необходима система мероприятий – внесение в почву минеральных и органических удобрений, агротехнические и мелиоративные приемы, стимулирование процессов гумусообразования и т. д. Повышение биогенности почв, пополнение запасов органического вещества – общее условие повышения устойчивости агроландшафтов. Необходимо определить оптимальный перечень мелиоративных работ, обеспечивающий максимальную эффективность мелиорации при заданных ограничениях на капиталовложения и другие ресурсы.

Разработка количественных методов обоснования выбора наиболее целесообразных вариантов и принятия управленческих решений актуальна в настоящее время [1, 2]. Чем сложнее, дороже намечаемое мероприятие, тем менее допустимы в нем волевые решения и тем актуальнее становятся научные методы, позволяющие заранее оценить последствия каждого решения, исключить недопустимые варианты и рекомендовать наиболее удачные. Цена принимаемых решений очень высока.

Материал и методы. Рассмотрим математическую модель процесса снижения стоимости намечаемого мелиоративного мероприятия.

Пусть на начальном этапе планируются мелиоративные мероприятия на длительность функционирования T_1 , стоимость которых S_1 (S_i – эксплуатационные затраты). Если за время T_1 отрицательные последствия мелиоративных мероприятий не устранены, намечаются новые мелиоративные мероприятия, стоимость которых S_2 и длительность функционирования T_2 . Если за время T_2 отрицательные последствия не устранены, намечаются новые мелиоративные мероприятия на длительность функционирования T_3 стоимостью S_3 и т. д. Каждый отрезок времени будем называть фазой, и отмечаем, что длительность фазы зависит от числа намечаемых мероприятий. Этот процесс пояснен рисунком 1.

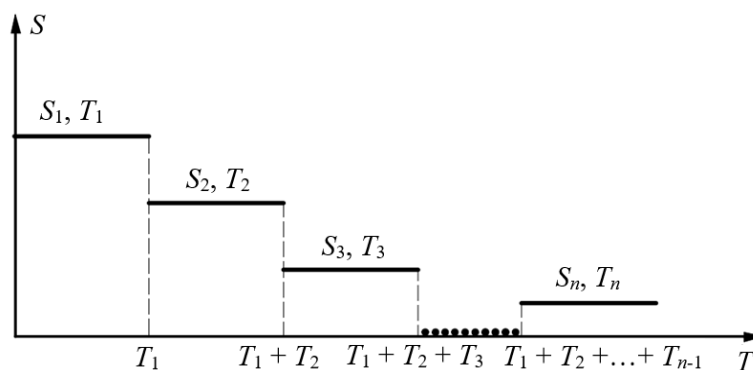


Рисунок 1 – Модель выбора намечаемых мероприятий с понижением стоимости

Рассматриваем последовательность намечаемых мелиоративных мероприятий пуассоновским потоком интенсивности λ . На n -й фазе удовлетворительное мелиоративное состояние будет достигнуто с вероятностью $R_n = R(S_n)$.

Определим среднее время до наступления удовлетворительного мелиоративного состояния.

Рассмотрим некоторую фазу (отрезок времени) длительностью T , в которой удовлетворительное состояние наступает с вероятностью R . Поток намечаемых эксплуатационных мероприятий есть пуассоновский поток интенсивности λ . Так как мероприятия независимы друг от друга и вероятность положительного исхода равна R , то поток мероприятий, приводящих систему к удовлетворительному состоянию, является также пуассоновским потоком, но с интенсивностью, равной λR [3–5]. Поэтому плотность вероятностей интервалов времени τ имеет вид $p(\tau) = R\lambda e^{-\lambda R\tau}$.

Если в интервале времени длиной T удовлетворительное состояние наступило, то условная плотность вероятностей интервала времени от начала фазы до этого момента будет равна:

$$p(\tau | \tau \leq T) = \frac{p(\tau)}{P(\tau \leq T)}, \quad 0 \leq \tau \leq T.$$

Сделаем подробную запись:

$$p(\tau | \tau \leq T) = \frac{R\lambda e^{-\lambda R\tau}}{\int_0^T R\lambda e^{-\lambda R\tau} d\tau} = \frac{R\lambda e^{-\lambda R\tau}}{1 - P}, \quad (1)$$

где P – вероятность того, что в интервале времени длиной T удовлетворительное состояние не наступило.

Из выражения (1) следует:

$$M\{\tau | \tau \leq T\} = \frac{\int_0^T R\lambda \tau e^{-\lambda R\tau} d\tau}{1 - P}.$$

После вычисления интеграла в числителе получим:

$$M\{\tau | \tau \leq T\} = \frac{T}{1 - P} \cdot \varphi_1(\lambda RT). \quad (2)$$

В равенство (2) введена функция:

$$\varphi_1(x) = \frac{1 - (1 + x)e^{-x}}{x},$$

график которой приведен на рисунке 2:

$$M\{\tau | \tau \leq T\}(1 - P) = T \cdot \varphi_1(\lambda RT).$$

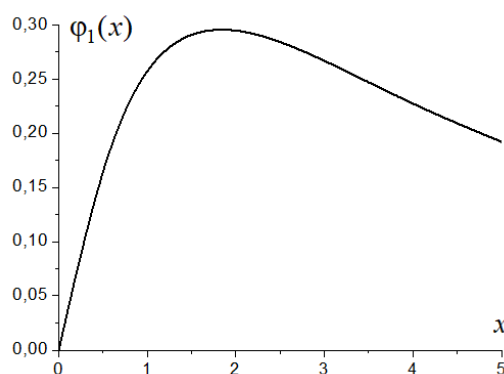


Рисунок 2 – График функции $\varphi_1(x)$

Результаты и обсуждение. Результатом исследований является разработка инновационных технологических карт, учитывающих весь спектр особенностей выращивания культуры в данном регионе с учетом природно-климатических и почвенных факторов. Данную методику можно назвать эколого-адаптивной технологией, базирующейся на математической модели повышения урожайности сельскохозяйственных культур с сохранением плодородия почв и экологической ситуации. Решение данной задачи заключается в необходимости определения оптимального перечня мелиоративных работ, обеспечивающего максимальную эффективность мелиорации [6].

Теперь составим выражение для математического ожидания времени наступления удовлетворительного мелиоративного состояния [7, 8]. Так как удовлетворительное состояние наступает на n -й фазе с вероятностью $Q_n = \prod_{i=1}^{n-1} P_i \cdot (1 - P_n)$, то:

$$M\{\tau\} = \bar{\tau} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[(T_1 + T_2 + \dots + T_{n-1}) \prod_{i=1}^{n-1} P_i (1 - P_n) + T_n \varphi_1(\lambda R_n T_n) \prod_{i=1}^{n-1} P_i \right],$$

где P_i – вероятность того, что в интервале времени длиной T_i удовлетворительное состояние не наступило.

При этом считается, что $\prod_{i=1}^0 P_i = 1$.

После упрощения можем записать:

$$\bar{\tau} = \sum_{n=1}^{\infty} (1 - P_n) \prod_{i=1}^{n-1} P_i \left(\sum_{k=1}^{n-1} T_k \right) + \sum_{n=1}^{\infty} T_n \varphi_1(\lambda R_n T_n) \prod_{i=1}^{n-1} P_i.$$

Рассмотрим первое слагаемое. Переставив в первом слагаемом суммы, получим:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (1 - P_n) \prod_{i=1}^{n-1} P_i \left(\sum_{k=1}^{n-1} T_k \right) = \sum_{k=1}^{\infty} T_k \sum_{n=k+1}^{\infty} (1 - P_n) \prod_{i=1}^{n-1} P_i.$$

Так как $\prod_{i=1}^{\infty} P_i = 0$, можем записать:

$$M\{\tau\} = \bar{\tau} = \sum_{n=1}^{\infty} T_n P_n \prod_{i=1}^{n-1} P_i + \sum_{n=1}^{\infty} T_n \varphi_1(\lambda R_n T_n) \prod_{i=1}^{n-1} P_i = \sum_{n=1}^{\infty} T_n \psi_1(\lambda R_n T_n) \prod_{i=1}^{n-1} P_i,$$

$$\psi_1(\lambda R_n T_n) = P_n + \varphi_1(\lambda R_n T_n) = e^{-\lambda R_n T_n} + \varphi_1(\lambda R_n T_n).$$

Отсюда следует выражение для функции:

$$\psi_1(x) = e^{-x} + \varphi_1(x) = \frac{1 - e^{-x}}{x},$$

график которой изображен на рисунке 3. Итак, окончательно:

$$\bar{\tau} = \sum_{n=1}^{\infty} T_n \psi_1(\lambda R_n T_n) \cdot \exp\left(-\sum_{k=1}^{n-1} \lambda R_k T_k\right),$$

где считается, что $\sum_{k=1}^0 \lambda R_k T_k = 0$.

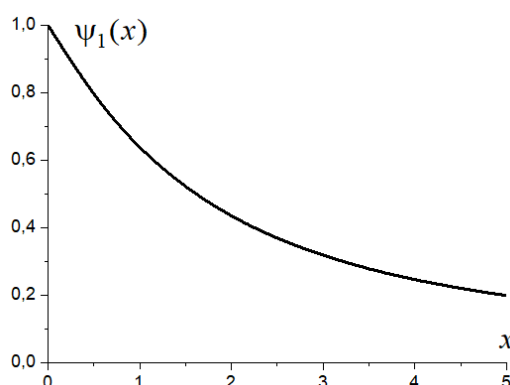


Рисунок 3 – График функции $\psi_1(x)$ для нахождения $\bar{\tau}$

Далее рассмотрим вопрос об оптимальном законе изменения стоимости мероприятий [8]. Если удовлетворительное состояние системы наступит в момент времени τ , то общий доход Q предприятия от проведенных мероприятий можно записать в виде:

$$Q = \int_0^{\infty} (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau, \quad (3)$$

и потребовать $Q \rightarrow \max_{S(\tau)}$.

В выражении (3) функция $S(\tau)$ – стоимость мероприятий, осуществленных до момента времени τ , функция $K(\tau)$ характеризует экологический ущерб, который будет нанесен оросительной системе, если удовлетворительное состояние системы наступит в момент времени τ . Нами рассмотрен частный случай выражения ущерба $K(\tau) = K_0 \tau$, K_0 – коэффициент линейной зависимости.

В выражении (3) заменим $S(\tau)$ на $\Delta S(\tau)$ и составим выражение для δQ . В полученном выражении согласно основной лемме вариационного исчисления на экстремали множитель при $\delta S(\tau)$ должен обращаться в нуль. После преобразования полученного соотношения получаем дифференциальное уравнение для оптимального значения $S(\tau)$:

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2}\right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K'(\tau) = 0. \quad (4)$$

Запишем для рассматриваемого частного случая выражения ущерба $K(\tau) = K_0 \tau$ дифференциальное уравнение (4):

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2}\right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K_0 = 0. \quad (5)$$

Решение уравнения (5) имеет вид $S(\tau) = S_0$. Тогда $S'(\tau) = 0$ это приводит к алгебраическому соотношению:

$$-\lambda \frac{R^2(S_0)}{R'(S_0)} = K_0. \quad (6)$$

Принимаем зависимость выполняемых мероприятий на оросительной системе от времени функцией:

$$S(t) = S = S_m + (S_0 - S_m)e^{-\alpha t}.$$

В этом случае $S(0) = S_0$ и $\lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = S_m$, где S_m – минимальная стоимость мероприятий, при которой неудовлетворительное состояние системы наступит обязательно, $R(S_m) = 1$.

С учетом принятого выражения функции $S(t)$ выражение (6) имеет вид:

$$K_0 = \lambda \frac{(S_M - S_0)^2}{S_M - S_m}, \quad (7)$$

где K_0 – коэффициент линейной зависимости в выражении ущерба;

S_M – максимальная стоимость мероприятий, при которой не будет ущерба природной среде;

S_0 – начальная стоимость мероприятий.

Приоритетным направлением выполняемых мелиораций является разработка рекомендаций сельхозпроизводителям, которые должны базироваться на следующих положениях:

- системы обработки почвы с разработкой технологических карт;
- оптимизация методов и способов внесения органических и минеральных удобрений;
- регулирование pH почвы;
- совершенствование способов и методов снижения и предупреждения переувлажнения земель, а также мелиораций, направленных на устранение последствий переувлажнения почв;
- использование современных технологий орошаемого земледелия;
- использование технологий точного земледелия при выполнении агро-мелиораций.

Выводы. Анализ формулы (7) показал, что предложенная модель допускает прогноз влияния изменений условий эксплуатации оросительного объекта на количественном уровне и может быть использована для своевременной разработки мероприятий по недопущению ухудшения почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель, для повышения экологической надежности их функционирования.

Модель дает возможность исследовать особенности функционирования системы в любых реальных ситуациях, прогнозировать поведение системы при изменении условий окружающей среды и снизить риски неопределенностей при принятии управленческих решений и обоснованном выборе мероприятий.

Список использованных источников

1 Сафронова, Т. И. Моделирование динамики органического вещества почв / Т. И. Сафронова, И. В. Соколова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 72-й науч.-практ. конф. преподавателей по итогам НИР за 2016 г. – Краснодар, 2017. – С. 42–43.

2 Кондратенко, Л. Н. Рациональное использование земли на основе экономико-статистического анализа показателей в ООО «АПФ «Рубин» / Л. Н. Кондратенко, Е. В. Касьянова // Научные исследования – сельскохозяйственному производству: материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 431–437.

3 Сафронова, Т. И. Управление мелиоративным состоянием почв для воспроизводства плодородия сельскохозяйственных земель Краснодарского края / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф.; под общ. ред. В. А. Солопова. – 2018. – С. 279–282.

4 Сафронова, Т. И. Теоретическая модель оптимального проектирования агро-

ландшафтов / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 3 (ч. 2). – С. 204–209.

5 Сафронова, Т. И. Математическое моделирование природных процессов в природообустройстве / Т. И. Сафронова, В. И. Степанов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8-2. – С. 172–173.

6 Сафронова, Т. И. Оценка мелиоративного состояния рисовой оросительной системы по интегральному показателю / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – Вып. 3. – С. 42–43.

7 Reliability analysis of an aging unit with a controllable repair facility activation / D. Efrosinin, M. Farkhadov, J. Sztrik, N. Stepanova // Springer Proceedings in Mathematics and Statistics. – 2018. – P. 403–417.

8 Kitaeva, A. V. Linear On/Off Inventory Control / A. V. Kitaeva, N. V. Stepanova // Proceedings, 15th Applied Stochastic Models and Data Analysis (ASMDA 2013) International Conference, Mataro (Barcelona), Spain, 25–28 June 2013. – Mataro, 2013. – P. 497–504.

УДК 631.51.01

Н. А. Рябцева

Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Российская Федерация

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В работе изучали влияние почвозащитной технологии возделывания ярового ячменя, озимой пшеницы, подсолнечника (без обработки почвы) в звеньях севооборота на их рост, развитие, урожайность, агрофизические свойства чернозема обыкновенного, экономическую эффективность в зоне неустойчивого увлажнения Ростовской области. Растительные остатки на поверхности почвы способствуют большему накоплению и лучшему сохранению продуктивной влаги в почве за счет большего накопления снега, снижения температуры поверхности поля и уменьшения скорости ветра в приземном слое. Почвозащитная технология возделывания полевых культур не оказала существенного влияния на плотность почвы. По обеим технологиям возделывания полевых культур наблюдался смешанный тип засоренности посевов. Перед посевом большее засорение наблюдалось по всем культурам по почвозащитной технологии. Во время вегетации культур существенной разницы между технологиями по количеству и массе сорных растений не наблюдалось. Установлено увеличение урожайности всех изучаемых культур при возделывании по почвозащитной технологии, но прибавка урожая подсолнечника была в пределах ошибки опыта и математически недоказуема. Озимая пшеница и яровой ячмень достоверно увеличили урожайность по почвозащитной технологии (прибавка составила 12,4 и 19 % соответственно). Наибольшую экономическую эффективность обеспечивает возделывание полевых культур по почвозащитной технологии. Рентабельность сельскохозяйственных культур по этой технологии составила от 75 до 96 %, а по традиционной технологии – 28–69 %. В среднем рентабельность производства по почвозащитной технологии была на 36 % больше, чем по традиционной.

Ключевые слова: почвозащитная технология; земледелие; эффективность производства; яровой ячмень; озимая пшеница; подсолнечник.

N. A. Ryabtseva

Don State Agrarian University, Persianovsky, Russian Federation

EFFICIENCY OF FIELD CROPS CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE ORDINARY CHERNOZEMS IN ROSTOV REGION

The impact of soil-protective technology of cultivation of spring barley, winter wheat, sunflower (without tillage) in crop rotation links on their growth, development, yield, agrophysical properties of ordinary chernozem, economic efficiency in the unstable moisture zone of Rostov region was studied. Plant residues on the soil surface contribute to greater accumulation and better conservation of productive moisture in soil due to a greater snow accumulation, lower field surface temperature and lower wind speed in the near-earth layer. Soil-protective technology for cultivating field crops did not significantly affect soil density. For both technologies of field crops cultivation a mixed type of weed infestation of crops was observed. Weed infestation before sowing was observed in all crops by soil protection technology. During the growing season there was no significant difference between the technologies in terms of the number and weeds weight. An increase in the crop yield of all the studied crops when cultivating according to the soil protection technology was stated, but the increase in the yield of sunflower was within the experimental error and mathematically unprovable. Winter wheat and spring barley significantly increased productivity by soil protection technology (increase was 12.4 and 19 %, respectively). The greatest economic efficiency is provided by field crops cultivation using soil protection technology. The profitability of crops by this technology ranged from 75 to 96 %, and by traditional technology – 28–69 %. On average, the profitability of production by soil protection technology was 36 % higher than by the traditional one.

Key words: soil conservation technology; farming; production efficiency; spring barley; winter wheat; sunflower.

Введение. В поисках сокращения затрат на производство продукции и тем самым повышения экономической эффективности растениеводства все больший интерес сельхозтоваропроизводителей вызывают почвозащитные ресурсосберегающие технологии возделывания полевых культур [1–4].

Интенсификация сельскохозяйственного производства, создание крупных агропромышленных и животноводческих комплексов, химизация сельскохозяйственных угодий в целях наращивания продовольственного фонда требуют внимательного и бережного отношения к почве как компоненту биосферы, как средству производства и условию существования. В связи с этим почвозащитные технологии имеют первостепенное значение для экономического и социального развития страны [5].

Почвозащитные технологии предполагают два рода деятельности: первый – получение научных знаний, обеспечивающих обоснование и разработку соответствующих практических мероприятий; второй – практическое претворение в жизнь научных разработок.

В нашей работе мы изучали влияние почвозащитной технологии возделывания ярового ячменя, озимой пшеницы, подсолнечника (без обработки почвы) в звеньях севооборота на их рост, развитие, урожайность, агрофизические свойства чернозема обыкновенного, экономическую эффективность в зоне неустойчивого увлажнения приазовской зоны Ростовской области – это имеет актуальное значение.

Научно-теоретическая значимость исследований определяется накоплением научных знаний в области перспектив использования почвозащитных технологий возделывания ярового ячменя, озимой пшеницы, подсолнечника.

Научная новизна исследования состоит в том, что его результаты дополняют исследования предыдущих лет и дают возможность комплексно использовать результаты исследований на производстве при выборе технологии возделывания ярового ячменя, озимой пшеницы, подсолнечника с точки зрения экологической целесообразности и экономической эффективности [6–10].

Материалы и методы. Полевые опыты проводили на поле ИП Е. Н. Рябцева, расположенном в зоне неустойчивого увлажнения приазовской зоны Ростовской области, где за год выпадает 430–560 мм осадков. Сумма активных температур составляет

3000–3400 °С. ГТК 0,8. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный средне-мощный слабогумусированный тяжелосуглинистый, характеризуется низким содержанием гумуса в пахотном слое (3,47 %), а также низким содержанием нитратного азота (11,9 мг/кг). Обеспеченность почвы подвижным фосфором в горизонте $A_{\text{пах}}$ средняя (18,7 мг/кг (по Мачигину)) и очень низкая в подпахотном горизонте (9,6 мг/кг), содержание обменного калия среднее (245 мг/кг) в пахотном и подпахотном горизонтах. Реакция почвенного раствора $pH = 7,1$.

При возделывании ярового ячменя и подсолнечника по традиционной технологии проводили лущение стерни в два следа, вспашку, промежуточные и предпосевную культивации, а перед посевом озимой пшеницы только лущение и культивацию. По почвозащитной технологии никаких обработок не проводили, но за 5–7 дней до посева яровых культур деланки опрыскивали гербицидом сплошного действия Ураган Форте в дозе 2–2,5 л/га с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га.

По традиционной технологии посев ярового ячменя и озимой пшеницы осуществляли сеялкой СЗ-3,6, подсолнечника пропашной сеялкой «Оптим», по почвозащитной технологии все культуры сеяли сеялкой прямого посева Gimetal. Норма высева ячменя и озимой пшеницы 4,5 млн, подсолнечника 60 тыс. всхожих семян на 1 га. Способ посева ячменя и пшеницы сплошной рядовой, подсолнечника – широкорядный с шириной междурядий 70 см, глубина заделки семян ячменя и пшеницы 6 см, подсолнечника 6–8 см. По обеим технологиям возделывания одновременно с посевом вносили рекомендованные научными учреждениями дозы минеральных удобрений. Для борьбы с сорняками и вредителями в фазе кущения ячменя и озимой пшеницы проводили опрыскивание гербицидом Ланцелот в дозе 30 г/га, при появлении флагового листа – обработку фунгицидом Аканто Плюс, 0,5 л/га. Подсолнечник по технологии без обработки почвы в фазе 4–6 листьев опрыскивали гербицидом Евролайтинг в дозе 1,1 л/га, по традиционной технологии проводили культивацию междурядий и окучивание растений.

Полевой опыт заложен в 2018 г. Исследования проводили в звеньях севооборота озимая пшеница – озимая пшеница; озимая пшеница – подсолнечник; подсолнечник – яровой ячмень, развернутого в пространстве всеми полями. Деланки в опыте размещены в два яруса: первый ярус – традиционная технология, второй – технология без обработки почвы. Повторность опыта трехкратная, размещение вариантов – организованные повторения.

Закладка полевых опытов, испытания, промеры и подсчеты проводились в соответствии с методикой Государственного испытания (1989) и методикой полевого опыта. Статистическую обработку информации, анализ данных выполняли с использованием программ Microsoft Office 2010. Экономическую эффективность выращивания озимой пшеницы определяли расчетно-конструктивным методом.

Результаты и обсуждение. В опытах во время уборки растительные остатки полевых культур по обеим технологиям возделывания измельчали и равномерно распределяли комбайном по всей поверхности деланки, но количество растительных остатков в зависимости от технологии возделывания было различным. После уборки озимой пшеницы по традиционной технологии количество побочной продукции составило 9,21 т/га, по почвозащитной технологии 9,89 т/га, что обусловлено большим формированием надземной биомассы изучаемыми растениями при возделывании без обработки почвы. Наибольшее количество растительных остатков наблюдалось после уборки подсолнечника при возделывании по почвозащитной технологии при сохранности их к посеву 73,4 %. Также среди изучаемых культур высокая сохранность растительных остатков к посеву наблюдалась у озимой пшеницы: 21,3 % по традиционной технологии (что связано с особенностями подготовки почвы к посеву, так как растительные остатки других культур при вспашке заделываются в почву) и 88,6 % без обработки (таблица 1).

Оставшиеся на поверхности почвы растительные остатки способствовали значительно большему накоплению снега зимой (таблица 2).

Таблица 1 – Количество растительных остатков полевых культур на поверхности почвы при различных технологиях, 2018 г.

В т/га

Технология	Растительные остатки	Время отбора		Сохранилось к посеву, %
		после уборки	перед посевом	
Традиционная	Яровой ячмень	6,16	0	0
	Озимая пшеница	9,21	1,96	21,3
	Подсолнечник	8,84	0	0
Почвозащитная	Яровой ячмень	6,72	3,69	54,9
	Озимая пшеница	9,89	8,76	88,6
	Подсолнечник	10,64	7,81	73,4

Таблица 2 – Влияние технологии возделывания полевых культур на высоту снежного покрова (2018–2019 сельскохозяйственный год)

В см

Звено севооборота	Технология		Увеличение	
	традиционная	почвозащитная	см	%
Подсолнечник – яровой ячмень	10,5	18,4	7,9	1,8
Озимая пшеница – озимая пшеница	12,8	19,5	6,7	1,5
Озимая пшеница – подсолнечник	10,6	26,4	15,8	2,5

Больше всего снега накапливали растительные остатки подсолнечника, скошенные при почвозащитной технологии на высоте 82–88 см (26,4 см). Густая стерня озимой пшеницы, скошенная на высоте 28–30 см, накапливала 19,5 см снега. Меньше всего снега по этой технологии накапливали растительные остатки ярового ячменя (18,4 см). По традиционной технологии высота снежного покрова после уборки изучаемых культур и обработки почвы составила от 10,5 до 12,8 см. Математическая обработка полученных данных показала, что на накопление снега большее влияние оказывает высота растительных остатков, оставленных после уборки ($r = 0,84$), чем их масса ($r = 0,61$).

Растительные остатки кроме накопления снега способствуют его более медленному таянию во время зимних оттепелей и при наступлении весны. По нашим наблюдениям, сход снежного покрова по традиционной технологии происходил быстрее на 7 дней, чем по почвозащитной технологии.

Перед посевом по почвозащитной технологии содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы было на 10,4–11,4 % больше, чем по традиционной. В критический для культур период органогенеза продуктивной влаги было на 17,2–32,9 % больше по почвозащитной технологии, что положительно повлияло на формирование продуктивного агроценоза. Большее содержание продуктивной влаги в критические периоды вегетации изучаемых культур по почвозащитной технологии мы объясняем не только большим его накоплением в осенне-зимнее время, но и уменьшением испарения с поверхности, закрытой растительными остатками, за счет снижения температуры на поверхности почвы и уменьшения скорости ветра в приземном слое.

При посеве озимой пшеницы после дискового лущения и культивации пахотный слой почвы 0–30 см чрезмерно вспушенный и имеет плотность менее единицы. При посеве яровых культур после вспашки имеет плотность сложения, близкую к равновесной, тогда как по технологии без обработки почвы его плотность находится в пределах 1,12–1,21 г/см³, что свидетельствует о существенности различий технологий (таблица 3).

К фазе выхода в трубку озимой пшеницы и ячменя, цветения подсолнечника плотность пахотного слоя почвы существенно отличается по обеим технологиям и математически доказуема. К уборке всех культур плотность выравнивается и разница между технологиями математически недоказуема, а некоторое уплотнение верхнего слоя во время колошения и цветения растений обусловлено засухой, обычно наблюдающейся в это время вегетации.

Таблица 3 – Влияние технологии возделывания на плотность почвы в слое 0–30 см (2018–2019 сельскохозяйственный год)В г/см³

Технология	Культура	Время отбора		
		Посев	Цветение, выход в трубку	Уборка
Традиционная	Яровой ячмень	1,06	1,18	1,28
	Озимая пшеница	0,97	1,12	1,25
	Подсолнечник	1,08	1,20	1,31
Почвозащитная	Яровой ячмень	1,12	1,27	1,32
	Озимая пшеница	1,21	1,25	1,29
	Подсолнечник	1,13	1,28	1,33
НСР _{0,95}		0,02	0,06	0,05

На всех делянках перед посевом произрастали яровые сорняки: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Polygonum aviculare* L., *Fallopia convolvulus* L., *Setaria glauca* L., *Atriplex tatarica* L., *Galium aparine* L., *Thlaspi arvense* L. Из многолетних сорняков встречались *Sonchus arvensis* L. и бодяк полевой *Cirsium arvense* L. Вегетировали они перед посевом подсолнечника по традиционной технологии. Перед посевом озимой пшеницы по обеим технологиям многолетних сорняков не было.

Перед посевом всех культур по традиционной технологии предпосевной культивацией уничтожены все произрастающие на этот момент сорняки. По почвозащитной технологии перед посевом культур сорняки были уничтожены гербицидом сплошного действия из группы глифосатов. В посевах всех изучаемых культур по обеим технологиям наблюдался смешанный тип засоренности. Количество и вегетативная масса сорной растительности были больше по технологии без обработки почвы.

Численность и надземная масса появившихся в посевах изучаемых культур сорных растений после опрыскивания гербицидами по обеим технологиям и проведения междурядных обработок подсолнечника по традиционной технологии резко снизились, и по обеим технологиям сорняки находились в нижнем ярусе и не оказали влияния на формирование урожая возделываемых культур.

Установлено увеличение урожайности всех изучаемых культур при возделывании по почвозащитной технологии, но прибавка урожая подсолнечника была в пределах ошибки опыта и математически недоказуема. Озимая пшеница и яровой ячмень достоверно увеличили урожайность по почвозащитной технологии (прибавка составила 12,4 и 19 % соответственно) (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние технологии возделывания на урожайность полевых культур (2018–2019 сельскохозяйственный год)

В т/га

Звено севооборота	Технология		Прибавка урожая		НСР _{0,95}
	традиционная	почвозащитная	т/га	%	
Подсолнечник – яровой ячмень	3,12	3,85	0,73	19,0	0,18
Озимая пшеница – озимая пшеница	4,25	4,85	0,60	12,4	0,25
Озимая пшеница – подсолнечник	2,83	2,94	0,11	3,7	0,10

При возделывании изучаемых культур по традиционной технологии основными статьями расходов являются горюче-смазочные материалы, удобрения, амортизация и ремонт техники. При возделывании этих же культур по почвозащитной технологии основными статьями расходов становятся пестициды (до 40 %). Затраты по традиционной технологии составили в среднем по севообороту 23500 руб., по почвозащитной технологии 21463 руб./га, что на 9,5 % меньше (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние технологии на экономическую эффективность возделывания культур, 2019 г.

Технология	Звено севооборота	Выручка, руб./га	Затраты, руб./га	Себестоимость, руб./т	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
Традиционная	Подсолнечник – яровой ячмень	24960	19540	6262	5420	28
	Озимая пшеница – озимая пшеница	38250	24150	5682	14100	58
	Озимая пшеница – подсолнечник	45280	26810	9473	18470	69
Почвозащитная	Подсолнечник – яровой ячмень	30800	17560	4561	13240	75
	Озимая пшеница – озимая пшеница	43650	22870	4715	20780	91
	Озимая пшеница – подсолнечник	47040	23960	8149	23080	96

Снижение затрат на возделывание изучаемых культур по почвозащитной технологии на фоне небольшого роста урожайности и, соответственно, увеличения выручки с 1 га посевов привело к тому, что по этой технологии по всем культурам получена большая прибыль и рентабельность при снижении себестоимости производимой продукции.

В среднем выручка с 1 га севооборотной площади по традиционной технологии составила 36163 руб., по почвозащитной технологии – 40497 руб., что на 4333 руб., или 10,7 %, больше. Снижение производственных затрат по почвозащитной технологии позволило получить 19003 руб./га прибыли (больше традиционной технологии на 6370 руб./га (33,5 %)). Рентабельность производства составила 51,7 % по традиционной и 88 % по почвозащитной технологии.

Вывод. Таким образом, на черноземе обыкновенном в зоне недостаточного увлажнения приазовской зоны Ростовской области яровой ячмень, озимую пшеницу, подсолнечник в севообороте следует возделывать по почвозащитной технологии.

Список использованных источников

1 Почвозащитные технологии и энергосберегающая техника для возделывания сельскохозяйственных культур / А. В. Миронова [и др.] // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2019. – № 3. – С. 9–15.

2 Догеев, Г. Д. Ресурсосберегающие технологии и машины для обработки почвы / Г. Д. Догеев, М. Б. Халилов // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 2(38). – С. 58–65.

3 Егоров, В. П. Способы обработки почвы при почвозащитных технологиях / В. П. Егоров, Н. Н. Тончева, А. Н. Самсонов // Современное состояние и перспективы развития науки, техники и образования: сб. науч. тр. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 47–50.

4 Технологии почвозащитной обработки: пути развития / С. Н. Карпов, А. А. Кожухов, Е. В. Герасимов, П. А. Хаустов // Вестник АПК Ставрополя. – 2019. – № 1(33). – С. 8–13.

5 Противоэрозионная эффективность приемов биологизации земледелия в степном и лесостепном агроландшафтных районах средней Сибири / Е. Я. Чебоцаков, Ю. Ф. Едигеичев, Г. М. Шапошников, В. Н. Муртаев // Кормопроизводство. – 2019. – № 1. – С. 27–30.

6 Рябцева, Н. А. Оптимизация условий в системе основной обработки почвы при выращивании ярового ячменя / Н. А. Рябцева // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 4(36). – С. 23.

7 Гаевая, Э. А. Продуктивность почвозащитных севооборотов на эрозионно опасных склонах Ростовской области / Э. А. Гаевая // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы X Междунар. науч.-практ. Интернет-конф. – 2018. – С. 107–111.

8 Результаты изучения эффективности способов основной обработки почвы в севообороте / Н. А. Рябцева, М. А. Збраилов, В. Б. Пойда, Е. М. Фалынсков // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1634.

9 Гаевая, Э. А. Приемы возделывания ярового ячменя, увеличивающие его урожайность на эрозионно-опасных склонах / Э. А. Гаевая, С. А. Тарадин, Е. Н. Нежинская // Аграрные конференции. – 2018. – № 3(9). – С. 1–10.

10 A simple soil structure assessment for the farmer / J. Brunotte, M. Lorenz, M. Senger, J. Erpperlein // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири: монография / под ред. В. Г. Сычева, Л. Мюллера. – М., 2018. – Т. 2. – С. 74–78.

УДК 631.674.5:504.064.36

А. В. Майер

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

УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

В системе гидромелиоративных мероприятий существенное значение приобретают технологии, направленные на управление физиологическими процессами в агроценозах посредством совершенствования поливной стационарной или передвижной техники. Важную роль в решении этих задач играет разработка и создание принципиально новых технических средств и технологий орошения. В области орошаемого земледелия это выражается в использовании дождевальных машин и установок малоинтенсивного дождевания, которые работают при пониженных напорах и соответствуют требованиям экологической безопасности. В России продуктивность орошаемого гектара в среднем в 3–4 раза выше неорошаемого, неиспользованный его потенциал составляет 40–60 %. Для стабилизации выращивания плодовых культур и ягодников удельный вес поливных земель должен составлять 10–20 % пашни (на данный период не более 5 %). При повышении этого показателя на 50 % орошение из категории стабилизирующей переходит в категорию, определяющую развитие экономики сельского хозяйства региона. В исследованиях, посвященных разработке устройства и эксплуатации стационарных систем малообъемного орошения, приведены материалы и методы активации поливной воды кислородом, углекислым газом и метод аэрозольного увлажнения многолетних насаждений. Предложенные разработки могут быть использованы в качестве информационного материала при строительстве и эксплуатации оросительных систем для возделывания плодовых многолетних насаждений и ягодников.

Ключевые слова: новая технология; система комбинированного орошения; методы активации поливной воды; аэробное дыхание; ресурсосбережение.

A. V. Mayer

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

HYDROTHERMAL REGIME CONTROL AND PHYSIOLOGICAL ACTIVITY OF FRUIT CROPS

In the system of irrigation and drainage measures technologies aimed at physiological processes control in agrocenosis through the improvement of irrigation stationary or mobile machinery are of great importance. The development and creation of fundamentally new technical means and technologies of irrigation play an important role in solving these problems. In the field of irrigated agriculture this is expressed in sprinkling machines and low-intensity irrigation systems application that operate at low pressures and meet the environmental safety requirements. In Russia, the productivity of the irrigated hectare is on average 3–4 times higher than the non-irrigated one and its unused potential is 40–60 %. To stabilize the fruit crops and berries cultivation the proportion of irrigated land should be 10–20 % of arable land (for this period no more than 5 %). With an increase of this indicator by 50 %, irrigation passes from the stabilizing category into the category that determines the regional agricultural of the region. Studies on the design and operation of stationary systems of low-volume irrigation provide materials and methods for activating irrigation water with oxygen, carbon dioxide and the method of aerosol wetting of perennial plantations. The proposed developments can be used as information material in the construction and operation of irrigation systems for the cultivation of perennial fruit stands and berries.

Key words: innovative technology; combined irrigation system; irrigation water activation methods; aerobic respiration; resource saving

Введение. Подъем орошаемого земледелия в нашей стране невозможен без широкого внедрения орошаемых систем нового поколения, в основе которых должны лежать показатели высокой продуктивности, надежности, экологической безопасности, простота обслуживания при минимуме трудозатрат. В настоящее время на предприятиях агропромышленного комплекса России большое значение придается выбору экологически безопасных и экономически эффективных технических средств полива. В значительной степени этим требованиям отвечают такие способы полива, как дождевание, внутрпочвенное, капельное и аэрозольное орошение [1].

По данным многолетних исследований [2–4], проведенных в нашей стране и за рубежом, применение ресурсосберегающих способов полива связано со множеством нерешенных вопросов, касающихся стационарной техники и технологии дождевания, внутрпочвенного, капельного и аэрозольного орошения. При применении традиционных способов полива не решены вопросы, касающиеся технических средств для осуществления орошения и минерального питания с использованием автоматики [2, 5–8].

Материалы и методы. В основе предлагаемой технологии лежат материалы по разработке комбинированных систем орошения на основании обобщения опыта НИОКР, проводимых в крестьянско-фермерских хозяйствах Волгоградской области. Мелиоративная система капельного орошения в сочетании с аэрозольным увлажнением и активацией поливной воды кислородом или углекислым газом конструировалась и компоновалась на основе мелиоративной системы капельного орошения с использованием методов системного подхода, системотехники, теории проектирования новой техники, теории технических систем. Методическим подходом к разработке новой оросительной стационарной техники является теория и практика комплексных мелиораций с использованием выполненного ВНИИГиМ «Современного районирования способов орошения агроландшафтов» (2004 г.), основных положений Федерального закона «О техническом регулировании» (№ 184-ФЗ от 27.12.2002, № 45-ФЗ от 09.05.2005, № 65-ФЗ от 01.05.2007, № 309-ФЗ от 01.12.2007), расчетных расходных водных характеристик, Федеральных регистров базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве Российской Федерации.

Результаты и обсуждение. Плодовое дерево – организм с очень сложной взаи-

мосвязью вегетативных отдельных органов. Такая сложность проявляется в обеспечении отдельных органов влагой. Плодовые деревья часто страдают из-за недостатка влаги, когда в почве имеется еще значительный запас ее в доступной форме, и наоборот, находятся в отличном состоянии при явно ограниченных запасах влаги. Происходит это потому, что плодовое дерево имеет свой физиологический процесс метаболизма и внутренний водный режим, который в свою очередь определяется особенностью аэробного дыхания почвы, водного режима тканей и клеток отдельных органов, составляющих плодовое дерево. Сопоставление динамики роста побегов с метеорологическими условиями этого периода позволило установить, что продолжительность и интенсивность поступательного роста побегов тесно связаны с нарастанием недостатка насыщения воздуха водяными парами. Любая растительная клетка для нормального функционирования должна быть насыщена водой. Чем выше температура воздуха, тем ниже его влажность, тем сильнее испаряется вода надземными органами, особенно листьями, корни не успевают пополнять уменьшающуюся в тканях воду, наступает водный дефицит и временное, а в условиях сухого жаркого лета нередко и длительное или устойчивое завядание растений. Водный дефицит может наступать и при достаточной влажности почвы в условиях низкой или высокой температуры и сухости воздуха, при сильных суховеях [1, 2]. Фермер или садовод имеет возможность при орошении комбинированным поливом многолетних насаждений изначально с момента закладки молодого сада управлять формированием корневой системы. Регулярное водообеспечение деревьев вносит существенные коррективы и в удаленность корней от штамба дерева. Распространение корней вглубь и в стороны определяет объем почвогрунта, из которого плодовое дерево берет влагу и элементы питания. Чем равномернее распределены корни в этом объеме, тем, естественно, равномернее расходуется влага из него. Однако основная масса, как правило, сосредотачивается в верхнем плодородном слое почвы и лишь незначительная часть корней проникает на большую глубину. Установлено также, что корни неодинаково насыщают почву на разном удалении от штамба дерева. Большая насыщенность корнями наблюдается в верхних богатых и более аэрируемых горизонтах [7–9].

Аэрозольное орошение, или мелкодисперсное дождевание, базируется на использовании законов физиологии растений. Известно, что биологические резервы повышения продуктивности сельскохозяйственных и плодовых культур огромны, так как коэффициент полезного действия (КПД) фотосинтеза у большей части культурных растений колеблется в пределах 13 %, а максимально возможный КПД фотосинтеза может достигнуть при использовании аэрозольного увлажнения 20 %.

Настоящие исследования направлены на оказание помощи специалистам и фермерам при использовании систем малообъемного орошения и их эксплуатации. Малообъемное капельное орошение в сочетании с аэрозольным увлажнением и активацией поливной воды является перспективной ресурсосберегающей технологией для поддержания предполивного порога влажности в пределах 60–100 % НВ с регулированием термического и пищевого режимов при выращивании плодовых и ягодных многолетних насаждений с выдачей суточных поливных и увлажнительных норм водопотребления. Режимные процессы водораспределения системой комбинированного орошения осуществляются автоматически. Система орошения конструктивно исключает допуск трущихся или двигающихся деталей, тем самым обеспечивая надежность работы на протяжении длительного времени (рисунок 1).

Система транспортирования, распределения воды и питательного раствора на опытном участке включает водозабор 1, центробежный насос 2, песчано-гравийный фильтр 3, инжектор подачи питательной смеси 4, регулятор давления 5, магистральный трубопровод 6, шаровой кран 7, распределительный трубопровод 8, поливной трубопровод 9, установку комбинированного орошения 10, штуцер 11, манометр 12. Все элементы системы комбинированного орошения гидравлически соединены между собой.

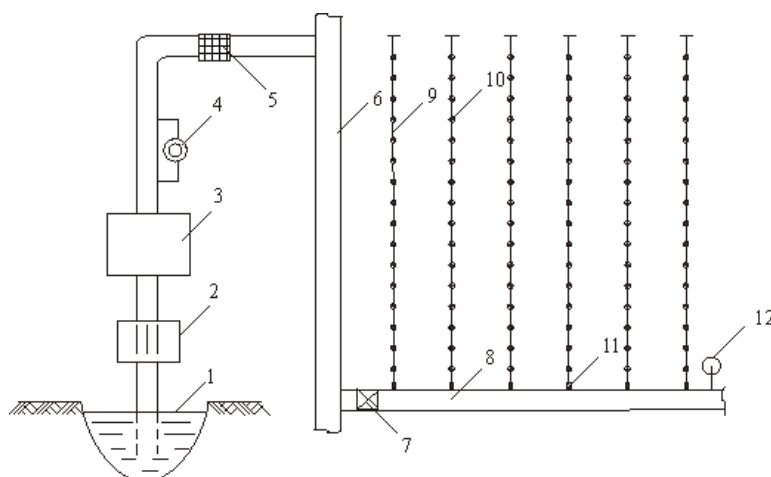


Рисунок 1 – Условная схема системы комбинированного орошения

Система комбинированного орошения многолетних насаждений (рисунок 2) включает следующие конструктивные элементы: раздвижную стойку круглого сечения 1, поперечный стержень того же сечения 3, закольцованный полипропиленовый поливочный трубопровод 2, закрепленный тремя крепежными втулками 8 на трех металлических стержнях 6 на высоте 0,4–0,6 м от уровня поверхности почвенного массива 9, закольцованный поливочный трубопровод 2 диаметром 1300 мм, распылительные насадки 5, гибкие поливинилхлоридные (ПВХ) микротрубки 7, ниппели 10 и штуцеры 11. Поливочный закольцованный трубопровод 2 диаметром 16 мм снабжен тремя распылительными насадками 5 аэрозольного увлажнения с радиусом распыла воды до 1 м, шестью или восемью капельницами 16 с расходом поливочной воды 6–8 л/мин, подводящей соединительной гибкой поливочной микротрубкой 12 из ПВХ с внутренним диаметром 3–4 мм, длиной не менее 1 м, с двумя перфорированными отверстиями 13, 14. Через первое перфорированное отверстие закольцованного трубопровода 13 обеспечивается поступление оросительной воды через соединительную микротрубку 12 из поливочного трубопровода 15 системы орошения посредством ниппеля 14 и штуцера 10, через второе перфорированное отверстие 11 оросительная вода из закольцованного трубопровода 2 через гибкие микротрубки 7 и четырехконцевой водовыпуск 4 поступает к двум распылительным насадкам 5, расположенным на поперечном стержне 3, и к распылителю, расположенному на конце раздвижной стойки (рисунок 2).

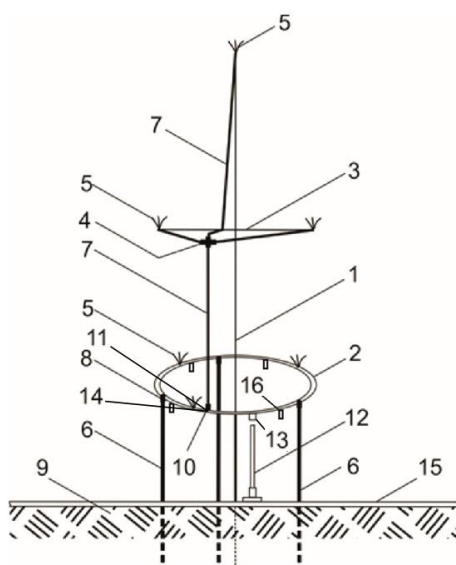
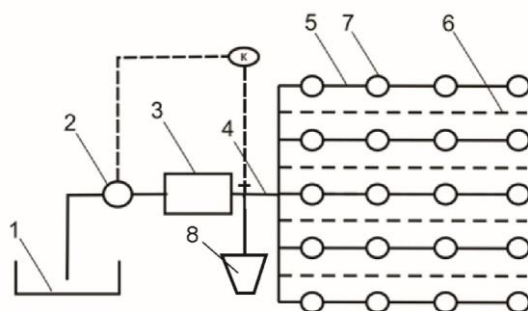


Рисунок 2 – Аэрозольная установка для увлажнения плодовых насаждений

Разработанная садовая установка для капельного орошения и аэрозольного увлажнения может быть использована в любой напорной стационарной системе малообъемного орошения трубопроводного типа, устанавливается в кроне плодового насаждения (ее подсоединяют к имеющемуся поливному напорному трубопроводу стационарной системы). Увлажнение можно проводить вместе с вегетативными поливами или самостоятельно в зависимости от конструктивных элементов гидромелиоративной системы орошения и поставленных задач.

Уникальность рассматриваемой аэрозольной установки состоит в простоте ее соединения с поливным трубопроводом любой стационарной системы орошения, имеющей полипропиленовые или пластмассовые распределительные трубопроводы.

Принцип работы системы орошения с водой, насыщенной кислородом: при орошении возделываемых культур поливной водой, насыщенной кислородом, вода из емкости 8, предназначенной для смешивания воды с перекисью водорода для получения оросительной воды, насыщенной кислородом, подается водяным насосом с малым расходом в систему комбинированного орошения и посредством поливных трубопроводов поступает к капельницам закольцованного трубопровода, а через микротрубки вода подается к распылительным насадкам (рисунок 3).



1 – водоисточник; 2 – насосная станция; 3 – блок фильтров; 4 – распределительный трубопровод; 5 – комбинированный трубопровод; 6 – разделительная полоса; 7 – комбинированные установки; 8 – емкость $H_2O + O_2$; К – контроллер

Рисунок 3 – Условная схема системы комбинированного орошения с насыщением поливной воды кислородом

Расчетная норма перекиси водорода 350 г на 1 м³ поливной воды.

Заключение. Стационарная комбинированная оросительная система позволит проводить автоматизированные поливы рекомендованными методами, такими как аэрозольное увлажнение с активацией поливной воды, посредством монтажа в систему орошения дополнительных конструктивных элементов для регулирования гидротермического режима и улучшения процесса метаболизма в корнях растений. Капельное орошение в сочетании с аэрозольным увлажнением, несомненно, позволит соблюдать запланированные режимы орошения и в то же время контролировать влажность приземного слоя воздуха, тем самым регулировать гидротермический режим возделываемого массива посредством снижения концентрации клеточного сока, уменьшения температуры воздуха и листовой поверхности, повышения влажности воздуха, производства увлажнительных, освежительных и провокационных поливов. Материал имеет практическую значимость и соответствует требованиям, предъявляемым к научным публикациям.

Список использованных источников

- 1 Научные разработки ВФ ВНИИГиМа / В. В. Бородычев, И. И. Конторович, М. Н. Лытов, А. В. Майер // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 5–6. – С. 8–10.
- 2 Бочарников, В. С. Новые приемы возделывания овощных культур в системе

водосберегающего орошения / В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 54.

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

4 Добрачев, Ю. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности / Ю. П. Добрачев, А. П. Соколов // Природообустройство. – 2016. – № 3. – С. 90–96.

5 Дубенок, Н. Н. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений / Н. Н. Дубенок, А. В. Майер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1(49). – С. 43–51.

6 Кизяев, Б. М. Эффективность минерального питания овощных культур при капельном орошении / Б. М. Кизяев, В. И. Кременской, В. В. Бородычев // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 18–21.

7 Алиев, Б. Г. Озоновая технология с применением малоинтенсивного орошения в условиях Азербайджана / Б. Г. Алиев, А. Ф. Зейналова, Г. А. Солтанидзе // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 1. – С. 20–23.

8 Майер, А. В. Управление физиологическим процессом в агрофитocenозах и системы для его осуществления / А. В. Майер, Е. В. Лабутина // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. / Прикаспийский АФНЦ РАН. – 2019. – С. 124–131.

9 Курбанов, С. А. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания / С. А. Курбанов, А. В. Майер // Проблемы развития АПК региона. – 2012. – № 3. – С. 5–9.

УДК 631.43:556.01

Н. Н. Хожанов, Н. Медерова, Г. Н. Хожанова

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

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В АРИДНОЙ ЗОНЕ КАЗАХСТАНА

В статье рассмотрено масштабное решение вопроса по дальнейшему развитию агропромышленного комплекса аридной зоны Казахстана. Оценено состояние ресурсной базы, которая позволила бы установить технологические аспекты регулирования и восстановления нарушенных земель путем применения энергосберегающих технологий. Выявлены коэффициенты ретроспективности климатических ресурсов, схемы размещения, способы модернизации производства с целью рационального использования энергосберегающих технологий. Результаты теоретического анализа показывают, что производственные процессы должны организовываться на основе радиационного индекса абсолютной отметки местности (R_H).

Ключевые слова: радиационный баланс; технологии; восстановление; модернизация; оптимизация; солнечная энергия.

