ISSN 2313-2248

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научно-практический журнал

Выпуск № 1(65)/2017

Новочеркасск

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

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

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

Выпуск № 1(65)/2017

Январь – март 2017 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор – академик РАН, доктор технических наук, профессор, директор ФГБНУ «РосНИИПМ» В. Н. Щедрин

Заместитель главного редактора – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай

Ответственный секретарь – Е. А. Бабичева

Редакторы: доктор технических наук, доцент С. М. Васильев; доктор технических наук, профессор Ю. М. Косиченко; доктор технических наук А. В. Колганов; кандидат технических наук Г. А. Сенчуков; кандидат технических наук А. А. Чураев; чл.-кор. РАН, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО НИМИ ДГАУ В. И. Ольгаренко; доктор сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев; кандидат технических наук О. А. Баев; кандидат технических наук Д. В. Бакланова; кандидат сельскохозяйственных наук С. Г. Балакай; кандидат сельскохозяйственных наук Н. И. Балакай; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Воеводин; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук Ю. Е. Домашенко; кандидат технических наук С. Л. Жук; кандидат технических наук А. С. Капустян; кандидат технических наук А. Л. Кожанов; кандидат технических наук, доцент Г. Л. Лобанов; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Н. М. Макарова; доктор экономических наук Л. Н. Медведева; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат технических наук В. В. Слабунов; кандидат технических наук А. В. Слабунова; доктор технических наук Ю. Ф. Снипич; кандидат технических наук, доцент А. И. Тищенко; кандидат технических наук А. С. Штанько; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова

Технический редактор – Е. А. Бабичева

Литературные редакторы – Л. В. Мельникова, Н. Н. Иванова

Выпускающий – Л. И. Юрина

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

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61083 от 19 марта 2015 г.

Подписано в печать 17.03.2017. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 32,45. Тираж 500 экз. Заказ № 21

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 31.03.2017
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Заочная научно-практическая интернет-конференция «Пути повышения эффективности использования мелиорированных земель»

Иванютин Н. М., Подовалова С. В. Анализ использования и перспективы развития различных способов орошения, применяемых в Крыму 6

Петров В. И., Власенко М. В. Мелиоративные методы востановления продуктивности земель Северо-Западного Прикаспия 11

Ляшевский В. И., Тищенко А. П. Влагозарядковые поливы в Крыму 16

Юркова Р. Е., Докучаева Л. М., Манжина С. А. Почвообразовательные процессы в серых лесных почвах при длительном орошении 21

Власенко М. В., Федорова В. А. Устойчивые кормовые фитоценозы в условиях орошения 27

Турко С. Ю. Селекционно улучшенные кормовые виды, пригодные для фитомелиорации пастбищ 31

Шепелев А. Е. Требования к программному обеспечению многоопорных широкозахватных дождевальных машин 34

Балакай С. Г. Результаты исследований влияния концентрации питательных веществ в растворе на полевую всхожесть семян баклажанов 38

Сейтумеров Э. Э. Экологическое состояние реки Салгир и пути решения проблемных вопросов 42

Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Анализ современных действующих в РФ правовых и нормативно-методических документов в области проведения мероприятий по воспроизводству почвенного плодородия солонцовых почв 46

Балакай Н. И. Влияние защитных лесных насаждений на микроклимат прилегающей территории и влажность почвы 50

Чушкин А. Н., Лытов М. Н. Оптимальное регулирование окислительно-восстановительного потенциала воды как перспективный метод современных эколого-ориентированных агротехнологий 55

Селицкий С. А. Влияние минеральных удобрений и стимуляторов роста на урожайность сои 60

Бреева А. В., Пономаренко Т. С. Влияние орошения на сток рек 65

Пунинский В. С. Совершенствование технологических процессов и техники для улучшения деградированных сельхозугодий с солонцом 69

Турко С. Ю. Математическое моделирование в процессе формирования и развития агросистем 81

Абакумова Л. И. Лесная мелиорация агроландшафтов на светло-каштановых почвах Сухой Степи 87

Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Результаты влияния минерального питания и ростостимулирующих препаратов на продуктивность кабачка в условиях капельного орошения Астраханской области 91

Власенко М. В. Агротехнические приемы выращивания овсяницы луговой 94

Абашев В. Д. Действие закрытого дренажа на дерново-подзолистой супесчаной почве Кировской области 99

Кожанов А. Л. Конструкции энергоэффективных оросительных систем с напорным режимом работы трубопроводов 102