N. N. Khozhanov, N. Mederova, G. N. Khozhanova

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

SOME ISSUES OF FARMING SYSTEM DIFFERENTIATION IN THE ARID ZONE OF KAZAKHSTAN

A broad-scale solution to the issue of further development of agro-industrial complex of the arid zone of Kazakhstan is considered. The resource base state which would allow

establishing the technological aspects of regulation and restoration of disturbed lands by energy-saving technologies is estimated. The coefficients of retrospectiveness of climate resources, location schemes, production modernization methods for efficient use of energy-saving technologies are identified. The results of the theoretical analysis show that production processes should be organized on the basis of radiation index of the absolute terrain elevation (R_H).

Key words: radiation balance; technologies; restoration; modernization; optimization; solar energy.

Введение. В аридной зоне в мировом масштабе разворачивается процесс снижения показателей экономической эффективности хозяйственной деятельности и усиливаются процессы деградации природной среды, что приводит к экологическому кризису. В связи с этим развитие природопользования невозможно без создания оптимальных условий для стабильного управления биологическим и геологическим круговоротом влаги и химических веществ в природной системе. В этом плане анализ масштабных решений по дальнейшему развитию агропромышленного комплекса аридной зоны Казахстана требует сбалансированной оценки состояния ресурсной базы, которая позволила бы установить технологические аспекты регулирования и восстановления нарушенных земель путем применения энергосберегающих технологий. В современных условиях человечество, по-видимому, способно найти более разумный выход из создавшегося экологического кризиса. Он вызван отсутствием как механизма рационального природопользования, так и финансовых вложений, направленных на его техническую и технологическую модернизацию, восстановление природных ресурсов. Дальнейшее развитие агропромышленного комплекса Казахстана невозможно без выработки новых методов регулирования и оптимизации использования энергетических ресурсов.

Проблемы эколого-экономической сбалансированности и оптимизации природопользования исследовались многими учеными [1–5].

Цель исследования – оценить энергетическое состояние природно-климатических ресурсов Казахстана с учетом индекса абсолютной высоты местности (R_H) для дифференцирования системы земледелия.

Материалы и методы. Нами в качестве методов исследования состояния и тенденций развития регионального агропромышленного комплекса были использованы: системный анализ взаимодействия энергетической, почвенной и грунтовой сферы; индексный метод для анализа динамики процессов эколого-мелиоративной сбалансированности; статистическое оценивание связей экологических и природных показателей.

Исследованы три зоны, влияющие на развитие сельскохозяйственных культур:

- зона А – приземной слой воздуха, который, по определению метеорологов, находится на уровне 2 м от поверхности земли;
- зона Б – корнеобитаемый слой почвы, который обогащен необходимыми питательными веществами, во многих источниках его называют ризосферой (0–30 см);
- зона В – зона, характеризующая расстояние от уровня грунтовых вод, она имеет низкое содержание питательных веществ и под воздействием инфильтрационного подъема различную степень засоления, что в результате отрицательно сказывается на возделываемой культуре (1–5 м).

Приведенные зоны имеют специфические различия, что требует глубокой оценки с целью выявления оптимума каждой зоны как в отдельности, так и при соотношении их по природно-климатическим ресурсам. В этом плане в первом приближении можно оценить зону А по следующим показателям:

$$A = \eta_A = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4,$$

где η_1 – коэффициент температуры воздуха;

η_2 – коэффициент влажности воздуха;

η_3 – коэффициент осадков;

η_4 – коэффициент скорости ветра.

Зону Б можно оценить как:

$$Б = \eta_B = h / h_{\Phi},$$

где h – глубина залегания грунтовых вод, м;

h_{Φ} – фактическая глубина залегания грунтовых вод, м.

Зоной В в одних случаях можно пренебречь, в других случаях ее можно принять на уровне 15–25 % от водопотребления той или иной культуры.

Для выявления коэффициентов ретроспективности климатических ресурсов нами произведены соответствующие расчеты по следующим формулам:

$$\eta_1 = \sum t > 10^{\circ}\text{C} / \sum t_{\text{ср.мн.}},$$

где $\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ – сумма среднесуточных температур воздуха больше 10°C ;

$\sum t_{\text{ср.мн.}}$ – сумма среднемесячных температур воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

$$\eta_2 = W_B / W_B^{\text{ср.мн.}},$$

где W_B – относительная влажность воздуха, %;

$W_B^{\text{ср.мн.}}$ – среднемноголетняя относительная влажность воздуха, %;

$$\eta_3 = O_c / O_c^{\text{ср.мн.}},$$

где O_c – осадки, мм;

$O_c^{\text{ср.мн.}}$ – среднемноголетние осадки, мм;

$$\eta_4 = v_B / v_B^{\text{ср.мн.}},$$

где v_B – скорость ветра, м/с;

$v_B^{\text{ср.мн.}}$ – среднемноголетняя скорость ветра, м/с.

Результаты и обсуждения. Расчеты свидетельствуют, что коэффициент ретроспективности энергетических ресурсов η_A по природно-климатическим зонам от лесостепи до пустыни колеблется в пределах 0,94–0,66, коэффициент ретроспективности зоны ризосферы η_B составляет 0,08–0,12 для пустынной и полупустынной зон, а коэффициент ретроспективности уровня грунтовых вод η_B колеблется соответственно от 0,06 до 0,22 (таблица 1).

Таблица 1 – Расчетные данные по коэффициентам ретроспективности в границах природно-климатических зон Казахстана

Зона	Показатель коэффициента						
	η_1	η_2	η_3	η_4	η_A	η_B	η_B
1 Лесостепь	1,13	0,92	1,0	0,9	0,94	–	0,06
2 Степь	1,10	0,90	1,0	0,90	0,89	–	0,11
3 Полупустыня	0,91	0,89	1,0	0,9	0,73	0,08	0,19
4 Пустыня	0,82	0,90	1,0	0,90	0,66	0,12	0,22

Данные означают, что в лесостепи и степи природно-климатические ресурсы усваиваются на 89–94 %, в полупустыне на 73 % и в пустыне на 66 %. Поэтому агротехника сельскохозяйственных культур должна исходить из расчета рационального использования природных ресурсов. В этом плане вопросы дифференцирования системы земледелия, как нам кажется, должны основываться на данных о радиационном балансе территории, что обуславливает необходимость дальнейшего совершенствования методологии регулирования почвенно-мелиоративных критериев на основе энергетических

ресурсов конкретной местности, в частности показателя радиационного индекса абсолютной высоты местности (R_H) [6]. В аридной зоне показатель R_H колеблется в пределах 0,3–2,0, на основе чего систему земледелия можно дифференцировать как нейтральную $R_H > 2,0$, оптимальную $R_H = 0,3 \dots 2,0$ и рискованную $R_H < 0,3$.

Жамбылскую область Республики Казахстан по природно-климатическим ресурсам можно подразделить на три зоны: равнинную, предгорную и горную. Суммарная испаряемость колеблется в пределах 830–1170 мм. Количество осадков составляет от 173 до 636 мм. В этих условиях ведение сельскохозяйственного производства в виде возделывания сельскохозяйственных культур требует модернизации технологических процессов, так как в силу неравномерного распределения осадков и относительно высокой испаряемости затрудняется получение дружных всходов.

Среднеарифметический коэффициент ретроспективности энергетических показателей по Жамбылской области колеблется в пределах 0,80–1,11 (таблица 2). Данные свидетельствуют о неравномерности поступления солнечной радиации на поверхность орошаемых массивов.

Таблица 2 – Коэффициент ретроспективности природно-энергетических ресурсов Жамбылской области

Метеостанция	Сумма температуры воздуха Σt выше 10 °С	Испаряемость E_0 , мм	Сумма дефицита влажности воздуха d , мбар	Радиационный баланс R , кДж/см ²	Коэффициент ретроспективности				Среднее значение коэффициента
					температуры воздуха	испаряемости	дефицита влажности	радиационного баланса	
Уланбель	3721	1116	3050	181,5	1,08	1,10	1,14	1,08	1,1
Мойынкум	3506	1052	2553	174,4	1,01	0,92	0,95	1,03	0,97
Уюк	3720	1116	3203	181,5	1,08	1,16	1,19	1,08	1,12
Байкадам	3612	1083	3127	177,9	1,05	1,13	1,17	1,05	1,1
Толеби	3655	1096	2605	179,3	1,06	0,94	0,97	1,06	1,00
Умбет	3670	1103	3013	180,1	1,06	1,09	1,12	1,07	1,08
Отар	3116	935	2635	161,5	0,90	0,95	0,98	0,96	0,94
Кордай	2930	879	2214	155,3	0,85	0,80	0,82	0,92	0,84
Акыртобе	3560	1068	2560	176,2	1,03	0,92	0,95	1,04	0,98
Кулан	3386	1051	2519	170,4	0,98	0,91	0,94	1,01	0,96
Тараз	3492	1048	2309	173,9	1,01	0,84	0,86	1,03	0,93
Мерке	3472	1041	2513	173,2	1,0	0,91	0,94	1,03	0,97
Жуалы	2761	830	2022	149,9	0,80	0,73	0,75	0,89	0,80
Шокпак	2871	861	2141	153,3	0,83	0,95	0,80	0,91	0,88
Тюкен	3373	1012	2434	170,0	0,97	0,88	0,91	1,01	0,95
Шыганак	3468	1040	2721	173,2	1,0	0,98	1,01	1,03	1,0
Камкалы-кол	3900	1170	3050	187,5	1,13	1,10	1,14	1,11	1,12
Анархай	3698	1109	3108	180,8	1,07	1,12	1,16	1,07	1,08
Шокпар	3471	1041	2959	173,3	1,0	1,07	1,10	1,03	1,02
Среднее	3442	1034,2	2670,3	167,9					0,94

Наряду с этим анализ природных ресурсов свидетельствует, что показатели коэффициента увлажнения (K_y) изменяются в пределах 0,15–0,74, что характерно для зон от пустынной до лесостепной. Поэтому возникает острая необходимость разделения орошаемой территории по соответствующим зонам (таблица 3). Отсюда следует, что площади, прилегающие к метеостанции Шокпак, можно отнести к лесостепной зоне,

где K_y составляет 0,74, а количество осадков вдвое превышает нормативные показатели и составляет 636 мм. Данная зона от посевной площади по области составляет примерно 3,0 %. К степной зоне относятся территории, прилегающие к метеостанциям Толеби, Умбет, Отар, Кордай, Акыртобе, Кулан, Тараз и Анархай, т. е. примерно 56 % посевных площадей по области. К полупустынной зоне относятся территории, прилегающие к метеостанциям Уланбель, Мойынкум, Уюк, Байкадам и Тюкен, что составляет примерно 33 % посевных площадей по области. К пустынной зоне относятся территории, прилегающие к метеостанциям Шыганак, Камкалы-кол, что составляет примерно 8 % посевных площадей по области.

Таблица 3 – Климатические ресурсы природной системы Жамбылской области

Метеостанция	Абсолютная отметка местности H , м	Коэффициент увлажнения K_y	Испаряемость по Н. Иванову E_0 , мм	Осадки O_c , мм	Испаряемость на высоте H $E_{0H} = O_c/K_y$, мм	Индекс осадков O_c/H	Индекс суммарной испаряемости E_0/H
Уланбель	266	0,20	1116	224	1120	0,80	4,19
Мойынкум	350	0,27	1052	294	1091	0,84	3,0
Уюк	373	0,25	1116	283	1132	0,76	2,98
Байкадам	337	0,21	1083	297	1123	0,70	3,20
Толеби	455	0,30	1096	336	1120	0,73	2,40
Умбет	512	0,30	1103	333	1110	0,65	2,10
Отар	742	0,34	935	316	929	0,46	1,20
Кордай	1141	0,30	879	278	926	0,20	0,70
Акыртобе	643	0,33	1068	355	1076	0,50	1,50
Кулан	682	0,34	1051	361	1061	0,50	1,50
Тараз	642	0,33	1048	353	1069	0,50	1,50
Мерке	703	0,41	1041	435	1061	0,61	1,48
Жуалы	952	0,53	830	447	843	0,46	0,87
Шокпак	1135	0,74	861	636	860	0,56	0,75
Тюкен	420	0,20	1012	208	1040	0,47	2,40
Шыганак	349	0,16	1040	173	1081	0,48	2,90
Камкалы-кол	207	0,15	1170	179	1193	0,80	5,60
Анархай	812	0,31	1109	351	1134	0,41	1,30
Шокпар	769	0,41	1041	429	1046	0,50	1,30

Таким образом, выявлено, что 89 % всей посевной площади области расположено в степной и полупустынной зонах, 8 % в пустынной и 3 % в лесостепной зоне.

С другой стороны, климатические ресурсы природной системы Жамбылской области свидетельствуют, что испаряемость прямо пропорциональна количеству осадков (O_c) и обратно пропорциональна коэффициенту увлажнения (K_y). Между тем индекс суммарной испаряемости в зависимости от абсолютной высоты местности колеблется в пределах 0,75–4,19, а индекс осадков составляет 0,20–0,84. Отсюда следует, что в силу природно-климатических обстоятельств агротехника сельскохозяйственных культур должна быть специфической. На сегодняшний день в области основными культурами являются озимая пшеница, сафлор, сахарная свекла и кормовые, которые возделываются во всех вышеупомянутых зонах без особого различия, так как эти культуры считаются неприхотливыми и не требующими особой агротехники. Однако в целях рационального использования природно-ресурсных показателей следует особое внимание уделить вопросам совершенствования севооборотов, направленных на расширенное воспроизводство почвенного плодородия.

Но возделывание одних и тех же культур на протяжении многих лет, как свидетельствует опыт, привело посевные площади к истощению и засорению карантинными растениями. Исходя из этого, перед учеными-аграрниками стоят ответственные и большие задачи, направленные на повышение почвенного плодородия путем применения недорогой и менее ресурсозатратной технологии. Одним из элементов этой технологии может быть так называемый насыщенный севооборот. При этом, как свидетельствуют наши исследования, использование в качестве биостимулятора фосфогипса и глауконитовых глин обеспечивает получение дружных всходов семян сельскохозяйственных культур и ускоряет физико-химические процессы в корнеобитаемой зоне [7].

Выводы. Исследованиями установлено, что усвояемость природно-климатических ресурсов в аридной зоне Казахстана составляет: в лесостепи и степи 89–94 %, в полупустыне 73 % и пустыне 66 %. Поэтому вопросы дифференциации системы земледелия должны основываться на данных о радиационном балансе территории. В этой зоне R_H колеблется в пределах 0,3–2,0. Систему можно дифференцировать на нейтральную $R_H > 2,0$, оптимальную $R_H = 0,3 \dots 2,0$ и рискованную $R_H < 0,3$.

Жамбылскую область Республики Казахстан по природно-климатическим ресурсам можно подразделить на три зоны: равнинную, предгорную и горную, которые по посевной площади составляют в пределах 89; 8; 3 %.

В целях рационального использования земельных, водных и других ресурсов аридной зоны следует особое внимание уделять севооборотам. Возделывание кормовых культур в севообороте улучшает водные и физические свойства. При этом оптимальным для сероземно-луговых почв считается расчлененный севооборот по схеме 3:2:1:3, который позволяет улучшить макро- и микроагрегатный состав почвы, показатели плотности, общей скважности, водопроницаемости и повысить количество агрономически ценных водопрочных агрегатов почвы.

Результаты теоретического анализа свидетельствуют, что усвояемость энергетических ресурсов по природно-климатическим зонам различна. Поэтому для оптимизации возделывания сельскохозяйственных культур следует особое внимание уделять схеме размещения, модернизации производства с целью рационального использования энергосберегающих технологий и созданию пространственных систем, где производственные процессы будут организованы на основе радиационного индекса абсолютной отметки местности.

Список использованных источников

1 Адамович, М. Энергетическая эффективность сельскохозяйственного производства в странах – членах СЭВ / М. Адамович // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1980. – № 2. – С. 94–97.

2 Клементов, Е. Оценка экологической устойчивости сельскохозяйственных ландшафтов / Е. Клементов, В. Гейниге // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 6. – С. 45–48.

3 Кирейчева, Л. В. Концепция создания устойчивых мелиорированных агроландшафтов / Л. В. Кирейчева // Вестник РАСХН. – 1997. – № 5. – С. 51–55.

4 Кирейчева, Л. В. Методология прогнозирования продукционного потенциала и формирование устойчивого мелиоративного агроландшафта / Л. В. Кирейчева, И. В. Белова, О. Б. Хохлова // Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования: науч. изд. – М., 2006. – С. 7–12.

5 Природообустройство / А. И. Голованов [и др.]; под ред. А. И. Голованова. – М.: Колос, 2008. – 545 с.

6 Энергетическая концепция развития системы земледелия / Н. Н. Хожанов [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2018. – № 55, ч. 1. – С. 120–125.

7 Оценка эмпирических связей гумусообразования с энергетическими факторами в аридной зоне Казахстана / Н. Н. Хожанов, Х. И. Турсунбаев, М. К. Масатбаев, Г. Н. Хожанова // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2019. – № 1(49). – С. 40–45.

УДК 330.322:626.82

М. В. Власов

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

РАСЧЕТ УКРУПНЕННЫХ НОРМАТИВОВ УДЕЛЬНЫХ КАПИТАЛООБРАЗУЮЩИХ ИНВЕСТИЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЮ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Целью исследований являлась разработка порядка расчета укрупненных нормативов удельных капиталобразующих инвестиций в строительство и реконструкцию оросительных систем, а также определение указанных нормативов для ряда регионов РФ. В результате исследований проведен анализ постановлений правительства РФ, нормативной и проектно-сметной документации в области строительства и реконструкции оросительных систем и рассчитаны значения укрупненных нормативов удельных капитальных вложений в строительство и реконструкцию оросительных систем различных типов и функционального назначения, а также укрупненных нормативов, направленных на улучшение технического состояния существующих оросительных систем. Рассчитанные укрупненные нормативы удельных капиталобразующих инвестиций в строительство и реконструкцию оросительных систем для различных экономических районов РФ позволят обеспечить обоснование и эффективное использование денежных средств федерального бюджета, направляемых на строительство и реконструкцию оросительных систем.

Ключевые слова: укрупненные нормативные затраты; капиталобразующие инвестиции; строительство; оросительная система; реконструкция, норматив.

M. V. Vlasov

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

CALCULATION OF AGGREGATED STANDARDS OF SPECIFIC CAPITAL-FORMING INVESTMENTS IN CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF IRRIGATION SYSTEMS

The aim of the research was to develop a procedure for calculating aggregated standards for specific capital-forming investments in construction and reconstruction of irrigation systems as well as determination of these standards for some regions of the Russian Federation. As a result of the studies an analysis of the decisions of the Government of the Russian Federation, normative and design documentation in the field of construction and reconstruction of irrigation systems was carried out, and the values of aggregated standards for specific capital investments in construction and reconstruction of irrigation systems of various types and functional purposes, as well as the aggregated standards aimed at improving the technical condition of existing irrigation systems were calculated. The calculated aggregated standards for specific capital-forming investments in construction and reconstruction of irrigation systems for various economic regions of the Russian Federation will allow justification and efficient use of federal budget funds allocated for the construction and reconstruction of irrigation systems.

Key words: aggregated target costs; capital-forming investments; construction; irrigation system; reconstruction; standard.

Введение. Согласно п. 5 разд. V «Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2015 г. № 151-р, для решения задачи по сохранению и улучшению земельного фонда необходима реализация такой меры, как проведение реконструкции существующих и строительства новых мелиоративных систем. При этом на реконструкцию существующих и строительство новых мелиоративных систем предлагается направлять средства федерального бюджета. Вместе с тем используемые в настоящее время нормы и правила в области регулирования эксплуатации, строительства, реконструкции и технического перевооружения мелиоративных систем и гидротехнических сооружений разработаны в 80–90 гг. XX в., поэтому предусматривается актуализация нормативных правовых актов в указанной сфере, что должно обеспечить эффективное использование средств, направляемых на строительство и реконструкцию мелиоративных, и в частности оросительных, систем [1].

Материалы и методы. Для расчета укрупненных нормативов удельных капитальных вложений в строительство и реконструкцию оросительных систем использованы следующие исходные материалы:

- правительственные постановления [2–4];
- сметные расчеты на выполнение работ по строительству и реконструкции оросительных систем;
- паспорта мелиоративных систем¹;
- данные государственной информационной системы единого государственного реестра заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства²;
- отчетные данные, предоставленные федеральными государственными бюджетными учреждениями по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению.

При расчетах использован аппарат математической статистики, а также аппроксимация и интерполяция.

Результаты и обсуждение. Стоимость строительства или реконструкции оросительных систем состоит из ряда компонентов затрат, при этом капитальные вложения в строительство или реконструкцию включают в себя следующие расходы [4]:

- выкуп или аренда земли;
- предпроектное обследование;
- технико-экономическое обоснование;
- проектные, изыскательские и конструкторские работы;
- приобретение машин и оборудования;
- строительство зданий и инженерных сооружений;
- вложения в собственный оборотный капитал;
- страхование и налоги;
- заработная плата;
- авторский и технический надзор;
- общие служебные расходы;
- прохождение государственной экспертизы и прочие затраты.

¹ Список паспортов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opendata.mcsc.ru/opendata/7708075454-podvedorg/?q=%D1%84%D0%B3%D0%B1%D1%83&page=5#results>, 2019.

² Государственная информационная система единого государственного реестра заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://egrz.ru/organisation/reestr/latest>, 2019.

Величины перечисленных затрат зависят не только от вида и размера строящейся или реконструируемой оросительной системы, но и от ее местоположения. При этом заказчик в лице государства или частного лица заинтересован в минимальной стоимости строительства или реконструкции оросительной системы.

Специалистам по проектированию и строительству необходимо помнить о том, что стоимость строительства оросительных систем может быть сопоставима со стоимостью земель, на которых планируются строительные работы [5]. При этом заказчику необходимо оценить множество вариантов как строительства, так и реконструкции различных оросительных систем для выбора оптимального варианта с точки зрения возможной стоимости дальнейшей эксплуатации, так как большие эксплуатационные расходы могут свести на нет выгоду, полученную при строительстве или реконструкции.

В большинстве затрат на строительство или реконструкцию учитываются непредвиденные расходы, возникающие во время строительства или реконструкции. Величина этих непредвиденных расходов может быть включена в каждую статью затрат или в отдельную категорию непредвиденных расходов на строительство или реконструкцию. Сумма непредвиденных расходов основывается на предыдущем опыте строительства или реконструкции и сложности конкретной оросительной системы.

Предварительная оценка стоимости строительства или реконструкции оросительных систем является самым важным шагом, определяющим необходимость и целесообразность их проведения. Укрупненные нормативы удельных капиталообразующих инвестиций в строительство и реконструкцию оросительных систем как раз и могут способствовать этой предварительной оценке. Предварительное оценивание стоимости строительства или реконструкции оросительных систем на данном этапе представляет собой прогноз, основанный на имеющихся данных, например, о площадях, которые необходимо оросить, или об объемах воды, которыми необходимо обеспечить конечных потребителей. По мнению В. М. Венгерского и Н. А. Алексеева [6], предварительная оценка стоимости строительства или реконструкции мелиоративных 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.

Ниже приведены актуальные на июль 2019 г. основные нормативы удельных капиталообразующих инвестиций в строительство и реконструкцию оросительных систем (таблицы 1–5), рассчитанные автором при проведении исследований. Для этого составлялись локальные, объектные и, наконец, сводные сметные расчеты стоимости проектно-изыскательских, строительно-монтажных работ и прочих затрат на строительство и реконструкцию оросительных систем. После нахождения частной суммы найденных стоимостей и орошаемых этими системами площадей получены приведенные укрупненные нормативы.

Таблица 1 – Укрупненные нормативы удельных капиталообразующих инвестиций в строительство рисовых оросительных систем

В тыс. руб./га

Экономический район РФ	Укрупненный норматив	В т. ч. природоохранные мероприятия
Поволжский	834,69	41,13
Северо-Кавказский	665,34	38,71
Дальневосточный	1016,15	47,18

Таблица 2 – Укрупненные нормативы удельных капитальных вложений в строительство оросительных систем (кроме рисовых систем, систем капельного орошения и орошения сточными водами)

Экономический район РФ, край, область, автономная республика	Оросители и другие сооружения при поливе дождевальной техникой						Головной водозабор	Магистральная сеть	Коллекторно- дренажная сеть	Укрупненный норматив, всего	В т. ч. на охрану окружающей среды	В тыс. руб./га	
	«Фрегат»	«Кубань»	МДП-70-130 «Таврия»	прочая дождевальная техника	стационарная техника	средневзвешен- ный показатель						Кроме того	оросительная распределительная сеть
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Экономический район:													
Северный	225,00	–	–	–	498,40	312,10	71,37	22,98	–	406,46	9,68	–	–
Северо-Западный	225,00	–	–	303,64	483,88	290,33	94,36	15,73	–	400,41	9,68	10,89	
Центральный	223,80	–	413,72	315,73	503,24	270,97	119,76	21,71	–	412,44	10,89	14,52	
Волго-Вятский	223,80	–	417,35	318,15	–	264,92	73,79	45,97	–	384,69	9,68	12,10	
Центрально-Черноземный	220,17	454,85	408,88	315,73	488,72	238,31	119,76	31,45	16,94	406,46	10,89	36,30	
Поволжский:	228,63	468,15	413,72	327,83	503,24	287,91	89,52	81,05	85,89	544,37	36,30	60,49	
Астраханская область	278,23	592,75	569,77	435,49	500,82	424,61	101,62	83,47	117,34	727,03	67,74	13,31	
Волгоградская область	225,00	518,96	427,02	337,51	440,33	281,86	97,99	100,41	87,10	567,35	54,44	67,74	
Саратовская область	222,59	481,46	406,46	314,52	–	263,72	87,10	71,37	84,68	506,86	24,19	78,63	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Самарская область	223,80	440,33	375,01	286,70	–	257,67	67,74	82,26	79,840	487,51	25,40	58,07
Остальные области	218,96	443,96	370,17	273,39	–	258,88	67,74	65,32	79,84	471,78	22,98	52,01
Северо-Кавказский:	218,96	468,15	413,72	300,01	483,88	279,44	79,84	87,10	66,53	512,91	26,61	70,16
Краснодарский край	228,63	471,78	439,12	302,43	–	277,02	83,47	87,10	67,74	515,33	33,87	62,90
Автономные республики:	217,75	456,06	410,09	283,07	453,64	266,13	83,47	73,79	62,90	486,30	21,78	64,11
Ставропольский край	218,96	475,41	422,19	301,22	515,33	262,51	77,42	102,83	65,32	508,07	35,08	82,26
Ростовская область	229,84	469,36	420,98	300,01	–	263,72	84,68	79,843	67,74	495,98	30,24	60,49
Уральский	229,84	–	405,25	313,31	493,56	260,09	105,24	53,23	14,52	433,07	13,31	24,19
Западно-Сибирский	234,68	470,57	417,35	339,93	503,24	278,23	119,76	83,47	25,40	506,86	12,10	71,37
Восточно-Сибирский	237,10	459,69	405,25	321,78	493,56	314,52	72,58	59,28	26,61	472,99	12,10	41,13
Дальневосточный	240,73	482,67	452,43	–	517,75	397,99	119,76	83,47	33,87	635,09	15,73	43,55
Калининградский	–	–	–	–	–	289,12	50,81	22,98	–	362,91	10,89	–
Примечание – Затраты на реконструкцию оросительных систем определяются в размере до 90 % от приведенных нормативов в зависимости от масштабов реконструкции.												

Таблица 3 – Укрупненные нормативы удельных капиталобразующих инвестиций в строительство систем орошения сточными водами
В тыс. руб./га

Экономический район РФ	Сточные воды		В том числе природоохранные мероприятия
	животноводческого комплекса	промышленности и коммунального хозяйства	
Северный	677,43	589,12	61,70
Северо-Западный	658,08	572,19	60,49
Центральный	708,88	616,95	68,95
Волго-Вятский	653,248	567,35	62,90
Поволжский	733,08	689,53	65,32
Северо-Кавказский	708,88	616,95	66,53
Уральский	629,04	546,78	70,16
Западно-Сибирский	822,60	714,93	65,32
Восточно-Сибирский	820,18	712,51	59,28
Дальневосточный	858,89	746,36	58,07

Таблица 4 – Укрупненные нормативы удельных капиталобразующих инвестиций в строительство систем лиманного орошения
В тыс. руб./га

Экономический район РФ	Укрупненный норматив
Поволжский	82,26
Северо-Кавказский	72,58
Уральский	78,63
Западно-Сибирский	81,05
Восточно-Сибирский	76,21
Дальневосточный	78,63

Таблица 5 – Укрупненные нормативы удельных капиталобразующих инвестиций в строительство систем капельного и внутриводопольного орошения
В тыс. руб./га

Экономический район РФ	Укрупненный норматив
Поволжский	776,68
Северо-Кавказский	798,40

Вывод. В результате исследований разработаны укрупненные нормативы удельных капиталобразующих инвестиций в строительство и реконструкцию оросительных систем для различных экономических районов, позволяющие обеспечить обоснование и эффективное использование денежных средств, направляемых на строительство и реконструкцию оросительных систем.

Список использованных источников

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

2 О порядке проведения проверки достоверности определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства, финансирование которых осуществляется с привлечением средств бюджетов

бюджетной системы Российской Федерации, средств юридических лиц, созданных Российской Федерацией, субъектами Российской Федерации, муниципальными образованиями, юридических лиц, доля Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований в уставных (складочных) капиталах которых составляет более 50 процентов: Постановление Правительства РФ от 18 мая 2009 г. № 427: по состоянию на 22 октября 2018 г. // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

3 О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства: Постановление Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 468 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

4 Об утверждении Методических указаний по определению величины сметной прибыли в строительстве (вместе с «МДС 81-25.2001...»): Постановление Госстроя РФ от 28 февраля 2001 г. № 15 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

5 Лихацевич, А. П. Комплексная оценка состояния мелиорированных земель при планировании ремонтно-эксплуатационных работ / А. П. Лихацевич, С. Е. Страхов // Мелиорация. – 2008. – № 2. – С. 82–91.

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

УДК 626.88

Вл. Н. Шкура

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

А. В. Шевченко

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

Т. В. Шинкаренко

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ УСТРОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИВОДОХРАНИЛИЩНЫХ РЫБОВОДНО-МЕЛИОРАТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Цель исследования – обоснование целесообразности создания и разработка компоновочно-конструктивной схемы и технологии функционирования приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов. Целесообразность создания рыбоводно-мелиоративных комплексов при водохранилищах определяется необходимостью производства в них рыбоводческой продукции и проведения мелиоративных мероприятий по очистке водоемов от зарастания и фитозагрязнений с использованием в качестве мелиорантов растительной рыбы. Имеющийся опыт зарыбления фитозагрязненных водохранилищ фитофагами свидетельствует о продукционной и мелиоративной целесообразности реализации данного мероприятия, но применяемые средства и технологии его реализации не позволяют достигнуть желаемого продукционного и мелиорирующего эффекта. Ожидаемый результат может быть обеспечен созданием и использованием приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов, предусматривающих выращивание адаптированного к условиям зарыбляемого водохранилища рыбопосадочного материала и проведение акклиматизации интродуцируемых рыб в ме-

лиорируемом водоеме. Указанные задачи могут быть решены в соответствующих природно-климатическим условиям рыбоводно-мелиоративных комплексах при выполнении соответствующих рекомендаций по их устройству и технологии функционирования.

Ключевые слова: фитозагрязненные водохранилища; рыбоводные комплексы; состав рыбоводных комплексов; технология рыбоводства; ихтиологические мелиорации.

VI. N. Shkura

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

A. V. Shevchenko

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

T. V. Shinkarenko

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

SUBSTANTIATION OF THE EXPEDIENCY OF ORGANIZATION AND OPERATION TECHNOLOGY OF FISH BREEDING AND RECLAMATION COMPLEXES NEAR WATER RESERVOIR

The purpose of the study is to justify the feasibility of creating and developing a layout design scheme and operation technology of fish-breeding and reclamation complexes at reservoir operation. The feasibility of creating fish-farming and reclamation complexes at reservoirs is determined by the need to produce fish-farming products in them and carrying out land reclamation measures to clean up water bodies from overgrowing and phyto-pollution using herbivorous fish as ameliorants. The current experience of stocking phyto-contaminated reservoirs with phytophages indicates the production and reclamation feasibility of implementing this measure, but the means and technologies used to implement it do not allow achieving the desired production and reclamation effect. The expected result can be ensured by the creation and use of fish-breeding and reclamation complexes at water storage, providing for the cultivation of fish stock adapted to the conditions of the stocking reservoir and the acclimatization of introduced fish in the reclamation water body. These tasks can be solved under the appropriate climatic conditions of fish-breeding and reclamation complexes while performing the appropriate recommendations on their design and operation technology.

Key words: phyto-contaminated reservoirs; fish breeding complexes; fish breeding complexes structures; fish breeding technology; ichthyological land reclamation.

Введение. Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации предусмотрено увеличение производства рыбной продукции во внутренних водоемах страны. Определенный вклад в достижение поставленной цели может внести рыбоводное использование водных объектов (водохранилищ и крупных каналов) оросительных и оросительно-обводнительных систем [1]. Отметим, что в настоящее время водоресурсный потенциал ирригационных водоемов в части ведения в них пастбищного рыбоводства не используется или используется неэффективно. Указанное обстоятельство объясняется изначальной необустроенностью и непригодностью гидромелиоративных водохранилищ к ведению в них рыбоводного процесса. И, более того, к настоящему времени значительное количество ирригационных водохранилищ, построенных в 60–80-х гг. прошлого столетия, перешли в эволюционную стадию старения с проявлением процессов их зарастания, фитозагрязнения, заиления и нуждаются в комплексном мелиорировании.

Рыбохозяйственное использование таких водохранилищ не может быть реализовано без соответствующего их обустройства и экологического оздоровления. Задача улучшения экологического состояния заросших, интенсивно зарастающих и фитоза-

грязненных водоемов может быть решена проведением в них ихтиологических мелиораций, реализуемых интродукцией растительоядных видов рыб и устройством приводохранищных рыбоводно-мелиоративных комплексов.

Отметим, что в зарубежной и отечественной практике рыбоводного использования водных объектов рыбоводные комплексы различного назначения нашли широкое применение. В зависимости от вида объекта водного питания различают приводоемные (приозерные и приводохранищные), приводотокowe (приречные и приканальные) и пригидроузловые рыбохозяйственные («рыбоводные») комплексы [2]. В настоящее время достаточно обстоятельно разработано научно-техническое обоснование пригидроузловых рыбоводных объектов и комплексов. В состав таких объектов и комплексов включают рыбоводные сооружения различного функционального назначения, среди которых: рыбопропускные сооружения, искусственные нерестилища, рыбоводные заводы и рыбопитомники, прудовые и бассейновые рыбоводные комплексы и другие рыбохозяйственные объекты, обстоятельная информация по которым приведена в работах В. Н. Шкуры и других специалистов [3–8]. Известны компоновочно-конструктивные решения широко применяемых прудовых рыбоводных хозяйств воспроизводственного и рыботороварного предназначения. В последние годы получают развитие исследования и разработки приканальных рыбоводных комплексов, питающихся водой из каналов оросительных или оросительно-обводнительных систем [9, 10]. В меньшей степени разработаны вопросы создания и использования приводохранищных рыбоводно-мелиоративных комплексов, тогда как потребность в них проявляется все в возрастающих объемах. На обоснование целесообразности создания, разработку компоновочно-конструктивных решений и технологии функционирования таких комплексов и направлено настоящее исследование.

Материалы и методы. Основу материала для анализа и обобщения составляют известные и авторские данные и разработки воспроизводственных рыбоводных комплексов по культивированию рыбopосадочного материала, используемого для последующего зарыбления водных объектов (водоемов и водотоков).

Результаты и обсуждение. Приводохранищные рыбоводно-мелиоративные комплексы (при соответствующем их устройстве и эксплуатации) могут обеспечивать культивирование рыб, получение рыбоводческой продукции и мелиорирование фитоагрязненных водоемов. Указанные обстоятельства определяют и востребованность, и целесообразность их создания и использования на базе фитоагрязненных (заросших, эвтрофированных и «цветущих») ирригационных водохранилищ. Для достижения высоких продукционных и мелиорирующих показателей (результатов) такие водохранилища предлагается зарыблять растительоядными породами рыб (фитофагами) в поликультуре с планктонофагами, детритофагами и бентофагами. При соответствующих условиях ведения рыбоводства (в богатых кормовой базой органоагрязненных водоемах) и определенном количестве и качестве обитающих в них рыб-мелиорантов («ихтиомелиорантов») обеспечивается очистка акватории водохранилищ от избытка органических загрязнений (фито- и зоопланктона, бентоса, детрита, надводной и погруженной (погруженной) растительности, водорослей и др.). Использование рыбами богатой и разнообразной естественной кормовой базы обеспечивает их быстрый рост и развитие, чем формируется рыбопродукционный потенциал водохранилищ. Экологическое оздоровление ихтиомелиорируемых водоемов улучшает их рекреационную привлекательность, предотвращает негативные явления (проявления) эпидемиологического характера, формирует экосреду более высокого уровня развития, создает условия для увеличения видового биоразнообразия и высокопродуктивного комплексного использования ирригационных водохранилищ [11].

Указанные положительные эффекты могут быть получены при качественной акклиматизации интродуцированных в водный объект рыб, которая, в свою очередь, за-

висит от качества водной среды, состояния кормовой базы, наличия конкурентов и хищников, качества рыбопосадочного материала, технологии зарыбления и уровня адаптационно-акклиматизационных мероприятий. В определенной степени указанные условия обеспечиваются приводохранилищными рыбоводно-мелиоративными комплексами. В состав объектов и сооружений комплекса входят: рыбопитомник, зарыбляемый водоем или акклиматизационный залив водохранилища, водозаборный узел сооружений, водоток или водовод для транспортировки (перемещения) рыбопосадочного материала из рыбопитомника в акклиматизационный залив, рыбоводные бассейны, инженерная инфраструктура комплекса и другие рыбоводные и средозащитные объекты и сооружения. Схема такого комплекса проиллюстрирована рисунком 1.

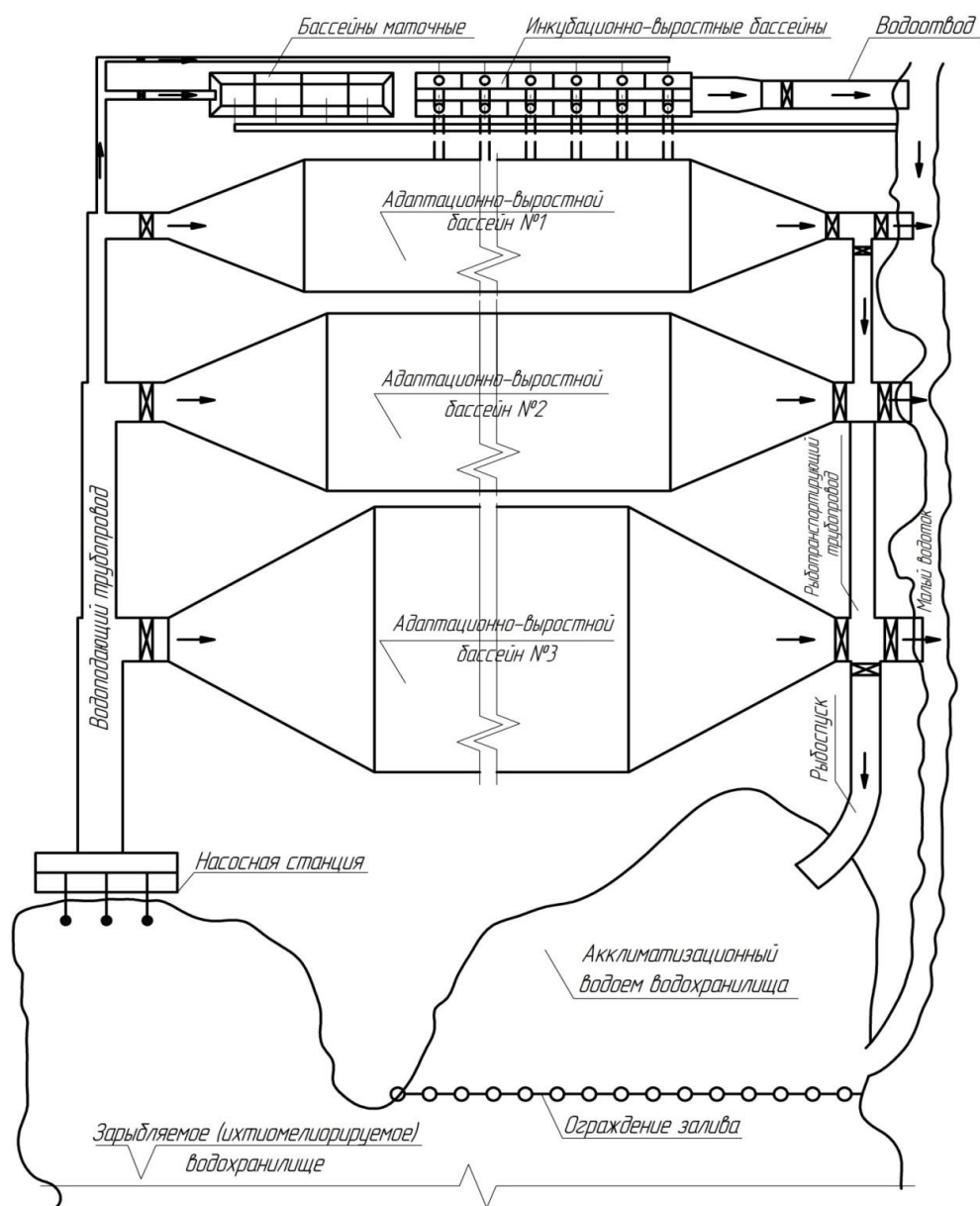


Рисунок 1 – Компоновочная схема приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса

Определяющим объектом рыбоводно-мелиоративного комплекса является рыбопитомник, размещаемый в непосредственной близости от зарыбляемого водохранилища с возможностью гидравлической связи с ним посредством впадающего в водоем водотока или искусственного водовода – водорыботранспортирующего канала или лотка. Рыбопитомник предназначен для выращивания адаптированного к условиям зарыбля-

емого водоема рыбопосадочного материала, представленного сеголетками (реже годовиками) белого амура, белого толстолобика и карпа в определенном количественно-качественном межвидовом соотношении.

Уровень адаптированности рыбопосадочного материала к естественно складывающимся условиям среды обитания в водоеме определяет качество акклиматизации интродуцентов, а следовательно, и эффективность рыбоводно-мелиоративных мероприятий. Получение адаптированных к будущим условиям среды обитания сеголетков рыб требует применения соответствующей технологии их культивирования, суть которой заключается в нижеследующем.

На первом адаптационном этапе подращенный в постинкубационных бассейнах жизнестойкий малек помещается в первый адаптационный бассейн рыбопитомника. В этом рыбоводно-выростном бассейне с управляемыми и регулируемыми условиями водной среды предусматривается возможность колебания ее характеристик от оптимальных параметров (по физико-химическим, микробиологическим и другим показателям) в пределах $\pm 25\%$ от допустимого диапазона их флуктуаций – от среднего уровня по рыбоводно-биологическим требованиям. При превышении указанного уровня в показателях среды обитания во избежание гибели мальков или снижения показателей их роста и развития осуществляется комплекс мероприятий по приведению параметров среды в допустимое состояние. На этом адаптационном этапе предусматривается 75 % обеспечения рыб искусственным кормом и создаются условия для самостоятельной добычи ими естественного корма, содержащегося (интродуцируемого или культивируемого) в этом рыбоводном бассейне.

По завершении первого адаптационного этапа подросший малек с водным потоком из опорожняемого первого адаптационно-выростного бассейна перемещается во второй адаптационный бассейн. На втором адаптационном этапе диапазон колебаний характеристик среды может увеличиваться до 50 % от величины допустимых их отклонений от оптимальных значений. Режим и условия кормления предусматривают 50% обеспечение рыб искусственным кормом, а 50 % потребного суточного рациона составляет самостоятельно добываемый рыбами естественный корм, культивируемый в акватории этого бассейна или перемещаемый из первого бассейна, функционирующего в режиме инкубатора-продуцента кормовых организмов.

На третьем адаптационном этапе перемещенная с водным потоком в третий адаптационный водоем рыбопитомника молодь обитает в водной среде с отклонениями ее характеристик на уровне до 75 % от допустимых их флуктуаций или возможных колебаний в зарыбляемом водоеме. Искусственным кормом культивируемые рыбы обеспечиваются на 25 % от потребности, а 75 % его объема – добываемый самостоятельно из естественной кормовой базы этого выростного бассейна или подаваемый естественный корм, выращиваемый в первом и втором бассейнах.

По окончании третьего этапа адаптационного выращивания сеголетков рыб они с водным потоком перемещаются из третьего адаптационно-выростного бассейна рыбопитомника в акклиматизационный залив зарыбляемого водохранилища.

В предлагаемой адаптационной технологии выращивания адаптированного к условиям зарыбляемого водоема рыбопосадочного материала предусматривается формирование адаптационных способностей у рыб через управление состоянием среды обитания и режимом их кормления. Последовательное во времени (позтапное) приближение условий жизнедеятельности молоди рыб, культивируемых в выростных бассейнах рыбопитомника, к условиям их будущего обитания в зарыбляемом водохранилище позволяет гидробионтам формировать определенные свойства и необходимые навыки, развивать рецепторы, улавливающие различные виды раздражителей, и реагировать на состояние или изменения условий жизнедеятельности. При определении адаптирующих уровней (колебаний) характеристик среды и режима питания учитывается адаптацион-

ная пластичность видов рыб. Продолжительность адаптационных этапов устанавливается или корректируется по показателям физиологического состояния молоди и соответствию их нормативным значениям для определенных стадий роста и развития.

Выводы

1 Использование фитонасыщенных водохранилищ в целях их ихтиологического мелиорирования и ведения пастбищного рыбоводства может быть реализовано устройством приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов.

2 Эффективность функционирования приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов в значительной мере зависит от качества выращиваемого в рыбопитомнике рыбопосадочного материала, используемого при зарыблении ирригационных фитозагрязненных водных объектов.

3 Предложенная технология культивирования рыбопосадочного материала позволяет выращивать сеголетков рыб, адаптированных к условиям их обитания в зарыбляемых ими водоемах.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Г. А. Сенчуков, Е. И. Шкуланов; под ред. В. Н. Щедрина. – М.: Мелиоводинформ, 2009. – 342 с.

2 Шкура, В. Н. Природообустройство: терминологический словарь / В. Н. Шкура; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 2009. – 768 с.

3 Шкура, В. Н. Рыбопропускные шлюзы и рыбоподъемники / В. Н. Шкура. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 136 с. – (Библиотека гидротехника и гидроэнергетика; вып. 98).

4 Шкура, В. Н. Рыбопропускные сооружения. В 2 ч. Ч. 2 / В. Н. Шкура; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 1998. – 728 с.

5 Пат. 1625941 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / Шкура В. Н., Чистяков А. А., Шелестова Н. А.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4486121; заявл. 23.09.88; опубл. 07.02.91, Бюл. № 5. – 2 с.: ил.

6 Пат. 1666633 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нерестовый канал / Шкура В. Н., Анохин А. М., Чистяков А. А., Черкасов В. А., Новойдарский А. В.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4719076; заявл. 17.07.89; опубл. 30.07.91, Бюл. № 28. – 3 с.: ил.

7 Пат. 1544879 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоход / Сукало Г. М., Шкура В. Н., Гуюмджибашян А. Г., Аникин В. С.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4447105; заявл. 23.05.88; опубл. 23.02.90, Бюл. № 7. – 3 с.: ил.

8 Пат. 1599468 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / Шкура В. Н., Чистяков А. А., Черкасов В. А., Фоменко В. А., Анохин А. М.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4393333; заявл. 16.03.88; опубл. 15.10.90, Бюл. № 38. – 7 с.: ил.

9 Щедрин, В. Н. Рыбоводный комплекс на базе оросительного канала и малой реки / В. Н. Щедрин, В. Н. Шкура, О. А. Баев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 38–43.

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

11 Анохин, А. М. Основы мелиорации вод и водных объектов: курс лекций / А. М. Анохин, М. М. Мордвинцев, В. Н. Шкура; М-во сел. хоз-ва РФ, Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 2001. – 290 с.

УДК 631.6.628.35

А. И. Мусаев, Н. Н. Хожанов, Х. И. Турсунбаев

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

ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ В КАЗАХСТАНЕ

В статье рассмотрены вопросы повышения энергетической эффективности использования природно-климатических, водных и энергетических ресурсов для орошения в условиях бассейнового управления за счет восстановления дренажно-сбросных и сточных вод и совершенствования способов управления. Разработаны методы реализации комплекса мероприятий, направленных на снижение безвозвратного водопользования, минимизацию объемов и загрязненности коллекторно-дренажных вод. Оценена эффективность использования земель на основе энергетического подхода при исчислении энергетического потенциала почвы. Выполнено внедрение технологии комплексного регулирования качества коллекторно-дренажных вод и принципов рационального использования биоэнергетических ресурсов в системе водопользования, направленных на повышение экологической безопасности орошаемых территорий бассейнового управления и весомое увеличение производства сельскохозяйственной продукции на засоленных и эродированных землях, т. е. на переход земледелия на «зеленый путь развития».

Ключевые слова: деградация земель; засоление; энергетические ресурсы; бассейновое управление; водные ресурсы.

A. I. Musaev, N. N. Khozhanov, Kh. I. Tursunbaev

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

FUNDAMENTALS OF ENERGY EFFICIENCY OF WASTEWATER IRRIGATION IN KAZAKHSTAN

The issues of increasing the energy efficiency of climatic, water and energy resources use for irrigation under the conditions of basin control by restoring drainage and waste water and control methods development are considered. Methods for implementing a set of measures aimed at reducing consumptive water use, minimizing the volume and contamination of collector-drainage water have been developed. The efficiency of land use on the basis of energy approach in calculating the soil energy potential is estimated. The technology of integrated quality control of collector-drainage water and the principles of rational use of bio-energy resources in the water use system aimed at improving the environmental safety of irrigated basin management areas and a significant increase in agricultural production on saline and eroded lands, that is, on transferring agriculture to “the green path development”.

Key words: land degradation; salinization; energy resources; basin control; water resources.

Введение. В настоящее время на фоне глобальных климатических изменений в различных регионах земного шара обостряются земельно-водные проблемы. Возрастают объемы изъятия водных ресурсов, нарушается естественный гидрохимический режим, увеличивается масса загрязняющих веществ антропогенного происхождения, сбрасываемых в водоемы и водотоки, расширяется ареал деградации почвенного покрова. Мировые тенденции использования водных ресурсов свидетельствуют о том, что пресная вода в XXI в. стала важнейшим дефицитным ресурсом. По данным ООН, на сегодняшний день дефицит пресной воды, включая сельскохозяйственные и промышленные нужды, оценивается в 230 млрд м³ в год, к 2025 г. около 4 млрд человек будет жить

в условиях водного дефицита. Рост населения, развитие промышленного и сельскохозяйственного производства определяют возрастание водопотребления и водоотведения, истощение и загрязнение водных ресурсов, обострение социально-экономических и медико-биологических проблем.

Загрязнение и деградация водных экосистем, нарастание дефицита воды по количественным и качественным показателям определяют необходимость формирования современных подходов к управлению водопользованием и функционированием водохозяйственного комплекса. Представляется целесообразным прежде всего объединение двух направлений деятельности в области использования и охраны вод в единое – экосистемное водопользование [1].

Целью настоящей работы является повышение продуктивности природно-климатических, водных и энергетических ресурсов в условиях бассейнового управления за счет восстановления дренажно-сбросных и сточных вод и совершенствования способов управления.

Задачей исследования является разработка мероприятий по коренному изменению процесса водоотведения и водопользования с учетом природно-хозяйственных и эколого-мелиоративных требований орошаемых массивов.

Методы и материалы исследований. Предлагаемый процесс очистки дренажно-сбросных вод основан на добавлении в воду химических веществ с целью выведения токсичных ионов, изменения соотношения ионов, обогащения воды элементами питания растений. Химическая мелиорация осуществляется путем введения в воду экологически безопасного химического мелиоранта, такого как глауконитовая глина, которая насыщена микро- и макроэлементами.

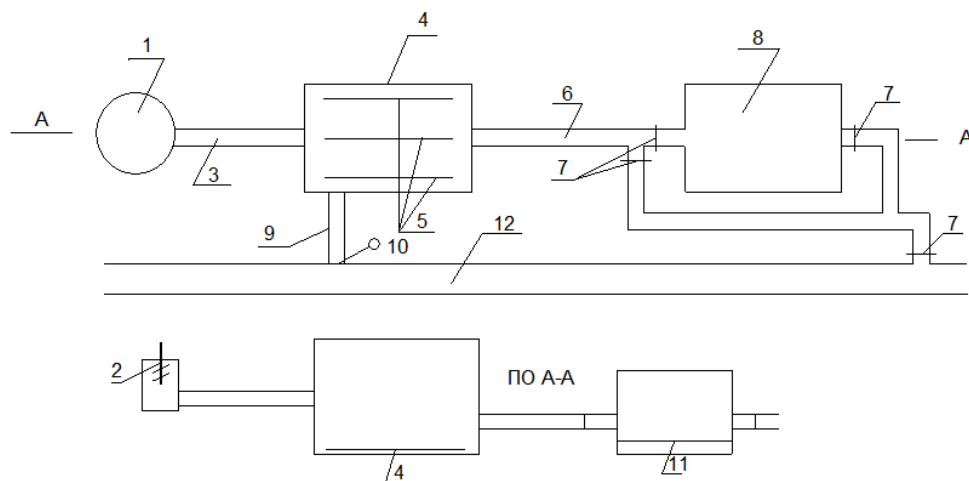
В этом плане важным этапом экологизации мелиорации, способствующим защите водных экосистем от загрязнения, является разработка и реализация комплекса мероприятий, направленных на снижение безвозвратного водопользования, минимизацию объемов и загрязненности коллекторно-дренажных вод (КДВ). Для безопасного сброса или внутрисистемного использования КДВ необходимо осуществление мероприятий по повышению их качества в соответствии с экологическими требованиями. Во-первых, экологическое требование заключается в том, что технология должна обеспечить снижение количества загрязняющих веществ до предельно допустимых концентраций для водного объекта. Во-вторых, технология регулирования КДВ не должна оказывать неблагоприятного воздействия на объекты окружающей среды. В-третьих, обуславливается необходимость осуществления безотходной утилизации извлекаемых из воды загрязняющих веществ [2].

По данным статистики, в Казахстане на 1 ноября 2015 г. земли сельскохозяйственного назначения составляли порядка 100,8 млн га, из них подверженными засолению считаются около 35,283 млн га земель. Это требует детального изучения роли геологического круговорота, прогнозной гидрогеохимической оценки водохозяйственных бассейнов. Исследования [3] свидетельствуют, что в Арало-Сырдарьинском водохозяйственном бассейне поступление воды и солей составляет соответственно: для Южно-Казахстанской области 20,4 км³/год и 0,57 млн т/год, для Кызылординской области 26,4 км³/год и 4,19 млн т/год. Кроме того, сбросы в реки КДВ по Казахстану превышают 12,0–14,0 км³/год. С КДВ поступает порядка 3,1 млн т солей в Южно-Казахстанской области и 9,24 млн т в Кызылординской области.

Решение проблемы улучшения качества воды в реках требует ограничения сброса возвратных вод в створ реки, изыскания перспективных путей использования в местах их формирования. Исходя из этого главной задачей орошаемого земледелия в современных условиях является разработка внутри каждого водохозяйственного бассейна технологических линий повторного использования коллекторно-дренажных и сточных вод. Это обуславливает необходимость проведения научных исследований, направленных

ных на разработку предложений по рациональному использованию земельно-водных и природных ресурсов.

Разработана технологическая схема биохимического регулирования качества КДВ, она является важнейшим элементом замкнутой системы водопользования в мелиорации без сброса загрязненных коллекторно-дренажных и сточных вод в водные экосистемы. Принципиальная схема системы водопользования в мелиорации представлены в рисунке 1. Данная схема предусматривает также сектор насыщения семян, это позволяет на 25–35 % повысить полевую всхожесть семян сельскохозяйственных культур [4].



- 1 – отсек измельчения глауконитовой глины; 2 – измельчительная лопасть;
 3 – шнековая подача глауконитовой глины в резервуар приготовления смеси;
 4 – резервуар приготовления смеси; 5 – шнеки разбавления; 6 – канал транспортировки мутной смеси; 7 – затворы (шлюз перекрытия); 8 – сектор насыщения семян; 9 – трубопровод;
 10 – насос подачи воды; 11 – сетка для стока воды; 12 – коллекторно-дренажная сеть

Рисунок 1 – Сооружение для опреснения дренажно-сбросных вод и обработки семян сельскохозяйственных культур

Другой наиболее острой экологической проблемой Казахстана является проблема утилизации сточных вод, формируемых большими городами с развитой промышленностью. В среднем в результате хозяйственно-бытовой и промышленной деятельности в Казахстане формируется порядка 3000 млн м³ сточных вод. Эти воды при должной организации можно было бы использовать для орошения сельскохозяйственных культур на площади 1,5 млн га, так как сточные воды являются не только источником поливной воды, но и ценным удобрением. Исследователями установлено, что удобрительное действие городских сточных вод в количестве 2000 м³/га равносильно применению 2,0 ц аммиачной селитры, 1,5 ц хлористого калия и 0,5 ц суперфосфата [5–9]. В городских сточных водах Республики Казахстан, по предварительным данным, содержится 10600 т азота, 3600 т фосфора и 9500 т калия, которыми можно было бы удобрить более 300 тыс. га сельскохозяйственных угодий [10–12].

Результаты. Орошение сточными водами не только обеспечивает максимальный прием и распределение всего количества сточных вод в течение года, но и позволяет стимулировать и активизировать биохимические процессы в почве, обеспечивая доочистку сточных вод в естественных условиях, в то же время растения получают необходимые для роста и развития питательные элементы и влагу. По нашим данным, прибавка урожая сельскохозяйственных культур при орошении сточной водой по сравнению с арычной составляла на посевах озимой ржи 3,6 ц/га зерна и 4,3 ц/га соломы, ячменя – 10,5 ц/га зерна и 11,3 ц/га соломы, зеленой массы люцерны – 130 ц/га и зеленой массы кукурузы – 185 ц/га. При этом сточные воды способствуют увеличению выноса элементов минерального питания, так, в опытах с люцерной – азота на 87 кг/га,

фосфора на 8,0 кг/га и калия на 122 кг/га, в опытах с кукурузой на силос соответственно: азота на 129, фосфора на 21 и калия на 179 кг/га.

Общеизвестно, что интенсификация сельскохозяйственного производства, рост урожайности культур неразрывно связаны с увеличением затрат невозобновляемой энергии, в т. ч. и за счет возрастающего применения удобрений. В этом плане применение сточных вод позволяет снизить долю использования энергозатратных технологий производства сельскохозяйственной продукции.

Энергия, накопленная в сельскохозяйственной продукции, оценивается в джоулях (МДж) и учитывается в основной продукции и в общем урожае с учетом побочной продукции. Количество энергии, накопленной в основной сельскохозяйственной продукции, полученной при применении минеральных удобрений, определяется по формуле [13], МДж/га:

$$V_p = Y_n \cdot R_i \cdot L \cdot 100,$$

где V_p – содержание энергии в основной продукции;

Y_n – прибавка урожая основной продукции сельскохозяйственной культуры от удобрений, ц/га;

R_i – коэффициент перевода единицы сельскохозяйственной продукции в сухое вещество;

L – содержание общей энергии в 1 кг сухого вещества основной продукции, МДж;

100 – коэффициент перевода ц в кг.

В совокупных энергозатратах на осуществление технологического процесса минеральные удобрения в расчете на 1 кг д. в. оцениваются следующим количеством энергии (МДж): азотные – 86,6 (a_N), фосфорные (a_P) – 12,6, калийные (a_K) – 8,3, навоз (80 % влажности) – 0,42 [14].

Энергетические затраты (A_0) на применение минеральных удобрений определяются по формуле, МДж:

$$A_0 = (H_N \cdot a_N) + (H_P \cdot a_P) + (H_K \cdot a_K),$$

где H_N , H_P , H_K – соответственно фактическая доза внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений, кг д. в./га;

a_N , a_P , a_K – энергетические затраты в расчете на 1 кг д. в. азотных, фосфорных и калийных удобрений.

Энергетическая эффективность применения минеральных удобрений (μ) определяется по формуле:

$$\mu = \frac{V_p}{A_0},$$

где μ – энергетическая эффективность (энергоотдача), ед.;

V_p – количество энергии, полученной в прибавке основной продукции от минеральных удобрений, МДж;

A_0 – энергозатраты на применение удобрений, МДж.

В наших условиях энергетическая эффективность применения сточных вод по основной продукции сельскохозяйственных культур составила для кукурузы на силос 1,05 ед., для зеленой массы люцерны 2,72 ед. и сахарной свеклы 2,56 ед.

Энергозатраты при применении сточных вод на 1 ц прибавки урожая основной продукции в зависимости от культуры составляли 6606,96–11670,8 МДж.

В научном направлении при изучении энергетической эффективности использования сточных вод на орошение сельскохозяйственных культур большое значение при-

обретают оценка изменения запасов гумуса. Расчет изменения содержания гумуса в почве осуществлялся по А. И. Голованову (2008 г.) [15] (таблица 1).

Таблица 1 – Расчет количества гумуса в почве при орошении сточными водами

Вариант	Год жизни люцерны			Год исследования кукурузы				Год исследования озимой ржи	
	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й
Урожайность зеленой массы люцерны, кукурузы и зерна озимой ржи при орошении сточными водами, ц/га									
Полив речной водой, 70 % НВ	462	540	572	310	320	460	410	24,5	28,1
Полив сточной водой, 70 % НВ	570	623	685	420	518	584	570	27,6	29,3
Полив сточной водой, 80 % НВ	592	688	740	490	550	620	580	28,1	31,2
Образование нового гумуса в почве, т/га в год									
Полив речной водой, 70 % НВ	11,37	13,23	13,42	12,47	12,55	13,67	13,27	14,49	15,18
Полив сточной водой, 70 % НВ	11,70	13,72	14,10	13,35	14,13	14,66	14,55	15,06	14,41
Полив сточной водой, 80 % НВ	11,76	14,11	14,43	13,91	14,39	14,95	14,63	15,18	15,75

Из данных таблицы 1 следует, что наибольшее образование нового гумуса отмечается в посевах ржи (в пределах 14,41–15,75 т/га в год). Увеличение показателя гумуса по сравнению с поливами арычной водой по исследуемым культурам составляло от 0,4 до 1,8 т/га в год [16]. Отсюда следует, что сточные воды являются главным резервом повышения почвенного плодородия, а также обуславливают создание экологически безопасных систем, рациональное использование водно-земельных ресурсов орошаемой территории, так как в составе содержатся микроэлементы, способствующие обогащению почвогрунта питательными веществами.

Расчетные величины коэффициента энергетической эффективности (K_3) для почв Казахстана представлены в таблице 2. Данные позволяют однозначно судить об эффективности использования сельскохозяйственных земель в сельскохозяйственных предприятиях. Из данных таблицы 2 следует, что коэффициент энергетической эффективности при возделывании сельскохозяйственных культур на сероземных почвах Казахстана колеблется в пределах $K_3 = 0,59...3,9$. При этом наименьший показатель приходится на озимую пшеницу, а наибольший на лен-долгунец и картофель.

Таблица 2 – Энергозатраты при возделывании сельскохозяйственных культур на сероземных почвах Казахстана

Культура	Энергозатраты на 1 ц урожая, МДж	Урожайность, ц/га	Совокупные затраты энергии на возделывание, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
1	2	3	4	5
1 Озимая пшеница	1063	24	25512	0,59
2 Озимая рожь	1128	32	36096	1,32
3 Яровая пшеница	1212	30	38760	1,53
4 Яровой ячмень	939	40	37560	1,42
5 Овес	102	38	38076	1,45
6 Кукуруза на зерно	805	35	28175	0,77
7 Картофель	166	400	66400	3,40
8 Сахарная свекла	131	270	35370	1,30

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
9 Лен-долгунец	2478	30	74340	3,9
10 Хлопчатник	1804	32	57728	2,8
11 Подсолнечник	1318	20	26360	0,64

Кроме того, в формировании энергетической эффективности особую роль играет фактическое физико-географическое состояние конкретной территории, которое выражено в скрытой теплоте парообразования (L), высоте местности (H) и количестве осадков (O_c), что достоверно отражают фактические величины радиационного баланса (R) для конкретной территории [15, 17].

Выводы. Оценка эффективности использования земель на основе энергетического подхода к исчислению энергетического потенциала почвы обуславливает необходимость широкоформатного внедрения технологии комплексного регулирования качества коллекторно-дренажных вод, позволяет рационально использовать биоэнергетические ресурсы в системе водопользования, направлена на повышение экологической безопасности орошаемых территорий бассейнового управления, учитывает весомое увеличение производства сельскохозяйственной продукции на засоленных и эродированных землях, т. е. способствует переходу земледелия на «зеленый путь развития».

Список использованных источников

- 1 Безднина, С. Я. Совершенствование системы управления водопользованием / С. Я. Безднина // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы юбилейн. междунар. конф. – М., 2009. – Т. 1. – С. 225–233.
- 2 Безднина, С. Я. Водоотведение в мелиорации и защита водных экосистем от загрязнения / С. Я. Безднина, Е. В. Овчинникова // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы юбилейн. междунар. конф. – М., 2009. – Т. 1. – С. 373–379.
- 3 Мустафаев, Ж. С. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане / Ж. С. Мустафаев, А. Д. Рябцев. – Тараз: Big Neo Service, 2012. – 528 с.
- 4 А. с. 87603. Способ повышения полевой всхожести семян риса / Н. Н. Хожанов.
- 5 Икрамов, Р. К. Роль водосбережения в интегральном управлении водными ресурсами в орошаемом земледелии / Р. К. Икрамов // Водные ресурсы Центральной Азии. – Алма-Ата, 2002. – № 4. – С. 96–104.
- 6 Орман, А. О. Учет и контроль водопотребления – основа экономики предприятия водопроводно-канализационных хозяйств / А. О. Орман, Б. Керимкулов, Б. Ибрагимов // Водные ресурсы Центральной Азии. – Алма-Ата, 2002. – № 4. – С. 238–243.
- 7 Сметанин, В. И. Восстановление и очистка водных объектов / В. И. Сметанин. – М.: Колос, 2003. – 157 с.
- 8 Бурлибаев, М. Ж. Комплексная оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям / М. Ж. Бурлибаев, Ж. Н. Байманов, Е. А. Тажмагамбетов. – Алма-Ата: Гылым, 2007. – 96 с.
- 9 Мириманян, Х. П. Почвоведение / Х. П. Мириманян. – М.: Колос, 1965. – 344 с.
- 10 Плюснин, И. И. Мелиоративное почвоведение / И. И. Плюснин, А. И. Голованов. – М.: Колос, 1983. – 318 с.
- 11 Лархер, В. Экология растений / В. Лархер. – М.: Мир, 1978. – 378 с.
- 12 Мусаев, А. И. Эколого-мелиоративные основы почвенно-биологической очистки сточных вод в орошаемом земледелии: автореф. дис. ... д-ра наук: 06.01.02, 25.00.36 / Мусаев Алтай. – Тараз, 2010. – 38 с.
- 13 Созинов, А. В. Методические указания по ресурсосберегающим технологиям в растениеводстве для лабораторно-практических занятий по направлению подготовки 35.06.01 «Сельское хозяйство» / А. В. Созинов. – Лесниково: Изд-во Курганской ГСХА, 2016. – 72 с.
- 14 Растениеводство / Н. А. Майсурян [и др.]. – М.: Колос, 1965. – 472 с.

- 15 Природообустройство / А. И. Голованов [и др.]. – М.: КолосС, 2008. – 552 с.
- 16 Мусаев, А. И. Сельскохозяйственное использование сточных вод: учеб. пособие / А. И. Мусаев. – Ташкент: ТИИИМСХ, 1990. – 81 с.
- 17 Комплексная мелиорация – основа зеленой экономики в земледелии / Н. Н. Хожанов, К. К. Мусабеков, А. С. Сейтказиев, П. Н. Есенгельдиева, К. А. Естаев, Г. Н. Хожанова, Х. И. Турсунбаев // International Scientific Review of the Problems and Prospects of Modern Science and Education: XXXIV International Scientific and Practical Conference, Chicago, USA, May 24–25, 2017. – № 5(36). – С. 50–55.

УДК 634.8

Е. В. Полухина

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Солёное Займище, Российская Федерация

М. В. Власенко, А. К. Кулик

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

ВЫРАЩИВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОЙ ВИНОГРАДНОЙ ПРОДУКЦИИ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ

Виноград относится к продуктам питания повышенной ценности и является одной из наиболее перспективных и урожайных плодово-ягодных культур. Актуальность проведенных исследований обусловлена недостаточной изученностью влияния удобрений некорневого действия на ростовые и продукционные процессы винограда столового назначения при возделывании его в засушливых зонах на фоне орошения. Целью исследований являлось изучение действия комплексного удобрения Плантафол и микроудобрения Бороплюс на хозяйственно-биологические показатели и экономическую эффективность возделывания столового винограда в засушливых условиях на фоне орошения. Опыт проведен на винограднике Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской академии наук в Астраханской области в 2015–2017 гг. Объект исследований – сорта винограда Кодрянка (раннеспелый), Ризамат (среднеспелый), Московский (позднеспелый). Установлено, что некорневое питание способствует лучшей вызреваемости побегов, оказывает положительное влияние на урожайность и качество виноградной продукции. Наибольший эффект от применения некорневых подкормок удобрениями Плантафол и Бороплюс достигается при их совместном использовании. Рентабельность производства винограда составляет для сорта Кодрянка 173,4 %, Ризамат – 195,2 %, Московский – 165,8 %. Экономическая эффективность при максимальной урожайности 18,5 т/га – 2,73 руб. на 1 руб. затрат.

Ключевые слова: виноград; комплексное удобрение; микроудобрение; вызреваемость побегов; урожайность; продуктивность; сухие вещества; экономическая эффективность.

E. V. Polukhina

Near-Caspian Scientific Research Institute of Arid Agriculture, Solenoe Zaymische, Russian Federation

M. V. Vlasenko, A. K. Kulik

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

QUALITY GRAPES GROWING UNDER ARID CONDITIONS

Grapes refers to high-value foods and is one of the most promising and productive fruit-and-berry crops. The relevance of the conducted research is due to insufficient

knowledge of foliar fertilizers influence on the growth and production processes of table grapes when cultivated in arid zones by irrigation. The aim of the research was to study the effects of the Plantafol complex fertilizer and Boroplus microfertilizer on economic and biological parameters and the economic efficiency of table grape cultivation in arid conditions on the background of irrigation. The experiment was conducted in the vineyard of the Near-Caspian Scientific Research Institute of Arid Agriculture in Astrakhan Region in 2015–2017. The object of research is the grape varieties Kodryanka (early ripening), Rizamat (mid-ripening), Moscow (late ripening). It was found that non-root nutrition contributes to better shoot ripening and has a positive effect on the yield and quality of grapes. The greatest effect from the use of foliar fertilizing with Plantafol and Boroplus is achieved when they are used together. The profitability of grape production for the Kodryanka variety is 173.4 %, Rizamat – 195.2 %, Moscow – 165.8 %. Economic efficiency with a maximum yield of 18.5 t/ha is 2.73 rubles per 1 ruble expenses.

Key words: grapes; complex fertilizer; micronutrient fertilizer; shoot ripening rate; yield; productivity; dry matter; economic efficiency.

Введение. Виноградарство на Руси было заложено в Астраханской губернии. Первое письменно зафиксированное свидетельство о виноградниках в Астрахани относится к 1613 г. За всю историю существования отрасли в области площади под виноградом были наибольшими в 1915 г. (около 1500 га). Но начиная с Первой мировой войны виноградарство региона пришло в упадок, и в следующие десятилетия наибольшие показатели (398 га) были отмечены в 1966 г. На сегодняшний день в Астраханской области площадь виноградников незначительна (около 200 га) [1].

Природно-климатические условия Астраханской области являются благоприятными для возделывания винограда. Но в современных экономических условиях для получения высокорентабельной продукции виноградарства необходимо применение достижений научно-технического прогресса и энергосберегающих интенсивных технологий. Одним из приемов, способствующих повышению урожайности и качества винограда, являются некорневые подкормки удобрениями нового поколения, содержащими в своем составе макро- и микроэлементы [2].

Материалы и методы. Целью исследований являлось изучение действия некорневого питания удобрениями нового поколения Плантафол и Бороплюс на процессы роста и плодоношения винограда столового назначения в засушливых условиях Астраханской области. Актуальность исследований обусловлена недостаточной изученностью влияния удобрений некорневого действия на ростовые и продукционные процессы винограда столового назначения при возделывании его в засушливых зонах на фоне орошения.

Исследования проводились на территории виноградника ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия» в Астраханской области в 2015–2017 гг. с использованием сортов винограда различных сроков созревания: Кодрянка (раннеспелый), Ризамат (среднеспелый), Московский (позднеспелый). Опыт был заложен по методике Б. А. Доспехова [3] методом «делянка-куст» на учетной площади 288,0 м². Схема посадки кустов – 4,0 × 2,0 м, густота – 1250,0 шт./га. Вариантов – четыре, повторность 3-кратная, расположение вариантов рендомизированное. Формировка кустов веерная, 4-рукавная. Культура винограда укрывная, корнесобственная, орошаемая.

Учеты и наблюдения проводились согласно методике М. А. Лазаревского (1963 г.) [4]. Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову (1985 г.) [3]. Содержание сухих растворимых веществ по сахарозе определяли рефрактометрическим методом (ГОСТ 28562-90), содержание сухих нерастворимых веществ устанавливали методом высушивания (ГОСТ 28561). Расчет экономической эффективности проводили по методике ВАСХНИЛ (1990 г.) [5].

Результаты обсуждения. Климатические условия региона отличаются высокой

степенью засушливости и резкой континентальностью. В зимний период морозы часто сменяются оттепелями. Высота снежного покрова 0,05–0,14 м, при оттепелях снег сходит зимой, что может способствовать замерзанию глазков винограда, находящегося под укрытием. Безморозный период длится 175–185 сут. Сумма активных температур воздуха выше 10 °С составляет 3300–3500 °С. Среднегодовое количество осадков 256 мм. Летом наблюдаются длительные жесткие засухи и суховеи. Преобладающие эрозионно опасные ветра восточных и юго-восточных направлений, в холодный период их скорость 20–32 м/с и более. Относительная влажность воздуха летом 45–53 %.

Почвенный покров участка представлен светло-каштановыми разной степени солонцеватости карбонатными, мощными и среднемощными почвами легкосуглинистого состава, имеющими близкую к нейтральной реакцию почвенного раствора (рН 7,2–7,6). Почвообразующие породы – лессовидные легкие суглинки – с 0,85–1,07 м подстилаются песком [6].

Удобрения оказывают влияние на процессы роста и вызревания побегов винограда. Хорошо вызревшие побеги отличаются большей морозоустойчивостью и лучше переносят зиму, что обеспечивает хороший рост кустов и их урожайность в следующем году [7].

Для оценки качества побегов и способности к перезимовке была определена доля вызревшей части побега. У всех трех сортов показатели в вариантах с применением Пантафола как в чистом виде, так и совместно с Бороплюсом превышали контрольные показатели. Применение Пантафола в чистом виде увеличило вызревшую часть побега на 4,4–11,8 % в среднем по сортам. Совместное применение удобрений способствовало лучшему вызреванию побегов у сортов Ризамат и Московский (+11,1 и +5,2 % к контролю соответственно), а у сорта Кодрянка, напротив, уменьшало вызревшую часть побегов на 3,3 % (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние некорневого питания на вызревание побегов винограда, 2015–2017 гг.

Вариант опыта	Кодрянка		Ризамат		Московский	
	вызревание побегов, %	± к контролю, %	вызревание побегов, %	± к контролю, %	вызревание побегов, %	± к контролю, %
Контроль	72,8	-	74,2	-	77,2	-
Пантафол (П)	78,5	+5,7	86,0	+11,8	81,6	+4,4
Бороплюс (Б)	68,4	-4,4	82,1	+7,9	87,4	+10,2
П + Б	69,5	-3,3	85,3	+11,1	82,4	+5,2

Положительное влияние Бороплюса выявлено у сортов Ризамат и Московский (+7,9 и +10,2 % к контролю соответственно). На вызревание побегов сорта Кодрянка микроудобрение Бороплюс так же, как и совместное применение удобрений, оказало отрицательное действие, вызревшая часть лозы уменьшилась на 4,4 %. То есть удобрения по-разному влияют на процессы роста и развития этой культуры.

По экспериментальным данным 3-летних испытаний выявлено, что некорневые подкормки оказывают значительное влияние на урожайность сортов Кодрянка, Ризамат и Московский. Прибавка урожая к контролю по вариантам опыта в среднем по сортам составила от 2,4 до 10,5 т/га. Достоверную прибавку урожайности у всех сортов обеспечивают подкормки Бороплюс в чистом виде и совместно с Пантафолом (таблица 2).

Применение некорневых подкормок оказывает положительный эффект на структуру элементов урожайности. Совместное применение удобрений обеспечило формирование наиболее крупных гроздей: масса грозди у сорта Кодрянка превысила контроль на 91,1 %, у сорта Ризамат – на 96,1 %, у сорта Московский – на 46,6 %. Бороплюс также оказал значительное влияние на среднюю массу грозди: +62,6, +84,1, +28,9 % к кон-

тролю соответственно. Средняя масса ягоды при применении некорневых подкормок удобрениями Пантафол и Бороплюс увеличилась относительно контроля на 0,3–1,5 г.

Таблица 2 – Урожайность винограда в зависимости от применения удобрений, 2015–2017 гг.

В т/га

Вариант	Урожайность				
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015–2017 гг.	± к контролю
Кодрянка					
Контроль	9,0	6,8	10,1	8,6	-
Пантафол (П)	10,3	10,4	12,2	11,0	+2,4
Бороплюс (Б)	17,1	12,2	15,1	14,8	+6,2
П + Б	18,7	16,5	19,8	18,3	+9,7
НСР ₀₅				5,5	
Ризамат					
Контроль	9,8	6,6	7,6	8,0	-
Пантафол (П)	15,9	12,6	9,6	12,7	+4,7
Бороплюс (Б)	19,9	14,0	15,8	16,6	+8,6
П + Б	20,6	18,0	16,9	18,5	+10,5
НСР ₀₅				8,2	
Московский					
Контроль	8,5	8,0	9,9	8,8	-
Пантафол (П)	12,0	11,7	15,9	13,2	+4,4
Бороплюс (Б)	17,9	13,0	16,2	15,7	+6,9
П + Б	19,6	16,4	17,4	17,8	+9,0
НСР ₀₅				6,1	

Таким образом, в результате исследований отмечено значительное влияние некорневых подкормок удобрениями Пантафол и Бороплюс на урожайность и элементы продуктивности. При этом наиболее эффективным является совместное использование комплексного удобрения Пантафол и микроудобрения Бороплюс.

В результате определения содержания сухих веществ в ягодах было выявлено, что под действием микроудобрения Бороплюс их количество у всех трех сортов значительно увеличилось. Подкормка Бороплюсом способствовала повышению этого показателя на 2,5 % у сорта Кодрянка, на 4,6 % – у сорта Ризамат, на 1,5 % – у сорта Московский (таблица 3).

Таблица 3 – Элементы продуктивности винограда под действием удобрений, 2015–2017 гг.

Вариант	Количество ягод в грозди		Средняя масса ягоды		Средняя масса грозди	
	шт.	± к контролю, %	г	± к контролю, %	г	± к контролю, %
1	2	3	4	5	6	7
Кодрянка						
Контроль	79,8	-	4,0	-	338,5	-
Пантафол (П)	84,7	6,1	4,1	0,1	362,1	7,0
Бороплюс (Б)	132,0	65,4	4,3	0,3	550,5	62,6
П + Б	160,9	101,6	4,6	0,6	646,8	91,1
Ризамат						
Контроль	68,1	-	5,3	-	402,8	-
Пантафол (П)	94,6	38,9	6,1	0,8	608,4	51,0

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Бороплюс (Б)	124,9	83,4	6,1	0,8	741,4	84,1
П + Б	130,7	91,9	6,5	1,2	789,7	96,1
Московский						
Контроль	83,3	-	4,5	-	425,3	-
Плантафол (П)	92,1	10,6	5,2	0,7	473,1	11,2
Бороплюс (Б)	101,5	21,8	5,2	0,7	548,0	28,9
П + Б	112,5	35,1	6,0	1,5	623,5	46,6

Совместное использование удобрений обеспечило максимальное содержание растворимых сухих веществ в опыте (у сорта Ризамат – 22,1 %, что на 5,6 % выше контроля). При совместном применении удобрений Плантафол и Бороплюс также отмечено высокое содержание сухих веществ у сорта Московский – 18,2 % (+1,7 % к контролю). У сорта Кодрянка содержание растворимых сухих веществ была ниже контрольного показателя на 1,6 %. На содержание нерастворимых сухих веществ в ягодах винограда некорневые подкормки существенного влияния не оказали.

Применение некорневого питания удобрениями нового поколения на винограде способствует получению высоких урожаев со значительным экономическим эффектом. Анализ экономической эффективности применения некорневых подкормок проводился на основе операций, заложенных в технологическую карту, и исходя из фактических затрат материальных и финансовых средств. Наибольший эффект от применения некорневых подкормок удобрениями Плантафол и Бороплюс достигается при совместном их применении (таблица 4).

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания сортов винограда под действием некорневого питания

Вариант	Сумма общих затрат, руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га	Валовая прибыль, руб./га	Рентабельность, %	Экономическая эффективность, руб./руб. затрат	± к контролю, руб./руб. затрат
Кодрянка						
Контроль	325787,3	431,7	105879,0	34,7	1,35	-
Плантафол (П)	329559,3	548,3	218774,0	70,4	1,70	+0,35
Бороплюс (Б)	331774,0	740,0	408226,0	123,3	2,23	+0,88
П + Б	338579,3	916,7	578087,0	173,4	2,73	+1,38
Ризамат						
Контроль	323608,3	432,7	109796,0	32,2	1,32	-
Плантафол (П)	324776,0	688,0	363224,0	108,1	2,08	+0,76
Бороплюс (Б)	332590,7	894,7	562076,0	165,4	2,65	+1,33
П + Б	335196,0	993,7	645131,7	195,2	2,95	+1,63
Московский						
Контроль	326020,7	440,0	113979,0	37,9	1,38	-
Плантафол (П)	334342,7	660,0	325657,3	101,3	2,01	+0,63
Бороплюс (Б)	333524,0	785,0	451476,0	135,7	2,36	+0,98
П + Б	336246,0	890,0	552754,0	165,8	2,66	+1,28

Рентабельность производства винограда составляет для сорта Кодрянка 173,4 %, для сорта Ризамат – 195,2 %, для сорта Московский – 165,8 %. Экономическая эффективность при максимальной средней урожайности 18,5 т/га составляет 2,73 руб. на 1 руб. затрат. При использовании удобрений в чистом виде рентабельность производства также значительно возрастает. В варианте с применением Плантафола рентабельность достига-

ет 70,4–108,1 %, с использованием Бороплюса – 123,3–165,4 %. Экономическая эффективность вложенного рубля на 1 руб. затрат при этом 1,70–2,08 и 2,23–2,65 руб. на 1 руб. затрат соответственно. Таким образом, экономические показатели улучшаются при использовании удобрений Плантафол и Бороплюс как в чистом виде, так и совместно.

Заключение. Результаты изучения влияния некорневых подкормок комплексным удобрением Плантафол и микроудобрением Бороплюс на процессы роста и плодоношения винограда подтверждают эффективность и целесообразность их применения. Комплексное удобрение Плантафол в чистом виде способствует лучшей вызреваемости побегов, а подкормки Бороплюсом в чистом виде и совместно с Плантафолом положительно влияют на содержание растворимых сухих веществ в ягодах винограда. Действие удобрений позволяет раскрыть потенциал урожайности сортов винограда. Достоверную прибавку урожайности обеспечивают некорневые подкормки микроудобрением Бороплюс в чистом виде и совместно с Плантафолом. Совместное применение удобрений обеспечивает формирование крупных гроздей, а средняя масса ягоды увеличивается на 0,3–1,4 г. Повышается рентабельность производства виноградной продукции, достигая 165,8–195,2 %. Экономическая эффективность при максимальной средней урожайности 18,5 т/га составляет 2,73 руб. на 1 руб. затрат. Таким образом, некорневые подкормки удобрениями Плантафол и Бороплюс являются важным прогрессивным элементом технологии выращивания винограда, обеспечивающей оптимальный рост и развитие, повышение урожайности и качества продукции.

Список использованных источников

1 Усенко, Л. Н. Возрождение виноградарско-винодельческой отрасли как одно из перспективных направлений развития АПК России / Л. Н. Усенко, З. В. Удалова // Учет и статистика. – 2017. – № 3(47). – С. 74–82.

2 Батукаев, А. А. Реакция семенных сортов винограда различных эколого-географических групп на применение гиббереллина / А. А. Батукаев. – М.: МСХА, 1996. – 139 с.

3 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1979. – 336 с.

4 Лазаревский, М. А. Изучение сортов винограда / М. А. Лазаревский. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1963. – 151 с.

5 Определение экономической эффективности сортов плодовых и ягодных культур. – М.: ВАСХНИЛ, 1990. – 59 с.

6 Зволинский, В. П. Агроэкология и земледелие Северного Прикаспия / В. П. Зволинский // Почвенные и растительные ресурсы, их изменения в результате сельскохозяйственного использования. – 1992. – Т. 1. – С. 15–16.

7 Туманян, А. Ф. Количественные и качественные характеристики урожая винограда столовых сортов под действием некорневых подкормок / А. Ф. Туманян, Е. Н. Иваненко, Е. В. Полухина // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2018. – № 4(37). – С. 30–33.

УДК 628.1.034.3:628.171.034.2:631.672.4

Н. Н. Малышева, С. Н. Якуба, А. В. Настаченко

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

С. В. Кизинёк

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

ПРОБЛЕМЫ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ РИСОВЫХ СИСТЕМ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Цель данных исследований – анализ использования водных ресурсов в период вегетации риса и выявление оптимальных посевных площадей под культурой с гарантированной водообеспеченностью. Достижение поставленной цели обусловлено решением задач по изучению обеспеченности водными ресурсами посевов риса в различные годы, нормативно-правовой базы в части насыщения рисового севооборота основной культурой, обоснованию рационального севооборота, гарантирующего оптимальный водный режим рисового поля. В работе использована законодательная база Краснодарского края, проведены камеральные работы по анализу годовых технических отчетов Управления мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Краснодарскому краю, Краснодарстата, государственной программы Краснодарского края по развитию сельского хозяйства. Полученные результаты исследований показали, что орошаемая площадь риса в крае колеблется по годам от 117,2 до 136,1 тыс. га, это отражается на объеме водоподачи. Выявлено, что 2003 и 2013 гг. были маловодными, когда в течение периода вегетации риса приток воды в Краснодарское водохранилище составил 3228 и 4213 млн м³ соответственно, это ниже средних значений за последние 20 лет на 3004,7 и 2019,7 млн м³ соответственно. Показано, что 2016 г. оказался многоводным, приток в Краснодарское водохранилище составил 1106 млн м³ при среднем показателе за последние 20 лет в указанный период 710 млн м³, это позволило в полном объеме полить 136,1 тыс. га посевов риса. Отмечено расхождение в доле насыщения рисом в системе рисового севооборота между научными рекомендациями, законодательной базой в части плодородия почв сельхозназначения и правилами использования водных ресурсов. Выявлено, что в настоящее время гарантированная водоподача на рисовые оросительные системы, подвешенные к Краснодарскому водохранилищу, возможна на площадь сева риса 106,0 тыс. га. Рекомендовано сельхозтоваропроизводителям насыщение севооборота основной культурой не более 50 %. При увеличении доли риса в севообороте свыше 50 % необходимо предусматривать мероприятия по экономии водных ресурсов во избежание рисков водodefицита.

Ключевые слова: рис; рисовый севооборот; объем водоподачи; приток; дефицит водных ресурсов; маловодье; плодородие почвы.

N. N. Malysheva, S. N. Yakuba, A. V. Nastachenko

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

S. V. Kizinyok

The Krasnoarmeysky Rice Growing Pedigree Plant named after A. I. Maistrenko,

Octyabrskiy, Russian Federation

PROBLEMS OF WATER SUPPLY OF RICE SYSTEMS IN KRASNODAR REGION AND WAYS OF THEIR SOLUTION

The purpose of these studies is to analyze the use of water resources during the rice growing season and to identify optimal cultivated areas under a crop with guaranteed water availability. Achieving this goal is caused by the solution of problems on studying water availability for rice seeds in different years, the regulatory base regarding saturation of rice crop rotation with the basic crop, and the justification of rational crop rotation that guarantee the optimal water regime of the rice field. The legal basis of Krasnodar Territory was used in the work, office work analyzing the annual technical reports of Department of Land Reclamation and Agricultural Water Supply in Krasnodar Territory, Krasnodarstat, State Program of Krasnodar Territory on development of agriculture was carried out. The obtained research results showed that the rice irrigated area in the region varies from 117.2 to 136.1 thousand ha by years, which is reflected in water delivery volume. It was found that 2003 and 2013 were dry when during the rice growing season the inflow of water into the Krasnodar reservoir

was 3228 and 4213 million m³, respectively, which is lower than the average values over the past 20 years by 3004.7 and 2019.7 million m³, respectively. It was shown that 2016 turned out to be water abundant, the inflow to the Krasnodar reservoir was 1,106 million m³, with an average of 710 million m³ over the past 20 years during this period, this allowed to irrigate 136.1 thousand hectares of rice crops on a full scale. A discrepancy in the proportion of saturation with rice in the rice crop rotation system between scientific recommendations, the legal basis regarding the fertility of agricultural soils and the rules for using water resources was noted. It was found that nowadays the guaranteed water delivery to rice irrigation systems suspended from the Krasnodar water reservoir is possible on the area of 106.0 thousand ha rice sowing. The saturation of crop rotation with the main crop no more than 50 % is recommended to agricultural producers. With an increase of rice share in crop rotation of more than 50 %, measures should be taken to save water resources to avoid the risks of water scarcity.

Key words: rice; rice crop rotation; delivery volume; inflow; water scarcity; low water; soil fertility.

Введение. Краснодарский край занимает ведущие позиции в России по производству сельскохозяйственной продукции и вносит существенный вклад в продовольственную безопасность страны. Тем не менее, несмотря на благоприятные почвенно-климатические условия, регион является зоной рискованного земледелия. Один из факторов риска – дефицит влаги в период вегетации сельскохозяйственных культур. Рисоводство Краснодарского края сосредоточено (77 % площадей рисовых оросительных систем) в Западной зоне края, где годовое количество осадков не превышает 700 мм. За период активной вегетации растений риса количество осадков составляет 250–400 мм. Относительная влажность воздуха в это время не превышает 70 %. Сумма дефицита влажности воздуха за вегетационный период составляет 900–1200 мм. Поэтому вопросы вододефицита при возделывании риса и сопутствующих культур рисового севооборота имеют первостепенное значение для региона [1, 2].

В этой связи цель исследовательской работы – анализ использования водных ресурсов в период вегетации риса и выявление оптимальных посевных площадей под культурой с гарантированной водообеспеченностью.

Материалы и методы. В работе использованы и проанализированы следующие материалы: государственная программа Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия» (постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 5 октября 2015 г. № 944), закон Краснодарского края «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края» от 7 июня 2004 г. № 725. Камеральные работы проведены с технической отчетностью ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», использованы статистические бюллетени Краснодарстата.

Результаты и обсуждение. В регионе имеется 386 тыс. га орошаемых земель, из которых 313 тыс. га занимают государственные мелиоративные системы, в т. ч. 234 тыс. га – это рисовый ирригированный фонд [3].

Рисоводство Краснодарского края является важной ресурсной составляющей отрасли растениеводства не только Кубани, но и Российской Федерации. Край производит порядка 80 % риса в стране и имеет возможность полностью обеспечить потребительский рынок крупой собственного производства. Объем валового производства зерна в зачетном весе в среднем за последние 10 лет составляет порядка 800,0 тыс. т с максимальным значением в 2012 г. – 828,3 тыс. т, а урожайность культуры превышает 60,0 ц/га, что является уровнем европейских стран [4].

Максимальная урожайность культуры на Кубани была получена в 2018 г. и составила 66,1 ц/га в зачетном весе, что больше, чем в 2009 г., на 5,6 ц/га (рисунок 1).

Орошение посевов риса в Краснодарском крае обеспечивается с помощью эксплуатации водохозяйственного комплекса Кубани, включающего, помимо мелиоратив-

ных систем, гидротехнические сооружения, такие как Краснодарское, Варнавинское и Крюковское водохранилища, которые служат водоисточниками для полива культуры, а также Федоровский подпорный и Тиховский вододелительный гидроузлы, осуществляющие водораспределение на рисовые севообороты.

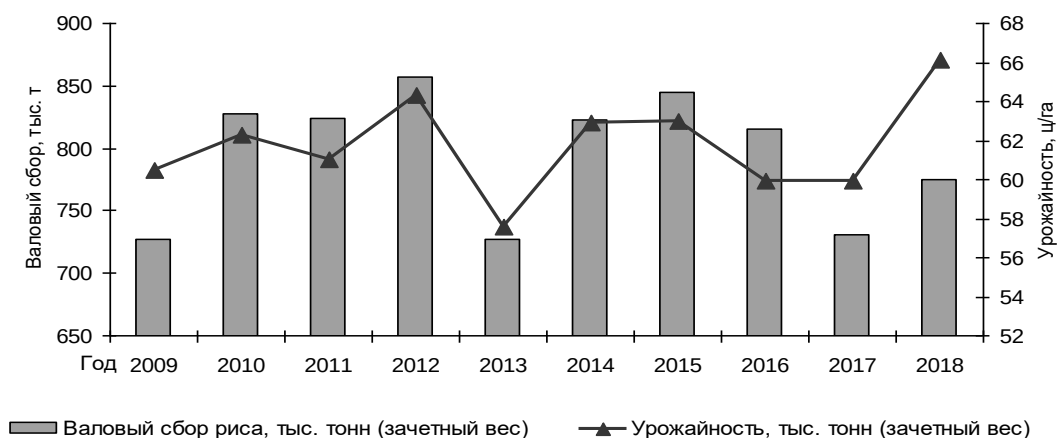


Рисунок 1 – Объемы производства и урожайность риса в Краснодарском крае, 2009–2018 гг.

Ежегодно из всех источников орошения забирается около 4,0 млрд м³ воды, в т. ч. 3,2 млрд м³ из бассейна р. Кубани и порядка 400–500 млн м³ повторных вод (таблица 1).

Таблица 1 – Объемы забора и подачи воды для орошения сельхозкультур в Краснодарском крае, 2009–2018 гг.

Показатель	$X_{\min} - X_{\max}$, млн м ³	$\bar{x} \pm S_x$, млн м ³	V, %
Суммарный забор воды, всего	3215 – 4112	$3840,8 \pm 253,3$	6,6
Суммарная подача воды, всего	2784 – 3161	$2943,9 \pm 119,1$	4,0
Суммарная подача воды на рис, всего с повторной водой	2225 – 2714	$2466,1 \pm 158,2$	6,4
Использование повторной воды при орошении риса	364 – 484	$437,8 \pm 44,3$	10,1
Подача воды на нерисовые культуры	39,1 – 196,39	$115,1 \pm 54,7$	47,5

Суммарная подача воды для орошения риса за последние 10 лет в среднем составляет 2,5 млрд м³ с минимальным значением 2,2 млрд м³ в 2009 г. и максимальным – 2,7 млрд м³ в 2016 г. (данные годовых технических отчетов ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» за 2009–2018 гг.). Коэффициент вариации 6,4 % указывает на незначительные изменения изучаемой величины, что характеризует усредненное ее значение как однородную статистическую совокупность (рисунок 2).

Увеличение объемов водоподачи на посевы риса связано с ростом площадей под культурой в системе севооборота с 120,1 тыс. га в 2009 г. до 136,2 тыс. га в 2016 г. Снижение посевных площадей риса в последние два года до 117,2 тыс. га в 2018 г. повлекло за собой и уменьшение водоподачи для орошения риса до 2422,0 млн м³.

Сток р. Кубани характеризуется высокой изменчивостью по годам, что находит свое отражение в накоплении запасов воды в источниках орошения, в т. ч. наиболее крупном – Краснодарском водохранилище, которое обслуживает 211,1 тыс. га мелируемых площадей. Нами проведен анализ дефицита водных ресурсов, в результате которого обосновано маловодье в период вегетации риса в 2003 и 2013 гг.

Наглядно показано на примере маловодных лет, что к началу вегетационного периода и поливного сезона складывалась благоприятная водная обстановка (рисунок 3).

Приток за период январь – апрель составлял 3711 и 2655 млн м³ воды соответственно, что вселяло уверенность в стабильности водоподачи для полива сельхозкуль-

тур. Тем не менее в течение периода вегетации (май – август) приток воды в Краснодарское водохранилище составил 3228 млн м³ в 2003 г. и 4213 млн м³ в 2013 г., что ниже средних значений за последние 20 лет на 3004,7 и 2019,7 млн м³ соответственно [5].

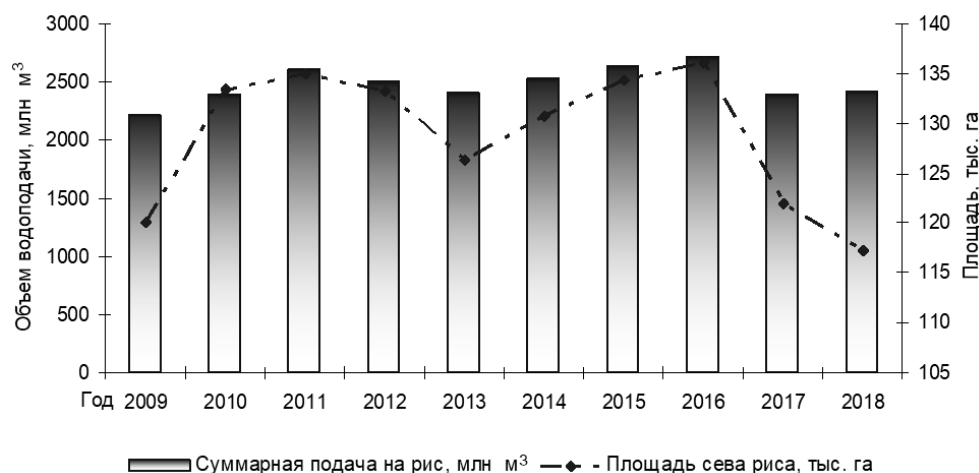


Рисунок 2 – Площадь сева риса и объем водоподачи для орошения культуры, 2009–2018 гг.

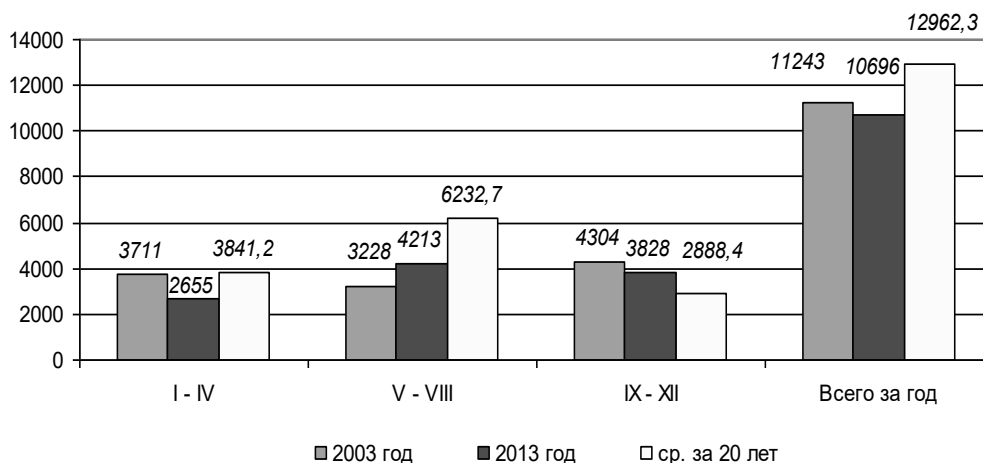


Рисунок 3 – Приток воды в Краснодарское водохранилище W , млн м³

Учитывая результаты проведенного анализа приточности в Краснодарское водохранилище, водообеспеченности поливного периода риса (апрель – сентябрь), можно отметить, что в последние годы дефицит водных ресурсов в связи с меняющимися климатическими условиями диктует необходимость их экономии, пересмотра структуры посевов с учетом доли риса в севообороте.