Рыжаков А. Н. Универсальная структурно-компоновочная схема системы капельного орошения ... 107
Петров В. И., Кулик А. К., Власенко М. В. Агроресурсный потенциал и фитомелиоративная реконструкция пастбищных угодий Волгоградского Заволжья ... 111
Штанько А. С., Куприянов А. А. К вопросу энергоэффективности оросительных систем ... 116
Медведева Л. Н. Использование мелиорации на городских землях ... 119
Гловацкий О. Я., Драпун Д. О., Сапаров А. Б. Новая насосная техника в оросительных системах ... 125
Рулева О. В., Овечко Н. Н. Значение лесных полос при формировании урожая орошаемых сельскохозяйственных культур ... 128
Вердыш М. В. Агромелиоративные приемы повышения плодородия засоленных почв Крыма ... 134
Пономаренко Т. С. Составляющие теории регулирования стока и основные принципы проектирования оросительных систем на их основе ... 139
Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Кудряшов А. В. Влияние различных способов полива на продуктивность многолетних кормовых травосмесей ... 142
Петров В. И. Многоярусные лесопастбища и зеленые зонты на малопродуктивных засоленных землях ... 144
Щербаков А. О. Разработка отстойников нового типа для регулирования твердого стока в каналах оросительных систем ... 149
Ходзинская А. Г., Вербицкий В. С. Особенности расчета каналов оросительных систем в неоднородных по крупности песчано-гравийных грунтах ... 154
Гринько А. В. Эффективный гербицид для защиты подсолнечника ... 159
Вербицкий В. С. Некоторые особенности гидравлики оросительных систем ... 164
Насырова Н. Р., Носиров Ф. Ж., Юсупов Н. И. Использование новых технических решений для оптимизации режимов систем машинного водоподъема ... 170
Воеводина Л. А., Докучаева Л. М. Почвенные процессы в черноземах обыкновенных под влиянием капельного орошения ... 174
Кисарова О. О. Стохастические проблемы сельскохозяйственного производства ... 180
Салугин А. Н. Гранулометрический состав и гидрофизические свойства почв орошаемых земель ... 183

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Вожегова Р. А., Беляева И. Н., Коковихин С. В. Агрометеорологическое обоснование режимов орошения сельскохозяйственных культур ... 187
Воеводина Л. А. Приемы улучшения снабжения растений кукурузы фосфором при фертигации с использованием капельного орошения ... 192
Махмудова Д. Э., Кучкарова Д. Х. Методы моделирования водного режима почвы ... 198
Тищенко А. П. Фильтрационные свойства почвы при нисходящем движении воды ... 202
Рамазанов А., Файзуллаева М. Н. Важнейшие проблемы мелиорации и орошаемого земледелия в равнинной части Узбекистана ... 207
Васильев А. М., Капнинов А. С. Использование золошлаковых отходов ТЭС в промышленном строительстве и сфере водоочистки ... 213

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Тищенко А. И., Баев О. А. Исследования быстротоков с уступом на Курской обводнительно-оросительной системе Ставропольского края 217

Бубер А. А., Попова Н. М., Хомутов Ю. А. Расчет прорывной волны и вероятного вреда при гидродинамической аварии на гидроузле 223

Нишонов Ф. Х. Моделирование движения жидкости, приводящего к гидравлическому удару в трубопроводах и турбинах гидротехнических сооружений..... 229

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Носов А. К., Трунин В. В. Защитные технологии бетонных конструкций гидротехнических сооружений..... 234

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Томашова О. Л., Томашов С. В. Влияние различных сроков сева и систем обработки почвы на продуктивность льна масличного 240

Томашов С. В., Томашова О. Л. Продуктивность и качество рапса озимого в зависимости от элементов технологии возделывания в условиях Крыма..... 244

Лиховид П. В. Продолжительность вегетационного периода кукурузы сахарной в зависимости от агротехники..... 248

Авдеенко И. А., Григорьев А. А., Авдеенко С. С. Современные способы орошения лука..... 251

ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

Дуброва Ю. Н. Эффективность функционирования агропромышленного комплекса Республики Беларусь 254

Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Экономическая эффективность звеньев орошаемого севооборота с сидеральными и промежуточными культурами 258

Мирзоев М. М., Икрамов И. И. Оценка экономической эффективности мероприятий стратегического развития орошаемых земель Вахшской долины 262

Дуброва Ю. Н., Рыбалко Л. Е. Состояние отрасли животноводства и кормовой базы в Республике Беларусь..... 270

НАУКА – ПРАКТИКЕ

Носов А. К., Трунин В. В. Совершенствование безопасности мелиоративного комплекса юга России..... 274

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Заочная научно-практическая интернет-конференция «Пути повышения эффективности использования мелиорированных земель»

УДК 626.84/631.674

Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КРЫМУ

Орошение осуществляется разными способами: поливом по бороздам, дождеванием, затоплением поверхности, капельным орошением. Выбор техники и технологии полива зависит от многих факторов: почвенно-климатических условий, рельефа местности, размеров площади полива, выращиваемых сельскохозяйственных культур, водности источника орошения и качественного состава воды. Нами рассмотрены основные способы орошения, применяемые в Крыму, и тенденции по их развитию до и после усиления дефицита водных ресурсов. Также в работе определены проблемы, с которыми сталкиваются сельхозтоваропроизводители при использовании каждого из способов полива. Сформулирован возможный путь увеличения орошаемых земель.

Ключевые слова: орошение, способы полива, полив по бороздам, дождевание, капельное орошение.