Анализ литературных источников, законодательной базы, правил использования водных ресурсов позволил выявить противоречия в части, касающейся доли риса на оросительных системах [6–8]. Научно доказано, что монокультура риса, практикуемая в некоторых странах, для условий орошаемого земледелия Кубани неприемлема, ведет к снижению плодородия почвы, ухудшению мелиоративного состояния земель, повышению инфекционного фона рисового поля, обостряет фитосанитарное состояние экосистемы. В этой связи научно обоснованный севооборот предполагает долю насыщения рисом 62,5 % при 8-польном севообороте, на который и была рассчитана проектируемая рисовая система [8, 9]. Исходя из этого, площадь, подвешенная к Краснодарскому водохранилищу с гарантированной водоподачей при указанном выше насыщении рисовой системы, составляла 132 тыс. га.

В настоящее время, когда из-за заиливания в 1993 г. НПУ Краснодарского водохра-

нилища снижен с 2394 до 1798 млн м³, правилами использования водных ресурсов Краснодарского водохранилища предусмотрен водохозяйственный баланс в год 75% обеспеченности по стоку на орошение существующих рисовых оросительных систем с 50% насыщением рисом в севообороте, что позволяет обеспечить водой всех участников водохозяйственного комплекса Нижней Кубани с учетом сложившейся водохозяйственной обстановки и современной технической схемы регулирования стока р. Кубани.

Соответственно, из подвешенной к Краснодарскому водохранилищу площади в настоящее время гарантированно обеспечено оросительной водой не более 106 тыс. га. Вполне понятно, что увеличение площади сева риса сверх указанных значений ведет к риску вододефицита орошаемых участков с последующими экономическими потерями.

Тем не менее последние изменения в законодательстве Краснодарского края (Закон Краснодарского края от 26 июля 2019 г. № 4082-КЗ «О внесении изменений в статью 7 Закона Краснодарского края «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края») регламентируют соблюдение на земельных участках, используемых для выращивания риса, севооборотов с насыщением рисом 57,0–67,0 %, что не согласуется с вопросами гарантированной водообеспеченности посевов [10, 11].

Таким образом, сельхозтоваропроизводители, выращивающие рис, стали заложниками ситуации, в которой нормативно-правовая база в части плодородия земель сельхозназначения не согласуется с научными рекомендациями по насыщению севооборота рисом и правилами использования водных ресурсов. Вода, как лимитирующий фактор при возделывании риса, с увеличением его доли в севообороте свыше 50 % становится дефицитным ресурсом, влияющим на эффективность сельхозпроизводства [12].

Тем не менее закономерно возникает вопрос о поливе риса в 2016 г., когда площадь сева была максимальной за посевные 10 лет и достигала 136,1 тыс. га, а суммарная водоподача для орошения посевов составила 2,71 млрд м³.

В этой части нами также проведен анализ водного баланса Краснодарского водохранилища, результаты которого показали, что 2016 г. был многоводный. Наибольший приток наблюдался в августе, самом критическом месяце для полива риса, и составил 1106 млн м³ при среднем показателе за последние 20 лет в указанный период 710 млн м³.

В этой связи к окончанию поливного сезона на 31 августа 2016 г. объем водохранилища составил 1187 млн м³, в то время как среднее многолетнее значение за период 2008–2018 гг. – 515,5 млн м³ (рисунок 4).



Рисунок 4 – Объем Краснодарского водохранилища на 31 августа, 2008–2018 гг.

Минимальное значение объема Краснодарского водохранилища в конце полива риса 243 млн м³ наблюдалось в маловодном 2013 г., максимальное (кроме 2016 г.) 713 млн м³ – в 2012 г., когда площадь сева риса была довольно значительна – 133,3 тыс. га.

Таким образом, анализ показывает, что 2016 г. по сложившимся погодным условиям был благоприятным для накопления воды с целью полива риса, особенно в июне и августе, это позволило завершить орошение культуры в оптимальные сроки на площади 136,1 тыс. га при достаточном объеме воды в водоисточнике. Тем не менее эти показатели значительно отличаются от водохозяйственной обстановки в период 2008–2018 гг. и являются скорее исключением, а не закономерностью.

Выводы. Анализ проведенных исследований показывает, что при увеличении посевных площадей в регионе, подвешенных к Краснодарскому водохранилищу (Красноармейский, Славянский, Калининский районы), следует учитывать водообеспеченность года, основываясь на прогнозах Краснодарского центра по метеорологии и мониторингу окружающей среды, многолетних наблюдениях за балансом водного объекта. Бездефицитный полив площадей, подвешенных к Краснодарскому водохранилищу, возможен на посевной площади риса не более 106,0 тыс. га. При составлении планов водопользования сельхозтоваропроизводителям не рекомендуется насыщение севооборота основной культурой свыше 50 %. При увеличении доли риса в севообороте свыше 50 % необходимо предусматривать мероприятия по экономии водных ресурсов во избежание рисков вододефицита.

Список использованных источников

- 1 Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе / А. Н. Коробка [и др.]. – Краснодар, 2015. – 352 с.
- 2 Система рисоводства Краснодарского края / К. М. Авакян [и др.]. – Краснодар, 2011. – 340 с.
- 3 Владимиров, С. А. Стратегия устойчивого экологически безопасного рисоводства: монография / С. А. Владимиров. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 160 с.
- 4 Краснодарский край в цифрах. 2018: стат. сб. / Краснодарстат. – Краснодар, 2019. – 302 с.
- 5 Малышева, Н. Н. К вопросу развития отрасли рисоводства / Н. Н. Малышева // Современные тенденции развития науки и технологий: сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород, 2015. – № 5, ч. 1. – С. 71–73.
- 6 Dobermann, A. Productivity growth is important for sustainable rice production / A. Dobermann // Rice Today. – 2017. – Vol. 16, № 4. – P. 34.
- 7 Величко, Е. Б. Технология получения высоких урожаев риса / Е. Б. Величко, Б. Б. Шумаков. – М.: Колос, 1984. – 384 с.
- 8 Багров, М. Н. Сельскохозяйственная мелиорация / М. Н. Багров, И. П. Кружilin. – М.: Агропромиздат, 1985. – 271 с.
- 9 Попов, В. А. Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем: монография / В. А. Попов, Н. В. Островский. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 189 с.
- 10 Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края: Закон Краснодарского края от 7 июня 2004 г. № 725-КЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/23961706/>, 2019.
- 11 Об утверждении государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия»: Постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 5 октября 2015 г. № 944 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/430643160>, 2019.
- 12 Малышева, Н. Н. К вопросу рационального водопользования при орошении риса в Краснодарском крае / Н. Н. Малышева, П. В. Рябцев, А. С. Мурашева // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. XV Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2018. – С. 93–96.

УДК 633.18

С. А. Владимиров

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

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ СОДЕРЖАНИЯ ПОЧВЫ В ДОПОСЕВНОЙ ПЕРИОД ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ВЛАЖНОСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ РИСА

Целью исследований являлось изучение и сравнение влияния на урожайность риса общепринятых технологических приемов обработки почвы, обеспечивающих до посева риса ее высушивание вплоть до абсолютно сухого состояния, и альтернативного способа содержания почвы при минимальных влагосберегающих обработках в режиме влажности пахотного слоя 60–70 % полной влагоемкости. Выполнен ретроспективный анализ зависимости урожайности риса от влажности почвы и суммы осадков в допосевной период при различных способах содержания почвы для перспективного планирования технологий и устойчивого функционирования в современных условиях рисоводства Краснодарского края. Установлена существенная корреляция между этими показателями.

Ключевые слова: рис; урожайность; корреляционный и регрессионный анализ; способ содержания почвы; допосевной период; влажность почвы; влагосбережение.

S. A. Vladimirov

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

IMPACT OF METHODS OF SOIL MAINTENANCE IN THE PRESOWING PERIOD AT VARIOUS HUMIDITY MODES ON RICE YIELD

The aim of the research was to study and compare the impact of generally accepted technological methods of soil cultivation ensuring its drying up to absolutely dry state before rice sowing, and the alternative method of soil maintenance in humidity mode of the arable layer 60–70 % full moisture capacity at minimum moisture saving on soil yield. A retrospective analysis of the dependence of rice yield on soil moisture and the amount of precipitation in the pre-sowing season at various methods of soil maintenance for the long-term planning of technologies and stable functioning under modern conditions of rice growing in Krasnodar Territory was performed. A significant correlation between these indicators was stated.

Key words: rice; productivity; correlation and regression analysis; method of soil maintenance; pre-sowing period; soil moisture; moisture saving.

Введение. В современных технологиях возделывания риса водно-воздушному режиму почвы вследствие естественной увлажненности не уделяется достаточного внимания, и этот фактор практически не изучен [1–3]. Однако опыт бережного и умелого отношения к почве, воде, питательным веществам и свету прослеживался в технологической карте возделывания и уборки риса, разработанной для Узбекской ССР (1972 г.) [4, 5].

При более благоприятных погодных условиях, по сравнению с другими регионами рисосеяния бывшего СССР, здесь подготовка почвы к посеву начиналась не с глубоких рыхлений и высушивания с 20 марта, а, наоборот, с закрытия влаги в оптимальные сроки (5 апреля). До последующих обработок почва более двух недель находилась в состоянии выровненной зяби, т. е. наилучшим образом использовались природные ресурсы (влага, свет, тепло) и наращивался их потенциал. Однако в более поздних рекомендациях, перспективных технологических картах, практическом руководстве по интенсивной технологии возделывания риса и системе рисоводства этот агроприем не нашел распространения [6, 7].

Таким образом, системное обобщение многолетнего опыта производства риса указывает на необходимость разработки инновационных решений и механизмов перехода к устойчивому рисоводству на эколого-ландшафтной основе [8]. В первую очередь это относится к разработке мероприятий по эффективному использованию энергетических ресурсов допосевного периода и оценке его влияния на формирование устойчивых урожаев риса [5, 9].

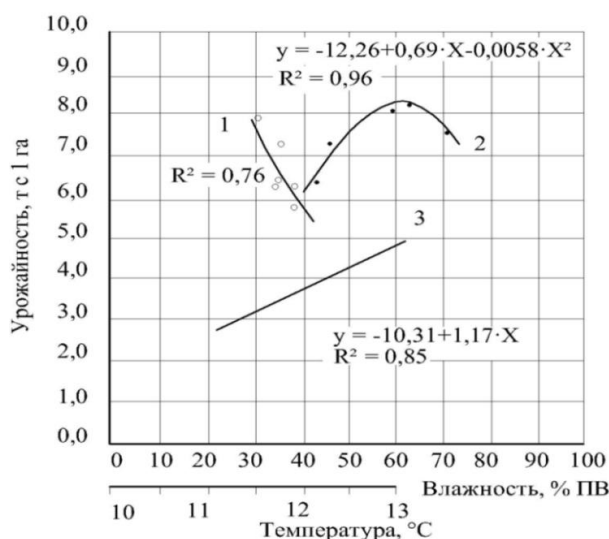
Материалы и методы. В первом варианте подготовка почвы к посеву риса выполнялась в соответствии с рекомендациями ВНИИ риса [7].

Во втором варианте опыта при выборе способа содержания почвы в период между последовательными посевами риса следовали рекомендациям по безгербицидной технологии [10]. В предпосевной период выдерживались условия выровненной зяби, которая не подвергалась никаким обработкам до посева риса.

Математическая обработка экспериментальных данных проводилась методом корреляционного и регрессионного анализов по Б. А. Доспехову.

Обсуждение результатов исследований. На урожайность риса существенное влияние оказывает комплекс предпосевных агрономелиоративных приемов, обуславливающих тот или иной уровень влажности верхнего слоя почвы [3].

Корреляционный и регрессионный анализ урожайности риса (1985–1989 гг.) и подекадной влажности корнеобитаемого слоя почвы (% от НВ) за период апрель – первая декада мая показал высокую корреляцию и существенную зависимость между этими показателями (рисунок 1).



- 1 – общепринятая технология обработки почвы (высушивание) (вариант 1);
 2 – режим влажности пахотного слоя 60–70 % полной влагоемкости (ПВ) (вариант 2);
 3 – зависимость урожайности риса в Краснодарском крае от средних температур воздуха в апреле (по данным Г. А. Галкина и Ю. В. Зайцева [11])

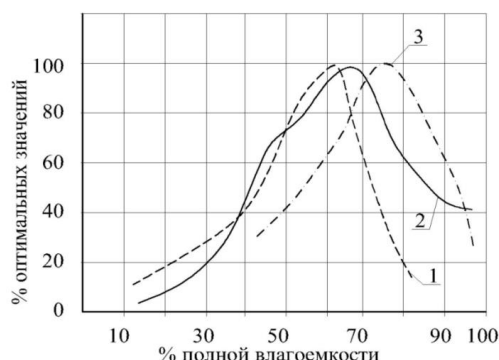
Рисунок 1 – Зависимость урожайности риса от влажности почвы в слое 0–5 см в допосевной период

Содержание почвы в допосевной период при высушивании (вариант 1) и на уровне 60–70 % ПВ (вариант 2) выявило две тенденции:

- рост урожая риса (в пределах регрессии 1) при высушивании почвы до оптимального уровня влажности 30 % ПВ и уменьшение при повышении влажности до 40 % ПВ [7];
- урожай риса увеличивается с повышением влажности верхнего слоя почвы до оптимального значения, равного 60 % ПВ (регрессия 2), а затем при более высоких значениях влажности снижается [12].

При сравнении графиков (рисунок 2), выполненных по данным Д. Гривса и

М. Картера [13, 14], и кривой регрессии 2 (рисунок 1) общей тенденцией является характер функциональной зависимости урожайности риса от интенсивности биологических почвенных процессов. Следует полагать, что в результате этих процессов в предпосевной период при влажности почвы, близкой к 60 % ПВ, в ней создаются агрономически благоприятные условия для последующей вегетации риса.



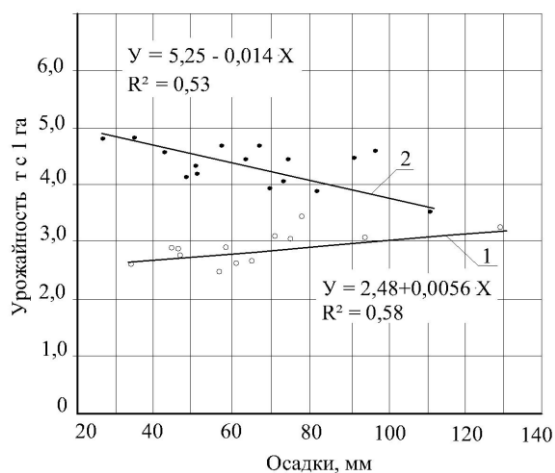
1 – нитрификация; 2 – аммонификация; 3 – азотфиксация

Рисунок 2 – Интенсивность биологических процессов при различной влажности почвы (по Д. Гривсу и М. Картеру [13])

При возделывании риса по общепринятым технологиям, казалось бы, имеется возможность роста урожайности при дальнейшем высушивании почвы вплоть до абсолютно сухого состояния. Однако технологически это неосуществимо [15]. К тому же такой путь бесперспективен с точки зрения значительного увеличения производственных затрат и роста себестоимости риса, а также ограниченного времени на проведение предпосевных обработок.

Наоборот, поддержание влажности почвы в оптимальных пределах (60–70 % ПВ) за счет выпадающих осадков или мелиоративного увлажнения на фоне выровненной зяби менее трудо- и энергоемко [16].

В этом плане интересными являются данные, полученные нами в результате ретроспективного анализа урожайности риса в Краснодарском крае и выпадающих за предпосевной период осадков. Корреляционный анализ подтвердил устойчивость этой связи для двух временных периодов: 1950–1965 гг., когда производство риса в крае велось без применения гербицидов, и 1966–1985 гг. – при интенсивном их использовании (рисунок 3).



1 – период 1950–1965 гг.; 2 – период 1966–1985 гг.

Рисунок 3 – Зависимость урожайности риса в Краснодарском крае от суммы осадков за предпосевной период

В период 1950–1965 гг., характеризующийся невысоким уровнем механизации, лимитировавшим количество предпосевных обработок, увеличение количества осадков (и тем самым влажности почвы) опосредованно способствовало росту урожайности риса (регрессия 1).

За период с 1966 по 1982 г. уровень механизации рисосеющих хозяйств вырос на 200 %, объем выполняемых работ на 1 га достиг 200 эталонных га, а энергоемкость производства зерна превысила 27300 кВт·ч/га [10].

Появились неограниченные возможности для многократных перепашек и рыхления почвы с целью максимально возможного ее высушивания. В этой ситуации увеличение количества осадков является сдерживающим фактором, так как они препятствуют своевременному и качественному проведению предпосевных обработок, тем самым способствуют снижению урожая (регрессия 2, рисунок 3).

Для приведенных тенденций закономерной является тесная связь между урожайностью риса и средней температурой апреля, выраженная линией регрессии 3 (рисунок 2) [11].

При интенсивных предпосевных обработках высокая температура воздуха способствует лучшему проветриванию и высушиванию почвы, но предотвращает всякую микробиологическую деятельность [10, 12]. При минимальных влагосберегающих обработках сочетание высоких температур воздуха и режима влажности почвы на уровне 60 % ПВ активизирует в ней микробиологические и мобилизационные процессы [3, 13].

Выводы

1 Урожайность риса (Y , т/га) зависит от количества выпадающих за предпосевный период осадков (P , мм). Определена эмпирическая зависимость между Y и P для двух периодов и характеризующих их технологий возделывания риса на Кубани:

- до 1965 г. при безгербицидной технологии $Y = 2,5 + 0,006 P$;

- после 1965 г. при интенсивном использовании гербицидов $Y = 5,25 - 0,014 P$.

2 Способы содержания корнеобитаемого слоя почвы в допосевной период в разных режимах влажности (B , % ПВ) позволили выявить две противоположные тенденции в повышении урожайности риса:

- при высушивании почвы до оптимального уровня влажности 30 % ПВ ($R^2 = 0,76$), характерного для общепринятых технологий предпосевной обработки;

- при повышении влажности верхнего слоя почвы и поддержании ее на уровне оптимального значения 60 % ПВ ($R^2 = 0,96$), характерного для минимальных влагосберегающих предпосевных обработок. Зависимость описывается уравнением: $Y = 0,7 B - 0,006 B^2 - 12,3$.

Список использованных источников

1 Амелин, В. П. Методика расчета эффективности использования земель рисового ирригированного фонда / В. П. Амелин, С. А. Владимиров // Труды КубГАУ. – 2009. – Вып. 4(19). – С. 227–230.

2 Интенсификация рисоводства как фактор экологической напряженности / С. А. Владимиров, Е. И. Хатхоху, Н. Н. Крылова, Е. Ф. Чебанова // Труды КубГАУ. – 2018. – Вып. 7(70). – С. 147–155.

3 Владимиров, С. А. Севообороты для экологического рисоводства / С. А. Владимиров, Е. И. Хатхоху, Е. Ф. Чебанова // Труды КубГАУ. – 2017. – Вып. 6(69). – С. 290–297.

4 Амелин, В. П. Эколого-ландшафтные основы устойчивого рисоводства: монография / В. П. Амелин, С. А. Владимиров; КубГАУ. – Краснодар, 2008. – 447 с.

5 Владимиров, С. А. Теоретические основы энергетического механизма влияния климата предпосевного периода на формирование урожайности риса / С. А. Владимиров // Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и

модели управления: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию Ин-та землеустройства, кадастров и мелиорации, 23–25 апр. 2015 г. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2015. – С. 182–187.

6 Практическое руководство по интенсивной технологии возделывания риса в Краснодарском крае / В. П. Алешин [и др.]; ВНИИ риса. – Краснодар, 1986. – 39 с.

7 Система рисоводства Краснодарского края: рекомендации / под общ. ред. Е. М. Харитоновой. – Краснодар: ВНИИ риса, 2005. – 340 с.

8 Амелин, В. П. Методологические аспекты перевода отрасли рисоводства в статус экологически безопасного и устойчивого производства / В. П. Амелин, С. А. Владимиров // Труды КубГАУ. – 2010. – Вып. 4(25). – С. 152–156.

9 Компьютерно-реализуемые модели оптимизации ресурсопотребления в экологическом рисоводстве / С. А. Владимиров, Е. И. Гронь, Г. В. Аксенов, А. В. Беззубов // Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Победы в Сталингр. битве, г. Волгоград, 30 янв. – 1 февр. 2013 г. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2013. – Т. 3. – С. 213–215.

10 Основы экологического рисоводства в Краснодарском крае: метод. рекомендации / С. В. Гаркуша [и др.]; под общ. ред. С. А. Владимирова, М-во сел. хоз-ва и перераб. пром-сти Краснодар. края, КубГАУ. – Краснодар, 2013. – 104 с.

11 Галкин, Г. А. Роль температурного фактора в формировании урожайности риса в Краснодарском крае / Г. А. Галкин, Ю. В. Зайцев // Бюл. НТИ ВНИИ риса. – 1985. – Вып. № 33. – С. 33–38.

12 Владимиров, С. А. Критерии продуктивного использования земельных ресурсов и устойчивости агроландшафтов / С. А. Владимиров // Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и модели управления: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию Ин-та землеустройства, кадастров и мелиорации, 23–25 апр. 2015 г. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2015. – С. 187–191.

13 Мишустин, Е. Н. Биологическая фиксация атмосферного азота / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова. – М.: Наука, 1968. – 531 с.

14 Мишустин, Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е. Н. Мишустин. – М.: Наука, 1972. – 343 с.

15 Владимиров, С. А. Методологические аспекты перехода на экологически чистое устойчивое рисоводство Кубани / С. А. Владимиров, В. П. Амелин, Н. Н. Крылова // Природообустройство. – 2008. – № 1. – С. 24–30.

16 Владимиров, С. А. Эффективность ландшафтных преобразований как фактор устойчивого и безопасного рисоводства / С. А. Владимиров // Труды КубГАУ. – 2009. – Вып. 6(21). – С. 158–164.

УДК 626.820

А. Н. Рыжаков, А. А. Кузьмичёв, Д. В. Мартынов

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

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ «ПАСПОРТИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ»

В статье представлены результаты работ по созданию функциональных элементов геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений», разработанной на основе имеющейся технической документации и сведений, полученных по итогам камеральной обработки данных полевых

обследований. В качестве объектов обследования были выбраны три участка каналов: ДМК ПК 622 – ПК 1122 Донского магистрального канала, МК ПК 1122 – ПК 1425 Пролетарской оросительной системы и ПР-1 ПК 0 – ПК 167 + 50 Пролетарского распределителя ПР-1. Геоинформационная база данных включает в себя векторные объекты, характеризующие сооружения; привязанные к ним характеристики (атрибутивные описания, космоснимки в качестве подложки, графические приложения). Формат геоинформационной базы данных позволяет не только накапливать информацию, но и проводить быстрый и эффективный анализ, а также выводить информацию в электронном и печатном виде. Основным способом анализа являются запросы и выборки данных из базы данных: атрибутивные и пространственные запросы.

Ключевые слова: паспортизация; мелиоративные системы; отдельно расположенные гидротехнические сооружения; геоинформационная база данных; географическая информационная система.

A. N. Ryzhakov, A. A. Kuz'michev, D. V. Martynov

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

DEVELOPMENT OF GEOINFORMATION DATABASE “CERTIFICATION OF RECLAMATION SYSTEMS AND HYDRAULIC STRUCTURES”

The results of work on developing functional elements of geographic information database “Certification of Reclamation Systems and Hydraulic Structures”, developed on the basis of available technical documentation and information obtained from the results of camera processing of field data are presented. Three sections of canals were selected as objects of examination: DMK PK 622 – PK 1122 of the Don main canal, MK PK 1122 – PK 1425 of the Proletarsky irrigation system and PR-1 PK 0 – PK 167 + 50 of the Proletarsky distributor PR-1. The geoinformation database includes vector objects characterizing structures; characteristics attached to them (attributive descriptions, space images as a base, graphical applications). The format of the geographic information database allows not only to store information, but also to carry out quick and effective analysis, as well as display information in soft and hard copy. The main analysis method consists of request and data selection from a database: attribute and spatial queries.

Key words: certification; reclamation systems; separately located hydraulic structures; geoinformation database; geographic information system.

Введение. Мероприятия по паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений проводятся согласно Приказу Минсельхоза России № 559 от 22 октября 2012 г. [1]. В результате их проведения сведения из технических паспортов мелиоративных систем и входящих в них гидротехнических сооружений накапливаются в эксплуатирующих организациях, а публикуются лишь сводные данные по системе в целом. Таким образом, огромный массив накапливаемых сведений по факту нигде не используется, что влечет за собой отсутствие контроля за осуществлением мероприятий по проведению паспортизации [2].

Перспективным направлением для выхода из сложившейся ситуации является совершенствование способов сбора и обработки сведений о мелиоративных водных объектах на основе геоинформационных баз данных.

Исследование выполнялось в соответствии с государственным заданием в рамках работы по теме 2.1.4.1 «Провести исследования и разработать методические указания по применению электронных баз данных географических информационных систем при проведении паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений».

Материалы и методы. В качестве объектов обследования были выбраны

три участка каналов: ДМК ПК 622 – ПК 1122 Донского магистрального канала, МК ПК 1122 – ПК 1425 Пролетарской оросительной системы и ПР-1 ПК 0 – ПК 167 + 50 Пролетарского распределителя ПР-1. В результате полевых изысканий было обследовано помимо участков магистральных и распределительного каналов: в составе ДМК – 25 сооружений (16 водопропусков и девять каналов), ПМК – восемь водопропусков, ПР-1 – восемь водопропусков.

По данным участкам каналов и сооружениям, входящим в их состав, были собраны все необходимые сведения (как из имеющихся документов, содержащих сведения о технических характеристиках выбранных объектов исследования, а также иных материалов, относящихся к предмету исследования, так и по результатам камеральной обработки результатов полевых обследований) для включения в технические паспорта, а также данные ранее проведенных исследований [3, 4], которые в итоге и были использованы при создании геоинформационной базы данных.

В качестве основных программных средств создания геоинформационной базы данных использовались:

- геоинформационная система ArcGIS DeskTop версии 10.4.1;
- программа для работы с электронными таблицами Microsoft Office Excel 2013.

ArcGIS – семейство геоинформационных программных продуктов американской компании ESRI. Применяются для земельных кадастров, в задачах землеустройства, учета объектов недвижимости, систем инженерных коммуникаций, геодезии, недропользования и других областях.

Excel – программа для работы с электронными таблицами, созданная американской корпорацией Microsoft. Она предоставляет возможности экономико-статистических расчетов, графические инструменты и язык макропрограммирования VBA (Visual Basic for Application).

Разработка геоинформационной базы данных выполнялась на цифровой геоинформационной основе с использованием данных инженерно-геодезических изысканий, выполненных в соответствии с требованиями действующих норм и правил.

Результаты и обсуждения. В структуре геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» элементы векторной информации могут иметь следующий вид:

- линии (векторные объекты). Линейными объектами в геоинформационной базе данных представлены каналы, трубопроводы, дрены, коллекторы, тоннели и прочие подобные объекты;
- точки или маркеры (векторные объекты). Точечными объектами в геоинформационной базе данных представлены следующие гидротехнические сооружения: переправы, водовыпуски, дамбы, насосные станции, а также прочие сооружения, здания, устройства или иные объекты;
- полигоны. В качестве полигональных объектов возможно отображать все вышеперечисленные сооружения, а также площади хозяйств или территории административных единиц.

Элементы растровой информации в геоинформационной базе данных могут быть представлены в виде космоснимков и топографических карт, являющихся подложками (рисунок 1).

Атрибутивная информация или описательные атрибуты – информация, описывающая состояние объектов и влияющая на графическое отображение объекта. Также может быть представлена в виде отдельных файлов (электронных таблиц Excel), логически связанных с векторными слоями при помощи инструмента «Соединения и связи» (рисунок 2).

Атрибутивная таблица объекта формируется исходя из паспорта мелиоративной системы или паспорта гидротехнического сооружения, состоящего из разделов, приведенных в таблице 1.

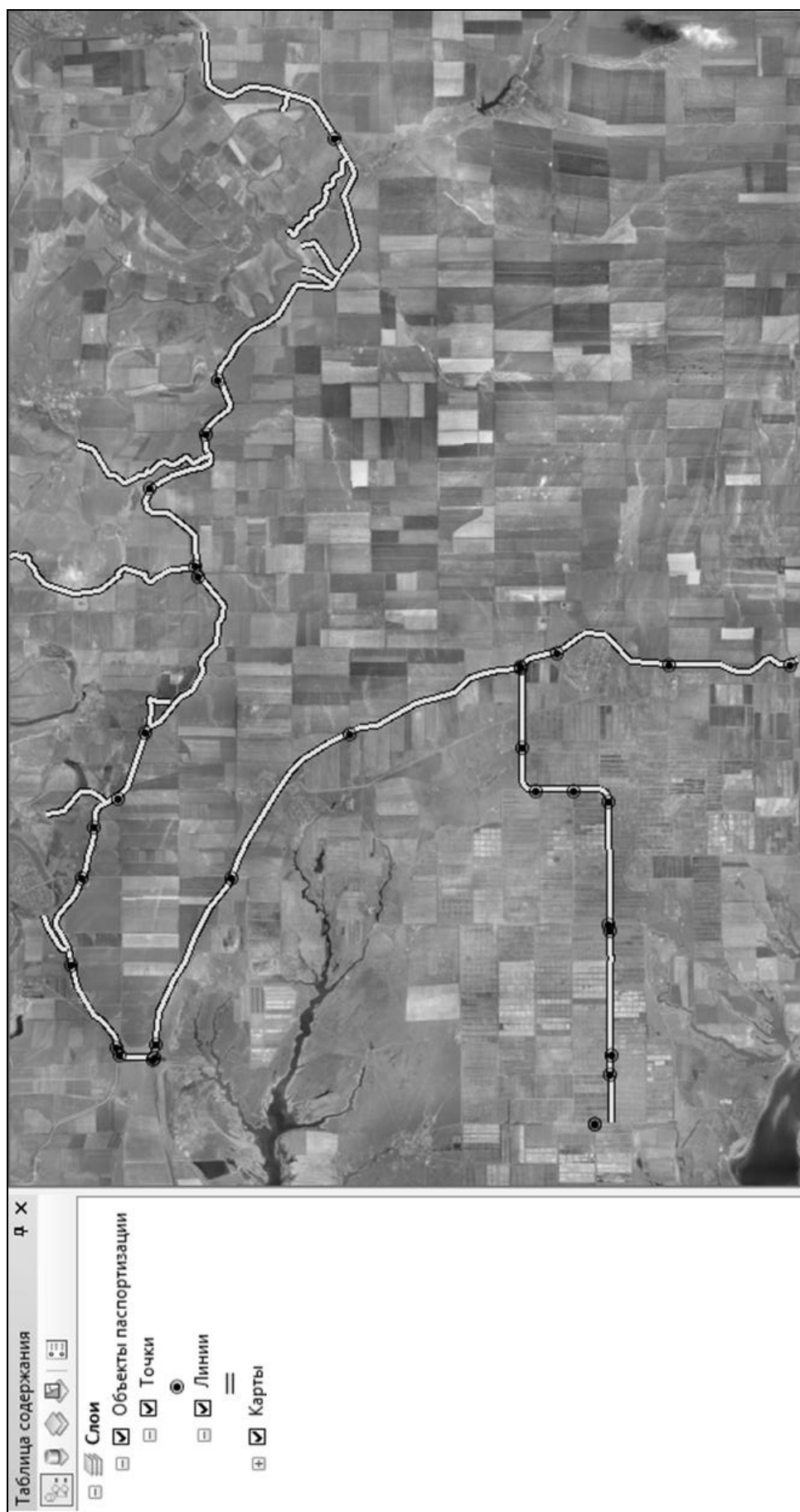


Рисунок 1 – Отображение элементов геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» в ArcGIS Desktop

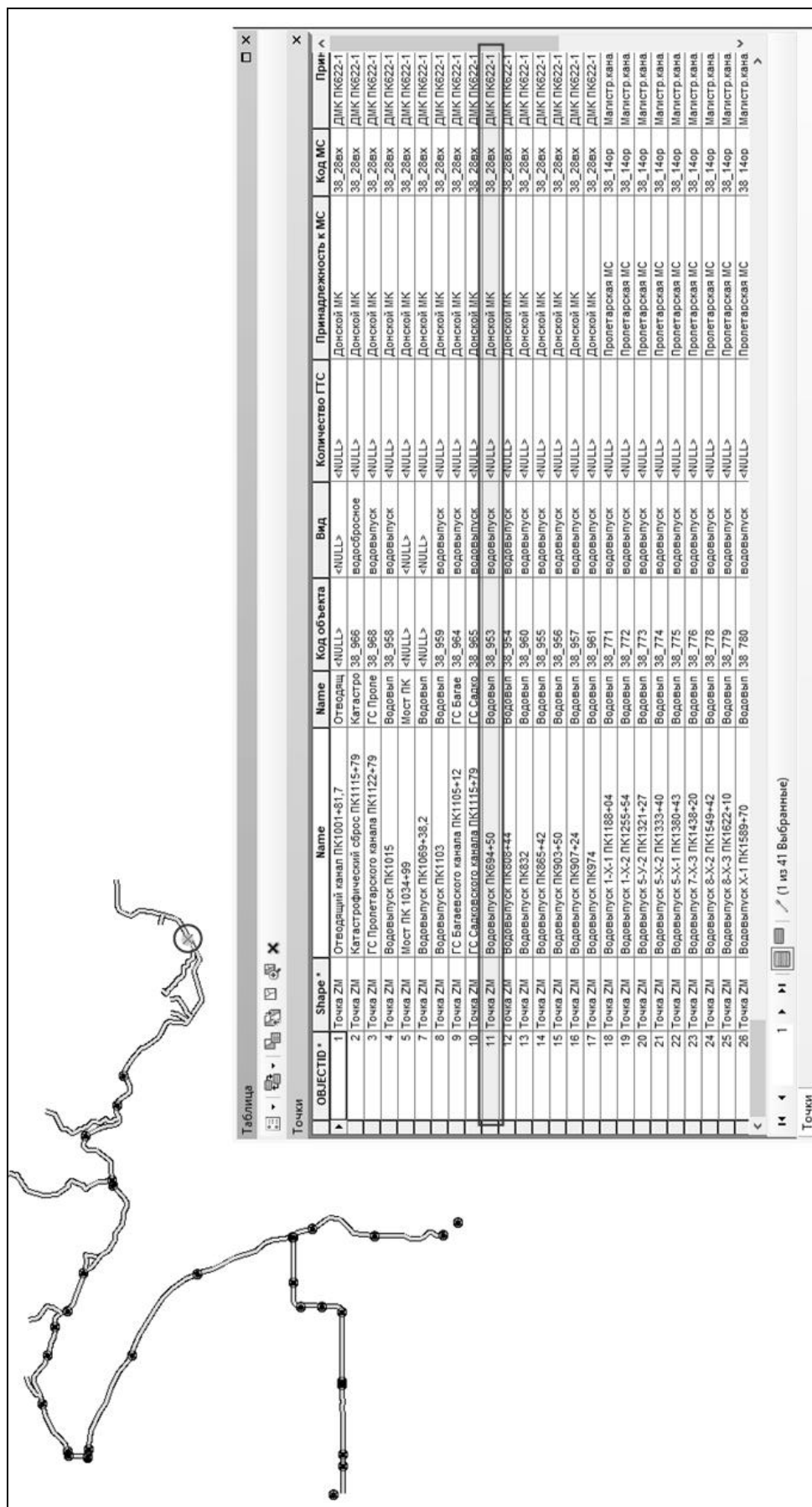
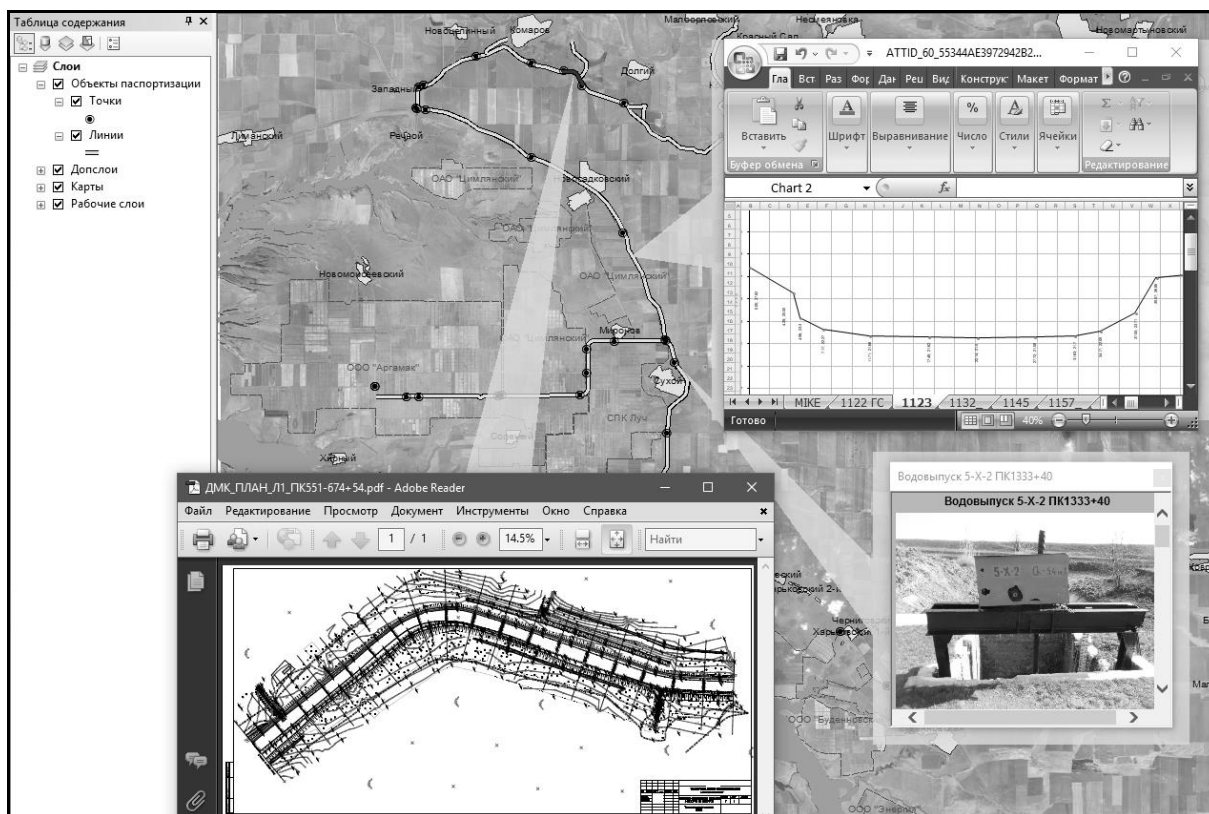


Рисунок 2 – Представление атрибутивной информации

Таблица 1 – Информация, входящая в атрибутивную таблицу, согласно разделам технического паспорта мелиоративной системы или гидротехнического сооружения

Общие сведения о мелиоративной системе или гидротехническом сооружении																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Наименование	Код объекта	Вид	Количество ГТС	Принадлежность к МС	Код МС	Принадлежность к ГТС	Код ГТС	Муниципальный район	Ближайший населенный пункт	Кадастровые номера	Тип ГТС	Класс ГТС	Назначение	Водисточник	Водопримечник	Дата ввода в эксплуатацию	Дата капитального ремонта	Дата реконструкции	Балансовая стоимость	Остаточная стоимость	Физический износ	Фактический износ	Обеспеченность машинами и механизмами	Оценка технического состояния
Продолжение таблицы 1																								
Сведения о форме собственности, собственнике и эксплуатирующей организации мелиоративной системы или гидротехнического сооружения											Характеристика мелиоративной системы или гидротехнического сооружения										Площадь мелиорированных земель			Дополнительный блок
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43							
Форма собственности	Собственник	Местонахождение собственника	Эксплуатирующая организация	Местонахождение эксплуатирующей организации	Основание нахождения мелиоративной системы или ГТС на балансе эксплуатирующей организации	Способ водоотдачи (отведения)	Протяженность, км	Диаметр, м	Количество, шт.	Максимальный расход	Материал	Прочие технические характеристики	Проектная площадь орошения	Проектная площадь осушения	Фактическая площадь орошения	Фактическая площадь осушения	Дополнительная информация							

Также геоинформационная база данных хранит информацию, которая не содержится непосредственно в shp-файлах или в базе географических данных, но на которую ссылаются эти объекты. То есть геоинформационная база данных содержит в себе только ссылки на эту информацию, а она в свою очередь хранится в памяти устройства. Данную информацию можно назвать прикрепленными файлами. Они представляют собой приложение к техническому паспорту: схему расположения (ситуационный план, топографический план, профили) мелиоративной системы или гидротехнического сооружения, а также фотографии. Вид отображения прикрепленной информации в геоинформационной базе данных (графических приложений) представлен на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Отображение прикрепленных
к векторным объектам графических материалов**

ГИС позволяет не только накапливать информацию, но и проводить быстрый и эффективный анализ. ГИС-анализ включает в себя широкий спектр операций, которые можно выполнять при помощи ГИС: от простого отображения объектов до создания сложных многошаговых аналитических моделей.

Простейший способ ГИС-анализа – представление географически распределенных данных. Основными задачами элементарного пространственного анализа являются: просмотр векторных геообъектов, анализ их атрибутов, картометрические измерения, составление тематических картограмм, картодиаграмм, картосхем, графиков и диаграмм по атрибутам векторов [5]. Таким образом, область чертежа с объектами сама по себе уже является результатом анализа данных. На данном уровне анализа основным инструментом является поиск как по элементам атрибутивной информации, так и по координатам.

Но основным способом анализа являются запросы и выборки данных из базы данных. Результатом любого запроса является выборка – некоторое количество объектов (записей), выделенных из некоего общего массива [6]. Запросы позволяют найти и рассмотреть определенные объекты. Есть два вида запросов в ГИС: атрибутивные и пространственные запросы.

Атрибутивные запросы – аналитические инструменты атрибутивной информации. Выбор записей в таблице позволяет работать с заданным подмножеством данных. Основной задачей, решаемой данным аналитическим инструментом применительно к созданной геоинформационной базе данных, является создание выборки объектов по определенной атрибутивной характеристике: выявление гидротехнических сооружений, относящихся к мелиоративной системе, выявление гидротехнических сооружений, относящихся к одному типу – каналы, и пр. Геоинформационная база данных позволяет также производить расчеты с численными характеристиками: суммирование, определение среднего значения, определение минимального и максимального значения, определение диапазона величин и пр. (рисунок 4).

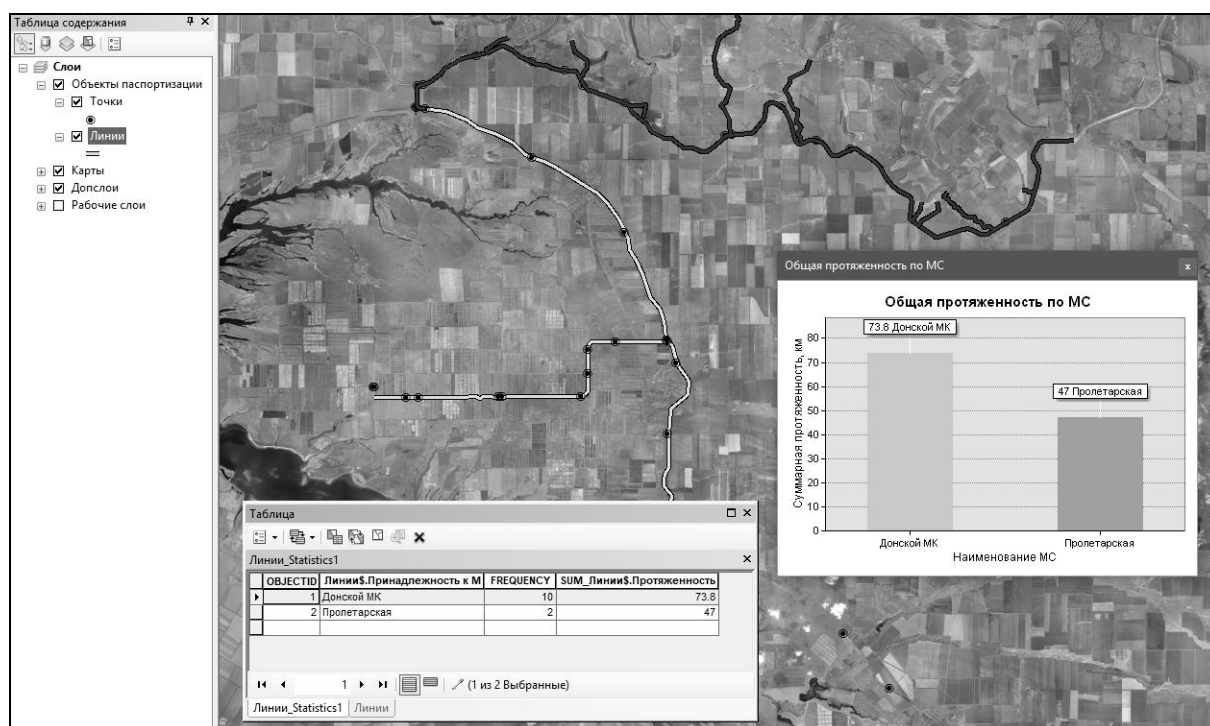


Рисунок 4 – Суммирование протяженностей каналов по принадлежности к мелиоративной системе

Для создания выборки пространственных запросов объекты выбираются напрямую в виде определения специфических взаимоотношений их с окружающими объектами из других слоев. Данный вид запроса позволяет решить задачу выявления перечня объектов, находящихся недалеко от того или иного объекта, например, близость сооружений к населенному пункту, расположение водовыпусков на канале и пр.

Также программное обеспечение ГИС позволяет выводить информацию из геоинформационной базы данных в электронном и печатном виде. Для этого используются как средства компоновки картографического материала, так и средства вывода информации атрибутивных записей в табличном и текстовом формате в виде отчета или посредством экспорта.

Выводы. Выбор того или иного метода анализа и вывода информации исходит из поставленной проблемы и того, как будут использованы его результаты.

Применение современных методов накопления, хранения и анализа сложной пространственной информации о мелиоративных объектах позволит сформировать банк актуальных данных и обеспечить высокую скорость доступа к нему, что помимо прочего отвечает современным тенденциям развития мелиоративного сектора. Электронный формат позволит накапливать значительные объемы информации с ее отображением на цифровой картографической основе. Формирование актуальных блоков ин-

формации, их удобное отображение и наличие эффективных аналитических фильтров позволят вовлечь весь спектр собираемых при паспортизации сведений, что в свою очередь позволит снизить вероятность ошибок при принятии управленческих решений и поспособствует в перспективе увеличению экономической эффективности мелиоративных мероприятий.

Список использованных источников

1 Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по паспортизации государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений: Приказ Минсельхоза России от 22 октября 2012 г. № 559 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145827, 2019.

2 Щедрин, В. Н. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – Т. 2. – С. 167–169.

3 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.

4 Пономаренко, Т. С. Процесс создания двумерной модели участка Донского магистрального канала в среде MIKE / Т. С. Пономаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3(63). – С. 70–75.

5 Курлович, Д. М. Геоинформационные методы анализа и прогнозирования погоды: учеб.-метод. пособие / Д. М. Курлович. – Минск: БГУ, 2013. – 191 с.

6 Введение в геоинформационные системы. Запросы и выборки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/docs/giscourse/16-query.html>, 2019.

УДК 631.67

А. Е. Шепелев, Л. В. Юченко

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

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ФРОНТАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Статья посвящена особенностям конструкции широкозахватной дождевальной машины фронтального действия. Приведены характеристики некоторых отечественных фронтальных дождевальных машин, их преимущества и недостатки по сравнению с дождевальной машиной кругового действия. Также рассматривается конструкция и технологические характеристики новой разрабатываемой дождевальной машины, состоящей из базовых модулей. Сделаны выводы, что новая дождевальная машина лишена определенных недостатков, присущих дождевальным машинам фронтального действия.

Ключевые слова: фронтальная дождевальная машина; ширина захвата; дождеобразующие устройства; ходовая тележка; базовый модуль; интенсивность дождя.

A. E. Shepelev, L. V. Yuchenko

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

STRUCTURAL FEATURES OF WIDE-CUT BOOM SPRINKLER DESIGN

The design features of a wide-cut boom sprinkler are considered. The parameters of some domestic boom irrigation machines, their advantages and disadvantages compared with a center pivot irrigation machine are given. The design and technological characteristics of the newly developed sprinkler machine consisting of basic modules are also considered. It is concluded that the new sprinkler lacks certain drawbacks inherent in center pivot sprinklers.

Key words: boom sprinkler; working width; rain-forming devices; undercarriage; base module; rain intensity.

Введение. Одним из приоритетов государственной политики в сфере реализации подпрограммы «Научно-техническое обеспечение развития мелиорации земель в России на 2017–2025 годы» является импортозамещение поливной и другой мелиоративной техники и технологий [1]. В настоящее время соотношение импортных и устаревших отечественных дождевальных машин, работающих на полях в нашей стране, говорит о дефиците современных отечественных разработок дождевальных машин, которые не должны уступать импортным машинам. Широкозахватные дождевальные машины по технологии производства полива могут быть кругового и фронтального перемещения. Основное отличие фронтальной дождевальной машины от круговой заключается в необходимости обеспечения параллельно-поступательного движения вдоль заданного пути всех тележек машины, и при этом необходимо обеспечение непрерывной подачи воды в движущуюся машину. Для орошения полей прямоугольной формы чаще всего используются машины фронтального действия, которые имеют как преимущества, так и недостатки по сравнению с дождевальной машиной кругового действия. К положительным сторонам и преимуществам дождевальной машины фронтального действия можно отнести:

- возможность работы как от открытой, так и от закрытой сети;
- высокий коэффициент земельного использования;
- быстрое переоборудование из рабочего положения в транспортное.

Недостатки – необходимость наличия хорошего дорожного полотна для главной тележки, качественного водозабора (как открытого, так и закрытого) и выровненного поля. Проблемы, возникающие при эксплуатации дождевальных машин фронтального действия, связаны с автоматизацией управления по направляющей или поддержанием заданного направления движения относительно базовой линии и сложностью использования дождевальной машины на небольших или мелкоконтурных участках [2, 3].

Материалы и методы. Известны отечественные фронтальные дождевальные машины типов ДДА-100МА, ДДА-100ВХ, ДДА-100ВМ, ДФ-120 «Днепр», которые при разработке способны работать в автоматическом режиме и поддерживать заданное направление движения относительно базовой линии, обеспечивая высокое качество дождя [4]. Позднее были созданы широкозахватные многоопорные фронтальные машины с автоматическими системами управления движением по направляющей, такие как «Таврия», «Коломенка-100», «Кубань-Л», «Ладога», «Каравелла» и др. Известны дождевальные машины, имеющие небольшую длину, специально разработанные для фермерских хозяйств, такие как «Мини-Фрегат-ФС», «Мини-Кубань-ЛШ», «Кубань-ФС» и др.