Введение. После прекращения подачи воды в Республику Крым по системе СКК на полуострове усилились вододеффицитные условия, которые главным образом повлияли на обеспечение в достаточном количестве водными ресурсами сельскохозяйственной отрасли. По данным Госкомводхоза Крыма, в 2014 г. в Крыму произошло резкое сокращение поливных земель (в 7,6 раза) – с 137,0 до 17,7 тыс. га, а в 2015 г. площадь орошения снизилась до 10,1 тыс. га. В 2016 г. в Крыму было полито 11,4 тыс. га сельскохозяйственных культур. Кратность полива составила 4,6 раза. На цели орошения подано 11,8 млн м^3 воды.

Площади, орошаемые дождеванием, сократились в 14,5 раза и в 2014, 2015 гг. составили соответственно 5,4 и 1,2 тыс. га, а поверхностным поливом по бороздам и полосам поливалось 6,9 и 2,7 тыс. га. Эффективность использования крымских земель снизилась в 3–4 раза [1]. В связи со сложившейся ситуацией обеспечения полуострова водными ресурсами и переориентацией Крыма на использование только местного стока для развития орошения необходимо применять водосберегающие технологии полива. Одной из таких технологий является капельное орошение [2].

Результаты и обсуждение. Рассмотрим основные способы полива, используемые в Крыму, и проведем анализ их применения за последние 10 лет с целью определения наиболее перспективных из них, исходя из имеющихся природно-климатических, экономических и политических условий.

Полив по бороздам.

Является самым распространенным, общедоступным и менее энергоемким поверхностным способом полива, который в основном применяется для орошения пропашных культур – кукурузы, хлопчатника, свеклы, картофеля, овощных, плодовых, а также виноградников.

Преимущества: глубокое увлажнение почвы. Главным требованием для достижения высококачественного полива по бороздам является ровный рельеф местности, а на большей части полуострова, где расположены орошаемые участки, он холмисто-грядовой.

Недостатки: водоемкость, трудность регулирования нормы полива, неравномерное увлажнение почвы по длине борозды, широкое использование ручного труда. Расход воды, подаваемый в одну борозду, колеблется от 0,1 до 2–3 л/с в зависимости от уклона дна борозды и водопроницаемости почвы.

Ввиду отсутствия необходимости использования дорогостоящей техники этот способ полива широко применяется на орошаемых участках мелких сельхозпредприятий Крыма, которые не могут себе позволить приобретение дорогостоящего оборудования. В настоящее время использование данного водоемкого способа становится нецелесообразным вследствие отсутствия достаточных объемов водных ресурсов.

Динамика изменения площадей, политых по бороздам на полуострове, представлена на рисунке 1.

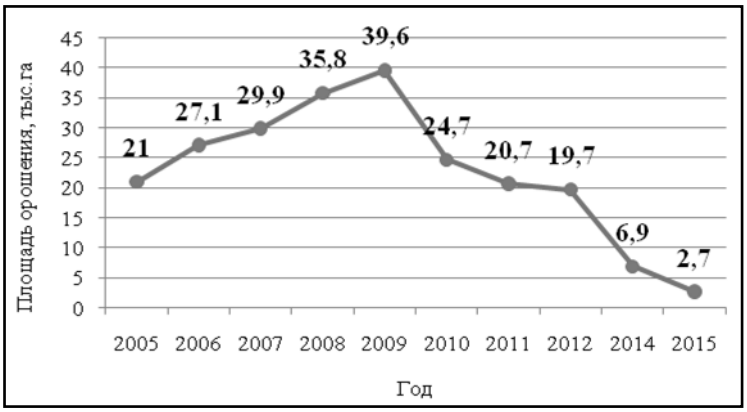


Рисунок 1 – Динамика проведения орошения земель РК по бороздам

На рисунке 1 видно, что площади, орошаемые по бороздам, достигли максимума в 2009 г., когда забор воды для нужд орошения составлял 577,8 млн м^3, после чего началось снижение этих показателей, и к 2015 г. данным способом было полито всего 2,7 тыс. га, что связано прежде всего с уменьшением количества воды, использованной для орошения (12,97 млн м^3).

В сложившихся в настоящее время условиях вододефицита необходимо максимально исключить полив по бороздам, так как он не только ведет к перерасходу воды (до 35 % по сравнению с капельным способом), но и ухудшению водно-физических свойств почв, что может стать причиной потери плодородия, а в дальнейшем и выхода этих земель из сельхозобращения.

Дождевание.

Является основным способом полива в большинстве районов РФ.

Преимущества: возможность регулирования нормы полива, особенно полива малыми нормами, при высокой водопроницаемости почвы и близком уровне грунтовых вод. С помощью дождевания можно осуществить освежительные поливы, снимать депрессию фотосинтеза в жаркие часы дня, увеличить влажность воздуха. Полив дождеванием позволяет механизировать труд и резко повысить его производительность.

Недостатки полива дождеванием: значительные энергетические затраты, ограничение полива при сильном ветре, образование почвенной корки после полива, при использовании круговой техники возникает необходимость в дополнительных устройствах для полива углов участка.

В настоящее время на небольших участках целесообразно применять современные шланго-барабанные поливные машины.

Не обошло снижение водообеспечения орошаемого земледелия и использование такого способа полива, как дождевание. На рисунке 2 приведены сведения о площадях, политых дождеванием. Как видно, максимальными площади, политые этим способом, были в 2009 г.

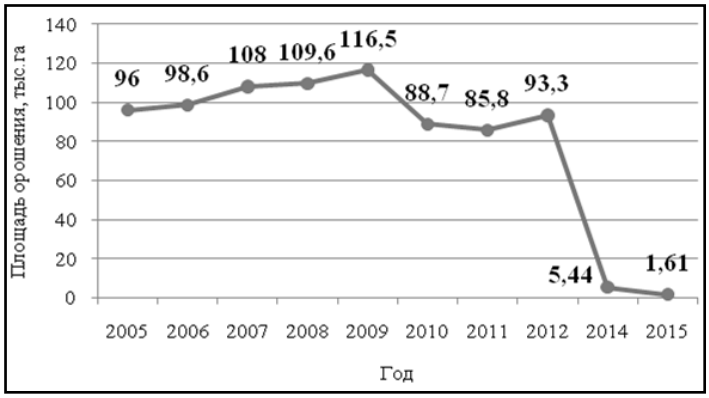


Рисунок 2 – Динамика проведения орошения земель РК дождеванием

Наибольшего упадка за последние годы полив дождеванием достиг в 2015 г. До 2014 г. количества дождевальной техники не хватало, и стоял вопрос о необходимости обеспечения земель новыми дождевальными машинами, а в настоящее время имеющаяся в наличии дорогостоящая техника простаивает на полях. В 2015 г. данным способом было полито всего 1616 га, из 1298 единиц техники работало 24 единицы, причем из них только четыре машины современного образца (обновление парка дождевальной техники началось с 2001 г., за 13-летний период было приобретено около 200 машин) [3].

Дождевание остается одним из ведущих способов полива в степной зоне Крыма, так как он наиболее эффективен при выращивании овощных и зерновых культур.

Полив затоплением чеков.

Этот способ полива в Крыму применялся при выращивании риса, промывки засоленных почв.

Преимущества полива затоплением: высокая производительность труда на поливе (поливной ток до 2,5 м^3/с), круглосуточный полив, возможность полной механизации всех сельскохозяйственных работ и полная автоматизация поливов, равномерное покрытие поверхности почвы водой. При поливе затоплением соли равномерно оттесняются в глубокие слои почвенного профиля.

Отрицательные стороны при поливе затоплением: применяются высокие поливные нормы, что обусловливает возможность быстрого подъема уровня грунтовых вод; происходит коркообразование, слитизация и другие неблагоприятные явления.

При длительном затоплении почвы слоем воды уменьшаются скважность и аэрация, окислительные процессы прекращаются, питательные вещества вместе с фильтрующимися водами вымываются вглубь и переходят в неусвояемую форму, уровень грунтовых вод поднимается, что нередко приводит к вторичному засолению почв. Чем больше слой воды и длительнее затопление, тем больше проявляются отрицательные последствия полива затоплением.

На рисунке 3 представлена динамика проведения орошения земель затоплением. Этот вид полива получил свое развитие после пуска СКК и применялся в пяти районах Крыма: Джанкойском, Красноперекопском, Нижнегорском, Раздольненском и Советском при выращивании риса, а с 2014 г. стал невостребованным из-за большой водоемкости. Так, в 2012 г. водоподача на рисовые чеки составила 490,2 млн м^3, это 67 % от объема воды, забранной на орошение.

Дальнейшее использование полива затоплением ввиду сложившихся условий невозможно.

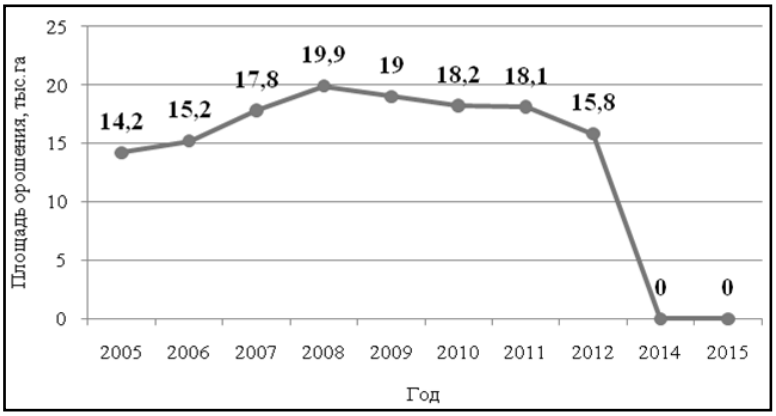


Рисунок 3 – Динамика проведения орошения земель РК затоплением

Капельное орошение.

В связи с ситуацией обеспечения полуострова водными ресурсами и переориентации Крыма на местный сток для развития орошения необходимо применять водосберегающие технологии полива. Одной из таких технологий является капельное орошение. При данном способе полива сельскохозяйственных культур можно использовать воды природных (реки, озера), искусственных (водохранилища, каналы, пруды) или подземных (скважины, шахтные колодцы) источников [4].

Капельное орошение – сравнительно новый способ полива сельскохозяйственных культур, при котором вода подается не на всю площадь, как при дождевании, а только непосредственно в полосу расположения растения и тем самым обеспечивает значительную экономию поливной воды.