Для дождевальной машины фронтального действия ширина поливного модуля принимается равной или кратной ширине захвата дождем дождевальной машины. Длина поливного модуля определяется исходя из площади поливного модуля, принимается кратной расстоянию между гидрантами, которое может варьировать в широких пределах в зависимости от длины шланга [5].

Для двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100МА площадь поливного модуля в зависимости от сезонной нагрузки дождевальной машины принимают равной или кратной площади поля, а конфигурацию соответственно параметрам дождевального агрегата. Размер стороны поливного модуля вдоль оросительного трубопровода принимают кратным захвату машины (110 м), но не менее 500 м, а размер другой стороны модуля должен соответствовать длине оросителя (500–1000 м). Для дождевальной машины

«Кубань» одну сторону поля (поливного модуля) прямоугольной формы принимают равной ширине захвата (800 м), другую сторону в направлении движения машины определяют как частное от деления площади нетто на ширину захвата машины. Для дождевальных машин «Днепр» и «Ладога» площадь полива зависит от сезонной нагрузки дождевальной машины, а конфигурации соответствуют параметрам дождевальной машины. Одна сторона поля принимается кратной длине дождевального крыла, а другая – расстоянию между гидрантами на поливном поле, которое может быть 18, 36, 54 м. Для дождевальных машин «Кубань-ЛШ» и «Мини-Фрегат-ФШ» ширина захвата составляет 305 и 200 м, а расстояния между гидрантами соответственно 16 и 12 м [5]. Для опытного образца новой дождевальной машины фронтального действия ширина захвата дождем составляет 180–200 м, а расстояние между гидрантами на опытном поле – 52 м.

Технические характеристики и особенности конструкции некоторых известных отечественных фронтальных дождевальных машин помещены в таблицу 1 [6].

Таким образом, очевидно, что фронтальные дождевальные машины могут иметь различную длину от 110 до 735 м (по данным таблицы 1) в зависимости от длины секции и числа ее повторений. Ширина захвата дождем (вместе с концевым радиусом полива) может составлять от 110,3 до 807 м. Число ходовых тележек может составлять от 7 до 18. Мощность электродвигателей ходовых тележек от 0,75 до 2,2 кВт. Дождевальные машины фронтального действия могут иметь одно или два крыла.

Машины с небольшой шириной захвата (до 500 м) имеют только одно крыло, расположенное сбоку центральной тележки. Преимущества машин с одним крылом заключаются в том, что они могут осуществлять полив с двух и более позиций. Изменение позиции может осуществляться способом буксировки дождевальной машины трактором или поворотом дождевальной фермы на 180° вокруг центральной (силовой) тележки. Движение фронтальной поливной машины вдоль линии гидрантов осуществляется с помощью приборов управления, установленных на силовой тележке, разными способами – по направляющей борозде (более современное решение) или тросу (традиционный способ направления). Фронтальная машина с одним крылом более мобильна, но дороже в эксплуатации за счет меньшей ширины захвата.

Двукрылая фронтальная машина значительно шире может охватывать площади полива, но технически «привязана» к конкретному полю. Производительность (по расходу воды) современных дождевальных машин с забором воды из канала может достигать приблизительно 1000 м³/ч, а ширина захвата составлять 1200 м. Центально-симметричные машины осуществляют полив орошаемых участков без перемещения на другие позиции.

Фронтальные дождевальные машины (последних разработок) пополняют запас воды, забирая ее от трубопроводного гидранта через шланг или из открытого канала. Как правило, канал или гидрант расположены вдоль края поля. По полю движется за счет вращения пневмоколес тележек, которые соединены с ними через карданную трансмиссию мотор-редукторов, получающих электроэнергию от генератора энергетической установки. Дождевальная машина снабжена системами управления и защиты, которые обеспечивают выбор направления движения, пуск и остановку, задание средней скорости хода машины с целью получения требуемой нормы полива и ее аварийную остановку [7].

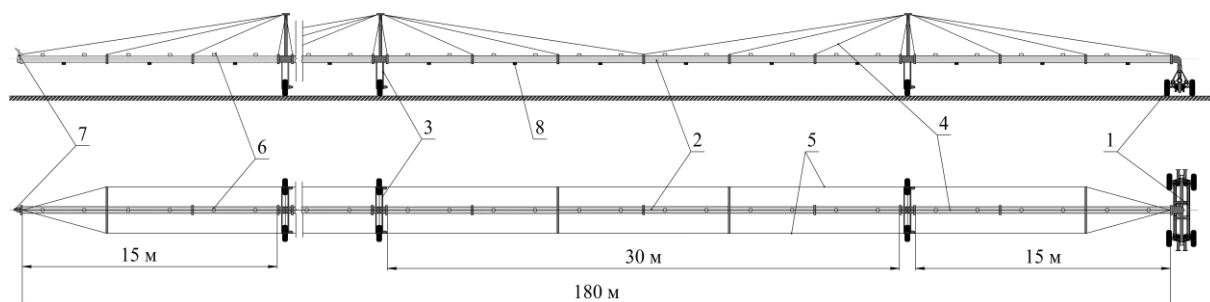
Орошение поля ведется дождеобразующими устройствами, равномерно расположенными сверху на водопроводящем трубопроводе машины. Равномерность полива достигается за счет расположения дождевателей и их малых расходов. Оптимальный диаметр капель и необходимая интенсивность дождя, норма полива задаются посредством изменения средней скорости движения машины.

На панели управления машины можно настраивать ее перемещение и менять норму полива. Кроме поливной воды можно использовать воду с растворимыми удобрениями. Для этого вида работы широкозахватные дождевальные машины комплектуются соответствующим оборудованием. Большая часть процессов у машины автоматизирована.

Таблица 1 – Технические характеристики отечественных дождевальных машин фронтального действия

Показатель	ДДА-100МА (В)	ДФ-120 «Днепр»	«Кубань-М»	«Кубань-Л»	«Мини- Кубань-ЛПШ»	«Ладога»	«Мини- Фрегат-ФШ»
Напор, МПа	0,3–0,37	0,45	0,37	0,31	0,28	0,42	0,58
Расход воды, л/с	60–130	120	185	200	30	60	25
Интенсивность дождя (средняя), мм/мин	2,4	0,3	1,1	1,3	0,5	0,65	0,31
Длина машины, м	110	432	735	735	291	437	177
Ширина захвата дождем, м	110,3	460	800	807	305	462	200
Число тележек, шт.	–	17	16	18	7	10	8
Мощность электродви- гателя тележки, кВт	–	1,1	2,2	0,75	0,75	0,75	Гидравличе- ский
Рабочая скорость, м/с	0,17	0,14	$(3,3–33) \cdot 10^{-3}$	$(3,17–31,7) \cdot 10^{-3}$	$(3–30) \cdot 10^{-3}$	$(1,17–30) \cdot 10^{-3}$	$(3–10) \cdot 10^{-3}$
Конструкция	Двухконсольная ферменная	Однокрылая электрифици- рованная само- ходная	Двухкрылая ферменная электрифици- рованная само- ходная	Двухкрылая ферменная электрифици- рованная само- ходная	Двухкрылая ферменная электрифици- рованная са- моходная	Однокрылая ферменная электрифици- рованная са- моходная	Двухкрылая ферменная электрифици- рованная са- моходная
Тип дождевальных насадок	Короткоструй- ные дождеваль- ные насадки кру- гового действия	Среднеструй- ные дождеваль- ные аппараты кругового дей- ствия	Короткоструй- ные низкона- порные дожде- вальные насад- ки секторного действия	Короткоструй- ные низкона- порные дожде- вальные насад- ки секторного действия	Корот- коструйные дефлекторные дождевальные насадки	Корот- коструйные дефлекторные дождевальные насадки	Среднеструй- ные дожде- вальные аппа- раты кругово- го действия
Размеры поливного модуля	Ширина 120 м, длина 1000 м	Ширина 460 м, длина 1200 м	Ширина 800 м, длина 1800 м	Ширина 810 м, длина 1600–2000 м	Ширина 300 м, длина 1000 м	Ширина 460 м, длина 1300 м	Ширина 200 м, длина 1000 м

Результаты и обсуждение. В соответствии с поставленной целью в ФГБНУ «РосНИИПМ» разработана однокрылая широкозахватная дождевальная машина фронтального действия (рисунок 1). При разработке и изготовлении новой дождевальной машины предложены варианты использования новых современных материалов для напорной водопроводящей части трубопровода, конструкции насадок, а также инженерно-конструкторское решение по созданию и внедрению автономных энергообеспечивающих устройств для работы различных датчиков контроля и исполнительных механизмов. Новая дождевальная машина состоит из базовых модулей вантовой конструкции [8].



- 1 – главная ходовая тележка с энергетической установкой; 2 – водопроводящий трубопровод;
3 – промежуточная ходовая тележка с силовым и приборным оборудованием; 4 – вертикальные натяжные тросы; 5 – горизонтальные натяжные тросы; 6 – дождеобразующие устройства;
7 – концевой дождеватель секторного действия; 8 – сливной клапан

Рисунок 1 – Схема широкозахватной дождевальной машины фронтального действия

Базовый модуль представляет собой систему вертикальной тросовой подвески для поддержания водопроводящего трубопровода и двух тележек в вертикальной плоскости и систему вертикальных тросовых растяжек для увеличения жесткости трубопровода в горизонтальной плоскости. Самоходная тележка опирается на два приводных колеса на пневматических шинах. Привод каждого колеса ходовой тележки осуществляется посредством электрического мотор-редуктора [8]. Длина базового модуля составляет 30 м. Число базовых модулей может изменяться в зависимости от длины и ширины поля или площади полива (рисунок 2). На сложных и мелкоконтурных участках возникают сложности в использовании дождевальных машин из-за их длины. Наличие базовых модулей позволяет изменять необходимую длину дождевальной машины для использования на сложноконтурных участках.

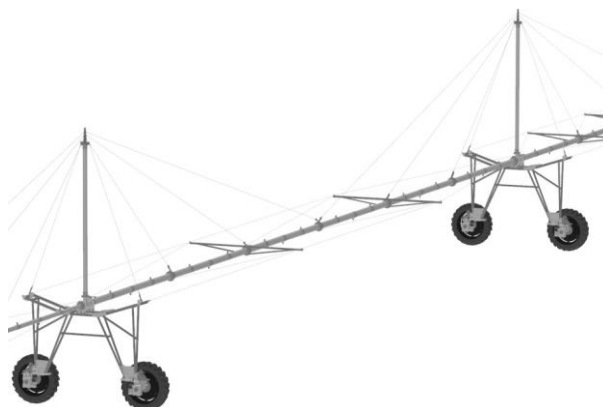


Рисунок 2 – Базовый модуль фронтальной дождевальной машины

Для качественного полива в зависимости от климатических, почвенных условий и вегетативного периода развития растений дождевальная машина комплектуется соответствующими дождеобразующими устройствами с различными расходными характе-

ристиками. Для обеспечения расходов воды в указанном диапазоне новая фронтальная дождевальная машина будет оснащена среднеструйными аппаратами кругового действия, двумя видами насадок (короткоструйные дефлекторные насадки кругового и секторного типа) и концевым дождевальным аппаратом секторного действия. В таблице 2 приведена характеристика разработанной дождевальной машины фронтального действия (опытный образец).

Таблица 2 – Техническая характеристика новой дождевальной машины (опытный образец)

Наименование показателя	Показатель
Рабочий напор, МПа	0,4
Расход воды, л/с	30
Интенсивность дождя (средняя), мм/мин	1,25
Длина машины, м	180
Число используемых базовых модулей, шт.	6
Ширина захвата дождем, м	185–200
Число тележек, шт.	6
Мощность электродвигателя тележки, кВт	1,44
Рабочая скорость, м/ч	45,0
Конструкция	Однокрылая электрифицированная самоходная
Тип дождевальных насадок	Короткоструйные дефлекторные насадки кругового и секторного типа
Размеры поливного модуля (минимальные), м	Ширина 200 м, длина – 1000 м

Новая дождевальная машина имеет улучшенную конструкцию промежуточной тележки. С заменой консольной конструктивно-силовой схемы поворотной оси симметричной вилочной устранен дополнительный изгибающий момент, действующий на поворотную ось. На практике происходит быстрое перестраивание колес тележки из рабочего положения в транспортное.

Выводы. Дождевальная машина фронтального действия имеет как свои преимущества перед машиной кругового действия, так и недостатки. К преимуществам можно отнести: возможность работы как от открытой, так и от закрытой сети, высокий коэффициент земельного использования, возможность переоборудования из рабочего в транспортное положение и быстрое перемещение. Недостатки: необходимость наличия хорошего дорожного полотна для главной тележки, качественного водозабора, выровненного поля; сложности с поддержанием заданного направления движения машины при поливе и использованием ее на небольших мелкоконтурных участках.

В новой разрабатываемой в ФГБНУ «РосНИИПМ» дождевальной машине фронтального действия будут устранены некоторые недостатки, присущие дождевальным машинам фронтального действия. Она способна работать как от открытой, так и от закрытой оросительной сети. Благодаря новой конструкции промежуточных тележек дождевальную машину можно быстро перестроить из рабочего положения в транспортное.

Применяемые дождевальные насадки способны создавать допустимую интенсивность искусственного дождя в зависимости от вида почвы, уклона и вида произрастающих на орошаемом поле сельскохозяйственных культур.

В зависимости от необходимой ширины и длины площади полива (небольшие участки) дождевальная машина может формироваться с изменением числа базовых модулей.

Список использованных источников

- 1 Щедрин, В. Н. Стратегия научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России на период до 2030 г. / В. Н. Щедрин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 7–10.
- 2 Городничев, В. И. Автоматизация технологических процессов орошения: производств.-практ. изд. / В. И. Городничев. – М.: Росинформагротех, 2009. – 268 с.
- 3 Ерхов, Н. С. Основы сельскохозяйственных мелиораций: учеб. пособие для сред. сел. проф.-техн. училищ / Н. С. Ерхов. – М.: Высш. шк., 1981. – 125 с.
- 4 Механизация полива: справочник / Б. Г. Штепа [и др.]; под ред. Б. Г. Штепы. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
- 5 Голованов, А. И. Мелиорация земель: учеб. для вузов / А. И. Голованов. – СПб.: Лань, 2015. – 816 с.
- 6 Васильев, С. М. Дождевание: учеб. для вузов / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.
- 7 Сапунков, А. П. Механизация полива: учеб. пособие для кадров / А. П. Сапунков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 336 с.
- 8 Провести исследования и разработать конструкторскую документацию на опытный образец водопроводящего пояса для широкозахватной многоопорной дождевальной машины вантовой конструкции: отчет о НИР (заключ.): 2.2.1 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н., Чураев А. А., Снопич Ю. Ф. – Новочеркасск, 2016. – 317 с. – Исполн.: Шепелев А. Е., Лобанов Г. Л., Юченко Л. В. – № ГР ААА-А16-116040760170-1. – Инв. № АААА-Б17-217011220020-4.

УДК 631.682:631.459

Ш. Ш. Омариев, Т. В. Рамазанова, Л. Ю. КараеваДагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова,
Махачкала, Российская Федерация**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОРМОВЫХ СЕВООБОРОТОВ
НА ИРРИГАЦИОННУЮ ЭРОЗИЮ**

Цель – изучение влияния различных культур в кормовых севооборотах на интенсивность эрозионных процессов при орошении. Установлено, что наличие многолетних трав и промежуточных культур в кормовых севооборотах снижает ирригационную эрозию и положительно влияет на плодородие почвы, способствует увеличению урожайности возделываемых культур и улучшению качества кормов.

Ключевые слова: эрозия; кормовые культуры; севооборот; промежуточные культуры; ирригация.

Sh. Sh. Omariev, T.V. Ramazanova, L. Yu. KaraevaDagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala,
Russian Federation**INFLUENCE OF VARIOUS FODDER CROP ROTATIONS
ON IRRIGATION EROSION**

The goal of the research is to study the influence of various crops in fodder crop rotation on the intensity of erosion processes during irrigation. It has been found that the presence of perennial grasses and intermediate crops in fodder crop rotations reduces irrigation erosion and positively affects soil fertility, contributes to an increase in the yield of cultivated crops and an improvement in feeding quality.

Key words: erosion; forage crops; crop rotation; fillers; irrigation.

Введение. Необратимые потери плодородной земли в мире от эрозии достигают значительной величины – 20 млн км², что превышает современную пахотную площадь планеты, составляющую 15 млн км² [1].

Площадь орошаемого земледелия по Республике Дагестан составляет 379 тыс. га, эрозия проявляется на площади 210 тыс. га. В разрезе сельхозугодий общая площадь почв, подверженных водной эрозии, составляет 810 тыс. га, в т. ч. пашня – 90,0 тыс. га, многолетние насаждения – 12 тыс. га, сенокосы – 33,3 тыс. га, пастбища – 674,8 тыс. га [2].

Сложное разнообразие почвенно-климатических и геоморфологических условий способствовало тому, что процессы эрозии проявляются в самых разнообразных формах, нанося ущерб не только сельскому хозяйству, но и целому ряду других отраслей народного хозяйства Республики Дагестан [3, 4].

Интенсивной ирригационной эрозии подвержены орошаемые земли при уклоне более 1–1,5°. Темпы ирригационной эрозии значительно превышают интенсивность смыва, вызываемого стоком осадков. За один полив при орошении сплошным напуском кукурузы и садов, содержащихся под черным паром, смывается от 70 до 345 м³/га почвы. При 2–3-кратном поливе за год со склонов крутизной более 4° смывается слой почвы от 1,5 до 10 см [5].

Значительная часть орошаемых земель Дагестана расположена в равнинной зоне с уклонами 0,007–0,5 м, здесь поливы вызывают развитие процессов эрозии. При этом только за один полив смыв почвы в зависимости от уклона достигает 2,5–3,0 т/га, а за вегетационный период может доходить до 200 т/га [6].

В связи с необходимостью предотвращения проявления процессов эрозии актуальным является изучение влияния различных культур в кормовых севооборотах на интенсивность эрозионных процессов при орошении.

Материал и методы. Исследования проведены в СПК «Новая жизнь» Бабаюртовского района Республики Дагестан на луговых карбонатных тяжелосуглинистых почвах в 2017–2019 гг. в кормовых севооборотах (двух 6-польных травянопропашных и одном 3-польном пропашном), уплотненных в различной степени промежуточными посевами из озимой бобово-злаковой смеси.

Применяли следующую схему чередования культур:

- севооборот № 1 (травянопропашной): 1) люцерна 1-го года; 2) люцерна 2-го года; 3) сорго на силос; 4) корнеплоды; 5) сорго на силос; 6) кукуруза на силос;

- севооборот № 2 (травянопропашной с промежуточными посевами): 1) люцерна 1-го года; 2) люцерна 2-го года; 3) кукуруза на силос + озимая бобово-злаковая смесь; 4) озимая бобово-злаковая смесь + сорго поукосно; 5) кукуруза на силос + озимая бобово-злаковая смесь; 6) озимая бобово-злаковая смесь + сорго поукосно;

- севооборот № 3 (пропашной с промежуточными посевами): 1) сорго на силос; 2) кукуруза на силос + озимая бобово-злаковая смесь; 3) озимая бобово-злаковая смесь + сорго поукосно.

Степень смыва почвы устанавливалась путем определения твердого стока, водопропрочность методом мокрого просеивания по Н. И. Саввинову [7].

Результаты и обсуждения. Изучение процессов ирригационной эрозии показало, что смыв почвы при поливах в севооборотах № 1 и 2 под люцерной практически отсутствовал. Покрывая полностью поверхность почвы густым стеблестоем, стебли люцерны рассекают стекающие поливные воды, задерживая переносимые ими почвенные частицы. В данном случае растительный покров играл роль фильтра, который задерживает твердый сток, пропуская жидкий. Кроме того, люцерна, развивая мощную корневую систему, скрепляет почву и предотвращает ее размыв, т. е. увеличивает противоэрозионную стойкость. Под остальными культурами указанных севооборотов смыв почвы составлял от 2,99 до 6,26 т/га (в севообороте № 1) и 2,32–4,60 т/га (в севообороте № 2) в зависимости от того, в каком году после распахивания люцерны возделывалась та

или иная культура (таблица 1). При этом наименьший смыв почвы отмечался под культурами, выделяемыми по пласту люцерны, наибольший – в конце ротации.

Таблица 1 – Влияние различных севооборотов на водопрочность структуры (0–20 см) и смыв почвы

Севооборот	Чередование культур	Водопрочность агрегатов, %	Смыв почвы, т/га
№ 1	Люцерна 1-го года	54,9	–
	Люцерна 2-го года	62,6	–
	Сорго на силос	58,2	2,99
	Корнеплоды	50,8	3,42
	Сорго на силос	45,5	5,62
	Кукуруза на силос	45,6	6,26
	В среднем за ротацию	52,8	3,05
№ 2	Люцерна 1-го года	56,0	–
	Люцерна 2-го года	69,2	–
	Кукуруза на силос + озимая бобово-злаковая смесь	59,7	2,32
	Озимая бобово-злаковая смесь + сорго поукосно	59,2/58,8	2,80
	Кукуруза на силос + озимая бобово-злаковая смесь	56,4	4,53
	Озимая бобово-злаковая смесь + сорго поукосно	58,6/53,3	4,60
	В среднем за ротацию	58,9	2,38
№ 3	Сорго на силос	46,2	5,60
	Кукуруза на силос + озимая бобово-злаковая смесь	43,8	7,08
	Озимая бобово-злаковая смесь + сорго поукосно	50,2/47,6	6,85
	В среднем за ротацию	46,3	6,51

В среднем за ротацию смыв почвы в севообороте № 2 оказался почти в 1,3 раза ниже, чем в севообороте № 1. А в севообороте № 3 смыв почвы под культурами пропашного севооборота за годы ротации составил 5,60–7,08 т/га и в среднем (за ротацию) 6,51 т/га, что в 2,1–2,7 раза выше, чем в травянопропашных севооборотах № 1 и 2.

Относительно низкий смыв почвы при поливах культур в травянопропашных севооборотах объясняется положительным последствием люцерны на плодородие почвы. Прежде всего, это выразилось в содержании водопрочных агрегатов в пахотном слое, в среднем за ротацию в указанных севооборотах оно составило 52,8 и 58,9 %, тогда как в пропашном на 6,5–12,1 % ниже (см. таблицу 1).

Благодаря этому в травянопропашных севооборотах оказалась и более высокой водопроницаемость почвы: в первый час наблюдений – 2,50–2,86 м/мин, тогда как в пропашном – 1,91 мм/мин. Вследствие повышения водопоглощающей способности почвы в травянопропашных севооборотах заметно уменьшилась скорость движения поливной воды в бороздах при поливе, тогда как в пропашном севообороте она была выше, что и отразилось на величине ирригационной эрозии.

Следует заметить, что наименьший смыв почвы был отмечен в травянопропашном севообороте № 2 – в 1,3–2,7 раза ниже, чем в других севооборотах (см. таблицу 1). Объясняется это наличием в данном севообороте двух полей с промежуточными посевами, благодаря которым за счет дополнительного поступления в пахотный слой органического вещества (55,9 ц/га воздушно-сухой массы) улучшились агрофизические показатели пахотного слоя и уменьшились потери гумуса. Так, за ротацию содержание гумуса в пахотном слое в травянопропашном севообороте с промежуточными посевами с 2,28 % уменьшилось соответственно до 1,86 и 1,70 %.

Травянопропашной севооборот с промежуточными посевами обеспечил и более высокую продуктивность пашни: выход кормов к концу ротации составил 112,8 ц к. е., тогда как в остальных – 87,1–109,0 ц.

Наличие в севообороте № 2 люцерны и озимой бобово-злаковой смеси сказалось на улучшении качества кормов, в среднем за ротацию содержание перевариваемого протеина здесь составило 12,39 ц/га, тогда как в остальных севооборотах не превышало 10,34 ц/га.

Выводы. Наличие люцерны и промежуточных культур в кормовых севооборотах значительно снижает ирригационную эрозию и оказывает положительное влияние на плодородие почвы, увеличивает урожайность возделываемых культур и улучшает качество кормов.

Список использованных источников

1 Ковда, В. А. Биосфера, почвы и их использование / В. А. Ковда. – М., 1974. – 128 с.

2 Аджиев, А. М. Эколого-мелиоративное состояние почвенного покрова Дагестана / А. М. Аджиев, Э. М.-Р. Мирзоев, М. А. Баламирзоев // Проблемы мелиорации и перспективы водохозяйственного комплекса Республики Дагестан: сб. науч. тр. – Махачкала, 2005. – С. 23–28.

3 Борьба с эрозией почв и селями в Дагестане / под ред. Н. И. Маккавеева. – Махачкала: Дагкнигоиздат, 1977. – 104 с.

4 Баламирзоев, М. А. Агротехнические приемы защиты почв от эрозии в Дагестане: метод. рекомендации / М. А. Баламирзоев, М. А. Аджиев, А. М. Дадаев. – Махачкала, 1995. – 16 с.

5 Омариёв, Ш. Ш. Противозерозийная организация земель СПК «Фермер-Юг» Каякентского района Республики Дагестан / Ш. Ш. Омариёв // Инновационное развитие аграрной науки и образования: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию М. М. Джамбулатова. – Махачкала: ДагГАУ, 2016. – С. 814–817.

6 Способы противозерозийной обработки почвы в предгорной зоне Республики Дагестан / Ш. Ш. Омариёв, Т. В. Рамазанова, Л. Ю. Караева, К. Р. Рамазанова // Современному АПК – эффективные технологии: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию В. М. Макаровой. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 1. – С. 337–339.

7 Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

УДК 631.6:631.18

И. А. Приходько

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

«БАЛЛЬНАЯ МЕТОДИКА» ОЦЕНКИ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Целью исследований являлась разработка многоуровневой «балльной методики» оценки мелиоративного состояния рисовой оросительной системы. В основу методики положены многолетние данные мониторинга показателей мелиоративного состояния почв: уровень и минерализация грунтовых вод, содержание гумуса, макро- и микроэлементов в пахотном слое рисовых чеков, кислотно-щелочные свойства почвы, степень и тип засоления, гранулометрический состав почвы, ее агрофизические свойства. Установлена связь между основными параметрами и показателями почв для управления мелиоративным состоянием рисовой оросительной системы во вневегетационный период: уровень грунтовых вод определяется природно-климатическими факторами

(на незасоленных почвах глубина залегания грунтовых вод не должна быть меньше 0,5 м, для слабо- и средnezасоленных – 1,5 м, для сильнозасоленных – 2,5 м); влажность и просушка почвы влияют на окислительно-восстановительные процессы; баланс макроэлементов в почве определяется положением уровня грунтовых вод; колебание уровня грунтовых вод определяет содержание Ca, Mg, Na и pH почвы и оказывает значительное влияние на механический состав почвы. Получены количественные критерии экологической безопасности рисовой оросительной системы для оценки мелиоративного состояния почвы по восьми показателям, и разработаны технологические карты для выполнения эколого-адаптивных агромероприятий.

Ключевые слова: рис; урожайность; мелиоративные показатели; балльная оценка.

I. A. Prikhod'ko

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

“SCORE METHOD” ASSESSMENT OF THE RECLAMATION STATE OF SOILS OF RICE IRRIGATION SYSTEM

The aim of the research was to develop a multi-level “score method” for assessing the reclamation state of a rice irrigation system. The methodology is based on long-term monitoring data on soil reclamation state indicators: the groundwater table and salinity, the humus content, macro- and microelements in the arable layer of rice fields, acidity or alkalinity properties of soil, the salinity degree and quality, soil texture and its agrophysical properties. A relationship between the main soil parameters and criteria for managing the reclamation state of rice irrigation system during the non-growing season has been established: the groundwater table is determined by natural and climatic factors (on non-saline soils the groundwater depth should not be less than 0.5 m, for weakly- and medium saline – 1.5 m, for highly saline – 2.5 m); soil moisture and drying affect oxidation-reduction processes; the balance of macroelements in soil is determined by the groundwater table position; the fluctuation in the groundwater table determines the content of Ca, Mg, Na and the pH of the soil and has a significant impact on soil texture. Quantitative environmental safety criteria of the rice irrigation system for assessing the reclamation state of the soil by eight indicators have been obtained, and technological maps for the implementation of environmental-adaptive agricultural measures have been developed.

Key words: rice; productivity; reclamation indicators; point (score).

Введение. Рис – первичный продукт потребления в России, а получение стабильных урожаев риса – один из ключевых элементов сохранения экономической безопасности России [1–3]. В последние годы наблюдается интенсификация производства риса, которая зачастую сопровождается несоблюдением технологий его возделывания [4–6]. Не выполняется ротация полей севооборотов, а также технология обработки полей [7, 8]. Не соблюдаются сроки проведения ремонтных и эксплуатационных работ на рисовых системах [9, 10]. Все это приводит к постепенному ухудшению состояния рисовых оросительных систем, мелиоративного состояния рисовых почв и снижению урожаев риса.

Для сохранения плодородия почв при интенсификации производства риса требуется эколого-адаптивный подход, включающий в себя математический аппарат, способный комплексно оценивать материально-технические и природно-климатические условия на рисовых чеках и предоставлять работникам агропромышленного комплекса оптимизационные технологические карты [11, 12].

Рассматриваемая в статье балльная система оценки почвы является основой для совершенствования управленческого аппарата и разработки современных программных продуктов, которые не только способствуют получению стабильно высоких

урожаев риса без снижения мелиоративного состояния почв, но и позволяют прогнозировать агроресурсное состояние на рисовых чеках [6, 13].

Материалы и методы. Во вневегетационный период на типовом рисовом поле, расположенном во 2-м отделении АО «Черноерковское» Славянского района, площадью 134 га осуществлялся мониторинг мелиоративного состояния почв. На поле принят шестипольный оборот: агромелиоративное поле (АМП) – многолетние травы (люцерна) – многолетние травы (люцерна) – рис – рис. Мониторинг выполнялся по 20 мелиоративным показателям.

Для оценки полученных результатов разработана методика, согласно которой каждому показателю, влияющему на мелиоративное состояние почв, присваивается балл от 1 до 5. Результаты исследований представлены в таблице 1. Согласно разработанной методике, улучшение мелиоративного состояния почв происходит в том случае, если показатель стремится к единице.

Таблица 1 – Критерии и количественные значения показателей «балльной методики» оценки мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы

Показатель	Значение показателя	Оценка показателя
1	2	3
Уровень неминерализованных грунтовых вод (0–2 г/л), м	0,0–0,5	4
	0,5–1,0	2
	1,0–1,5	1
	1,5–2,5	1
	> 2,5	1
Уровень слабоминерализованных грунтовых вод (2–4 г/л), м	0,0–0,5	5
	0,5–1,0	3
	1,0–1,5	2
	1,5–2,5	1
	> 2,5	1
Уровень среднеминерализованных грунтовых вод (4–8 г/л), м	0,0–0,5	5
	0,5–1,0	4
	1,0–1,5	3
	1,5–2,5	2
	> 2,5	1
Уровень сильноминерализованных грунтовых вод (8–16 г/л и более), м	0,0–0,5	5
	0,5–1,0	5
	1,0–1,5	4
	1,5–2,5	3
	> 2,5	1 (2)
рН почвы	4,5–5,5	1
	5,5–6,5	2
	6,5–7,5	3
	7,5–8,0	4
	> 8,0	5
Содержание гумуса, %	> 10,0	1
	6,0–10,0	2
	4,0–6,0	3
	2,0–4,0	4
	< 2,0	5

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Запасы гумуса в слое 0–100 см, т/га	> 600	1
	400–600	2
	200–400	3
	100–200	4
	< 100	5
Обеспеченность гидролизуемым азотом, мг/100 г	< 2,0	5
	2,0–3,0	4
	3,0–4,0	3
	4,0–5,0	2
	> 5,0	1
Обеспеченность подвижным фосфором, мг/100 г	< 0,5	5
	0,5–1,0	4
	1,0–2,0	3
	2,0–3,0	2
	> 3,0	1
Обеспеченность подвижным калием, мг/100 г	0–5	5
	5–10	4
	10–20	3
	20–30	2
	> 30	1
Обогащенность азотом C:N	< 5	1
	5–8	2
	8–11	3
	11–14	4
	> 14	5
Содержание обменного магния в почве, мг/кг почвы	< 30	5
	31–60	4
	61–90	3
	91–120	2
	> 120	1
Содержание сульфатной (подвижной) серы, мг/кг почвы	< 6	5
	6–12	3
	> 12	1
Степень насыщенности основаниями, %	< 20	5
	20–40	4
	40–60	3
	60–80	2
	80–100	1
Содержание агрегатов 0,25–10 мм (мокрое просеивание) по С. И. Долгову, П. У. Бахтину, % от массы почвы	> 70	1
	70–55	2
	55–40	3
	40–20	4
	< 20	5

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Содержание агрегатов > 0,25 мм (мокрое просеивание) по С. И. Долгову, П. У. Бахтину, % от массы почвы	< 10	5
	10–20	5
	20–30	4
	30–40	3
	40–60	2
	60–75	2
	> 75	1
Общая пористость по Н. А. Качинскому, %	> 70	1
	65–55	2
	55–50	3
	50–40	4
	40–5	5
Плотность почвы по Н. А. Качинскому, г/см ³	< 1,0	1
	1,0–1,1	1
	1,2–1,3	2
	1,3–1,4	3
	1,4–1,6	4
	1,6–1,8	5
Нитрификационная способность почвы на начало посева озимых и зимующих культур, мг/кг	> 20	1
	15–20	2
	10–15	3
	5–10	4
	< 5	5
Содержание водопрочных агрегатов > 0,25 мм в слое 0–30 см на начало посева озимых и зимующих культур, %	< 20	5
	20–30	4
	30–40	3
	40–60	2
	> 60	1
Степень засоления почв (содержание солей, %) при содовом и смешанно-содовом типе засоления		
незасоленные почвы	< 0,15	1
слабая	0,15–0,30	2
средняя	0,30–0,40	3
сильная	0,40–0,60	4
солончаки	> 0,60	5
Степень засоления почв (содержание солей, %) при сульфатном и хлоридно-сульфатном типе засоления		
незасоленные почвы	< 0,30	1
слабая	0,30–0,50	2
средняя	0,50–1,00	2
сильная	1,00–2,00	3
солончаки	> 2,0	4

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Степень засоления почв (содержание солей, %) при сульфатно-хлоридном и хлоридном типе засоления		
незасоленные почвы	< 0,20	1
слабая	0,20–0,30	2
средняя	0,30–0,70	3
сильная	0,70–1,20	3
солончаки	> 1,20	4
Солонцеватость (содержание поглощенного натрия, % к емкости поглощения)		
несолонцеватые почвы	< 5	1
слабая	5–10	2
средняя	10–15	3
сильная	15–20	4
солонцы	> 20 (25)	5
«Суммарный эффект» токсичных ионов CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} (Н. И. Базилевич, Е. И. Панкова), мг-экв. Cl^-	< 0,3	1
	0,31–1,0 (1,5)	2
	1,1 (1,6) – 3,0 (3,5)	3
	3,1 (3,6) – 7,0 (7,5)	4
	> 7,0 (7,5)	5
Скорость эмиссии CO_2 в почве, $\text{CO}_2/(\text{10 г} \cdot \text{сут})$	0–5	5
	5–10	4
	10–15	3
	15–25	2
	> 25	1
Содержание микроэлементов, мг/кг почвы (сумма баллов от 1 до 5). Марганец (Mn) (в 0,1 н. H_2O_4)	< 1	1,0
	1–20	0,8
	20–60	0,6
	60–100	0,4
	> 100	0,2
Содержание микроэлементов, мг/кг почвы (сумма баллов от 1 до 5). Медь (Cu) (в 0,1 н. KCl)	< 0,3	1,0
	0,3–1,5	0,8
	2–3	0,6
	3–7	0,4
	> 7	0,2
Содержание микроэлементов, мг/кг почвы (сумма баллов от 1 до 5). Цинк (Zn) (в 0,1 н. KCl)	< 0,2	1,0
	0,2–1	0,8
	2–3	0,6
	3–5	0,4
	> 5	0,2
Содержание микроэлементов, мг/кг почвы (сумма баллов от 1 до 5). Кобальт (Co) (в 0,1 н. HNO_3)	< 0,2	1,0
	0,2–1	0,8
	1,5–3	0,6
	3–5	0,4
	> 5	0,2

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Содержание микроэлементов, мг/кг почвы (сумма баллов от 1 до 5). Молибден (Mo) (в вытяжке оксалата)	< 0,05	1,0
	0,05–0,2	0,8
	0,2–0,3	0,6
	0,3–0,5	0,4
	> 0,5	0,2
Примечание – 1 – отлично; 2 – хорошо; 3 – удовлетворительно; 4 – неудовлетворительно; 5 – плохое или очень низкое – деградация почв.		

Для комплексной оценки мелиоративного состояния почв на рисовом чеке [14, 15] по полученной сумме баллов разработана шкала (рисунок 1) с указанием количества баллов и оценкой мелиоративного состояния почв на рисовом чеке.



Рисунок 1 – Шкала количественной оценки мелиоративного состояния почв на рисовом чеке

Мелиоративное состояние почв считается хорошим при сумме баллов 20–50, удовлетворительным при сумме баллов 50–80, неудовлетворительным при сумме баллов 80–100.

Результаты и обсуждение. По результатам использования «балльной методики» оценки мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы нами разработаны, рекомендованы и внедрены в производство «эколого-адаптивные» агротехнологические карты, соответствующие различным мелиоративным состояниям: хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное [8, 16].

Под «эколого-адаптивными» агротехнологическими картами понимают комплексный подход к составлению документа, в котором по графам рассматриваются следующие вопросы:

- виды агро-мелиоративных мероприятий (работ). Расположены в порядке их очередности выполнения, принимаются в соответствии с типовыми для данного региона (хозяйства) плюс (минус) необходимые для повышения мелиоративных показателей, начиная с неудовлетворительных;
- сроки проведения агротехнологических мероприятий по декадам месяца (или примерным датам) с учетом особенностей природно-климатических факторов для данного хозяйства;
- марка трактора, сельскохозяйственной машины и навесного оборудования для выполнения агро-мелиоративных мероприятий с учетом материально-технических ресурсов рассматриваемого хозяйства;
- агротехнологические требования и качество работ с указанием конкретных норм, глубины, доз удобрений и т. п.

В результате проведенного во вневегетационный период комплекса технологических операций для повышения урожайности культур рисового севооборота и сохранения мелиоративного состояния почв были получены положительные результаты (таблицы 2), что подтвердило правильность выполненных нами агро-мелиоративных технологических мероприятий.

Таблица 2 – Оценка мелиоративного состояния почв по разработанной «балльной методике» и выполнения «эколого-адаптивных» агротехнологических мероприятий на опытном поле в АО «Черноерковское» Славянского района

№ по-казате-ля	Наименование (поле № 3)	Единица измерения	Год исследования / оценка мелиоративного состояния почв							
			1		2		3		4	
1	2	3	4		5		6		7	
0	Предшественник	—	АМП		Люцерна 1-го года		Люцерна 2-го года		Рис	
1	Уровень грунтовых вод	м	0,8	3	1,2	2	1,4	2	1,2	2
					3,11		2,76		2,94	
2	Минерализация грунтовых вод	г/л	7,1	3	7,0	3	7,0	3	7,1	3
3	pH почвы	—	4,12	3	4,18	3	4,19	3	4,08	3
4	Содержание гумуса	%	245	3	249	3	248	3	248	3
5	Запасы гумуса в слое 0–100 см	т/га	4,65	2	4,89	2	5,21	1	5,05	1
6	Обеспеченность гидролизуемым азотом	мг/100 г	1,68	3	1,75	3	2,05	2	1,83	3
7	Обеспеченность подвижным фосфором	мг/100 г	26,98	2	28,83	2	31,02	1	30,06	1
8	Обеспеченность подвижным калием	мг/100 г	11	4	10	3	9,5	3	10	3
9	Обогащенность азотом C:N	—	84	3	88	3	91	2	96	2
10	Содержание обменного магния в почве	мг/кг почвы	9	3	11	3	12	1	13	1
11	Содержание сульфатной (подвижной) серы	мг/кг почвы	45	3	57	3	62	2	60	2
12	Степень насыщенности основаниями	%								
Содержание агрегатов:										
12	0,25–10 мм	%	33	4	42	3	54	3	56	2
	> 0,25 мм	%	45	2	51	2	54	2	55	2
13	Общая пористость	%	44	4	50	4	52	3	55	2
14	Плотность почвы	г/см ³	1,45	4	1,38	3	1,37	3	1,36	3
15	Нитрификационная способность почвы на конец сентября	мг/кг	10,5	3	12,6	3	17,1	2	16,8	2

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
16	Содержание водопрочных агрегатов > 0,25 мм в слое 0–30 см на начало посева озимых и зимующих культур	%	86	1	92	1
17	Тип засоления	–	Хлорид-сульфатный	3	Хлорид-сульфатный	2
	Содержание солей	%	0,33	0,30	0,29	0,29
18	«Суммарный эффект» токсичных ионов CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} (Н. И. Базилевич, Е. И. Панкова)	мг-экв. Cl^-	0,38	2	0,33	2
19	Скорость эмиссии CO_2 в почве	$\text{CO}_2/(10 \text{ г} \cdot \text{сут})$	14	3	16	2
20	Марганец (Mn) (в 0,1 н. H_2O_4)		38	0,6	39	0,6
	Медь (Cu) (в 0,1 н. KCl)		2,7	0,6	2,9	0,6
	Цинк (Zn) (в 0,1 н. KCl)		3,6	0,4	3,7	0,4
	Кобальт (Co) (в 0,1 н. HNO_3)		0,5	0,8	0,6	0,8
	Молибден (Mo) (в вытяжке оксалата)		0,24	0,6	0,26	0,6
Сумма баллов по мелиоративным показателям			61	56	46	45
Оценка мелиоративного состояния			удовлетворительное	удовлетворительное	хорошее	хорошее

Выводы. При использовании «балльной методики» как инструмента управления мелиоративным состоянием рисовых почв и его прогнозирования были получены положительные результаты, выражающиеся в улучшении мелиоративного состояния рисовых почв.

Доказана эффективность использования «эколого-адаптивного» подхода при разработке агротехнологических карт.

Данная методика может быть рекомендована работникам агропромышленного комплекса и может служить основой для разработки математической модели, реализованной в программном продукте, позволяющем выступать гарантом получения высоких урожаев без снижения агресурсного потенциала почв.

Список использованных источников

1 Кузнецов, Е. В. Системно-информационная оценка экологического состояния рисовой оросительной системы / Е. В. Кузнецов, Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 3. – С. 23–27.

2 Кузнецов, Е. В. Мониторинг экологической обстановки на рисовых оросительных системах / Е. В. Кузнецов, Н. П. Дьяченко, И. А. Приходько // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2007. – № 9. – С. 201–206.

3 Дьяченко, Н. П. Оптимизация ресурсного обеспечения рисовой оросительной системы / Н. П. Дьяченко, И. А. Приходько // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2007. – № 8. – С. 170–173.

4 Сафронова, Т. И. Информационная модель управления качеством состояния рисовой оросительной системы / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2007. – № 6. – С. 11–15.

5 Владимиров, С. А. Методологические аспекты перехода на экологически чистое устойчивое рисоводство Кубани / С. А. Владимиров, В. П. Амелин, Н. Н. Крылова // Природообустройство. – 2008. – № 1. – С. 24–30.

6 Владимиров, С. А. Исследование и оценка климатического потенциала предпосевного периода риса в условиях учхоза «Кубань» Кубанского ГАУ / С. А. Владимиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 5(20). – С. 271–281.

7 Амелин, В. П. Методика расчета эффективности использования земель рисового ирригированного фонда / В. П. Амелин, С. А. Владимиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 4(19). – С. 227–230.

8 Приходько, И. А. Управление мелиоративным состоянием почв для экологической безопасности рисовой оросительной системы: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Приходько Игорь Александрович. – Краснодар, 2008. – 17 с.

9 A mathematical model of the ecological situation in rice irrigation system / L. M. Reks, V. M. Umyvakin, T. I. Safronova, I. A. Prikhodko // Multidisciplinary Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2008. – Ed. 44. – P. 191–208.

10 Oliver, M. Precision Agriculture for Sustainability and Environmental Protection / M. Oliver, T. Bishop, B. Marchant. – Routledge, 2013. – 304 p.

11 Krishna, K. R. Precision Farming: Soil Fertility and Productivity Aspects / K. R. Krishna. – Oakville, ON: Apple Academic Press, Inc., 2013. – 176 p.

12 Stetson, L. E. Irrigation / L. E. Stetson, B. Q. Mecham. – 6th ed. – USA: Falls Church, 2011. – 1089 p.

13 Tripathi, N. Reclamation of Mine-Impacted Land for Ecosystem Recovery / N. Tripathi, R. S. Singh, C. D. Hills. – IL, USA: John Wiley & Sons Inc., 2016. – 232 p.

14 Пат. 2471339 Российская Федерация: МПК⁷ А 01 G 16/00, А 01 В 79/02. Способ мелиорации почвы в паровом поле рисового севооборота к посеву риса / Чеботарев М. И., Приходько И. А.; заявитель и патентообладатель Куб. гос. аграр. ун-т. – № 2011124233/13; заявл. 15.06.11; опубл. 10.01.13, Бюл. № 1. – 7 с.

15 Сафронова, Т. И. Регулирование солевого режима почв рисовых оросительных систем / Т. И. Сафронова, О. П. Харламова, И. А. Приходько // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 36. – С. 324–329.

16 Чеботарев, М. И. К вопросу выбора оптимального рисового севооборота для повышения урожайности риса / М. И. Чеботарев, И. А. Приходько // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2012. – С. 431.

УДК 626.816

А. С. Газарян, О. Я. Гловацкий

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

Б. Хамдамов

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

О. Р. Азизов

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Целью исследований являлось совершенствование технологических режимов насосных станций в условиях нестационарного движения жидкости. В статье рассматриваются обобщенные методы разработки новых технологических режимов нестационарного движения потока при вариационных характеристиках насосных агрегатов и в подводящих каналах насосных станций. Проведены анализ и выбор основных характеристик неустановившегося движения потоков в рассматриваемых створах водоподводящих сооружений насосных станций в зависимости от их положения и времени на основании результатов полевых и лабораторных экспериментов с использованием графических и аналитических методов. Натурные испытания головных и модернизированных образцов осевых насосов на Каршинском магистральном канале показали, что учет нестационарного движения потока при пусковом угле 3° добавляет по 0,5 м к заглублению насоса 7,5 м, что невозможно в реальных условиях. Авторами даны рекомендации по применению упрощенных математических моделей неустановившегося движения воды в системе «канал – насосная станция» и получены основные характеристики движения в рассматриваемом створе с учетом гидрометрических характеристик.

Ключевые слова: насосные станции; каналы; технологические режимы; нестационарное движение; графический анализ; гидрометрические характеристики.

A. S. Gazaryan, O. Ya. Glovatsky

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

B. Hamdamov

Tashkent State Technical University named after I. Karimov, Tashkent, Republic of Uzbekistan

O. R. Azizov

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

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL MODES OF PUMPING STATIONS UNDER UNSTEADY FLOW MOTION CONDITIONS

The aim of the research was to improve the technological regimes of pumping stations under conditions of unsteady flow motion. The generalized methods for developing new technological modes of unsteady flow motion with the variation characteristics of pumping units and in the supply canals of pumping stations are considered. The analysis and selection of the main characteristics of the unsteady flow motion in the considered sections of water supply facilities of pumping stations, depending on their position and time, based on the results of field and laboratory experiments using graphical and analytical methods are conducted. The full-scale tests of head and modernized samples of axial pumps on the Karshi main canal showed that taking into account the unsteady flow at a starting angle of 3° adds 0.5 m each to a pump deepening of 7.5 m, which is impossible under real conditions. The recommendations on application of the simplified mathematical models of unsteady flow in the “canal – pumping station” system are given and the basic motion characteristics in the considered cross-section taking into account hydrometric characteristics are obtained.

Key words: pumping stations; canals; technological modes; unsteady motion; graphical analysis; hydrometric characteristics.

Введение. В практике эксплуатации крупных насосных станций (НС) имеют место деформационные процессы крупных открытых водотоков от воздействия стационарных и нестационарных режимов движения потока на выходе из аванкамеры НС.

Насосная станция НС-1, от режима работы которой зависит режим работы всего каскада НС по трассе Каршинского магистрального канала в Узбекистане, оказывается в наиболее трудных условиях эксплуатации нестационарного движения потока.

Актуальность данной статьи заключается в разработке рекомендаций по применению упрощенных математических моделей неустановившегося движения воды в системе «канал – НС» и получении основных характеристик движения потока в намеченном створе с учетом гидрометрических данных, а также увеличения надежности работы сооружений в открытых руслах [1].

Материалы и методы. Материалами исследований явились данные проведенных натурных испытаний головных и модернизированных образцов насосов типа ОП на Каршинском магистральном канале в Узбекистане.

Методами явились теоретические преобразования многофункциональных зависимостей для разработки рекомендаций, удобных для служб эксплуатации НС в современных условиях работы систем машинного водоподъема Узбекистана.

Результаты и обсуждение. На основании теоретических рассуждений и преобразований некоторых параметрических уравнений нами получены следующие зависимости:

$$\Delta s_1 = W\Delta t_1, \quad (1)$$

$$\Delta s_2 = \Omega\Delta t_2, \quad (2)$$

$$\Delta u_1 = -\sqrt{\frac{g}{BF}}\Delta F_1 + N_1\Delta t_1, \quad (3)$$

$$\Delta u_2 = \sqrt{\frac{g}{BF}}\Delta F_2 + N_2\Delta t_2. \quad (4)$$

В приведенных зависимостях приняты следующие обозначения:

Δs_1 и Δs_2 – последовательные приращения расстояния s до расчетного створа, м;

W – угловой коэффициент;

Δt_1 и Δt_2 – последовательное значение интервала расчетного времени t , с;

Ω – угловой коэффициент;

Δu_1 и Δu_2 – последовательное значение приращения средней скорости потока до расчетного створа, м/с;

g – ускорение сил тяжести, м/с^2 ;

B – ширина расчетного створа, м ;

F – площадь живого сечения расчетного створа, м^2 ;

ΔF_1 и ΔF_2 – последовательное значение площади живого сечения, м^2 ;

N_1 и N_2 – ускорение средней скорости потока до расчетного створа, м/с^2 .

Для решения этой системы представим себе, что в плоскости st имеются две точки a и b (рисунок 1), в которых значения функций u и F известны. Предположим сначала, что коэффициенты при приращениях в рассматриваемых уравнениях имеют постоянные значения.

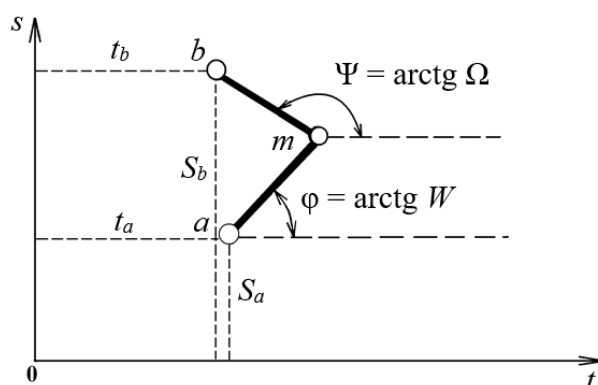


Рисунок 1 – Графический анализ системы по формуле (4)

В этом случае через точку a можно провести прямую с угловым коэффициентом W , а через точку b – прямую с угловым коэффициентом Ω и получить в пересечении точку m , координаты которой будут удовлетворять уравнениям (1) и (2).

Исследования нестационарных процессов, возникновение которых связано с частыми включениями и выключениями насосов, закрытием запорной арматуры, заполнением трубопроводов водой, включают:

- анализ возможных режимных ситуаций в предельных состояниях, связанных с переходными процессами на НС;
- модели внешних воздействий на НС с учетом технологических, эксплуатационных и других требований;
- средние квадратичные отклонения и корреляционные моменты предельных и действующих значений количественных признаков.

Управление режимами крупной НС в общем виде можно определить многопараметрической функцией, которая имеет такой вид:

$$\omega(\tau) = f[\omega_r(\tau), \omega_{pz}(\tau), \omega_{пх}(\tau), \omega_{гг}(\tau), \omega_{кл}(\tau), \omega_3(\tau), \omega_n(\tau)], \quad (5)$$

где $\omega_r(\tau)$ – обобщенный параметр гидравлических условий неустановившихся неблагоприятных режимов;

$\omega_{pz}(\tau)$ – обобщенный параметр условий размыва земляных, повреждения бетонных участков каналов и их заиления [2, 3];

$\omega_{пх}(\tau)$ – обобщенный параметр переходных процессов неустановившегося движения воды в каналах и на НС [1];

$\omega_{гг}(\tau)$ – обобщенный параметр гидрологических и геотехнических условий;

$\omega_{кл}(\tau)$ – обобщенный параметр климатических условий;

$\omega_3(\tau)$ – обобщенный параметр условий региональной эксплуатации;

$\omega_n(\tau)$ – обобщенный параметр не учтенных в приведенном перечне факторов [4].

Каждый обобщенный параметр представлен как функция отдельных параметров:

$$\omega_{\text{пх}}(\tau) = \omega_{\text{рас}}(\tau)\omega_{\text{сх}}(\tau)\omega_{\text{тех}}(\tau), \quad (6)$$

где $\omega_{\text{рас}}(\tau)$ – параметр совершенствования приемов расчета сооружений;

$\omega_{\text{сх}}(\tau)$ – параметр совершенствования автоматизации схемы управления НС;

$\omega_{\text{тех}}(\tau)$ – параметр совершенствования автоматизации технологических режимов сооружений для обеспечения безопасности эксплуатации [5, 6].

Уравнения неустановившегося движения воды (классические уравнения Сен-Венана) довольно сложны, поэтому для общего случая не удастся получить аналитическое решение этих уравнений для расчетов режимов работы НС [7].

Вводя некоторые дополнительные ограничения и допущения, выражают в конечных разностях основные уравнения для ряда значений $t = \text{const}$. В результате интегрирования получаются эпюры распределения по длине потока расходов и уровней в расчетные моменты времени, которыми задаются заранее. Этот прием решения можно назвать методом мгновенных режимов [8].

В координатной плоскости s, t (расстояние s , м, и время t , с, до расчетного створа) задан отрезок некоторой кривой:

$$s = \varphi(t), \quad (7)$$

расположенный в области значения функций:

$$F = F(s, t), \quad u = u(s, t), \quad (8)$$

вдоль этого отрезка, где u – средняя скорость потока в створе, м/с.

С физической точки зрения такое задание соответствует случаю, когда мы имеем в распоряжении замеры режима, произведенные разновременно вдоль некоторого отрезка бьефа.

Для каждой точки кривой $s = \varphi(t)$ могут быть написаны выражения для полных производных функций u и F :

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial s} \frac{ds}{dt} + \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (9)$$

$$\frac{dF}{dt} = \frac{\partial F}{\partial s} \frac{ds}{dt} + \frac{\partial F}{\partial t}. \quad (10)$$

Независимыми переменными в уравнениях (9) и (10) являются координата s и время t , а их функциями – глубина h и средняя скорость u . При заданной форме русла площадь живого сечения F в рассматриваемом створе является известной функцией глубины h и ширины створа B , а расход определяется как произведение u и F . Входящие сюда величины $\frac{du}{dt}$, $\frac{dF}{dt}$ и $\frac{ds}{dt}$ могут быть определены согласно выражению (7).

Решая совместно эти уравнения и выражения для полных производных (8)–(10), можно получить значения всех частных производных в любой точке кривой $s = \varphi(t)$.

Решая уравнения (9) и (10) относительно $\frac{\partial F}{\partial t}$ и $\frac{\partial u}{\partial t}$, получим:

$$\frac{\partial F}{\partial t} = \frac{dF}{dt} - \frac{\partial F}{\partial s} \frac{ds}{dt},$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{du}{dt} - \frac{\partial u}{\partial s} \frac{ds}{dt}.$$

В результате будем иметь:

$$\frac{\partial F}{\partial s} \left(u - \frac{\partial s}{\partial t} \right) + \frac{\partial u}{\partial s} F + \frac{\partial F}{\partial t} = 0, \quad (11)$$

$$\frac{\partial F}{\partial s} \frac{g}{B} + \frac{\partial u}{\partial s} \left(u - \frac{ds}{dt} \right) = N - \frac{dF}{dt}. \quad (12)$$

Разрешая эти уравнения относительно $\frac{\partial F}{\partial s}$ и $\frac{\partial u}{\partial s}$, получим:

$$\frac{\partial F}{\partial s} = \frac{-\frac{dF}{dt}\left(u - \frac{ds}{dt}\right) - \left(N - \frac{du}{dt}\right)F}{\left(u - \frac{ds}{dt}\right)^2 - \frac{gF}{B}}, \quad (13)$$

$$\frac{\partial u}{\partial s} = \frac{-\left(N - \frac{du}{dt}\right)\left(u - \frac{ds}{dt}\right) - \frac{dF}{dt} \frac{g}{B}}{\left(u - \frac{ds}{dt}\right)^2 - g \frac{F}{B}}. \quad (14)$$

Для данного решения значения частных производных в любой точке кривой $s = \varphi(t)$ не зависят от величины $\frac{ds}{dt}$, которая дает направление этой кривой в данной точке. Рассмотрим то из них, при котором знаменатель полученных выражений обращается в нуль. Решая с этой целью уравнение:

$$\left(u - \frac{ds}{dt}\right)^2 - \frac{gF}{B} = 0,$$

видим, что в каждой точке кривой $s = \varphi(t)$ существуют два таких направления, определяемые выражениями:

$$\left(\frac{ds}{dt}\right)_1 = u + \sqrt{g \frac{F}{B}}, \quad (15)$$

$$\left(\frac{ds}{dt}\right)_2 = u - \sqrt{g \frac{F}{B}}. \quad (16)$$

Обращаясь к выражениям (13) и (14), можно видеть, что в случае, если числитель в них имел бы конечное значение, производные $\frac{\partial F}{\partial s}$ и $\frac{\partial u}{\partial s}$ обращались бы в бесконечность. Следовательно, должны быть равны нулю также и числители выражений (13) и (14). Согласно выражениям (15) и (16):

$$u - \frac{ds}{dt} = \pm \sqrt{g \frac{F}{B}}.$$

Последние выражения дают связь между изменениями функций u и F при следовании вдоль направлений (15) и (16).

Эти рассуждения позволяют заменить составляющие многопараметрической функции (5) значениями функции отдельных параметров (6). На основании этих преобразований получены зависимости (1)–(4), выражающие упрощенную математическую модель неустановившегося движения воды в расчетных створах. Графической иллюстрацией решения этой системы является рисунок 1 в плоскости st , где имеются две точки a и b , в которых значения функций u и F известны. Решая совместно уравнения и выражения для полных производных (8)–(10), можно получить значения всех частных производных в любой точке кривой $s = \varphi(t)$, и в результате будем иметь приемлемые решения по зависимостям (11)–(14). Для данного решения значения частных производных в любой точке кривой $s = \varphi(t)$ не зависят от величины $\frac{ds}{dt}$, которая дает направление этой кривой в данной точке. Эксплуатационный персонал получает возможность контролировать основные параметры потока s , u в необходимом интервале

времени t в сопрягающих (в основном водоподводящих) сооружениях. Это позволяет контролировать проектные параметры потока, от которых зависят характеристики насосов и режимные условия эксплуатации гидротехнического комплекса НС.

Выводы

1 Авторами даны рекомендации по применению упрощенных математических моделей неустановившегося движения воды в системе «канал – НС» и получены основные характеристики движения в рассматриваемом створе с учетом гидрометрических характеристик.

2 Проведены расчетно-теоретические исследования параметров потока в граничных точках в подводящих каналах НС с использованием усовершенствованной методики расчета мгновенного режима неустановившегося движения воды для некоторого выбранного момента времени.

3 Обобщены методы разработки новых технологических режимов нестационарного движения потока при вариационных характеристиках насосных агрегатов и в подводящих каналах НС. Анализ и выбор основных характеристик неустановившегося движения потоков в открытых руслах показал, что параметр нестационарности влияет на структуру скоростного поля в рассматриваемых створах водоподводящих сооружений НС в зависимости от их положения и времени.

Список использованных источников

1 Гловацкий, О. Я. Эксплуатация и поддержка технического состояния оборудования насосных станций, диагностика: учеб. пособие. Курс лекц. и практ. занятий / О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова. – Ташкент: ПРООН, ЮНЕСКО, 2019. – 130 с.

2 Эшев, С. С. Расчет деформаций больших земляных каналов в условиях стационарности водного потока: монография / С. С. Эшев. – Ташкент: Fan va texnologiyalar, 2017. – 164 с.

3 Каганов, Г. М. Моделирование сооружений из армированного грунта / Г. М. Каганов, И. М. Евдокимова, Б. Хамдамов. – М.: МГМИ, 1988.

4 Гловацкий, О. Я. Совершенствование методов диагностирования насосов крупных гидротехнических систем / О. Я. Гловацкий, Ф. А. Бекчанов // Гидротехника. – 2019. – № 2(55). – С. 70–73.

5 Управление надежностью насосных станций для обеспечения безопасности эксплуатации / О. Я. Гловацкий, Р. Р. Эргашев, Ш. Р. Рустамов, Н. Р. Насырова // Проблемы управления водными и земельными ресурсами: материалы Междунар. науч. форума, г. Москва, 30 сент. 2015 г. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – Ч. 3. – С. 160–167.

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

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

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

УДК 631.31.004

В. С. Пунинский

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

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМЫ
МАШИН ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ**

Целью исследований является разработка основы федеральных регистров базовых технологий и технических средств с обоснованием применения цифровых технологий и адаптации формирования технологий к новым условиям производства мелиоративных работ. Приведен обзор работы инженерного центра ВНИИГиМ. Показаны новые принципы формирования системы машин. Рекомендуемые методики разработки регистров технологий базируются на результатах оценки информационных технологий и установленной приоритетности выполнения категорий и видов работ.

Ключевые слова: система технологий; инженерный центр; парк машин; деградированные земли; цифровые технологии; регистр; комбинированные агрегаты.

V. S. Puninskiy

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

INFORMATION AND DIGITAL TECHNOLOGIES OF A MACHINE SYSTEM FOR RECLAMATION WORKS MECHANIZATION

The aim of the research is to develop the basis of federal registers of basic technologies and technical means with justification of digital technologies application and adaptation of technologies formation to new conditions of reclamation works operations. An overview of the work of the VNIIGiM engineering center is given. The new principles of machine system formation are shown. The recommended methodology for the technology registers development are based on the results of an information technologies assessment and the established priority for the implementation of categories and types of work.

Key words: technology system; engineering center; car park; degraded land; digital technologies; register; combination units.

Введение. Для своевременного обновления парка технических средств (ТС) и оказания методологической и практической помощи сельским товаропроизводителям, ОАО агромелиоративного сервиса и строительства требуется создание информационно-регламентирующего документа, содержащего цифровую базу данных, обеспечивающего включение в федеральные регистры перспективных базовых технологий и ТС, входящих в перечень работ по восстановлению функционирования мелиоративных сетей.

Цель исследований – разработка основы федеральных регистров базовых технологий и технических средств с обоснованием применения цифровых технологий для эксплуатации мелиоративных систем, ирригационного и водохозяйственного строительства в современных условиях.

Материалы и методы. Изучены базовые типизированные технологии и ТС для выполнения мелиоративных работ на мелиоративной, ирригационной сети, деградированных землях [1]. Исследования проводились по общепринятым методикам с использованием научно-практических методов определения прогнозных технико-экономических показателей ведущих машин и обобщением существующих цифровых баз данных [2–4].

Результаты и обсуждение. Разработаны в 2018 г. «Структура и новые принципы формирования Федеральной системы машин» на основе обоснования приоритетных площадей и объектов для восстановления, реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем [5].

Новые принципы включают: приоритетность работ, закономерность взаимодействия ресурсных составляющих, конкурентоспособность, энергосбережение, равнопрочность узлов и механизмов на срок службы.

Базовые основы включают: цифровые базы данных, роботизацию рабочих процессов, замену ДВС с переходом на электро- и гидропривод рабочих органов, автомати-

зацию технологических процессов управления рабочими органами машин, модульность создания и унификацию перспективных комбинированных агрегатов.

Разработанные основы федеральных регистров базовых технологий и ТС позволяют систематизировать опыт производства мелиоративных работ и на их основе осуществлять в новых экономических условиях наиболее обоснованный выбор средств механизации и рациональных технологий, обеспечивающих повышение производительности труда, экономию материальных ресурсов и снижение сроков возвращения земель в сельскохозяйственный оборот [6, 7]. При этом обосновано, что снижение потребности в объемах использования специальных мелиоративных машин возможно путем совершенствования технологий работ на базе новых комбинированных агрегатов, обеспечивающих ресурсосбережение за счет сокращения многопроходности ведущих машин и уменьшения числа машин в комплексе, адресности применения технологических материалов, одновременной подготовки и утилизации продуктов обработки почвогрунта, растительно-грунтовой массы, мелкой щепы, донного ила [8].

История развития мелиоративной науки в области механизации работ связана с подготовкой в середине 50-х гг. прошлого века «Системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства», в которой в разделе растениеводства первоначально было предусмотрено создание около 10 наименований мелиоративных машин и применение нескольких поставленных на производство машин для освоения земель.

В ряде десятилетий XX в. ВНИИГиМу поручалась разработка «Основных направлений научно-технического прогресса в мелиорации земель». В этих документах в основу научно-технического прогресса в мелиорации закладывались новые прогрессивные способы орошения и осушения, совершенствование конструкций гидромелиоративных систем и технологий их строительства и эксплуатации с учетом требований комплексного регулирования факторов жизни растений и охраны окружающей среды, создание автоматизированных систем управления в мелиорации.

С целью реализации этих направлений предложен ряд прогрессивных решений для строительства мелиоративных сооружений. Для информирования потребителей и координации создания новой техники «Системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства» издавались всесоюзным объединением «Союзсельхозтехника» Совета Министров СССР, в дальнейшем Госкомсельхозтехники СССР. Информационная технология базировалась на распространении документов на бумажных носителях в достаточном количестве (рисунок 1). Системы машин, реализуемые с 1965 по 2020 г., сохраняют преемственность структуры расположения машин по взаимосвязанным категориям и видам мелиоративных работ и их последовательности в видах по величине индикаторного показателя (например, мощность двигателя, емкость ковша, ширина захвата или глубина обработки, расход воды).

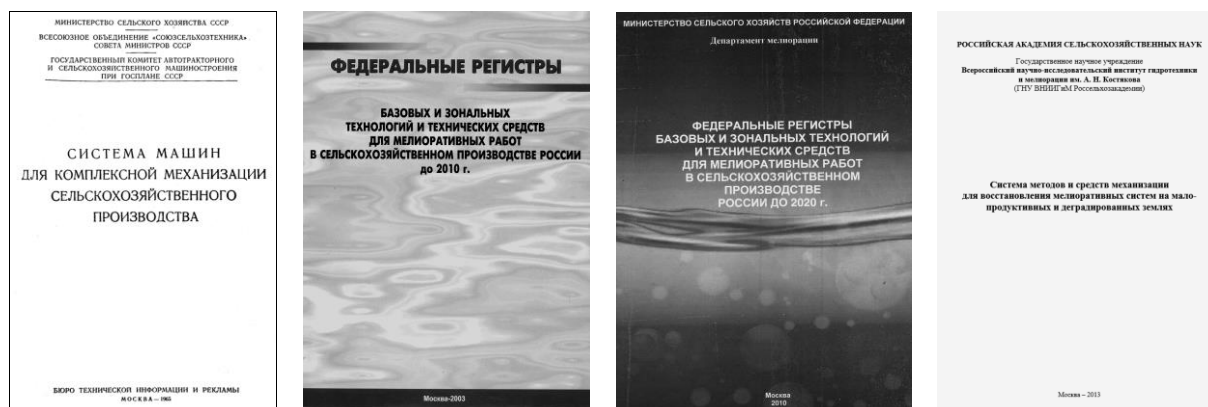


Рисунок 1 – Системы машин, реализуемые с 1965 по 2020 г.

Часть III «Мелиорация» на период 1971–1975 гг. была издана и распространена тиражом 12000 экз., 1976–1980 гг. – 12000 экз., 1981–1990 гг. – 8000 экз., 1986–1995 гг. – 3010 экз., 2003–2010 гг. – 500 экз.

Для реализации системы машин одновременно с ней издавалась справочная литература [9–12], а также ежегодные номенклатурные справочники с указанием шифров ТС по системе машин и номенклатурные брошюры для заказа техники.

С 1983 г. управление новой техники Госкомсельхозтехники СССР осуществляло перевод системы машин на цифровой носитель с использованием вычислительных комплексов типа ЕС, после 1986 г. перевод части III «Мелиорация» системы машин на цифровой носитель осуществлял Инженерный центр по механизации мелиоративных работ, являющийся структурным подразделением ВНИИГиМ.

В целях ускорения работ по созданию новых землеройных и мелиоративных машин, улучшения организации их испытаний и сокращения сроков внедрения в мелиоративное строительство в ноябре 1985 г. на ВНИИГиМ были возложены функции головной организации отрасли по вопросам комплексной механизации мелиоративных работ.

В целях ускорения темпов создания, освоения и широкомасштабного внедрения высокоэффективных технологических процессов и новой мелиоративной техники Инженерный центр по механизации мелиоративных работ включал следующие организации и подразделения: а) отделы технологии, механизации и организации строительства, технологии ремонтно-эксплуатационных работ, перспектив развития механизации мелиоративных работ ВНИИГиМ (г. Москва); б) временный коллектив «Луч» (г. Москва); в) опытно-конструкторское бюро ВНИИГиМ с опытным производством (г. Дмитров). Созданы зональные технические комплексы (ЗТК) по механизации строительных и ремонтно-эксплуатационных работ на базе комплексных отделов по опытно-производственному внедрению новых машин и механизмов.

Основными задачами инженерного центра были: а) выполнение функции головной организации отрасли по вопросам комплексной механизации мелиоративных работ; б) создание новых технологических процессов строительства и эксплуатации мелиоративных систем; в) разработка комплексов машин и создание новой мелиоративной техники; г) автоматизация технологических процессов с использованием лазерной и микропроцессорной техники; д) испытание мелиоративных машин; е) разработка нормативной и технологической документации для освоения и внедрения новой техники и технологии; ж) широкомасштабное внедрение технологических процессов и новой мелиоративной техники, а также технико-экономические обоснования и разработка вопросов управления водохозяйственным строительством; з) консультирование и обучение инженерно-технических работников и машинистов эффективной эксплуатации и использованию новой мелиоративной техники. Координация деятельности отделов и организаций, входящих в инженерный центр, и работы по планированию проводились сектором методов и организации испытаний. На этот сектор было возложено методическое руководство и организация проведения испытаний мелиоративной техники.

На ЗТК возлагались задачи: а) проведение испытаний и освоение новой техники и прогрессивной технологии; б) организация и доведение комплексов машин до проектной выработки; в) разработка нормативно-технической документации по опытно-производственному внедрению новой мелиоративной техники и прогрессивной технологии; г) консультации и обучение специалистов и машинистов эффективным приемам и эксплуатации новой техники.

Работы инженерного центра выполнялись на основании хозяйственных договоров. Испытательные подразделения ЗТК испытывали технику по аттестованным методикам и по типовым программам. Перед испытаниями разрабатывались рабочие программы и методики испытаний, включающие все оценки, проводимые на МИС, и дополнительно мелиоративную оценку, что позволило повысить надежность машин и ка-

чество выполнения мелиоративных работ. В этот период ежегодно проводились приемочные и периодические испытания более 80 наименований мелиоративной техники.

В разработанную как самостоятельный документ «Систему технологий и машин для комплексной механизации мелиоративных работ» предусматривалось включение только ТС, прошедших предварительные или приемочные испытания, и одновременно создавалась цифровая база данных для контроля реализации системы машин [13].

Этот документ федерального значения регламентирует создание, испытания и внедрение в производство новых технологий и техники, он служил основой для разработки требований в конкурсной документации на закупку ТС.

Предлагается на основании результатов проведенных исследований разрабатывать регистр типовых технологий, структура которого содержит блоки (регистры категорий работ), и формировать подблоки (модули технологий по видам выполняемых работ, содержащие наименования, марки ТС, выполняющих операции, обобщенные показатели, характеризующие осуществление технологических процессов).

Структура сводного перечня ТС представляется в виде совокупности семи регистров. Каждый раздел регистра по видам ТС должен содержать общие, наиболее важные сведения о технике, включенной в него.

Федеральный регистр ТС содержит сведения о наименовании, исходных показателях, назначении, состоянии производства машин, данном на 01.01.2020 и обозначенном следующими буквенными индексами:

Пр – находится в производстве и присутствует на рынке;

Пз – производство приостановлено, выпуск может осуществиться по заявкам потребителя;

М – может выпускаться, но требует модернизации;

Ез – единичный выпуск по контракту, но подлежит замене;

Р – рекомендована для производства, имеет документацию и сертификат, уточняется изготовитель;

И – проходит испытания, определяется изготовитель;

Н – подлежит разработке или проходит предварительные испытания.

В обосновании ТС, включаемых в регистр, приводятся данные: а) обслуживающий персонал (количество, специальность); б) марка и тип двигателя, наличие сертификата по результатам испытаний; в) габаритные размеры машин в транспортном и рабочем положении, мм; г) коэффициент готовности по оперативному времени; д) коэффициент технического использования по результатам периодических испытаний в производственных условиях; е) проект заводской стоимости ТС.

Для формирования системы машин и информационного обеспечения ее реализации в 2018 г. разработана организационная схема (рисунок 2).

Новизна организационной схемы совершенствования и реализации Федеральной системы машин заключается в предварительном выявлении приоритетов механизации мелиоративных работ и применении усовершенствованных методик разработки регистров машин и их комплексов с учетом дополнения регистров базовыми технологиями, разработанными на основе новых способов, а также приоритетов производимой на мелиорированных землях продукции и работы в условиях рыночной экономики: машиностроителей, сельских товаропроизводителей, строителей, проектировщиков мелиоративных объектов. Особенность новых принципов методологии формирования Федеральной системы машин, ее отличие от существующей с периодом действия 2010–2020 гг., основанной на единичном выборе технологий и машин из имеющегося ряда, – формирование ее на основе комплекса целевых индикаторов, исследования закономерностей взаимодействия ресурсных составляющих и создания базирующихся на них федеральных регистров базовых технологий и ТС.



Основная цель информационного обеспечения – аналитическая переработка потоков первичной информации, функциональный анализ, последующее обобщение в виде обзорных и статистических материалов и представление их научным сотрудникам, разработчикам и изготовителям машин, продавцам ТС и строительным организациям, органам регионального управления, объединениям сельских товаропроизводителей, а также мелиосервисным структурам и их некоммерческим объединениям.

При информационном обеспечении особое внимание уделяется обобщенной информации аналитического характера по приоритетным научно-техническим направлениям. Система принятия решений должна базироваться на программах обработки статистических данных и другой технической и патентной информации. При этом в информационной системе должна быть только достоверная информация, размещаемая в доступной потребителям базе данных на цифровых носителях информации. Процесс сбора и обработки информации должен осуществляться по всем этапам формирования системы машин, создания усовершенствованных комплексных технологий и новейшей техники с типоразмерными рядами для комплексов машин, адаптированных к зональным условиям и возможным ресурсам производителей видов работ.

Для создания и ведения информационных баз данных по объединенному сводному перечню ТС и регистрам типовых базовых технологий должен предусматриваться ввод таких показателей, которые после обработки могут обеспечить различные выходные форматы, удовлетворить запросы по состоянию основных мелиоративных фондов, парку машин для выполнения всех видов работ, разрабатывать меры по управлению реализацией Федеральной системы машин. Для подготовки аналитических материалов и документов, связанных с управлением реализацией Федеральной системы машин, база данных должна обеспечивать выдачу типовых справок, отражающих состояние и ход реализации системы. Форму справок разрабатывают секции Межведомственного координационного совета. Структурно разрабатываемый банк данных должен создаваться с учетом возможности его расширения и необходимой корректировки.

В информационную базу отдельно вносится пилотный проект Федеральной системы машин и дополнительно проекты его вариантов с предложениями исполнителей об изменениях и дополнениях.

Численные значения параметров технологий и машин, представленные в регистрах Федеральной системы машин для производства мелиоративных работ, могут быть использованы структурами производственно-мелиоративного сервиса для формирования парка ТС под выбранные в обслуживаемом регионе виды мелиораций и технологии строительства мелиоративных систем, ухода за сооружениями и мелиорированными землями на договорной основе.

Результаты мониторинга обновления парка мелиоративных машин и ТС для водного хозяйства, хода реализации технологий, подготовки технологической оснастки и начала серийного производства семейства машин, контроля качества изготовления ТС, осуществленного под руководством Межведомственного координационного совета, заносятся на магнитном носителе в базу данных (макет ее структуры представлен на рисунке 3).

Общее количество ТС будет определяться суммированием общестроительных, специальных и универсальных мелиоративных машин и энергетических средств.

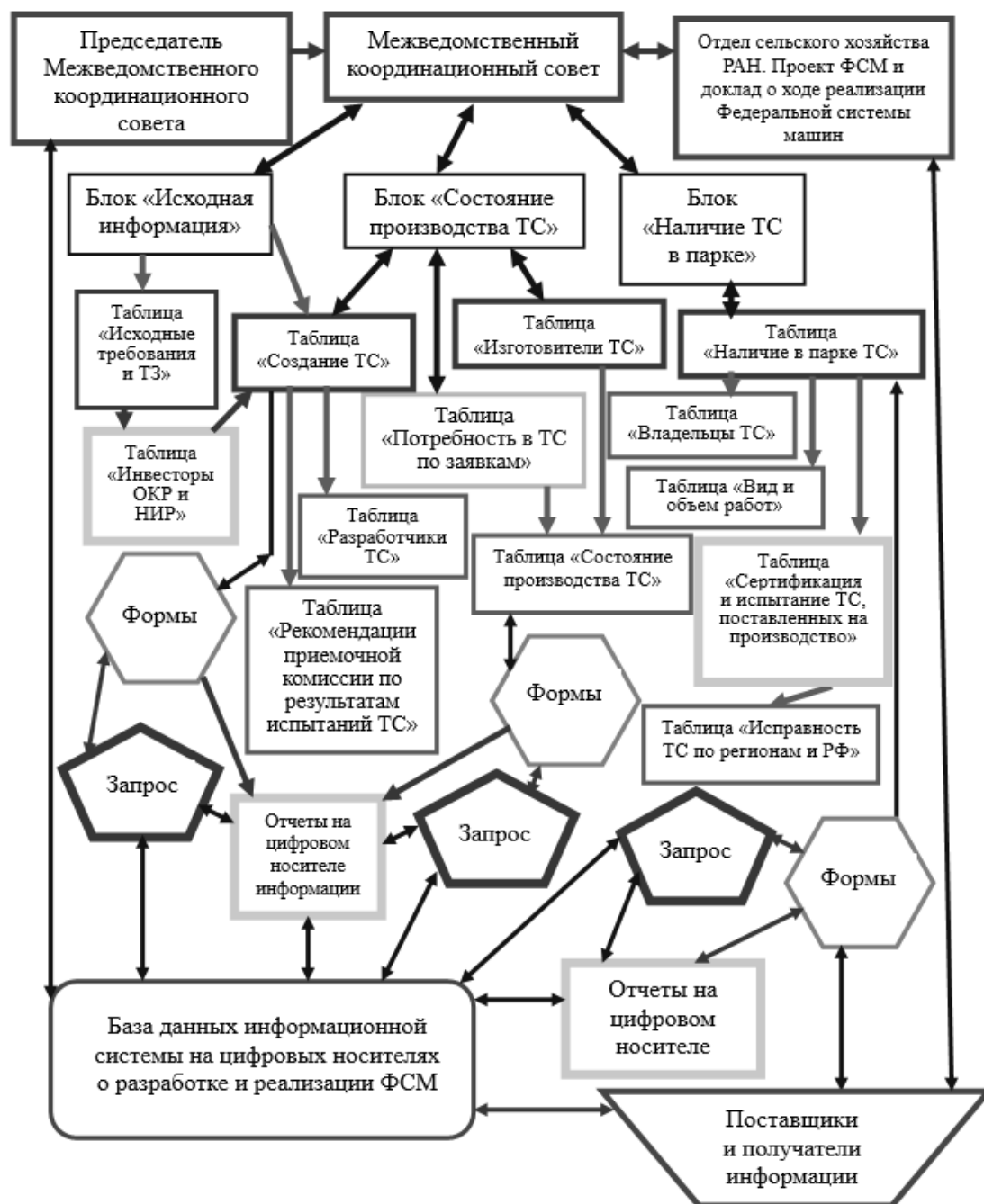


Рисунок 3 – Макет структуры информационной системы

Выводы

1 Предлагаемые методические подходы к формированию и созданию Федеральной системы машин указывают на сложность и многопрофильность работы, а также на то, что цифровая база данных и ее функционирование должны обеспечить потребности производителей мелиоративных и водохозяйственных работ в средствах труда с учетом ограниченности ресурсного потенциала и недостаточного платежеспособного спроса потребителей.

2 Реализация предлагаемых основ федеральных регистров базовых технологий и ТС позволяет повысить целенаправленность и эффективность научных исследований в области технического обеспечения мелиоративных работ на сельскохозяйственных землях, снизить риск продаж специальной техники и подготовки оснастки для ее изготовления.

Список использованных источников

- 1 Отчет о реализации I этапа (2014–2016 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы». – М.: Росинформагротех, 2017. – 80 с.
- 2 Басс, В. Н. Методические указания по эксплуатации автоматизированной системы сбора данных о наличии парка машин и механизмов, находящихся на балансе региональных мелиоративных организаций / В. Н. Басс, В. С. Пунинский. – М.: ВНИИГиМ, 2002. – 26 с.
- 3 Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
- 4 Методы системного анализа в мелиорации и водном хозяйстве / Б. Г. Штепа [и др.]. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 261 с.
- 5 Кизяев, Б. М. Методические основы формирования Федеральных регистров технологий и машин для эксплуатации, ремонта и реконструкции мелиоративных сетей / Б. М. Кизяев, В. С. Пунинский // Научные подходы и технические решения мелиорации земель, водообеспечения и водопользования в АПК: сб. науч. тр. – М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. – С. 129–138.
- 6 Пунинский, В. С. Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ и техника для мелиорации деградированных кормовых угодий / В. С. Пунинский // Кормопроизводство. – 2018. – № 4. – С. 37–45.
- 7 Пунинский, В. С. Совершенствование механизации технологических процессов биомелиорации и водорегулирования на деградированных землях / В. С. Пунинский // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. – С. 256–262.
- 8 Пунинский, В. С. Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ как основа для улучшения деградированных кормовых угодий Нечерноземья / В. С. Пунинский // Кормопроизводство. – 2019. – № 6. – С. 38–48.
- 9 Барсуков, А. Ф. Краткий справочник по сельскохозяйственной технике / А. Ф. Барсуков, А. В. Еленев. – 2-е изд. – М.: Колос, 1974. – 447 с.
- 10 Сельскохозяйственная техника. Каталог / А. Д. Орехов [и др.]. – 2-е изд. – М.: ЦНИИТЭИ Госкомсельхозтехники СССР, 1982. – Ч. 1. – 474 с. – Ч. 2. – 607 с.
- 11 Сельскохозяйственная техника. Каталог / Н. В. Краснощеков [и др.]. – М.: Информагротех, 1991. – Т. 1. – 364 с. – Т. 2. – 368 с.
- 12 Сельскохозяйственная техника. Каталог. – М.: Росинформагротех, 2005. – Т. 1. – 292 с., 2007. – Т. 2. – 288 с., 2007. – Т. 3. – 236 с.
- 13 Федеральные регистры базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г. / Б. М. Кизяев [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2003. – 112 с.

УДК 626.823:627.83

Д. А. Нецепляев, А. А. Белоусов, М. Р. Гонзалес-Гальего, В. И. Коржов

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

**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ
ВОДОЗАБОРНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ И ТРУБЧАТОЙ
ЗАКРЫТОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ***Целью исследований являлось повышение точности и оперативности расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оро-*

сительной сети, используемых при их эксплуатации. Для этого предложен алгоритм расчета, обеспечивающий возможность разработки простых в применении программных средств. Разработан алгоритм расчета для водозаборных сетей разной конфигурации. Приведена реализация алгоритма в виде прикладной компьютерной программы, а также результаты, демонстрирующие ее возможности. Разработанный программный продукт может быть использован как организациями, так и физическими лицами, занимающимися проектированием и эксплуатацией.

Ключевые слова: оросительная система; водораспределительная сеть; водозаборные и регулирующие сооружения; расходы воды; напор воды; автоматизация расчетов.

D. A. Netseplyaev, A. A. Belousov, M. R. Gonzalez-Gallego, V. I. Korzhov

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

COMPUTATION AUTOMATION OF HYDRAULIC REGIMES OF WATER INTAKE PUMPING STATION AND A PIPE CLOSED IRRIGATION NET

The aim of the research was to increase the accuracy and efficiency of calculating the hydraulic regimes of water intake pumping station and the pipe closed irrigation net used in their operation. A calculation algorithm providing the ability to develop easy-to-use software products is proposed for this. A calculation algorithm for water intake networks of different configurations has been developed. The algorithm implementation in the form of an applied computer program as well as the results demonstrating its capabilities is presented. The developed software product can be used both by organizations and individuals involved in design and operation.

Key words: irrigation system; water distribution network; water intake and control structures; water discharge; water head; computation automation.

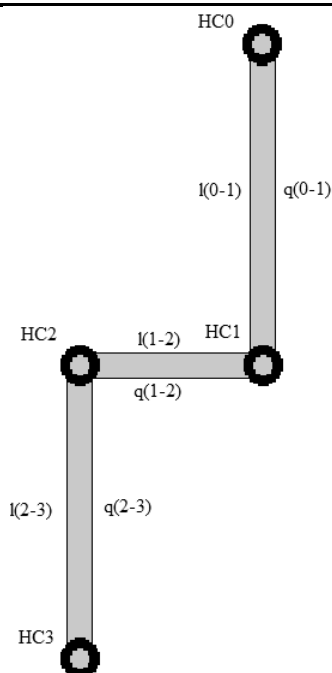
Введение. Одними из важнейших критериев, составляющих основу расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оросительной сети, являются значения протяженностей участков расчета и расходов на них [1]. Кроме того, гидравлические режимы зависят от технических характеристик труб, их пропускных способностей, диаметра. Очевидно, что простое в использовании средство расчета может существенно облегчить трудоемкую задачу расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оросительной сети. Исходя из этого, задачей настоящей работы являлась разработка методических и программных средств для обеспечения возможности расчета гидравлических режимов водозаборных насосных станций и трубчатых закрытых оросительных сетей в зависимости от исходных эксплуатационно-технических характеристик насосной станции и трубчатой оросительной сети.

Материалы и методы. Решение поставленной задачи предполагает наличие следующих исходных данных [2–4]: длина участка, расход на участке.

В качестве примера, демонстрирующего процедуру построения алгоритма расчета, была взята схема водозаборной насосной станции, представленная на рисунке 1.

Алгоритм моделирования работы водозаборных сооружений насосных станций сводится к следующему.

На основе данных о требуемых напорах на выходе сети, геодезическом напоре, расходах, длинах расчетных участков трубопроводов и ассортименте используемых на них труб проводится расчет потерь напора по участкам сети, суммарных потерь напора и полного напора на выходе головной водозаборной насосной станции, подающей воду в эту сеть [5, 6].



НС0, НС1, НС2, НС3 – насосные станции; $l(0-1)$, $l(1-2)$, $l(2-3)$ – длины участков;
 $q(0-1)$, $q(1-2)$, $q(2-3)$ – напор на участках

Рисунок 1 – Схема водозаборной насосной станции, демонстрирующая процедуру построения алгоритма расчета

Блок-схема алгоритма, иллюстрирующая реализацию вышеприведенного алгоритма расчета, приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оросительной сети

Результаты и обсуждение. Приведем данные для расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оросительной сети (таблица 1):

- геодезический напор 20 м;
- напор на выходе сети 63 м;
- мутность воды 0,0005 т/м³;
- средневзвешенная крупность наносов 5 мм/с.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Наименование участка трубопровода	Длина участка, м	Расход, л/с	Расчетный диаметр, мм	Материал труб	Стандартный диаметр по ГОСТу, мм
0–1	1975	372	687	Железобетонные	700
1–2	875	279	595	Железобетонные	600
2–3	950	93	344	Полиэтиленовые	355

Пример экранной формы разработанной компьютерной программы, демонстрирующей результаты расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оросительной сети при вышеприведенных исходных данных, представлен на рисунке 3.

Наименование участка трубопровода	Длина участка, м	Расход, л/с	Расчетный диаметр, мм	Материалы труб	Стандартный диаметр по ГОСТу, мм	Фактическая скорость, м/с	Коеф. гидравлич. сопротивл.	Критическая скорость, м/с	Факт.
1 0-1	1975	372	687	Железобетонные	700	0.97	0.02	0.25	да
2 1-2	875	279	595	Железобетонные	600	0.99	0.02	0.24	да
3 2-3	950	93	344	Полиэтиленовые	355	0.94	0.02	0.28	да

Сумм. потери напора по длине трубопровода: 6.78
Сумм. местные потери: 1.02
Сумм. потери по длине и местные: 7.8
Полный напор на выходе НС: 90.8

Рисунок 3 – Пример экранной формы программы для расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оросительной сети

Пример экранной формы разработанной компьютерной программы, демонстрирующий вывод справочных данных программы, представлен на рисунке 4.

	Средний наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр, мм
1	32	3	26
2	40	3.7	33
3	50	4.6	41
4	63	5.8	51
5	75	6.8	61
6	90	8.2	74
7	110	10	90
8	125	11.4	102
9	140	12.7	115
10	160	14.6	131
11	180	16.4	147
12	200	18.2	164
13	225	20.5	184
14	250	22.7	205
15	280	25.4	229

Давление: Диаметр условного прохода трубы Dst, мм	0 класс до 2 МПа Марка трубы прочности на сжатие	I класс до 1,5 МПа Класс бетона по прочности на сжатие	II класс до 1 МПа III класс до 0,5 МПа	
			Расход бетона, м³	Расход стали, кг
1 500	ТН50-0	В40	0.53	70.8
2 500	ТН50-I	В40	0.53	61.3
3 500	ТН50-II	В40	0.53	44.7
4 500	ТН50-III	В30	0.53	44.7
5 600	ТН60-0	В40	0.76	78.6
6 600	ТН60-I	В40	0.76	74.4
7 600	ТН60-II	В40	0.76	52.4
8 600	ТН60-III	В30	0.76	49.3
9 800	ТН80-I	В40	0.99	106.6
10 800	ТН80-II	В40	0.99	92.7
11 800	ТН80-III	В40	0.99	67.2
12 1000	ТН100-I	В40	1.42	186.5
13 1000	ТН100-II	В40	1.42	158.3

Рисунок 4 – Пример экранной формы справочных данных программы для расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оросительной сети

Разработанный для решения поставленной задачи алгоритм определил целесообразность разработки программных средств, реализующих его работу

В качестве инструментария для разработки программных средств был выбран язык программирования высокого уровня Python с использованием библиотеки PyQt5.

Выводы

1 В ходе решения задачи расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оросительной сети возникает потребность в определении значений длин участков, расходов на участках, диаметров труб на участках.

2 В целях повышения оперативности решения поставленной задачи необходимо использовать простые в использовании программные средства.

3 Предложенный вариант прикладного программного обеспечения для расчета гидравлических режимов водозаборной насосной станции и трубчатой закрытой оросительной сети позволяет оперативно осуществлять расчет необходимых параметров и представляет результат в удобном виде.

4 Разработанное программное средство может быть использовано как организациями, так и физическими лицами, занимающимися вопросами проектирования и эксплуатации оросительной сети.

Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. – Новосибирск: СФНЦ РАН, 2017. – Т. 2. – С. 167–169.

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

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

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

5 Анализ влияния новых средств и способов полива на процессы управления водораспределением / В. И. Коржов, О. В. Сорокина, Т. В. Коржова, Г. О. Матвиенко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 4(32). – С. 105–125. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=567&id=574>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-105-125.

6 Коржов, В. И. Информационно-технологическое обеспечение водопользования на оросительных системах: монография / В. И. Коржов. – Ростов н/Д.: Изд-во журн. «Известия вузов. Северо-Кавказский регион», 2006. – 127 с.

УДК 626.823:627.83

М. Р. Гонзалез-Гальего, А. А. Белоусов, Д. А. Нецепляев, В. И. Коржов

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

**ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА
ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ВОДОЗАБОРНЫХ
СООРУЖЕНИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Целью исследований являлось уменьшение трудоемкости гидравлических расчетов водозаборных сооружений оросительных систем, используемых при их проектировании и эксплуатации, путем автоматизации необходимых расчетов. Для этого предложен алгоритм расчета в виде блок-схемы, адаптированный для компьютерной обработки с использованием широкодоступных и простых в применении программных средств. Приведен пример реализации разработанных средств в виде прикладной ком-

пьютерной программы, а также результаты, демонстрирующие ее возможности. Разработанные средства могут использоваться организациями, а также физическими лицами, занимающимися вопросами проектирования и эксплуатации оросительных систем и сооружений.

Ключевые слова: оросительная система; водораспределительная сеть; водозаборные и регулирующие сооружения; расходы воды; автоматизация расчетов.

M. R. Gonzalez-Gallego, A. A. Belousov, D. A. Netseplyaev, V. I. Korzhov

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

IT SUPPORT OF HYDROLOGIC COMPUTATIONS OF WATER INTAKE STRUCTURES OF IRRIGATION SYSTEMS

The aim of the research was to reduce the complexity of hydraulic calculations of water intake structures of irrigation systems used in their design and operation by computation automation. For this purpose the calculation algorithm in the form of a block scheme adapted for computer processing using widely available and easy-to-use software is proposed. An example of implementation of the developed means in the form of an applied computer program as well as results demonstrating its capabilities is presented. The developed means can be used by organizations as well as individuals involved in the design and operation of irrigation systems and structures.

Key words: irrigation system; water distribution network; water intake and control structures; water discharge; computation automation.

Введение. Производство гидравлических расчетов водозаборных сооружений – точно алгоритмизированная задача, включающая в себя большое количество математических операций, часть из которых последовательно связаны. Очевидно, что производство необходимых вычислений вручную – трудоемкий процесс, в ходе которого могут быть допущены ошибки и неточности. Такого рода алгоритмизированные задачи подлежат автоматизации без каких-либо функциональных потерь, при этом минимизация человеческого фактора уменьшает как время вычислений, так и вероятность ошибок [1, 2]. Исходя из этого, задача настоящей работы состояла в разработке методических и программных средств, позволяющих производить расчет геометрических размеров и гидравлических характеристик водоприемных отверстий, самотечной и всасывающей линий водозаборных сооружений, а также потерь напора на них и их элементах и обеспечивающих оперативную информационную поддержку выбора исходных данных и принятия решений.

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

- расчетный расход водозабора ($Q_{в/з,расч}$), л/с;
- коэффициент засорения водоприемного оголовка плавающим мусором ($k_{зас}$);
- количество водоприемных отверстий (секций) ($n_{сек}$), шт.;
- скорость втекания в водоприемное отверстие (в свету) ($V_{вт}$), м/с;
- коэффициент стеснения водоприемного отверстия ($k_{ст}$);
- скорость движения воды в самотечной линии исходная ($V_{с,исх}$), м/с;
- скорость движения воды во всасывающем трубопроводе ($V_{вс}$), м/с;
- длина самотечной линии (l_c), м;
- диаметр самотечной трубы принятый ($d_{с,пр}$), м;

- коэффициент гидравлического сопротивления самотечной линии (k_c);
- длина всасывающего трубопровода ($l_{вс}$), м;
- коэффициент гидравлического сопротивления во всасывающем трубопроводе ($k_{вс}$);
- коэффициенты сопротивления элементов местных сопротивлений.

Для помощи в формировании вводных данных необходимы справочные материалы.

В качестве примера блок-схема алгоритма вычисления расчетной площади водоприемного отверстия брутто, m^2 , представлена на рисунке 1.

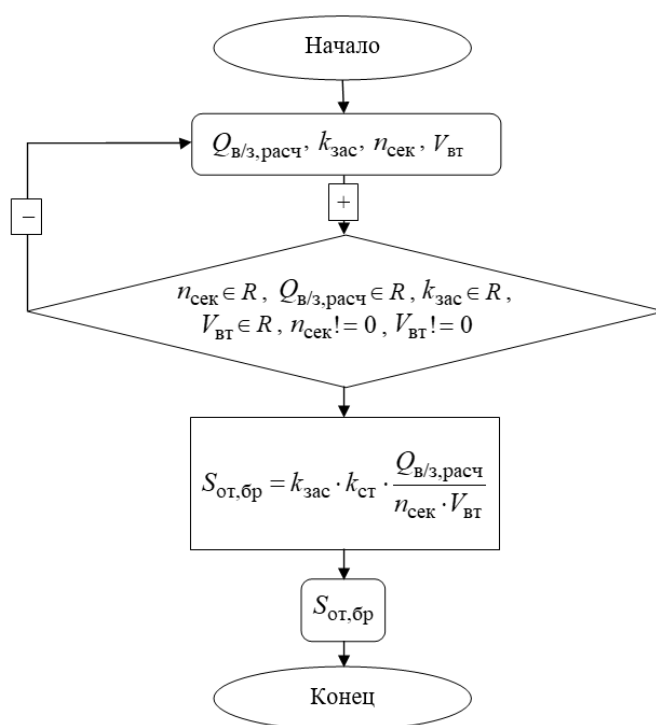


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма вычисления расчетной площади водоприемного отверстия брутто, m^2

Методика расчетов водозаборных сооружений гидравлической системы сводится к следующему [3, 4]:

- определяют (задаются) значения параметров, необходимых для расчета площади водоприемного отверстия ($Q_{в/з,расч}$, $k_{зас}$, $n_{сек}$, $V_{вт}$, $k_{ст}$);

- вычисляется расчетная площадь водоприемного отверстия $S_{от,бр} = k_{зас} \cdot k_{ст} \times \frac{Q_{в/з,расч}}{n_{сек} \cdot V_{вт}}$;

- на основании значения $S_{от,бр}$ выбираются соответствующие ближайшие стандартные размеры ($S_{от,пр}$, $b_{от,пр}$ (принимается при прямоугольном сечении оголовка), $h_{от,пр}$ (принимается при прямоугольном сечении оголовка), $d_{от,пр}$ (принимается при круглом сечении оголовка));

- принимается (задается) недостающий параметр для расчета диаметра самотечной линии ($V_{с,исх}$);

- вычисляется расчетный диаметр самотечной линии $d_{с,расч} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{в/з,расч}}{\pi \cdot V_{с,исх} \cdot n_{сек}}}$;

- на основании $d_{с,расч}$ принимается $d_{с,пр}$ путем округления $d_{с,расч}$ до ближайшего стандартного значения $d_{с,пр} \approx d_{с,расч}$;

- на основании $d_{с,пр}$ вычисляется $V_{с,норм} = \frac{4 \cdot Q_{в/з,расч}}{\pi \cdot d_{с,пр}^2}$;

- принимается (задается) недостающий параметр для расчета диаметра всасывающего трубопровода ($V_{вс}$);

- рассчитывается расчетный диаметр всасывающего трубопровода $d_{вс,расч} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{в/з,расч}}{\pi \cdot V_{вс} \cdot n_{сек}}}$;

- на основании $d_{вс,расч}$ принимается диаметр всасывающего трубопровода путем округления расчетного до ближайшего стандартного значения $d_{вс,пр} \approx d_{вс,расч}$;

- принимаются (задаются) параметры l_c , k_c ;

- вычисляется расчетный расход водозабора в аварийном режиме $Q_{в/з,ав} \geq 0,7 \cdot Q_{в/з,расч}$;

- рассчитывается скорость течения воды в самотечной линии в аварийном режиме $V_{с,ав} = \frac{4 \cdot Q_{в/з,ав}}{\pi \cdot d_{с,пр}^2}$;

- рассчитываются потери напора по длине самотечной линии $\Delta h_{с,дл} = k_c \frac{l_c \cdot V_{с,ав}^2}{d_{с,пр} \cdot 2g}$;

- принимаются (задаются) параметры $l_{вс}$, $d_{вс,пр}$, $k_{вс}$;

- рассчитывается скорость течения воды всасывающей линии при аварийном режиме $V_{вс,ав} = \frac{4 \cdot Q_{в/з,ав}}{\pi \cdot d_{вс,пр}^2}$;

- рассчитываются потери напора по длине всасывающей линии $\Delta h_{вс,дл} = k_c \frac{l_{вс} \cdot V_{вс,ав}^2}{d_{вс,пр} \cdot 2g}$;

- принимаются (задаются) коэффициенты сопротивления элементов ($k_1 - k_9$) и скорости воды ($v_1 - v_9$);

- рассчитывается потеря напора для каждого элемента $\Delta h_i = \xi_i \cdot \frac{V_i^2}{2g}$;

- рассчитываются суммарные потери напора $\Delta h_{\Sigma} = \sum_{i=1}^9 \Delta h_i$.