Капельное орошение можно применить при сложном рельефе, в районах с сильными ветрами, то есть в условиях, которые широко распространены на полуострове. Также при капельном орошении междурядье остается сухим, и поливы не мешают работе сельхозтехники (взрыхление, борьба с растительностью и др.).

Преимущества:

- при капельном орошении расход воды в сравнении с другими способами сокращается в разы, что способствует значительной экономии и не приводит к заболачиванию, поднятию уровня грунтовых вод;
- обеспечивается экологическая стабильность участка орошения;
- уменьшается количество ядохимикатов на единицу орошаемой площади;
- снижается испарение воды с поверхности почвы;
- исключается водная эрозия почвы и т. п.

Следующее важное преимущество систем капельного орошения перед другими способами полива заключается в создании относительного экологического равновесия участка путем пополнения питательных веществ почвы, которые выносятся с урожаем выращиваемых культур, внесения минеральных удобрений, растворенных в оросительной воде. При этом необходимо отметить, что при локальном поливе культур вода подается не на всю площадь участка, а только в затененную ее часть под выращиваемые культуры. Из этого следует, что сорняки не получают нужного количества влаги из почвы, происходит их угнетение, следовательно, уменьшается количество агротехнических приемов, направленных на их уничтожение. Снижение доли увлажняемой площади, на которой используют систему капельного орошения, сохраняет запасы влаги в почве за счет уменьшения ее испарения с поверхности. Локальное орошение предохраняет почву от вторичного засоления пахотного горизонта при высоком залегании уровня грунтовых минерализованных вод, обеспечивая сохранение ее плодородия.

Недостатки:

- высокая стоимость системы, которая окупается за несколько сезонов;
- необходимость использования фильтров с целью защиты трубопроводов и капельниц от засорения солевыми отложениями.

Однако все недостатки, связанные с установкой и использованием капельного способа орошения, перекрываются его достоинствами.

Исходя из вышеизложенного, следует, что этот способ полива в будущем должен стать одним из приоритетных вариантов ведения орошения в Крыму.

На рисунке 4 представлена динамика изменения площадей, политых этим способом.

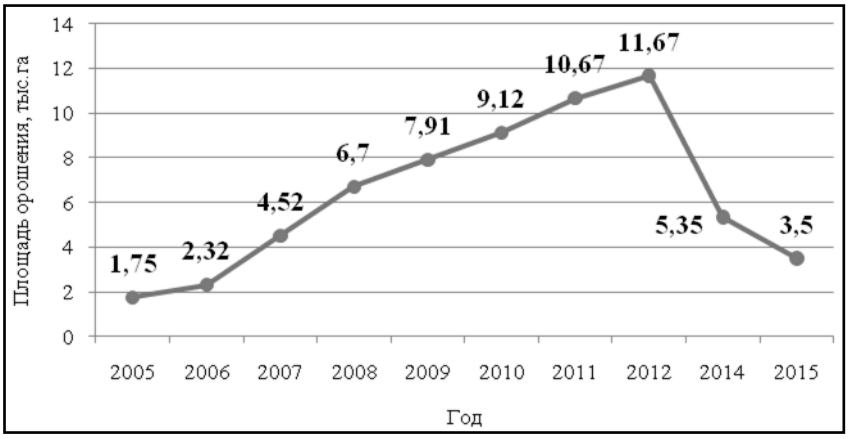


Рисунок 4 – Динамика проведения орошения земель РК капельным способом

К концу 2013 г. в Крыму капельным способом орошалось около 14,5 тыс. га. Площадь ежегодно увеличивалась примерно на 10 %, однако в 2014 г. из-за отсутствия днепровской воды она уменьшилась почти в 2,7 раза и составила 5,4 тыс. га, а в 2015 г. – до 3,5 тыс. га [1].

Заключение. Согласно мнению специалистов водохозяйственной отрасли площадь фактически поливаемых земель может быть доведена до 45–55 тыс. га, но для этого необходимо использовать дополнительные (альтернативные) источники воды. На территории Крымского региона для этих целей могут применяться очищенные сточные, коллекторно-дренажные, опресненные подземные и поверхностные слабоминерализованные воды [4]. Однако наряду с поиском альтернативных источников для водообеспечения аграрного сектора необходимо применение водосберегающих способов орошения, которые позволят сократить расход поливной воды и энергоресурсов, а также уменьшат вред, наносимый окружающей среде.

На рисунке 5 представлены диаграммы, отражающие удельный вес различных способов полива, применяемых на орошаемых площадях в РК до и после усиления вододефицитных условий.

Рисунок 5 – Диаграмма распределения площадей, политых различными способами

Из приведенного анализа применения различных способов полива в РК можно сделать следующие выводы:

- в Крыму до 2014 г. использовались различные способы полива, наиболее популярными из которых были дождевание и полив по бороздам;
- после перекрытия СКК площади орошения сократились в 7,6 раза и составили 11,4 тыс. га, что послужило стимулом для поиска альтернативных источников для орошения и внедрения ресурсосберегающих способов полива, позволяющих увеличить производство сельскохозяйственной продукции, необходимой для удовлетворения нужд увеличивающегося населения полуострова и развивающегося рекреационного комплекса;
- орошение затоплением чеков являлось наиболее водоемким и использовало 67 % потребляемых на полив водных ресурсов. С 2014 г. этот вид полива не осуществляется и является не перспективным;
- усиление дефицита водных ресурсов и необходимость увеличения площадей орошения с одновременной экономией поливной воды вызывают необходимость перехода на водосберегающие способы полива, которым в мировой практике является капельное орошение;
- проведенный анализ применения для орошения различных способов полива в РК свидетельствует о том, что развитие орошаемого земледелия с использованием капельного способа полива является наиболее перспективным и приемлемым в сложившихся водоограниченных условиях, однако сдерживающим фактором остается стоимость самой системы. Несмотря на это, использование капельного орошения имеет большой потенциал для своего дальнейшего развития. Для преодоления экономических трудностей, связанных с высокой стоимостью строительства и реконструкции оросительных систем, правительством созданы все условия, направленные на развитие аграрного сектора – субсидии для сельхозтоваропроизводителей, введенные на возмещение части средств, потраченных на развитие систем орошения.

Список использованных источников

1 Сейтумеров, Э. Э. Развитие капельного орошения в Крыму / Э. Э. Сейтумеров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 1(61). – С. 169–172.

2 Кременской, В. И. Перспективы развития плодоводства в Крыму на основе капельного орошения / В. И. Кременской, Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 185–190.

3 Волкова, Н. Е. Орошаемое земледелие Крыма: возможности будущего развития / Н. Е. Волкова, В. И. Ляшевский // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3(63). – С. 57–63.

4 Водообеспечение сельскохозяйственной отрасли Крыма. Текущая ситуация и перспективы / В. И. Ляшевский, А. П. Тищенко, Н. Е. Волкова, Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 24–29.

УДК 630*237

В. И. Петров, М. В. Власенко
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

МЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ВОСТАНОВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Цель исследований – выявление снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий в результате опустынивания в Северо-Западном Прикаспии (Астраханская, Волгоградская области, республика Калмыкия и Ставропольский край). Исследо-

вания проводились с учетом методических рекомендаций и указаний, разработанных по материалам Всероссийского НИИ агролесомелиорации, с использованием данных НПДБО и Атласа опустынивания сельскохозяйственных угодий Российского Прикаспия. Рассмотрены меры борьбы с опустыниванием и выявлены пути повышения продуктивности пастбищ в регионе. Описан комплекс агролесомелиоративных мероприятий, обеспечивающих улучшение земель посредством использования почвозащитных, водорегулирующих и иных свойств защитных лесных насаждений. Фитомелиорация пастбищ и открытых песков региона является важным направлением получения кормов, подавления опустынивания и ликвидации его последствий. Улучшение почв посредством фитомелиорации – экономически и агроэкологически выгодный прием повышения их плодородия, т. к. дешевле в 5–20 раз по сравнению с другими видами мелиорации. Доход от создания лесопастбищ на открытых песках состоит из стоимости кормов на восстановленных угодьях, кормов, сохраненных от засыпания песком функционирующих пастбищ на прилегающих к очагам опустынивания территориях, а также снижения затрат на повторное восстановление угодий вследствие более высокой дефляционной устойчивости лесопастбищ по сравнению с пастбищами, сформировавшимися при естественном зарастании открытых песков.

Ключевые слова: пастбищные угодья, продуктивность, опустынивание, типы мелиорации, подвижные пески, фитоценозы.

Введение. В настоящее время для укосного и пастбищного использования пригодна только половина всей площади природных кормовых угодий РФ. Остальные угодья находятся в неудовлетворительном мелиоративном состоянии. 6,9 млн га заросли кустарником и мелколесьем, 24,6 млн га расположены на засоленных и 19,2 млн га – на эродированных землях, в том числе 10,2 млн га пастбищ характеризуются сильным сбоем, 1,3 млн га закочкарены. Темпы этих негативных процессов нарастают.

Существующая система земледелия в Северо-Западном Прикаспии в границах Астраханской, Волгоградской областей, республики Калмыкия и Ставропольского края не обеспечивает рационального использования биоклиматических, земельных и водных ресурсов. Интенсификация землепользования в регионе за счет увеличения поголовья скота, распашки целины и т. д., если она совершается без адекватного вклада в управление экологическими режимами хрупких аридных ландшафтов, сопровождается ухудшением состояния природной среды и неизбежно приводит к опустыниванию. В результате опустынивания резко снижается потенциал почвенного плодородия, падает эффективность капитальных вложений в аграрную сферу, возрастает рискованность всех отраслей сельскохозяйственного производства.

Материалы и методы. Исследования проводились с учетом методических рекомендаций, указаний и патентов, разработанных по материалам исследований Всероссийского НИИ агролесомелиорации [1–5]. В работе были использованы материалы Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО) и Атласа опустынивания сельскохозяйственных угодий Российского Прикаспия [6, 7]

Результаты и обсуждения. Борьба с опустыниванием – актуальная проблема, т. к. в результате опустынивания в регионе более чем наполовину уменьшились площади полноценных сельскохозяйственных угодий, а потери годичной продуктивности составили 26,4 млн ц к. е., в том числе в Астраханской области 2046 тыс. ц к. е., в Волгоградской области – 5044 тыс. ц к. е., в республике Калмыкия – 3211 тыс. ц к. е.и Ставропольском крае – 6435 тыс. ц к. е. [7].