Алгоритм можно поделить на условно независимые блоки, которые можно выполнять параллельно. Схема действия алгоритма, составленного с учетом этой особенности, приведена на рисунке 2.

Результаты и обсуждение. Исходя из структуры алгоритма и принципов портируемости программного обеспечения, были определены соответствующие программные средства [5].

Экранная форма одного из вариантов компьютерной программы, ориентированной на производство гидравлических расчетов, представлена на рисунке 3.

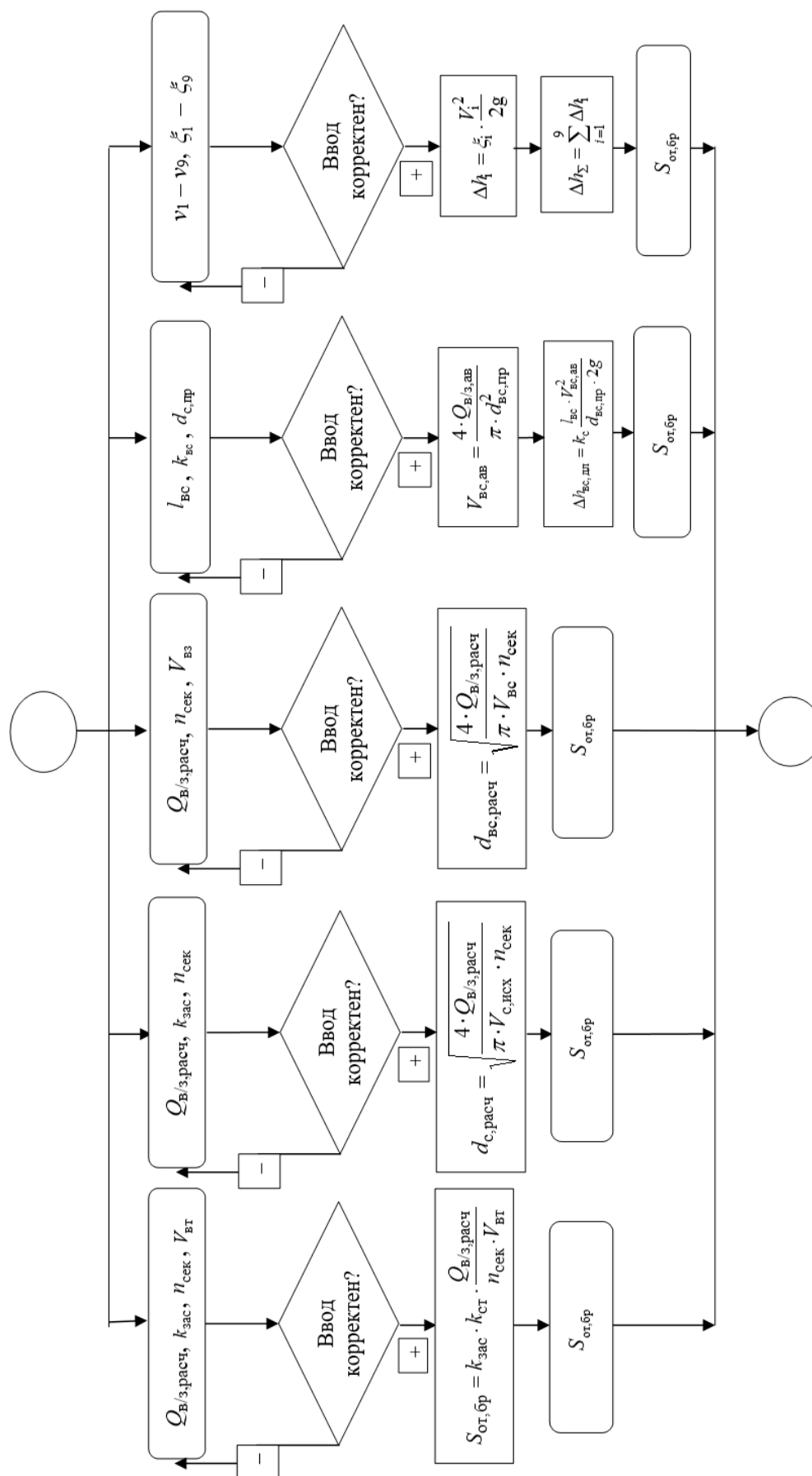


Рисунок 2 – Блок-схема общего алгоритма гидравлических расчетов

Отметим, что данный вариант программы позволяет как производить расчеты программными средствами, так и вручную вносить исправления в результаты, предполагающие вариативность (см. рисунок 3). Поля ввода снабжены примечаниями в виде подписей и всплывающих подсказок.

Рисунок 3 – Пример экранной формы программы для гидравлических расчетов водозаборных средств

Выводы

1 Автоматизация строго алгоритмизированных рутинных расчетов уменьшит трудоемкость и повысит точность выполнения задач.

2 В качестве одного из возможных алгоритмов решения задачи может быть использован параллельно-последовательный алгоритм расчета, легко реализуемый широким спектром программных средств.

3 Предложенный вариант компьютерной программы позволяет оперативно производить гидравлические расчеты для сооружения без необходимости дополнительного обучения пользователя.

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

Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. – Новосибирск: СФНЦ РАН, 2017. – Т. 2. – С. 167–169.

2 Автоматизация инженерных расчетов: метод. указания по выполнению курсовой работы / сост. Г. В. Мозгова, М. Ю. Серегин, И. П. Борисов, П. В. Балабанов. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 2010. – 40 с.

3 Анализ влияния новых средств и способов полива на процессы управления водораспределением / В. И. Коржов, О. В. Сорокина, Т. В. Коржова, Г. О. Матвиенко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 4(32). – С. 105–125. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=567&id=574>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-105-125.

4 Водозаборные сооружения поверхностных и подземных вод: метод. указания к выполнению курсового проекта / сост. Г. Н. Пурас, Ю. В. Бандюков; Новочеркасск. инж.-мелиоратив. ин-т ДГАУ. – Новочеркасск, 2015. – 47 с.

5 Сузи, Р. А. Язык программирования Python: учеб. пособие / Р. А. Сузи. – М.: Интуит, Бином, Лаб. знаний, 2006. – 328 с.

УДК 631.67

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

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

АНАЛИЗ РАБОТЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ «ЭМЕРСИТ»

В статье представлен анализ работы информационно-аналитической системы мониторинга параметров окружающей среды «Эмерсит», выполненный на основе сопоставления результатов измерений на ИК и измерений, проведенных в полевых исследованиях. Приведены основные параметры окружающей среды, которые фиксируют данные комплексы, и проанализирован временной интервал их устойчивого фиксирования. Отмечены некоторые различия при сопоставлении уровней и расходов воды, измеренных в полевых условиях.

Ключевые слова: мониторинг; река; расход; уровень; измерительный комплекс.

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

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

PERFORMANCE REVIEW OF THE “EMERSIT” INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS MONITORING

The analysis of performance of the information and analytical system for monitoring environmental parameters “Emersit”, based on a comparison of the infrared measured results and measurements carried out in field studies is presented. The main environmental parameters recording these complexes are given, and the time interval for their stable fixation is analyzed. Some differences at comparing the water levels and water discharges measured in the field are noted.

Key words: monitoring; river; water discharge; level; measuring complex.

Введение. Одной из проблем малых рек в настоящее время является недостаточная гидрологическая изученность вследствие отсутствия гидрологических постов наблюдений. Установка современных мобильных комплексов – актуальное решение данной проблемы [1].

Одним из таких современных приборов является измерительный комплекс (ИК) «Эмерсит-М35», который предназначен для организации территориально распределенных систем мониторинга состояния окружающей среды, что необходимо для защиты

населения и критически важных объектов перед угрозами природного и техногенного характера [2].

Материалы и методы. В бассейне р. Темерник установлено девять ИК: три в русле р. Темерник – 268, 241, 239, четыре в русле б. Камышевахи – 271, 270, 238 и 267 и два в русле б. Безымянной – 269 и 240 (рисунок 1) [3].

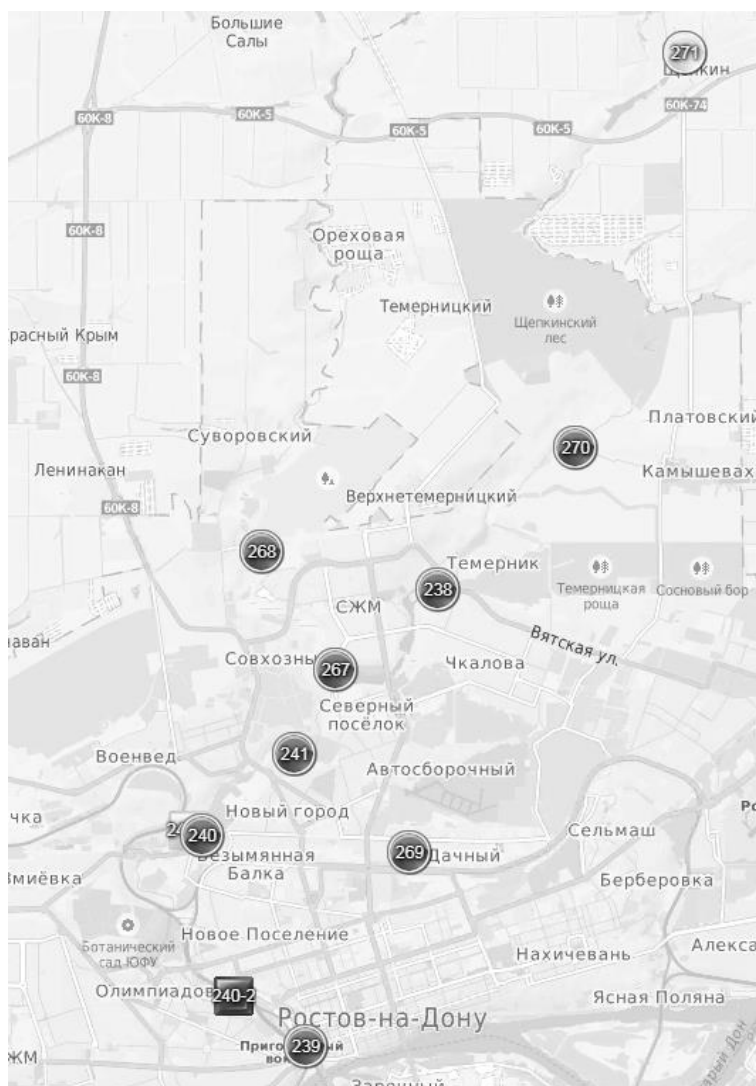


Рисунок 1 – Схема расположения ИК в бассейне р. Темерник

В таблице 1 представлены основные параметры, которые измеряют данные ИК (таблица 1) [3].

Согласно представленным в таблице 1 данным, наиболее продолжительные и устойчивые значения по метеорологическим показателям наблюдаются на ИК 238, по гидрологическим на ИК 241 и 239. Поэтому детальный анализ показателей выполнен для данных створов за период с 20.02.2018 по 30.10.2018.

Результаты и обсуждения. На рисунке 2 представлены графики динамики расходов воды в русле р. Темерник в створах ИК 241 и 239. В целом графики имеют весьма схожую форму, что свидетельствует о синхронности расходов. Следует отметить наличие двух максимальных значений (пиков) расходов в створе ИК 241, которые не наблюдаются на устьевом участке в створе ИК 239. Выявлено, что в ряду наблюдений в створе ИК 239 на протяжении довольно продолжительного периода (порядка 50 дней) отсутствуют данные.

Графики динамики уровней воды в исследуемых створах представлены на рисунке 3.

Таблица 1 – Основные параметры окружающей среды, измеряемые ИК

Номер ИК	Параметр окружающей среды	Дата начала наблюдения	Период устойчивого наблюдения
1	2	3	4
270	Уровень воды, м	27.10.2018	На данный момент уровень воды в Балтийской системе не отображается
	Осадки, мм		С 27.10.2018 по настоящее время
238	Уровень воды, м	16.10.2017	29.10.2017 – 19.03.2018; 04.04.2018 – 06.06.2018; 14.06.2018 – 27.07.2018; с 08.09.2018 по настоящее время
	Осадки, мм		С 16.10.2017 по настоящее время
	Скорость ветра, м/с		
	Температура воздуха, °С		
	Относительная влажность воздуха, %		
	Абсолютное давление, мм рт. ст.		
	Точка росы, °С		
	Расход воды, м³/с		23.10.2017 – 22.06.2018; с 10.08.2018 по настоящее время
267	Уровень воды, м	27.10.2018	На данный момент уровень воды в Балтийской системе не отображается
268	Уровень воды, м	27.10.2018	На данный момент уровень воды в Балтийской системе не отображается
	Осадки, мм		С 27.10.2018 по настоящее время
241	Уровень воды, м	13.10.2017	20.10.2017 – 21.11.2017; 23.11.2017 – 08.01.2018; с 23.01.2018 по настоящее время
	Расход воды, м³/с	23.11.2017	С 23.11.2017 по настоящее время
271	Осадки, мм	05.07.2018	Наблюдения носят неустойчивый характер
	Температура воздуха, °С	28.10.2018	Наблюдения носят неустойчивый характер
	Относительная влажность воздуха, %	04.07.2018	04.07.2018 – 31.10.2018, наблюдения носят неустойчивый характер
	Абсолютное давление, мм рт. ст.		04.07.2018 – 31.10.2018
	Точка росы, °С		04.07.2018 – 30.10.2018
240	Уровень воды, м	16.10.2017	30.10.2017 – 23.11.2018; 19.02.2018 – 27.05.2018; 21.06.2018 – 03.08.2018; с 26.10.2018 по настоящее время
	Температура воздуха, °С	27.10.2017	С 27.10.2017 по настоящее время
	Относительная влажность воздуха, %	27.10.2017	С 27.10.2017 по настоящее время
	Абсолютное давление, мм рт. ст.	27.10.2017	С 27.10.2017 по настоящее время
	Точка росы, °С	27.10.2017	С 27.10.2017 по настоящее время
	Расход воды, м³/с	18.11.2017	18.11.2017 – 24.05.2018; 21.06.2018 – 30.10.2018

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
269	Уровень воды, м	27.07.2018	С 28.10.2018 по настоящее время
	Осадки, мм	27.07.2018	С 28.10.2018 по настоящее время
239	Уровень воды, м	21.10.2017	С 21.10.2017 по настоящее время
	Расход воды, м ³ /с	24.11.2017	14.01.2018 – 05.02.2018; 20.02.2018 – 09.08.2018; с 10.10.2018 по настоящее время

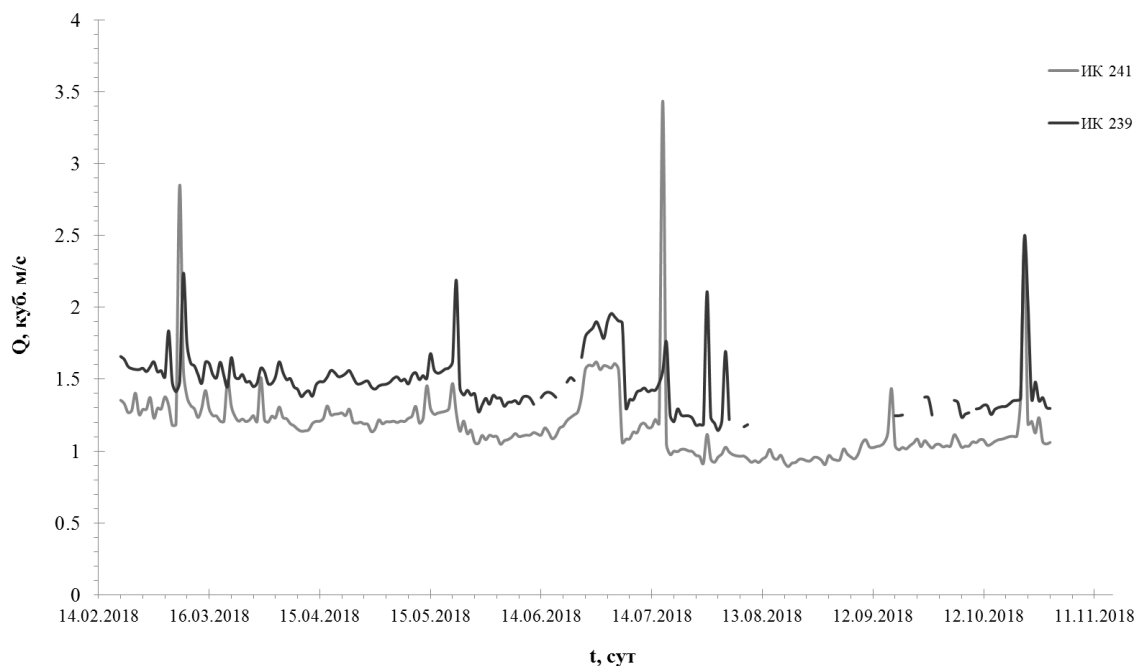


Рисунок 2 – Динамика расходов воды р. Темерник по результатам измерений ИК 241 и ИК 239 в 2018 г. на 0 ч

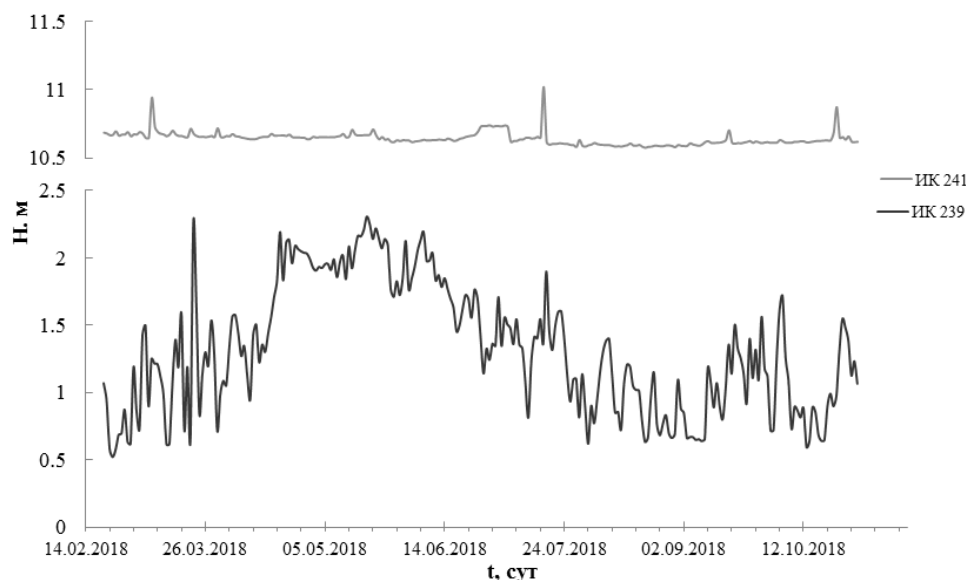


Рисунок 3 – Динамика уровней воды р. Темерник по результатам измерений ИК 241 и ИК 239 в 2018 г. на 0 ч

При сопоставлении данных показателей формы графиков различны между собой и такой синхронности, как при анализе расходов, не наблюдается. В створе ИК 241 графики расходов и уровней воды имеют схожую форму и в целом максимальные значения расходов соответствуют максимальным значениям уровней воды. На устьевом

участке на ИК 239 графики уровней и расходов воды совершенно различны. Наивысшие значения уровней воды наблюдаются в период с апреля по июль, при этом в данный период максимальных расходов не зафиксировано. В таблице 2 приведены числовые характеристики исследуемых показателей.

Таблица 2 – Характеристики исследуемых показателей по результатам измерений ИК

Номер ИК	Период наблюдения	Уровень воды, м				Расход воды, м ³ /с			
		Максимальный	Минимальный	C_v	C_s	Максимальный	Минимальный	C_v	C_s
241	22.02.18 – 30.10.18	11,02	10,58	0,005	3,16	3,433	0,89	0,21	4,66
239	22.02.18 – 30.10.18	2,36	0,52	0,36	0,24	2,481	1,143	0,14	1,57

На рисунках 4, 5 представлены поперечные сечения русла реки в створе ИК с нанесением максимальных и минимальных уровней воды, зафиксированных ИК, за исследуемый период.

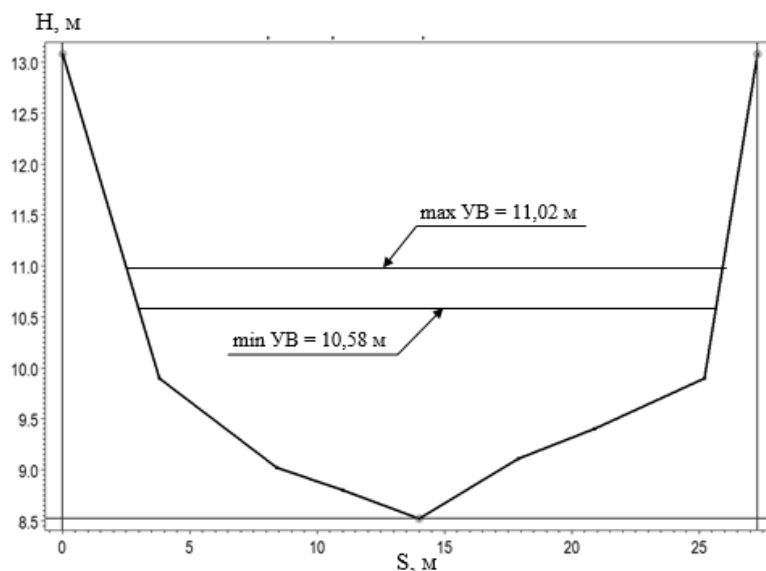


Рисунок 4 – Поперечное сечение русла реки в створе ИК 241

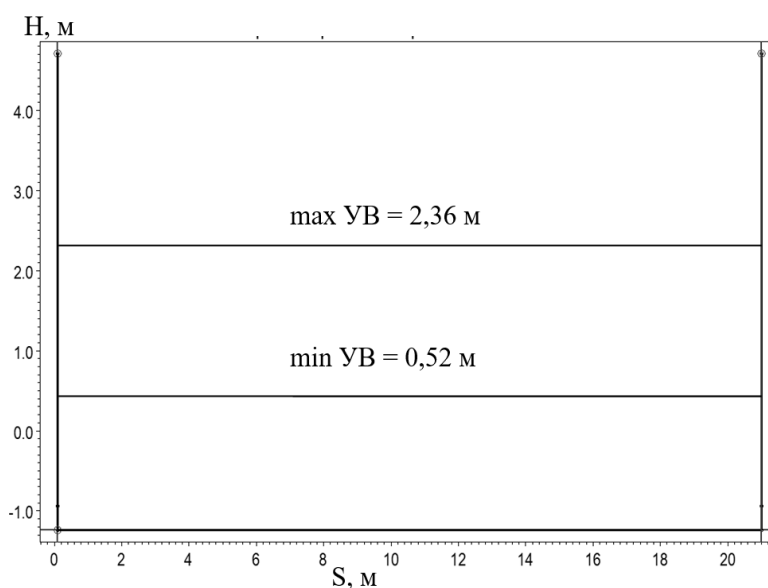


Рисунок 5 – Поперечное сечение русла реки в створе ИК 239

В процессе выполнения работ были проведены измерения уровня воды в р. Темерник в створе ИК (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты измерений уровней воды р. Темерник

В метрах Балтийской системы

Номер ИК	Дата	Отметка уровня воды	
		измерительный комплекс	измерение РосНИИПМ
239	18.05.2018	2,209	1,119
	03.06.2018	1,846	0,838
	17.07.2018	1,366	0,258
	21.08.2018	0,667	–0,321
	13.09.2018	1,071	0,063
	21.10.2018	0,992	–0,018
241	18.05.2018	10,668	9,538
	12.06.2018	10,636	9,536
	17.07.2018	11,021	10,015
	21.08.2018	10,582	9,481
	13.09.2018	10,612	9,511
	21.10.2018	10,63	9,63

Как видно из представленных данных, уровни воды, измеренные фактически, не совпадают с данными ИК примерно на 1 м.

Выводы. Анализ работы информационно-аналитической системы мониторинга параметров окружающей среды «Эмерсит», выполненной на основе сопоставления результатов измерений на ИК и измерений, проведенных в полевых исследованиях, позволяет сделать следующие выводы:

- результаты измерений гидрометеорологических параметров на ИК легкодоступны, в т. ч. и в режиме реального времени;
- за период исследований с 07.04.2018 по 07.11.2018 имело место отсутствие информации по отметкам уровней и расходам воды р. Темерник;
- уровни воды, измеренные ИК 238 и ИК 241, не отображаются в Балтийской системе;
- при сравнении результатов измерений уровней воды на ИК и в полевых исследованиях отмечены некоторые различия также и по расходам воды;
- при анализе измерений расходов воды р. Темерник на ИК 238 и ИК 241 имеет место превышение показателей в верхнем течении реки над одноименными показателями в нижнем течении;
- при сравнении результатов измерения метеорологических параметров на ИК 238 и на метеорологической станции г. Ростова-на-Дону значимых различий не наблюдалось;
- к числу параметров, измеренных на ИК, желательно добавить: высоты снежного покрова, плотность, интенсивность снеготаяния, интенсивность дождя (средняя, максимальная), испарение с водной поверхности, суммарная радиация.

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 Система мониторинга состояния Темерника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.temernik.su/monitoring>, 2019.

3 Мониторинг. Эмерсит [Электронный ресурс]. – Режим доступа: emercit.com/map/, 2019.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 634.11:581.43

А. С. Штанько

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

Я. Е. Удовидченко

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

ОСОБЕННОСТИ ГЕОМЕТРИИ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ЯБЛОНИ СОРТА АЙДАРЕД, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

Цель исследования – установить особенности расположения корней корневой системы яблоневых растений, произрастающих на склонах. Предмет исследования – корневые системы разновозрастных яблоневых растений сорта Айдаред, произрастающих на склонах крутизной до 9°, почвенный покров которых представляет тяжелосуглинистый южный среднемошный слабогумусный чернозем. В результате раскопок корневых систем пяти яблоневых растений установлены характерные отличия в форме и расположении горизонтальных и вертикальных корней яблонь, произрастающих на разноуклонных земельных участках, в сравнении с их корневыми системами, формирующимися на безуклонных садовых угодьях. Установленные качественные и количественные отличия в геометрии расположения корней яблоневых растений предполагается учитывать при проектировании систем капельного орошения склоновых древесно-садовых насаждений.

Ключевые слова: яблоня; корневая система; расположение корней; склоновые земли; удаленность корней; заглубленность корней.

A. S. Shtanko

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

FEATURES OF GEOMETRY OF ROOT SYSTEMS OF IDARED APPLE VARIETY GROWING ON SLOPING LANDS

The purpose of the study was to determine the features of the roots of the root system of apple plants location growing on sloping lands. The subject of the study is the root systems of different-aged Idared apple plants growing on slopes with steepness up to 9°, the soil cover of which is a heavy-loamy southern medium-grade low-humus chernozem. Excavations of the root systems of five apple plants revealed characteristic differences in the shape and location of the horizontal and vertical roots of apple trees growing on different slope plots of land in comparison with their root systems formed on steady orchards. The determined qualitative and quantitative differences in the geometry of the apple plants roots location are supposed to be taken into account when designing drip irrigation systems for sloping tree-garden plantings.

Key words: apple tree; root system; roots location; sloping lands; roots remoteness; roots depth.

Введение. В современной практике садоводства все большее распространение получают насаждения яблоневых растений, культивируемых на склоновых земельных угодьях при капельном орошении. Качественный капельный полив древесных расте-

ний, располагающих мощной корневой системой, может быть обеспечен при условии подачи поливной воды в зону массового скопления их «водопотребляющих» корней. Указанная целевая установка не может быть достигнута без знания геометрии корневых систем яблоневых культур. Знание глубинных и плановых параметров корневых систем древесных растений определяет обоснованный выбор местоположения и размеры зон капельного увлажнения почвы в пределах области их питания. От точности расположения локальных контуров влажности, формирующихся в почвогрунтовой корневобитаемой среде, зависит качество водного и минерального питания растений, а следовательно, их рост и продуктивность. Учитывая важность решения задачи по изучению геометрии корневых систем многолетних культур, ее исследованиям уделяли определенное внимание. Обстоятельная информация по корневым системам яблоневых растений приведена в монографиях В. А. Колесникова [1] и В. Н. Шкуры [2, 3]. Анализ и обобщение известной информации [1–4] позволяет отметить нижеследующее.

1 Геометрические параметры корневых систем древесных растений определяются сочетанием генетических и эдафических факторов. Рост корней и их расположение в почвогрунтовой среде зависят от природных условий среды обитания яблоневых растений и их наследственно-физиологических особенностей.

2 В наиболее общем случае корни древесных растений в процессе их роста распространяются в почвенном пространстве с разной степенью неравномерности. В плане отношении корневым системам яблоневых растений характерна различная степень асимметричности расположения корней различного функционального назначения. Качественные и количественные показатели асимметричности определяются характеристиками почвенного пространства, наличием физических и биологических барьеров, степенью анизотропности педосферы и другими факторами. Относительная симметрия расположения корней растений в почвенном пространстве наблюдается в однородной почвенной среде при отсутствии ограничивающих их распространение барьеров.

В результате предшествующих исследований [5–8] разработаны методики прогнозирования геометрических параметров относительно симметричных корневых систем одиночно произрастающих яблоневых растений на равнинных или слабоуклонных земельных участках. Установлены факты трансформации формы и размеров корневых систем древесных культур, произрастающих на склонах, что не позволяет использовать известные методики расчета без внесения в них корректив. Необходимые коррективы могут быть установлены по материалам соответствующих исследований. В результате анализа опытных данных необходимо установить качественные особенности и количественные характеристики влияния уклонов земной поверхности на параметры корневых систем яблоневых растений, что и определено целью настоящего исследования.

Материалы и методы. Необходимый для анализа и обобщений материал собран при раскопках пяти яблоневых растений, отдельно произрастающих на горизонтальном участке и на склонах с углами наклона поверхности земли α_n 2,8; 6,0; 7,0 и 9,0°. Почвенный покров участков представлен тяжелосуглинистым южным среднеспелым черноземом со средними по метровому слою почвы показателями: содержанием глинистых частиц $W_g = 58,0$ процента от массы сухой почвы (% МСП), наименьшей влагоемкостью $W_{нв} = 29,0$ % МСП и плотностью сложения $\gamma = 1,3$ т/м³. Почвенные характеристики определялись по общепринятым рекомендациям, а раскопки и размыты корневых систем проводились по методикам, приведенным в работах В. А. Колесникова, В. Н. Шкуры и др. [1, 2].

Результаты и обсуждение. Материал исследований составили виды корневых систем яблонь сорта Айдаред, характерные из которых приведены на рисунках 1 и 2.

Для приведенного на рисунке 1 полуплана корневой системы яблони, произрастающей на безуклонном земельном участке, характерен высокий уровень симметричности расположения корней растения. Средний радиус удаленности корней от штамба составил $\bar{R}_k = 3,89$ м при максимуме 4,25 м и минимуме 3,70 м.

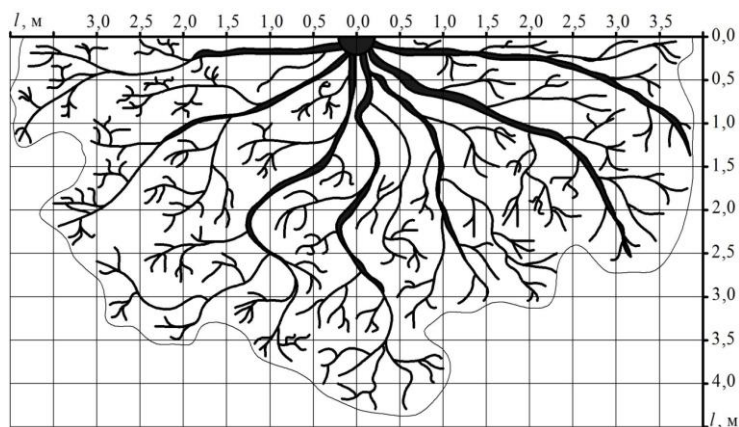
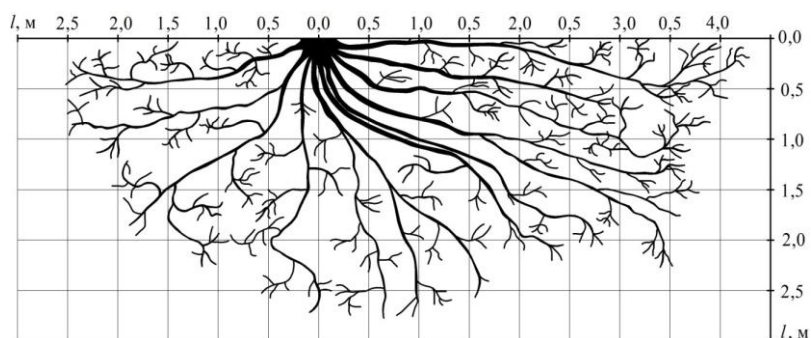
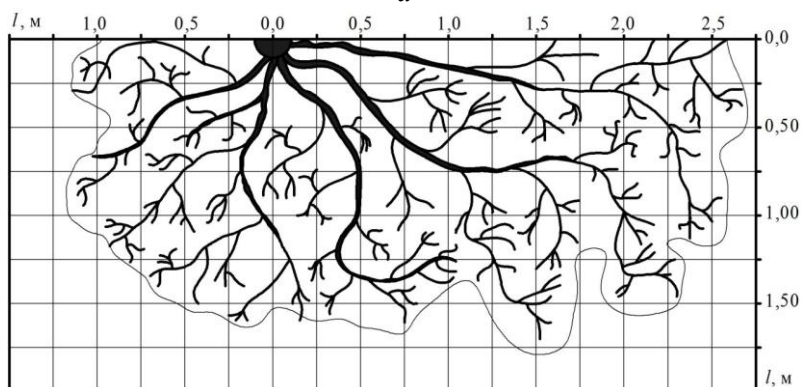


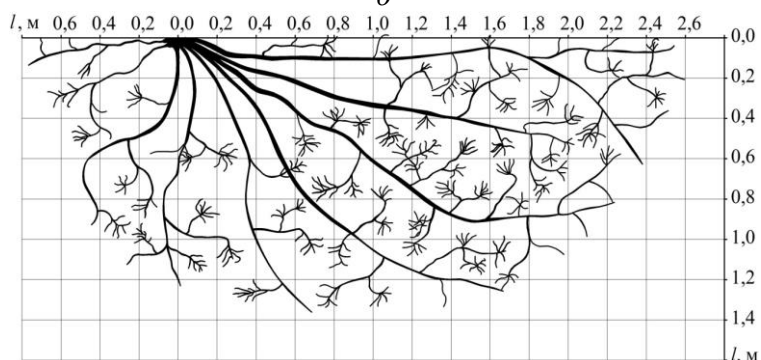
Рисунок 1 – Плановое расположение корней корневой системы одиночно произрастающей яблони сорта Айдаред на безуклонном садовом участке



a



б



в

a – при крутизне склона $\alpha_{\text{п}} = 2,8^\circ$; *б* – при крутизне склона $\alpha_{\text{п}} = 6,0^\circ$;
в – при крутизне склона $\alpha_{\text{п}} = 9,0^\circ$

Рисунок 2 – Полуплановые схемы корневых систем яблонь, произрастающих на склоновых земельных участках

Для приведенных на рисунке 2 схем корневых систем характерна выраженная «склоновая» асимметричность расположения корней с вытянутостью их в направлении склона. Количественно геометрия корневых систем растений может быть оценена нижеприведенными параметрами: средней удаленностью окончаний корней от штамба $\bar{L}_k$, м; удаленностью окончаний корней от штамба вверх $L_{k/в}$, м, и вниз $L_{k/н}$, м, по склону; удаленностью окончаний корневых ветвей от корневой шейки в поперечном склоновому направлению $L_{k/п}$, м, и соотношениями параметров $L_{k/в}/\bar{L}_k$, $L_{k/н}/\bar{L}_k$, $L_{k/п}/\bar{L}_k$, $L_{k/н}/L_{k/в}$. Результаты определения этих параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные по параметрам корневых систем разновозрастных яблонь сорта Айдаред, произраставших на разноуклонных склонах

$\alpha_{п}, ^\circ$	$\bar{L}_k, м$	$L_{k/в}, м$	$L_{k/н}, м$	$L_{k/п}, м$	$L_{k/в}/\bar{L}_k$	$L_{k/н}/\bar{L}_k$	$L_{k/п}/\bar{L}_k$	$L_{k/н}/L_{k/в}$	$\omega_{к/с}, м^2$
2,8	3,00	2,50	4,20	2,65	0,83	1,39	0,88	1,68	28,6
6,0	1,81	1,13	2,60	1,58	0,62	1,44	0,87	2,30	10,3
9,0	1,53	0,68	2,56	1,37	0,44	1,67	0,90	3,76	7,4

С достаточной для практических расчетов точностью соотношения $L_{k/в}/\bar{L}_k = f_1(\alpha_{п})$ и $L_{k/н}/\bar{L}_k = f_2(\alpha_{п})$ аппроксимируются зависимостями:

$$L_{k/в}/\bar{L}_k = 1 - 0,067 \cdot \alpha_{п},$$

$$L_{k/н}/\bar{L}_k = 1 + 0,067 \cdot \alpha_{п}.$$

Определенная асимметричность корневых систем наблюдается по глубине ризосферы яблоневых растений, что проиллюстрировано рисунком 3.

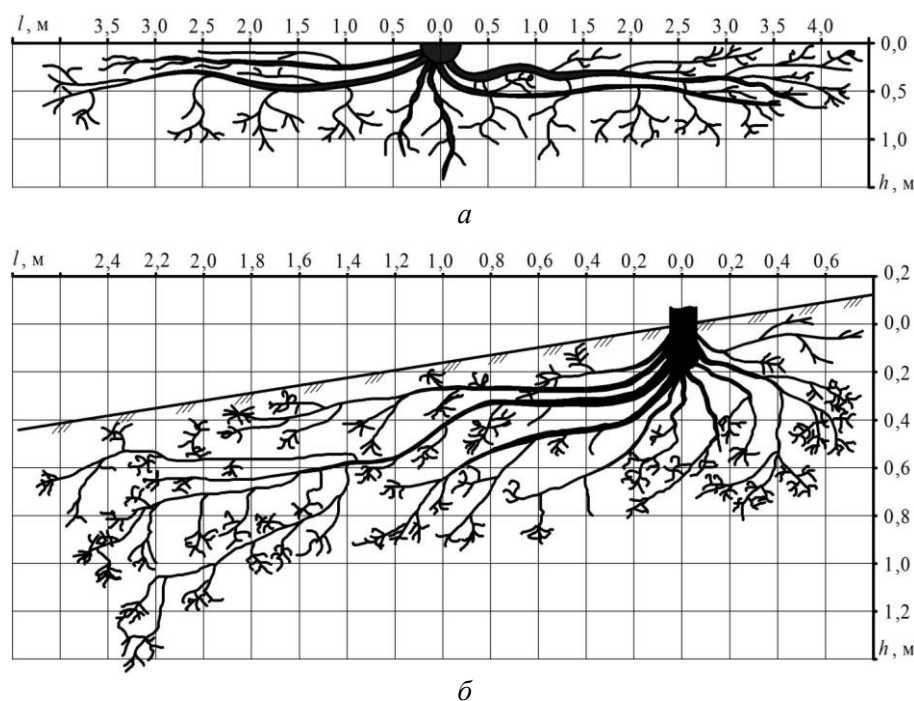


Рисунок 3 – Заглубленность корней яблонь сорта Айдаред, произраставших на равнинном (а) и склоновом (б) участках

Судя по данным рисунка 3, на склоновом участке при $\alpha_{п} = 9^\circ$ вертикальные корни менее выражены, нежели у корневой системы яблони, произраставшей на безуклонном участке. При этом имеет место большая заглубленность горизонтальных корней в нижнесклоновой части корневой системы в сравнении с ее верхнесклоновой зоной.

Выводы

1 Корневая система исследованных яблоневых растений, произрастающих на склоновых землях, отличается выраженной склоновой асимметричностью. При этом неравномерность распределения корней в почвенном пространстве как в плане, так и по глубине зависит от крутизны склона.

2 Удаленность окончаний корневых ветвей от корневой шейки яблоневых растений, произрастающих на склоновых землях, и их заглубленность в низовой части склонов превышают таковые в верховой части корневых систем.

3 Отношение удаленности корней вверх и вниз по склону к среднему значению, соответствующему радиусу приведенной к форме круга площади корнеосвоенного пространства, характеризуется устойчивой корреляционной связью с уклоном земной поверхности, что может быть основой для разработки методики прогнозирования геометрических параметров и очертания ризосферы яблоневых растений, произрастающих на склоновых землях.

Список использованных источников

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

2 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.

3 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.

4 Шкура, В. Н. Природообустройство (терминологический словарь) / В. Н. Шкура; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 2009. – 589 с.

5 Обумахов, Д. Л. Расчетный метод определения геометрических параметров корневой системы яблони для обоснования способов полива / Д. Л. Обумахов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 1(13). – 11 с. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec232-field6.pdf.

6 Рыжаков, А. Н. Формирование корневых систем яблоневых растений на черноземах Ростовской области / А. Н. Рыжаков, В. Н. Шкура // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 3(59). – С. 36–42.

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

8 Шкура, В. Н. Компонировочно-конструктивные решения самонапорных ярусных систем капельного орошения / В. Н. Шкура, А. С. Штанько // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 78–94. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=547>.

УДК 635.342:631.674.6

А. Д. Ахмедов, Р. Ю. Абдуова

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград,
Российская Федерация

Е. А. Ветренко

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Российская Федерация

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО
ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ**

Целью исследований являлась разработка рационального режима орошения и расчетных доз удобрений, обеспечивающих получение планируемых урожаев капусты на уровне 70, 80 и 90 т/га на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья.

Опыты проводились по общепринятым рекомендациям для данной зоны. Поливыв осуществлялись системами капельного орошения с поддержанием заданных порогов влажности почвы. Установлено, что максимальная урожайность капусты 92,4 т/га получена при поддержании в течение всей вегетации нижнего порога влажности почвы на уровне 75 – 85 – 75 % НВ и на фоне минерального питания нормой $N_{140}P_{50}K_{160}$. Представленные результаты исследований доказывают, что на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья применение разработанных режимов орошения одновременно с внесением расчетных доз минеральных удобрений позволяет получать планируемую урожайность капусты Колобок F1 при капельном орошении на уровне 70–90 т/га.

Ключевые слова: влажность почвы; капельное орошение; удобрение; капуста белокочанная; оросительная норма; суммарное водопотребление; урожайность.

A. D. Akhmedov, R. Y. Abduova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

E. A. Vetrenko

MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation

INFLUENCE OF IRRIGATION REGIME AND MINERAL NUTRITION ON THE WHITE CABBAGE YIELD

The aim of the research was to develop a rational irrigation regime and predicted fertilizers doses that ensure the planned cabbage yields at the level of 70, 80 and 90 per ha on light chestnut soils of the Volga-Don interfluve. The experiments were carried out according to generally accepted recommendations for this zone. Irrigation was performed by drip irrigation systems with maintenance of preset thresholds of soil moisture. It was found that the maximum cabbage yield of 92.4 per ha was obtained by keeping the lower threshold of soil moisture at the level of 75 – 85 – 75 % minimum moisture-holding capacity and against the background of mineral nutrition norm $N_{140}P_{50}K_{160}$ throughout all vegetation period. The presented research results prove that the application of the developed irrigation regimes simultaneously with the introduction of calculated doses of mineral fertilizers on light chestnut soils of the Volga-Don interfluve using drip irrigation allows to obtain the predicted cabbage variety Kolobok F1 yield at the level of 70–90 per ha.

Key words: soil moisture; drip irrigation; fertilizer; white cabbage; irrigation rate; total water consumption; yield.

Введение. В настоящее время одной из основных задач сельского хозяйства является повышение производства овощей, в т. ч. и капусты. Для получения высоких и стабильных урожаев этой культуры в зависимости от почвенно-климатических условий необходимо путем проведения поливов регулировать водный режим почвы. Вышеперечисленные обстоятельства создают предпосылки для того, что при выращивании белокочанной капусты требуется разработка научно обоснованного режима орошения и применение минеральных удобрений. Благодаря этому улучшается мелиоративная обстановка на орошаемом поле и более рационально используется оросительная вода [1–7].

Методика. Исследуемый участок расположен в Городищенском районе Волгоградской области. На данном участке в течение 2017–2018 гг. полевые опыты с применением капельного полива проводили с капустой белокочанной позднего срока созревания Колобок F1, агротехника была общепринятой для данной зоны.

Был заложен двухфакторный полевой опыт. Первый фактор (А) – режим орошения капусты. Рассматривались три варианта опыта с предполивной влажностью почвы не ниже:

- 1) 70 – 80 – 70 % НВ;
- 2) 75 – 85 – 75 % НВ;
- 3) 80 – 90 – 80 % НВ.

Второй фактор (В) – внесение доз минеральных удобрений под планируемый урожай:

- 1) 70 т/га ($N_{100}P_{30}K_{120}$);
- 2) 80 т/га ($N_{120}P_{40}K_{140}$);
- 3) 90 т/га ($N_{140}P_{50}K_{160}$);
- 4) без удобрений (контроль).

Дифференцированный режим орошения соблюдался в зависимости от фазы развития капусты, например:

- 70 % НВ – от высадки рассады до начала образования кочана;
- 80 % НВ – в период образования и роста кочана до начала технической спелости;
- 70 % НВ – от начала технической спелости до уборки урожая и т. п.

Опыты закладывались в 3-кратной повторности, 12 вариантов. Общая площадь опытного поля 3,0 га, площадь учетной делянки – 60 м². Активный слой почвы – 0,4 м.

По методике Б. А. Доспехова был выполнен дисперсионный анализ урожайности капусты [8].

Климат района исследования резко континентальный. В январе температура опускается ниже минус 30 °С, а летом температура воздуха выше +40 °С.

Почва опытного участка светло-каштановая, плотность пахотного слоя изменяется в пределах 1,1–1,4 т/м³, наименьшая влагоемкость – 26,3 %. Гумуса в активном слое почвы – 2,02 %. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН = 7,0...8,3).

Результаты и их обсуждение. Анализируя полученные данные, можно отметить, что наибольшие поливные нормы 185, 160, 185 м³/га за годы исследований выдавались в первом варианте с режимом орошения 70 – 80 – 70 % НВ. В зависимости от вариантов опыта в среднем было проведено 25–38 поливов. При этом оросительная норма изменялась от 4050 до 4780 м³/га (таблица 1).

Таблица 1 – Поливной режим капусты в среднем по вариантам опыта за 2017–2018 гг.

Предполивной порог влажности почвы, % НВ	Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Количество вегетационных поливов
70 – 80 – 70	185 – 160 – 185	4230	25
75 – 85 – 75	172 – 134 – 172	4334	30
80 – 90 – 80	160 – 95 – 160	4370	38

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что с повышением уровня влажности с 70 – 80 – 70 до 80 – 90 – 80 % НВ число поливов и оросительная норма возрастают, а величина поливной нормы уменьшается.

Суммарный расход влаги в опытах возрастал с повышением влагообеспеченности с 5445 в варианте 70 – 80 – 70 % НВ до 5615 м³/га в варианте 80 – 90 – 80 % НВ (таблица 2).

Таблица 2 – Суммарное водопотребление капусты и его структура в среднем за 2017–2018 гг.

Предполивной порог влажности почвы, % НВ	Использовано воды						Суммарное водопотребление, м³/га
	из почвы		от осадков		от поливов		
	м³/га	%	м³/га	%	м³/га	%	
70 – 80 – 70	190	3,5	1025	18,8	4230	77,7	5445
75 – 85 – 75	200	3,6	1025	18,4	4334	78,0	5559
80 – 90 – 80	220	3,9	1025	18,3	4370	77,8	5615

Доля оросительной воды в суммарном водопотреблении растения по мере улучшения влагообеспеченности увеличивается в среднем с 77,7 до 78,0 %.

С повышением влагообеспеченности суммарное водопотребление капусты увеличивается. Так, например, в варианте режима орошения 1 оно составляет в среднем за два года 5445 м³/га, в вариантах 2 и 3 – соответственно 5559 и 5615 м³/га.

Проведенные исследования показали, что различные режимы орошения и фоны минерального питания оказывали существенное влияние как на массу одного кочана, так и на урожай капусты (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние режима орошения и минерального питания на урожайность капусты в среднем за 2017–2018 гг.

В т/га

Предполивной порог влажности почвы, % НВ	Норма минерального удобрения, кг/га			
	Без удобрений (контроль)	N ₁₀₀ P ₃₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₄₀ K ₁₄₀	N ₁₄₀ P ₅₀ K ₁₆₀
70 – 80 – 70	50,4	65,2	70,6	66,0
75 – 85 – 75	70,9	86,2	92,4	90,1
80 – 90 – 80	65,1	81,4	87,3	90,2
НСР ₀₅	1,15– 2,78 т/га			

Максимальный урожай 92,4 т/га капусты получен при поддержании в течение всей вегетации нижнего порога влажности 75 – 85 – 75 % НВ и на фоне минерального питания N₁₂₀P₄₀K₁₄₀.

Таким образом, исследования показали, что капуста хорошо отзывается на орошение и минеральное питание. Дифференцирование влажности почвы по фазам развития обеспечивает более эффективное использование оросительной воды.

Выводы

1 На светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья орошение в сочетании с удобрениями позволяет получать урожай белокочанной капусты в пределах 70–90 т/га.

2 По полученным результатам наиболее продуктивным следует считать режим орошения 75 – 85 – 75 % НВ, так как в этом варианте в зависимости от доз удобрений получен максимальный урожай, который изменяется в пределах 86,2–92,4 т/га.

Список использованных источников

1 Ахмедов, А. Д. Продуктивность овощных культур при капельном поливе в условиях Волго-Донского междуречья / А. Д. Ахмедов, А. Е. Засимов, Е. Э. Джамалетина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1(49). – С. 161–167.

2 Техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур при капельном и внутрипочвенном орошении / А. Д. Ахмедов, А. С. Овчинников, Е. П. Боровой, М. В. Мазепа // Достижения науки в Волгоградской области 2004–2009 гг.; Администрация Волгогр. обл. – Волгоград: Панорама, 2010. – С. 301.

3 Бородычев, В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур: науч. изд. / В. В. Бородычев. – Коломна: ВНИИ «Радуга», 2010. – 241 с.

4 Бочарников, В. С. Научно-экспериментальное обоснование повышения эффективности технологических средств локального орошения в овощеводстве открытого и закрытого грунта: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Бочарников Виктор Сергеевич. – Волгоград, 2016. – 39 с.