Большие площади мелиорированных орошаемых земель региона находятся в неудовлетворительном состоянии (таблица 1), в результате чего часть этих площадей не используется в сельскохозяйственном производстве.

Задача мелиорации состоит в том, чтобы улучшить свойства и режим почвы в слое мощностью 1–2 м, т. е. в горизонтах почвенного профиля. Поэтому непосредст-

венным и основным объектом мелиорации всегда является почвенный покров. Наибольший эффект удается достигнуть при комплексном применении различных видов мелиорации [1].

Таблица 1 – Состояние мелиорированных орошаемых земель Северо-Западного Прикаспия

Субъект РФ	Всего, тыс. га	из них					
		I		II		III	
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
Астраханская область	213,2	43,4	4,5	94,7	10,0	75,1	7,7
Волгоградская область	185,8	128,0	13,1	27,8	2,9	30,0	3,1
Ростовская область	230,0	87,7	9,0	92,8	9,5	49,5	5,1
Калмыкия	52,6	1,9	0,2	14,0	1,4	36,7	3,8
Ставропольский край	292,0	196,4	20,2	61,1	6,3	34,5	3,5
Итого по СЗП	973,6	457,4	47,0	290,4	30,0	225,8	23,2
Примечание I – хорошее состояние, II – удовлетворительное состояние, III – неудовлетворительное состояние.							

В зависимости от характера проведения мелиоративных мероприятий выделяют *гидротехническую, химическую, культуртехническую мелиорацию* и *агролесомелиорацию*.

Гидромелиорация состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий, обеспечивающих коренное улучшение заболоченных, излишне увлажненных, засушливых, эродированных, смытых земель, состояние которых зависит от воздействия воды. Гидромелиорация земель направлена на регулирование водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв на мелиорируемых землях посредством осуществления мер по подъему, подаче, распределению и отводу вод с помощью мелиоративных систем, а также отдельно расположенных гидротехнических сооружений (оросительная, осушительная, противопаводковая, противоселевая, противоэрозионная, противооползневая и другие виды).

Культуртехническая мелиорация земель состоит в проведении комплекса мероприятий по коренному улучшению земель. Этот тип мелиорации земель подразделяется на виды: расчистка мелиорируемых земель от древесной и травянистой растительности, кочек, пней и мха; расчистка мелиорируемых земель от камней и иных предметов; мелиоративная обработка солонцов; рыхление, пескование, глинование, землевание, плантаж и первичная обработка почвы; проведение иных культуртехнических работ.

Химическая мелиорация применяется для улучшения свойств земель путем внесения химических мелиорантов.

Агролесомелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий, обеспечивающих улучшение земель посредством использования почвозащитных, водорегулирующих и иных свойств защитных лесных насаждений.

К этому типу мелиорации земель относятся:

- противоэрозионная – защита земель от эрозии путем создания лесных насаждений на оврагах, балках, песках, берегах рек и других территориях;
- полезащитная – защита земель от воздействия неблагоприятных явлений природного, антропогенного и техногенного происхождения путем создания защитных лесных насаждений по границам земель сельскохозяйственного назначения;
- пастбищезащитная – предотвращение деградации земель пастбищ путем создания защитных лесных насаждений

Агролесомелиоративные мероприятия можно рассматривать как долговременный фактор охраны окружающей среды и активизации естественного природно-ресурсного потенциала биосферы. На защищенных территориях значительно улучшается гидротермический режим, более чем в 4 раза сокращается поверхностный сток,

оптимизируются процессы почвообразования, чище и полноводнее становятся реки и водоемы, богаче и разнообразнее флора и фауна [8, 9].

Лесомелиоративные насаждения на пастбищных землях изменяют ландшафт, улучшают микроклимат и санитарно-гигиенические условия, восстанавливают экологический и биологический потенциал прилегающих территорий, повышают продуктивность угодий и защищают сельскохозяйственных животных от неблагоприятных погодных условий (сильных ветров, пыльных бурь, буранов, метелей), тем самым удлиняют время пастбищного периода и улучшают содержание скота на выпасе, что в итоге обеспечивает повышение экономической эффективности животноводства [10].

Фитомелиорация пастбищ и открытых песков региона является важным направлением получения кормов, подавления опустынивания и ликвидации его последствий. Пастбищные экосистемы, создаваемые взамен деградированных естественных, должны быть долголетними, высокопродуктивными, адаптивными и экологически сбалансированными [11].

Доход от создания лесопастбищ на открытых песках состоит из стоимости кормов на восстановленных угодьях, кормов с сохраненных от засыпания песком функционирующих пастбищ на прилегающих к очагам опустынивания территориях, а также снижения затрат на повторное восстановление угодий вследствие более высокой дефляционной устойчивости лесопастбищ по сравнению с пастбищами, сформировавшимися при естественном зарастании открытых песков [3].