5 Современные перспективные водосберегающие способы полива в Нижнем Поволжье: монография / М. С. Григоров, А. С. Овчинников, Е. П. Боровой, А. Д. Ахмедов. – Волгоград: Волгоградская ГСХА, 2010. – 244 с.

6 Овчинников, А. С. Капельное орошение сладкого перца в условиях Волго-Донского междуречья / А. С. Овчинников, О. В. Данилко // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. / Мещ. фил. ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова. – Рязань, 2004. – С. 388–391.

7 Akhmedov, A. D. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvies / A. D. Akhmedov, E. E. Dzhamaletdinova, A. E. Zasimov // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. – 2018. – Vol. 13, № 3. – P. 185–193.

8 Доспехов, Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1972. – 207 с.

УДК 631.674.6:631.61

Я. Е. Удовидченко

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

А. С. Штанько

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

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ КОНТУРОВ ВЛАЖНОСТИ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ

Целью исследования является определение особенностей формы и расположения локальных контуров капельного увлажнения подкапельного почвенного пространства склоновых земель. Объектом исследования являются локальные контуры влажности почвы, формирующиеся на склонах различной крутизны при капельном поливе. Экспериментальными исследованиями, выполненными на склонах с почвенным покровом, представленным южными тяжелосуглинистыми среднетяжелыми черноземами, установлено наличие асимметричности формы контуров влажности, характеризующейся их вытянутостью в направлении уклона земной поверхности. Установлено, что степень асимметричности формы и расположения контуров влажности в части их вытянутости в направлении склона увеличивается с ростом крутизны склонов. Получены экспериментальные зависимости, позволяющие оценить параметры асимметричности локальных зон увлажнения почвогрунтовой толщи.

Ключевые слова: капельный полив; контуры влажности; склоновые земли; форма контура влажности; крутизна склона.

Y. E. Udovidchenko

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

A. S. Shtanko

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

FEATURES OF FORMATION OF LOCAL MOISTURE CONTOURS ON SLOPE LANDS AT DRIP IRRIGATION

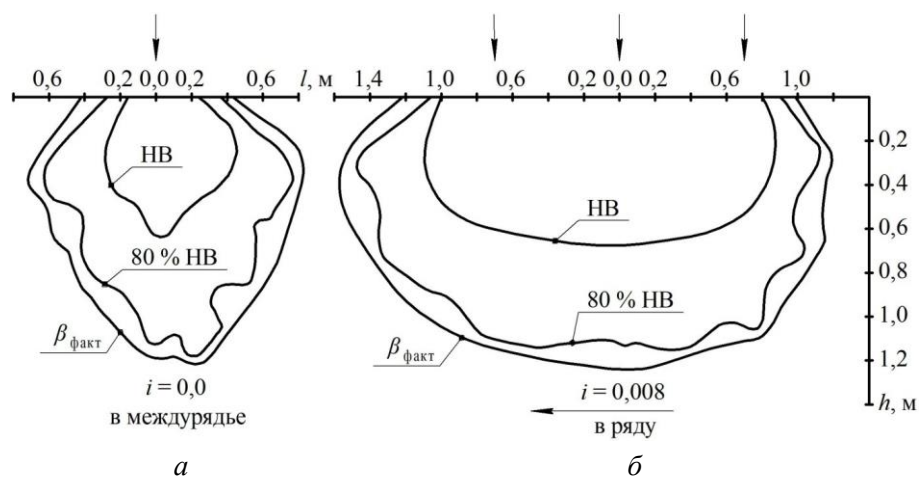
The aim of the study is to determine the peculiarities of form and location of local contours of drip irrigation surface of the sloping lands. The object of the study is the local soil moisture contours formed on slopes of various steepness during drip irrigation. The asymmetry of the of the moisture contours shape, characterized by their elongation in the direction of the earth's surface slope was revealed by the experimental studies carried out on slopes with soil cover represented by southern heavy loamy medium-thick chernozems. It has been found that the degree of asymmetry in the form and location of the moisture contours in terms of their elongation in the direction of the slope increases with the steepness of the slopes. Experimental dependences have been obtained allowing estimating the asymmetric parameters of local moistening zones of the soil and ground strata.

Key words: drip irrigation; moisture contours; sloping lands; form of moisture contour; slope gradient.

Введение. Одним из достоинств технологии капельного орошения является возможность его применения на склоновых угодьях. Локальность зон увлажнения в соче-

тании с малыми объемами поливных норм при капельном поливе исключает появление водных эрозионных процессов при обеспечении культивируемых растений необходимой для их произрастания влагой. Указанное преимущество капельного способа полива может быть реализовано при соответствующих условиях увлажняемых склоновых земель параметрах его проведения (по производительности капельниц, поливным нормам, глубинам промачивания почвогрунтового слоя, площадям зоны увлажнения и др.). Определяющим критерием соответствия технических параметров капельного полива условиям увлажняемого почвенного пространства и потребностям культивируемых на склоновых землях растений являются геометрические и влажностные параметры контуров капельного увлажнения почвы. Отметим, что к настоящему времени исследователями капельной технологии полива феномен формирования локальных контуров капельного увлажнения почв изучен достаточно обстоятельно. Известен ряд предложений по расчету геометрических и влажностных параметров зон увлажнения подкапельного почвогрунтового пространства [1–5], приемлемых преимущественно для безуклонных земельных угодий. Известны отдельные исследования, посвященные изучению размеров капельных контуров влажности, выполненные на склоновых землях [6, 7].

Влияние уклона поверхности земли на капельно орошаемом участке на геометрию локальных контуров влажности зафиксировано О. Е. Ясониدي [6]. Капельные контуры влажности проиллюстрированы рисунком 1 [6].



НВ – влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости;

$\beta_{\text{факт}}$ – граница дополивной влажности почвы

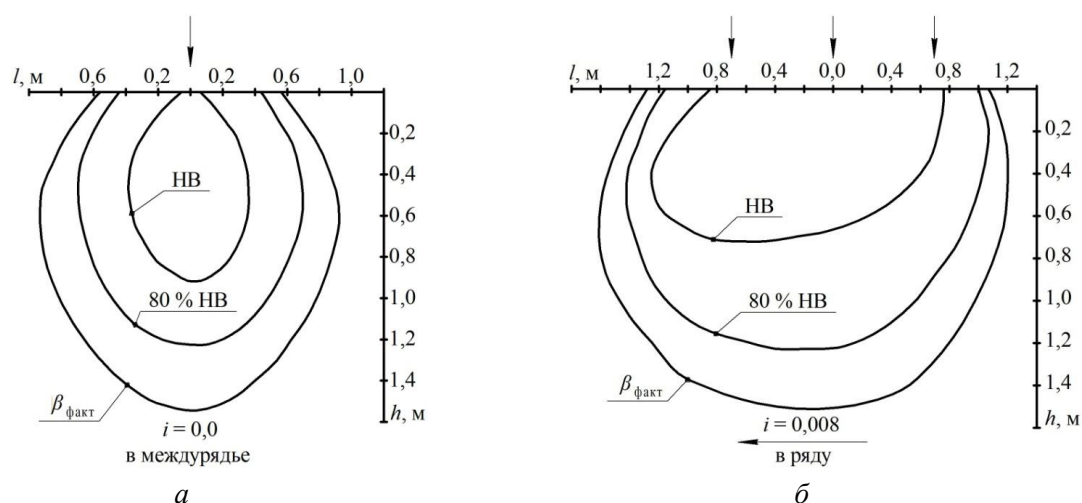
Рисунок 1 – Поперекрядовой (а) и вдольрядовой (б) контуры влажности почвы по О. Е. Ясониدي [6]

Приведенные на рисунке 1 контуры влажности получены при поливе яблони, произрастающей в насаждении с вдольрядовым уклоном поверхности земли, тремя капельницами производительностью 5,01 л/ч каждая и поливной нормой, равной 20,3 л/дереву. По приведенным контурам сделано заключение о влиянии уклона земной поверхности на форму и размеры вдольрядового сечения контура. В частности, отмечено, что при глубине промачивания, равной 1,23 м, протяженности контура, составляющей 2,72 м, и его ширине, равной 1,42 м, зона увлажнения почвы характеризуется вдольрядовой асимметричностью и вытянутостью по уклону местности (рисунок 1б). О. Е. Ясониدي [6] отмечено, что граница контура удалена от нижней капельницы вниз по уклону на $L_{\text{н}} = 0,82$ м, тогда как от верхней капельницы это удаление составило $L_{\text{в}} = 0,50$ м при соотношении $L_{\text{н}} / L_{\text{в}} = 0,82/0,50 = 1,64$. Отношения удаленности граничных точек контура к средней его величине ($\bar{L}$) составляют $L_{\text{н}} / \bar{L} = 1,28$ и $L_{\text{в}} / \bar{L} = 0,72$, или

$\delta_L = \pm 28\%$. При допустимом отклонении $\delta \leq 12\%$ и фактическом его значении $\delta_L = \pm 28\%$ наличие асимметричности контура влажности является значимым.

Контур влажности в поперечном его сечении при отсутствии уклона местности в поперекрядовом направлении (рисунок 1а) также отличается асимметричностью по удаленности граничных изоплет от вертикали капания (вертикальной оси контура). Судя по параметрам сечения контура (рисунок 1а), среднее соотношение величины его правого ($r_{\text{пр}}$, м) и левого ($r_{\text{лев}}$, м) радиусов составляет $r_{\text{пр}} / r_{\text{лев}} = 1,29$. При этом соотношения значений правого ($r_{\text{пр}}$) и левого ($r_{\text{лев}}$) к средней величине радиуса контура ($\bar{r}_k$, м) составляют $r_{\text{пр}} / \bar{r}_k = 1,12$ и $r_{\text{лев}} / \bar{r}_k = 0,88$, что не превышает принятой и допустимой точности проведения замеров и возможных (случайных) отклонений границ контуров от среднего их положения. При таких отклонениях в значениях $r_{\text{пр}} / \bar{r}_k$ и $r_{\text{лев}} / \bar{r}_k$ локальный контур в поперечном направлении допустимо считать симметричным. Отметим, что, судя по данным рисунка 1б, ось контура смещена от вертикали на угол $\beta_k = 6^\circ$.

Несколько иной вид контуров приведен на рисунке 2.



НВ – влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости;
 $\beta_{\text{факт}}$ – граница допоявительной влажности почвы

Рисунок 2 – Поперечное (а) и продольное (б) сечение контура влажности по О. Е. Ясонида [6] (при поливной норме 47,56 л/дереву, расходе капельницы 5,2 л/ч и средней постполивной влажности 85 % НВ)

Судя по данным рисунка 2а, локальный контур влажности почвы в поперечном направлении при «нулевом» уклоне ($i = 0$) имеет симметричную форму, а эксцесс в продольном направлении при $i > 0$ (рисунок 2б) более выражен. Соотношение $L_{\text{н}} / L_{\text{в}}$ по изоплете 0,8 НВ составляет 2,27 и значительно превышает таковое по данным рисунка 1б.

Факты трансформации контуров из симметричной формы на безуклонной поверхности в асимметричную (вытянутую в направлении склона) установлены И. К. Кулиничем [7]. Иллюстрацией тому являются приведенные на рисунке 3 контуры капельного увлажнения, сформировавшиеся при капельном поливе серых лесных карбонатных суглинистых выщелоченных почв на склоновых ландшафтах.

Судя по приведенным на рисунке 3 профильным сечениям локальных контуров влажности, их форма асимметрична по отношению к вертикали («оси») капания. При

этом большему уклону земной поверхности соответствует больший эксцесс в форме контура и больший наклон его оси к вертикали (линии капания).

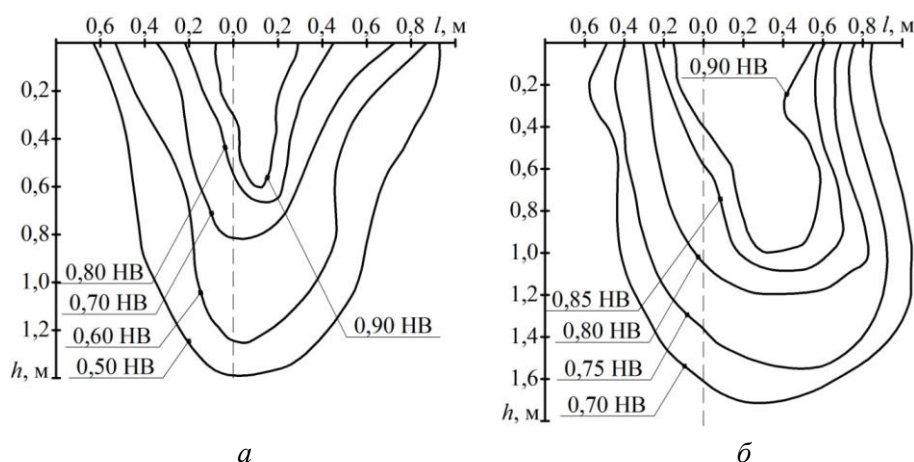


Рисунок 3 – Контурсы влажности почвы, формирующиеся на склоновых землях при капельном поливе, по И. К. Кулиничу [7]

Приведенные выше примеры свидетельствуют о влиянии крутизны склонов на геометрические параметры контуров влажности, формирующихся в почвенном пространстве при капельном поливе. Влияние уклонов земной поверхности проявляется в асимметричности формы контуров и наклоне их осей в направлении склона. Указанные качественные особенности формирования локальных капельных контуров влажности до настоящего времени не имеют количественной оценки, получение которой поставлено задачей настоящего исследования.

Материалы и методы. Экспериментальной (опытной) базой, обеспечивающей достижение цели и решение задачи исследования, являются данные полевых измерений контуров влажности, формирующихся при капельном поливе склоновых земельных участков с крутизной склонов от 0 до 9°. Почвы участков представлены тяжелосуглинистыми южными среднесиловыми черноземами с нижеследующими почвенными характеристиками метрового слоя: содержание физической глины $W_r = (58,0 \pm 0,2) \%$ от массы сухой почвы (% МСП); наименьшая влагоемкость $W_{HB} = (27,20 \pm 0,45) \%$ МСП; плотность сложения $\gamma = (1,31 \pm 0,02) \text{ т/м}^3$; содержание гумуса $q_r = (2,04 \pm 0,25) \%$; мощность гумусированного горизонта $h_r = (0,75 \pm 0,05) \text{ м}$.

Определение почвенных характеристик проводилось по апробированным методикам, а измерения контуров в соответствии с рекомендациями, приведенными в работах С. М. Васильева и др. [1, 3].

Результаты и обсуждение. В результате полевых исследований и последующей обработки опытного материала получено пять локальных контуров влажности почвы при углах наклона земной поверхности по отношению к горизонту α_n , равных 0,0; 3,0; 6,0; 7,0 и 9,0° (рисунок 4).

Полученные опытные локальные контуры капельного увлажнения почв позволяют отметить нижеследующие особенности в их форме и расположении.

1 Контур капельного увлажнения почвы, формирующийся на безуклонном земельном участке (рисунок 4а), имеет симметричную форму относительно оси капания. Имеющие место отклонения в границах контуров в ту или иную сторону связаны с анизотропностью почвенной среды [2] и, как правило, не превышают $\pm 12 \%$. Вертикаль капания в таких контурах совпадает с его осью, а возможные отклонения в их положениях не превышают допустимых для практического применения значений.

2 Локальные контуры капельного увлажнения почв, сформировавшиеся на скло-

новых землях (рисунок 4б и 4в), в качественном отношении характеризуются высоким уровнем асимметричности – значительными отклонениями значений координат внешних границ контуров от оси капания вверх и вниз по склону, а вертикаль капания не совпадает с осью контура влажности. При этом имеющие место эксцессы в положении граничных изоплет влажности и отклонения в положении оси контура увлажнения почвы от вертикали капания тем больше, чем больше крутизна склона.

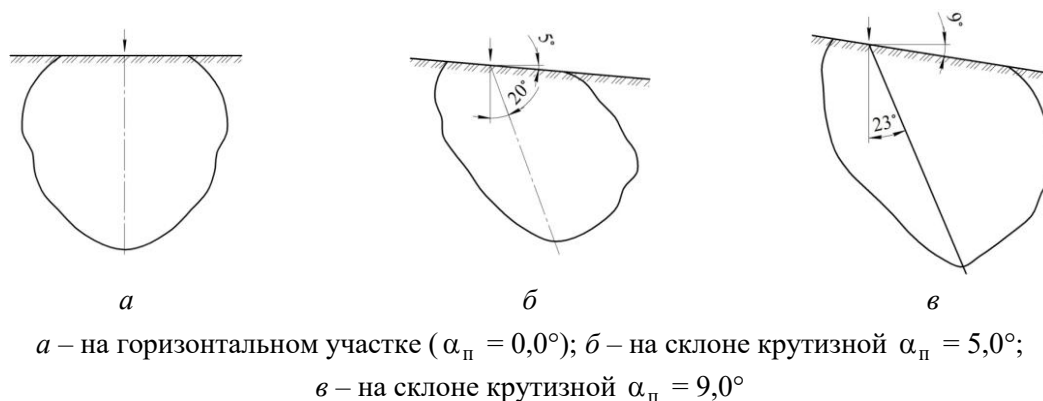
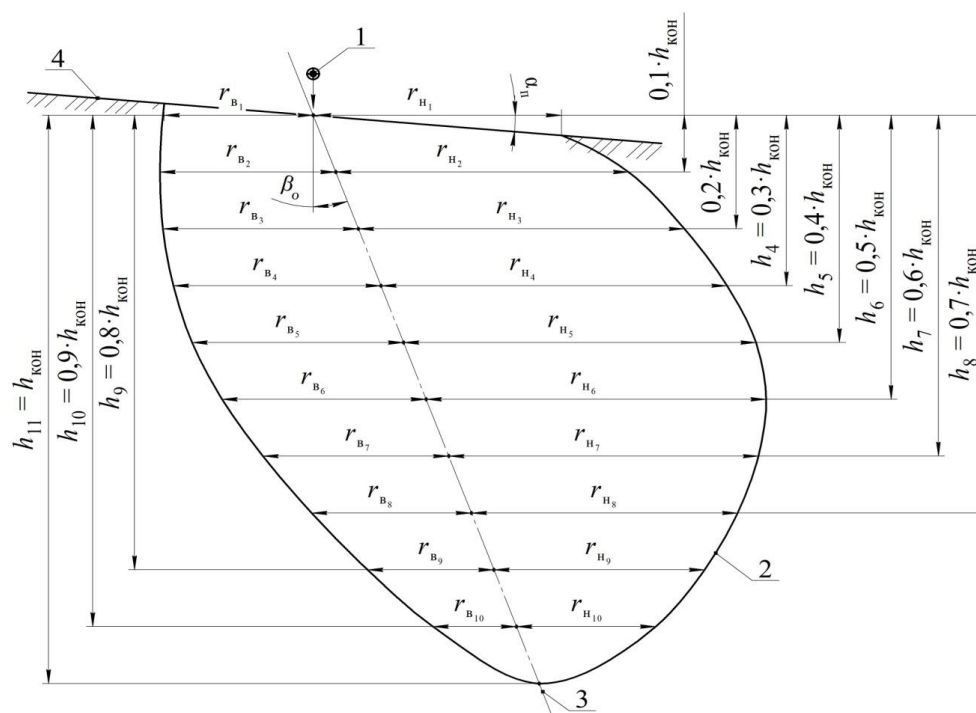


Рисунок 4 – Контурь капельного увлажнения почвы

При определении количественных показателей, оценивающих качественные особенности «склоновых» контуров влажности и их отличия от «равнинных» локальных контуров, предлагается рассматривать нижеследующие параметры:

- угол отклонения оси контура влажности от вертикали капания $\beta_{\text{к}}$, °;
- значения удаленностей ограничивающих капельные контуры влажности изоплетных линий с определенным уровнем влажности вверх ($L_{\text{к,в}}$, м) и вниз ($L_{\text{к,н}}$, м) по склону на различных уровнях заглубленности зон увлажнения почвы.

Расчетная схема локального контура влажности почвы, количественно характеризующая особенности его формирования на склонах, приведена на рисунке 5.



1 – капельница; 2 – оконтуривающая линия; 3 – ось контура увлажнения; 4 – поверхность земли

Рисунок 5 – Схема контура влажности, формирующегося на склоновых землях

Анализ опытного материала и последующее его обобщение позволили предложить эмпирические зависимости, описывающие функциональные связи $\beta_k = f_1(\alpha_{\Pi})$ и $L_{k,n} / L_{k,b} = f_2(\alpha_{\Pi})$. Указанные зависимости для критериальных параметров имеют вид:

$$\beta_k = 9,41 \cdot \alpha_{\Pi}^{0,419},$$

$$\frac{L_{k,n}}{L_{k,b}} = \frac{1 + 0,045 \cdot \alpha_{\Pi}}{1 - 0,045 \cdot \alpha_{\Pi}}.$$

Выводы

1 Локальные контуры, формирующиеся в почвогрунтовой пространственной структуре склоновых земель при их капельном поливе, характеризуются асимметричностью формы относительно их оси и вытянутостью в направлении склона.

2 Проведенными полевыми исследованиями на склоновых землях с черноземным почвенным покровом установлены критериальные показатели, характеризующие особенности форм и расположения локальных контуров влажности.

3 Полученные экспериментальные зависимости позволяют количественно с точностью $\pm 12\%$ оценить асимметричность капельных контуров увлажнения почвы, формирующихся на склоновых землях с крутизной склонов до 9° .

Список использованных источников

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

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

3 Васильев, С. М. Определение влажностных параметров внутриконтурного капельно увлажняемого почвенного пространства / С. М. Васильев, В. Н. Шкура, А. С. Штанько // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2018. – № 4(52). – С. 316–323.

4 Васильев, С. М. Геометрические и влажностные параметры контуров капельного увлажнения суглинистых черноземов / С. М. Васильев, А. С. Штанько // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 1. – С. 16–19.

5 Васильев, С. М. Очертание локальных зон увлажнения подкапельного почвенного пространства / С. М. Васильев, В. Н. Шкура, А. С. Штанько // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 3. – С. 65–71.

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

7 Кулинич, И. К. Капельное орошение виноградников на горных склонах в условиях Краснодарского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Кулинич Иван Константинович. – Волгоград, 1982. – 22 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.6.006.036

В. В. Слабунов, О. В. Воеводин

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

К ВОПРОСУ ПРИОРИТЕТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТИПОВОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

Целью исследования является проведение анализа научной, правовой и нормативной документации для выявления приоритета при использовании типовой проектной документации (ТПД), в частности, для строительства и реконструкции мелиоративных объектов. Для исследований использовалась правовая документация, нормативно-техническая документация в области проектирования и строительства мелиоративных объектов, а также положения научных трудов и разработок отечественных и зарубежных авторов в рассматриваемой области. В результате установлено, что основным приоритетом при использовании ТПД в целях строительства, реконструкции и модернизации мелиоративных объектов является экономия бюджетных средств всех уровней, направляемых на подготовку проектов при проектировании мелиоративных объектов, и, как следствие, сокращение сроков ввода в эксплуатацию «обновленных» мелиоративных объектов. Также выявлены основные проблемы при разработке и применении ТПД: отсутствие установленных требований к составу разделов, содержанию и порядку привязки ТП; отсутствие четкой системы определения стоимости при приобретении ТПД из федерального реестра; до сих пор остается открытым вопрос приобретения лицензионного договора на использование и авторских прав на ТПД; отсутствие специализированных организаций – разработчиков ТПД и, как следствие, отсутствие ТПД для мелиоративных объектов, отвечающей современным требованиям.

Ключевые слова: типовая проектная документация; реестр; мелиоративный объект; строительство; реконструкция; критерии отбора типовой проектной документации.

V. V. Slabunov, O. V. Voevodin

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

ON ISSUE OF PRIORITY OF STANDARD PROJECT DOCUMENTATION USE FOR CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF RECLAMATION OBJECTS

The purpose of the study is to analyze scientific, legal and regulatory documentation to identify priority when using standard project documentation (SPD), in particular, for the construction and reconstruction of reclamation facilities. Legal documentation, regulatory and technical documentation in the field of design and construction of reclamation facilities, as well as the concepts of scientific papers and development results of domestic and foreign authors in the field under consolidation are used for research. As a result it was found that the main priority when using SPD for construction, reconstruction and modernization of rec-

lamation facilities is to save budgetary funds of all levels allocated for project preparation in the design of reclamation facilities, and a consequence, to shorten the commissioning time for "updated" reclamation facilities. The main problems in the SPD development and use were also identified: the lack of specified requirements for the composition of the sections, the content and order of binding TP; the lack of a clear system for determining the cost of the SPD acquisition from the federal registry; the question of acquiring a license agreement for the use of copyright in the SPD is still open; the absence of development organizations of TPD and, as a consequence, the absence of SPD for land reclamation facilities that meets modern requirements.

Key words: standard project documentation; register; reclamation facility; construction; reconstruction; selection criteria for standard project documentation.

Введение. Одним из основных процессов при «создании» мелиоративных объектов является проектирование. Так, согласно основополагающим правовым документам, таким как Градостроительный кодекс РФ [1], ФЗ № 4 «О мелиорации земель» [2] и др., разработка проектной документации при строительстве, реконструкции и модернизации мелиоративных объектов является обязательным условием. Необходимо отметить, что большая часть мелиоративных объектов, построенных в 60–80-х гг. прошлого столетия, в основном ориентировались на применение типовой проектной документации (ТПД). В связи с этим при «комплексной» реконструкции (модернизации) мелиоративных объектов целесообразно использовать типовые проекты, отвечающие современным требованиям [3]. В свою очередь, так как большая часть мелиоративных объектов является государственной собственностью, то применение типовых проектов позволит снизить затраты на их строительство и реконструкцию [4]. Также отметим, что алгоритм использования типовых проектов в данное время еще не отработан, так как существует множество проблем как правового, так и технического характера [5]. В связи с этим цель исследования – выявление преимуществ и недостатков использования типовой проектной документации для целей строительства, реконструкции и модернизации мелиоративных объектов.

Материалы и методы. Методологическую основу исследования составили положения научных трудов и разработок отечественных и зарубежных авторов, посвященных вопросам применения ТПД как для градостроительной деятельности, так и для строительства мелиоративных объектов, опубликованных в российской печати, а также представленных на специализированных профессиональных сайтах сети интернет.

Исследование проводится с применением теоретического анализа научной литературы, описательного метода, позволяющего передать специфические особенности разработки и применения ТПД, методов графического представления информации, методов сопоставления, аналогии и систематизации.

Результаты и обсуждение. Для достижения поставленной цели исследований необходимо определиться, для чего в основном проводится «выделение» из проектной документации типовой. Так, по нашему мнению, преимущество применения ТПД, которая обязательна при строительстве (проектировании) объектов, финансируемых государством, первоначально определено Постановлением Правительства РФ от 27 сентября 2011 г. № 791 [6], что позволяет обеспечить:

- экономию бюджетных средств всех уровней, направляемых на подготовку проектов при проектировании мелиоративных объектов;
- популяризацию современных экономических инженерно-технических, архитектурно-планировочных, конструктивных, технологических и организационных решений;
- уменьшение сроков проектирования объекта;
- снижение стоимости экспертизы ПД;
- уменьшение стоимости строительства объектов за счет применения типовых конструкций и элементов;

- понижение стоимости эксплуатации за счет использования оптимальных и экономически выгодных типовых конструкций и элементов.

Рассмотрим алгоритм принятия заказчиком (в нашем случае это федеральный исполнительный орган) решения о выборе вида проекта (рисунок 1). Анализируя данный рисунок, мы видим «явное» преимущество применения ТПД перед разработкой «индивидуальных» проектов, заключающееся в прохождении «упрощенной экспертизы» проекта и, как следствие, сокращении финансовых затрат на проект. Применительно к ТПД при «упрощенной экспертизе» процедуре прохождения экспертизы подвергаются только результаты инженерных изысканий, а также фундаментов (при наличии) в соответствии со ст. 49 [1].

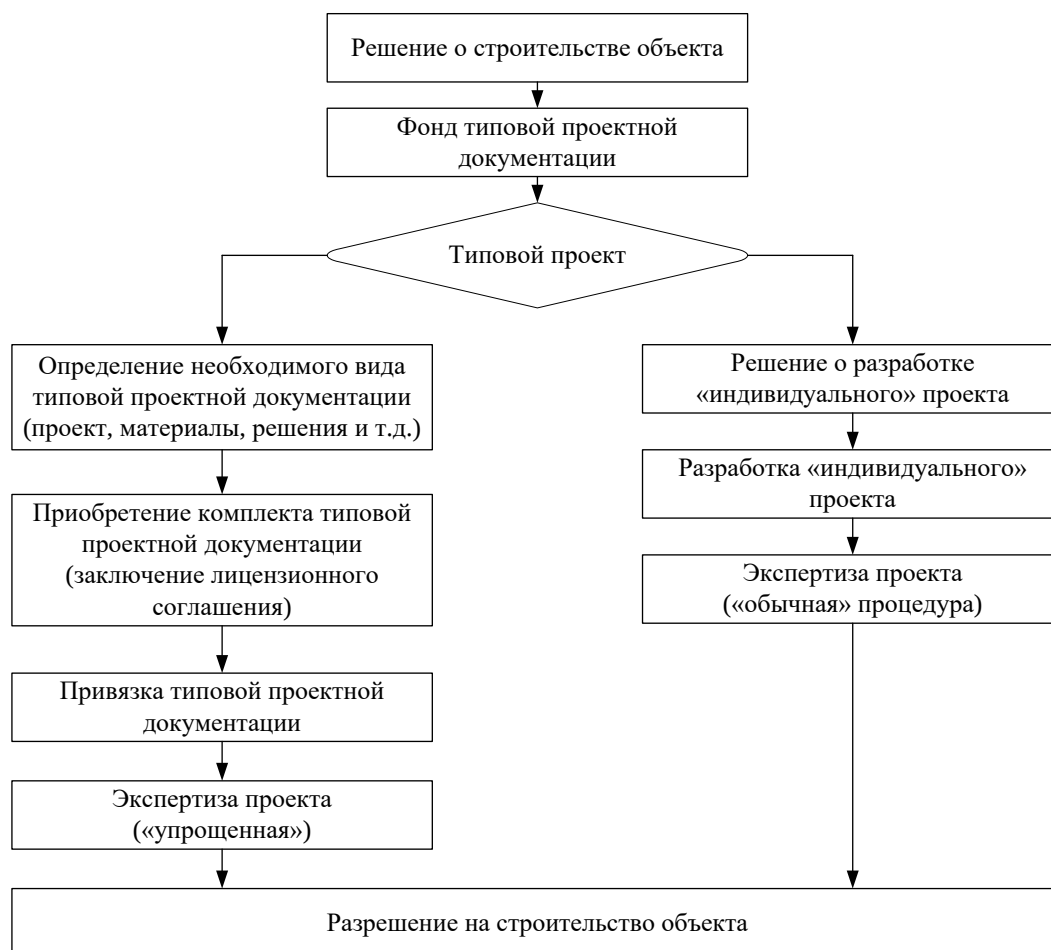


Рисунок 1 – Алгоритм принятия заказчиком решения о выборе вида проекта

Нельзя обойти вниманием тот факт, что единственный действующий на данный момент правовой документ, определяющий порядок, правила формирования и ведения Реестра типовой проектной документации, – Постановление Правительства РФ от 5 марта 2007 г. № 145 [7]. По своей сути он регламентирует «общие» положения (изложен на двух страницах машинописного текста) (рисунок 2). Однако данный документ не регламентирует немаловажный вопрос об авторских правах правообладателя данного типового проекта. На данный момент такой документ отсутствует. Надо упомянуть, что отсутствует какой-либо правовой документ, четко регламентирующий эти права, хотя постановлением № 145 [7] устанавливается обязательное представление документа на авторство или лицензионный договор о его использовании.

Необходимо также отметить, что на данный момент ТПД, разработанной на принципах типизации и унификации, нет, в свою очередь, наблюдаем переход от «типовой» к «авторской» проектной документации, так как применение ее возможно

другими проектными (строительными) организациями в случае, если она получила положительную оценку государственной или негосударственной экспертизы и при заключении договора с правообладателем.



Рисунок 2 – Порядок формирования Реестра типовой проектной документации

Остается открытым также вопрос о непосредственной разработке ТПД, в частности об организациях, занимающихся данным видом деятельности. Так, на данный момент «институт» типового проектирования в нашей стране находится в «упадке». С распадом СССР численность сотрудников проектных организаций в Российской Федерации сократилась в среднем в четыре раза [8], причиной этого стала деградация экономики, отстранение от бюджетного финансирования, резкое сокращение количества заказов на проектную деятельность. К 2003 г. произошла системная перенастройка структуры проектной деятельности, выражающаяся в проведении реорганизации проектных организаций с перераспределением трудовых ресурсов из менее в более востребованные сектора экономики (жилищно-гражданское, дорожное строительство и нефтегазовый сектор). В свою очередь это сказалось на «потере» специализированных организаций по разработке ТПД.

Далее следует остановиться на рассмотрении критериев отбора для включения в Реестр типовой проектной документации. Так, анализируя данные рисунка 3, мы видим, что основными критериями отбора для включения в Реестр типовой проектной документации, согласно Приказу Минрегиона России от 29 марта 2013 г. № 106 [9], являются: технико-экономические показатели, выраженные в сметной стоимости строительства и не превышающие нормативные затраты на строительство объектов-аналогов; технические и конструктивные решения объекта (сооружения), вновь разработанные и соответствующие нормам энергоэффективности. Однако если более внимательно посмотреть, можно отметить, что данных показателей недостаточно для прямо-

го применения и непосредственного выбора объекта-аналога для определения стоимости строительства вновь разрабатываемого проекта, не говоря уже о том, что осуществление выбора (подбор) аналога из общего количества ТПД представляется невозможным в связи с различными природно-климатическими и другими условиями проекта строительства.

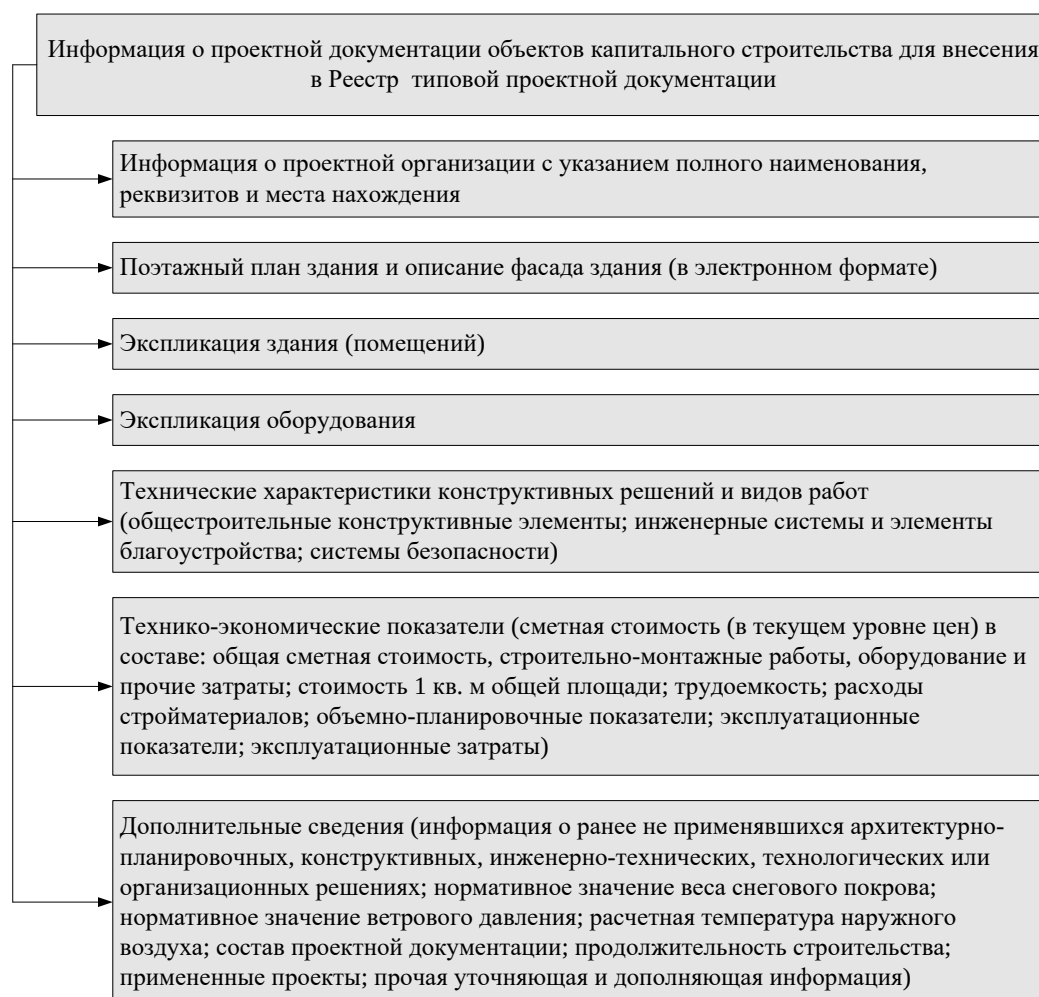


Рисунок 3 – Информация о проектной документации на объекты капитального строительства, представляемая на рассмотрение в Минстрой России для включения в реестр

Нельзя обойти и тот факт, что «бурное» развитие поясняющих нормативных документов различного вида было в 2015 г. Так, принятие методических рекомендаций [10] должно было дать четкие рекомендации по использованию ТПД, однако положения, отраженные на одной странице текста, не позволили этого сделать.

В связи с этим в 2015 г. было принято решение о разработке свода правил [11], введение которого позволило бы не только установить (закрепить) законодательно терминологию в области ТПД, но и упорядочить состав, порядок разработки, привязки, хранения и распространения данной документации. Но на данный момент этот свод правил так и не был утвержден и введен в действие.

Выводы. На основании вышеприведенного можно выделить следующее:

- основным преимуществом использования ТПД в целях строительства, реконструкции и модернизации мелиоративных объектов является экономия бюджетных средств всех уровней, направляемых на подготовку проектов при проектировании мелиоративных объектов, и, как следствие, сокращение сроков ввода в эксплуатацию «обновленных» мелиоративных объектов;

- основными проблемами при разработке и применении ТПД являются: отсутствие установленных требований к составу разделов, содержанию и порядку привязки ТП; отсутствие четкой системы определения стоимости при приобретении ТПД из федерального реестра; до сих пор остается открытым вопрос приобретения лицензионного договора на использование и авторских прав на ТПД; отсутствие специализированных организаций – разработчиков ТПД и, как следствие, отсутствие ТПД для мелиоративных объектов, отвечающей современным требованиям.

Список использованных источников

1 Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ: по состоянию на 3 августа 2018 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

2 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ: по состоянию на 1 июля 2016 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

3 Щедрин, В. Н. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Краснообск: СФНЦА РАН, 2017. – С. 167–169.

4 Воеводин, О. В. Этапы развития типового проектирования элементов оросительных систем: достоинства и недостатки / О. В. Воеводин, В. В. Слабунов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(35). – С. 68–79. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec619-field6.pdf.

5 Слабунов, В. В. Анализ нормативно-правовой базы применения типовой проектной документации для автоматизированного проектирования мелиоративных систем и сооружений / В. В. Слабунов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 180–185.

6 О формировании реестра типовой проектной документации и внесении изменений в некоторые постановления Правительства Российской Федерации (с изменениями и дополнениями): Постановление Правительства РФ от 27 сентября 2011 г. № 791 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

7 О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий: Постановление Правительства РФ от 5 марта 2007 г. № 145: по состоянию на 22 октября 2018 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

8 Олейников, В. Проектные институты советского наследия – доходность и перспективы [Электронный ресурс] / В. Олейников, Э. Данилов. – Режим доступа: <https://srgroup.ru/mass-media/experts-say-srg/design-institutes-of-the-soviet-heritage-profitability-and-prospects/>, 2019.

9 Об утверждении правил формирования и ведения реестра типовой проектной документации, а также состава информации о проектной документации, которая подлежит внесению в реестр, и формы ее представления: Приказ Минрегиона России от 29 марта 2013 г. № 106 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

10 Об утверждении методических рекомендаций по использованию типовой проектной документации, информация о которой внесена в реестр типовой проектной документации: Приказ Минстроя России от 24 сентября 2015 г. № 682/пр // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

11 Проект СП «Типовая проектная документация» // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

УДК 631.6.006.036

О. В. Воеводин, В. В. Слабунов

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

АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ФОНДА ТИПОВОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

Целью исследования является проведение анализа научной, правовой и нормативной документации для выявления аспектов формирования фонда данных типовой проектной документации для строительства мелиоративных объектов. Для исследований использовалась правовая документация, нормативно-техническая документация в области формирования фонда типовой проектной документации, а также положения научных трудов и разработок отечественных и зарубежных авторов в области исследований. В результате исследований подготовлена организационная схема разработки типовой проектной документации и схема формирования фонда типовой проектной документации. Также выявлены основные аспекты при разработке и формировании типовой проектной документации: необходимость подготовки концепции формирования фонда типовой проектной документации; номенклатуры (типологии) мелиоративных объектов; предложений по порядку функционирования фонда типовой проектной документации на мелиоративные объекты; критериев оценки технико-экономических, стоимостных показателей и показателей удельных затрат типовой проектной документации; системы финансирования разработки и ведения фонда типовой проектной документации.

Ключевые слова: типовая проектная документация; фонд; мелиоративный объект; проектирование; строительство; реконструкция; номенклатура типовой проектной документации.

O. V. Voevodin, V. V. Slabunov

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

ASPECTS OF FORMATION OF STANDARD DESIGN DOCUMENTATION FUND FOR RECLAMATION FACILITIES CONSTRUCTION

The aim of the study is to carry out the analysis of scientific, judiciary and regulatory documentation to identify aspects of forming database of standard design documentation for the construction reclamation facilities. The judiciary, regulatory and technical documentation in the field of forming the fund of standard design documentation, as well as the provisions of scientific papers and developments of domestic and foreign authors in the field of study were used for research. As a result of the studies, an organizational chart for standard design documentation development and a scheme for formation of the fund of standard design documentation were prepared. The main aspects in the development and formation of standard design documentation are identified: the need for developing a concept for the formation of the standard design documentation fund; nomenclature (typology) of reclamation facilities; proposals on functioning the standard design documentation fund for land reclamation facilities; evaluation criteria for technical-economical and cost indicators and indicators of costs per units of standard design documentation; financing systems for the development and maintenance of the fund of standard design documentation.

Key words: standard design documentation; fund; reclamation facility; design; construction; reconstruction; nomenclature of standard design documentation.

Введение. Большой опыт в применении и непосредственно в разработке типовых проектов в нашей стране был накоплен в период 1970–1990 гг. Необходимость разработки типовой проектной документации (ТПД) для мелиоративных объектов определяли такие факторы, как массовость строительства, достаточно большая повторяемость, экономическая эффективность, сокращение сроков проектирования [1]. Так, фонд ТПД того периода составлял более 14000 единиц. Несмотря на такой большой объем ТПД, в ряде случаев нужных для конкретного проектирования типовых проектов не находилось, а имеющиеся в фонде проекты при привязке значительно изменялись, что в большей степени обуславливалось различными условиями проектирования [2, 3]. Проведенный анализ применения фонда ТПД того периода показал, что наиболее часто ТПД использовалась для строительства объектов инженерного и подсобно-вспомогательного назначения. Такие проекты привязывались, как правило, с минимальными изменениями. Однако необходимо отметить, что недостатком такой ТПД была сложность привязки к другим объектам, это в целом приводило к большим перерасходам территории строительства, увеличению протяженности инженерных и транспортных коммуникаций, увеличению использования материальных ресурсов. Нельзя обойти вниманием необходимость типизации технологических процессов, в частности мелиоративных мероприятий, проводимых на мелиоративных объектах [4, 5].

В настоящее время запросы заказчика, в частности при строительстве и реконструкции государственных мелиоративных объектов, составляющих большинство, направлены в целом на экономичность и одновременно высокий уровень конструктивных и технических показателей, очень высоки в условиях острого дефицита разработанных конструктивно-экономичных проектов. В связи с этим целью исследований является выявление аспектов формирования фонда данных ТПД для строительства мелиоративных объектов.

Материалы и методы. Методологическую основу исследования составили положения научных трудов и разработок отечественных и зарубежных авторов, посвященных вопросам формирования фонда ТПД. Исследование проводится с применением теоретического анализа научной литературы, описательного метода, позволяющего передать специфические особенности формирования фонда ТПД, методов графического представления информации, методов сопоставления, аналогии и систематизации.

Результаты и обсуждение. В настоящее время замечен рост проводимых проектных и строительных работ на мелиоративных объектах, в частности находящихся в государственной собственности. В связи с этим резко возрастает роль стандартизированных и типизированных проектных решений, так как практически все мелиоративные объекты (мелиоративные системы, гидротехнические сооружения, вспомогательные сооружения инфраструктуры мелиоративных систем и т. п.) проектировались с использованием типовых решений конструктивных элементов. Одними из важнейших требований, предъявляемых к ним, являются экономичность, предсказуемость технико-экономических и стоимостных показателей используемой ТПД.

Далее необходимо отметить наиболее значимые правовые документы, используемые в целях развития типового проектирования:

- ряд постановлений Правительства РФ, регламентирующих обязательное использование ТПД непосредственно из созданного реестра [6–14];
- Приказ Минрегиона России от 29.03.2013 № 106 [15];
- Приказ Минстроя России от 13.03.2015 № 170/пр [16].

Однако до сих пор отсутствуют четко «узаконенные» требования к организации и формированию фонда ТПД. На основании анализа положений научных трудов и разработок отечественных и зарубежных авторов, посвященных вопросам формирования фонда ТПД, нами предлагается организационная схема принятия решения о разработке ТПД (рисунок 1) и схема формирования фонда ТПД (рисунок 2).



Рисунок 1 – Организационная схема принятия решения о разработке типовой проектной документации



Рисунок 2 – Схема формирования фонда типовой проектной документации

Так, при разработке ТПД рекомендуется использование потенциала не только существующих проектных организаций, но и научных, которые, в свою очередь, ведут исследования, посвященные разработке и научному обоснованию новых конструктивных решений мелиоративных объектов и их элементов. Нельзя обойти вниманием и факт привлечения образованных и образующихся в данное время научно-образовательных центров (НОЦ), которые позволят ускорить процесс внедрения новейших разработок. В связи с невозможностью, на наш взгляд, применения одного и того же проекта мелиоративного объекта, в частности мелиоративной системы, в целом в различных районах

строительства, нами предлагается использование при условии доводки до «вида» ТПД отдельных конструктивных решений из экономически эффективных проектов. Очевидно, что при чрезвычайном разнообразии природно-климатических, инженерно-геологических и других условий РФ важную роль играет региональная ТПД, разрабатываемая для условий данного региона.

В свою очередь, дальнейшее использование имеющейся и вновь разрабатываемой ТПД представляется невозможным, так как на данный момент нет четкой номенклатуры мелиоративных объектов, закреплённой нормативными документами, а также критериев отнесения к той или иной группе в фонде ТПД.

Развитие блочного исполнения различных конструкций мелиоративных объектов предполагает в том числе процесс «становления» новой индустриальной базы строительства с учетом преимуществ изготовления в заводских условиях сборных элементов.

Выводы. На основании вышеизложенного необходимо:

- разработать Концепцию формирования фонда ТПД, состоящего из типовых проектов, обеспечивающих оптимальные характеристики и показатели с учетом их функционального назначения;
- разработать номенклатуру (типологию) мелиоративных объектов;
- подготовить предложения по порядку функционирования фонда ТПД для строительства мелиоративных объектов (формирование баз данных ТПД, экспертизы, хранения и распространения);
- разработать критерии оценки технико-экономических, стоимостных показателей и показателей удельных затрат ТПД, учитывающих условия проектирования и строительства;
- разработать систему финансирования разработки ТПД и ведения фонда ТПД.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Краснообск: СФНЦА РАН, 2017. – С. 167–169.

2 Воеводин, О. В. Этапы развития типового проектирования элементов оросительных систем: достоинства и недостатки / О. В. Воеводин, В. В. Слабунов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(35). – С. 68–79. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec619-field6.pdf. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-68-79.

3 Слабунов, В. В. Анализ нормативно-правовой базы применения типовой проектной документации для автоматизированного проектирования мелиоративных систем и сооружений / В. В. Слабунов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 180–185.

4 Культуртехнические работы на мелиорируемых землях: науч. обзор / О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, В. В. Слабунов, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2012. – 24 с. – Деп. в ВИНТИ 04.07.12 № 291-B2012.

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

6 О федеральной целевой программе «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2016–2020 гг.»: Постановление Правительства РФ от 21 января 2015 г. № 30: по состоянию на 25 июля 2018 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

7 Об утверждении правил принятия решений о предоставлении субсидии из федерального бюджета на осуществление капитальных вложений в объекты капитального

строительства государственной собственности Российской Федерации и приобретение объектов недвижимого имущества в государственную собственность Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 9 января 2014 г. № 14: по состоянию на 30 декабря 2018 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

8 Об утверждении правил формирования и реализации федеральной адресной инвестиционной программы: Постановление Правительства РФ от 13 сентября 2010 г. № 716: по состоянию на 26 марта 2019 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

9 Об утверждении правил принятия решения о подготовке и реализации бюджетных инвестиций в объекты государственной собственности Российской Федерации, не включенные в федеральные целевые программы: Постановление Правительства РФ от 30 апреля 2008 г. № 324: по состоянию на 30 декабря 2018 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

10 Об утверждении правил осуществления капитальных вложений в объекты государственной собственности Российской Федерации за счет средств федерального бюджета: Постановление Правительства РФ от 9 января 2014 г. № 13: по состоянию на 24 сентября 2018 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

11 О федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах»: Постановление Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350: по состоянию 22 декабря 2018 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

12 О порядке проведения проверки инвестиционных проектов на предмет эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения: Постановление Правительства РФ от 12 августа 2008 г. № 590: по состоянию на 30 декабря 2018 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

13 Об утверждении правил принятия решения о подготовке и реализации бюджетных инвестиций в объекты государственной собственности Российской Федерации за счет средств бюджета Пенсионного фонда Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 8 мая 2014 г. № 419: по состоянию на 19 июля 2018 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

14 Об утверждении правил принятия решения о подготовке и реализации бюджетных инвестиций в объекты государственной собственности Российской Федерации из бюджета Фонда социального страхования Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 8 мая 2014 г. № 421: по состоянию на 20 января 2017 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

15 Об утверждении правил формирования и ведения реестра типовой проектной документации, а также состава информации о проектной документации, которая подлежит внесению в реестр, и формы ее представления: Приказ Минрегиона России от 29 марта 2013 г. № 106 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

16 Об утверждении плана формирования системы типового проектирования в сфере строительства: Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 13 марта 2015 г. № 170/пр // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.