Для улучшения малопродуктивных пастбищ региона следует использовать многолетние полукустарники (прутняк, терескен, камфоросма), что позволяет формировать более устойчивые и высокопродуктивные травостои. Так, высокий уровень продуцирования агроценозов прутняка и терескена объясняется способностью более полно использовать ресурсы среды в пространстве и во времени: совпадение зон максимального ветвления корней с горизонтами концентрации доступной влаги, отсутствие летнего полупокоя.

Кустарниково-пастбищный фитоценоз закрепляет очаги подвижных песков и создает эффективное растительное покрытие на землях с песчаными и супесчаными почвами, где чрезмерный выпас и дефляция почвы приводят к образованию сыпучих песков. В первые год – два под защитой кустарника и полукустарника почва постепенно зарастает травами. Этому способствует также посев или подсев в межполосных пространствах житняка узколистного (*Agropyrum desertorum*), пырея сизого (*Agropyrum glaucum*) и других трав.

Создание искусственных агрофитоценозов на пастбищах предусматривает увеличение их емкости и повышение устойчивости к неблагоприятным природным явлениям и антропогенному воздействию [12].

На фитомелиорированных территориях происходит улучшение фитосанитарного состояния, сильно трансформируется травянистый ярус, наблюдается тенденция к расширению ареала лекарственных видов, увеличивается их количественное и видовое разнообразие. Формирование растительности на фитомелиорированных пастбищах сопровождается их мезофитизацией [13, 14].

От агроклиматических условий местности и конкретных погодных условий года зависят полнота всходов и степень приживаемости растений-фитомелиорантов. В этой связи важным является учет агроклиматических ресурсов местности при размещении посевов, а также агроклиматическое обоснование сроков, способов и объемов проведения фитомелиоративных работ при различном сочетании сезонных погод и неблагоприятных гидрометеорологических явлений, определяющих выживание растений-фитомелиорантов в первый год их жизни [15, 16].

Фитомелиорация – мощное средство борьбы с засолением. При проведении мелиорации сильнозасоленных почв целесообразно использование галофитов и мезогало-

фитов. Наряду с продовольственным значением, галофиты представляют интерес как биологическое средство мелиорации засоленных земель в силу способности поглощать из почвы и накапливать в надземной массе большое количество водорастворимых солей, которые затем удаляются при укосах. Возделывание галофитов на засоленных почвах позволяет дополнительно получить новые источники ценных высокобелковых и энергонасыщенных кормов, масличных и лекарственных культур [17].

Перспективны виды, пригодные в качестве растений-фитомелиорантов и для производства энергонасыщенных кормов и лекарственного сырья, на вторично засоленных почвах: лебеда белая (*Atriplex cana*), кохия веничная (*Kochia scoparia*), солодка голая (*Glycyrrhiza glabra*), полынь солончаковая (*Artemisia halophila*) и другие.

Фитомелиорация пастбищ стала важным биологическим средством в процессе целенаправленного улучшения природной среды, повышения потенциала деградированных земель с помощью экологически специализированных видов растений. Кроме того, улучшение почв посредством фитомелиорации – экономически и агроэкологически выгодный прием повышения их плодородия, так как он дешевле в 5–20 раз по сравнению с другими видами мелиорации.

Заключение. Сельскохозяйственные угодья, в том числе пастбища, Прикаспия в границах Астраханской, Волгоградской областей, республики Калмыкия и Ставропольского края очень сильно пострадали от опустынивания, в результате чего потери годичной продуктивности сельскохозяйственных угодий составили 26,4 млн ц к. е. Большие площади мелиорированных орошаемых земель региона находятся в неудовлетворительном состоянии, и часть этих площадей не используется в сельскохозяйственном производстве. Для улучшения свойств и режима почвы необходимо проводить мелиоративные мероприятия. Агролесомелиоративное обустройство активизирует естественный природно-ресурсный потенциал и является многофункциональным, долговременным фактором охраны окружающей среды. Фитомелиорация пастбищ и открытых песков региона является основным направлением получения кормов, подавления опустынивания и ликвидации его последствий. Улучшение почв методом фитомелиорации – экономически и агроэкологически выгодный прием повышения их плодородия, так как он дешевле в 5–20 раз по сравнению с другими видами мелиорации.

Список использованных источников

1 Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия / А. Н. Каштанов, И. П. Свинцов, Г. Н. Черкасов [и др.]. – Курск – Тверь, 2001. – 260 с.

2 Рекомендации по формированию лесопастбищ в аридной зоне / В. И. Петров, К. Н. Кулик, А. Г. Терюков, А. С. Манаенков [и др.]. – Москва – Волгоград: РАСХН, 2000. – 42 с.

3 Создание лесопастбищ на подвижных песках Юго-Востока Европейской части СССР: рекомендации / Н. С. Зюзь, В. И. Петров, А. С. Подгорнов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 24 с.

4 Методические указания по изысканиям и проектированию мероприятий комплексного освоения песков юга и юго-востока Европейской части СССР. – М.: ВАСХНИЛ, 1985. – 78 с.

5 Способ оконтуривания территорий защитных лесных насаждений по космическим снимкам: пат. 2211465 Рос. Федерация: МПК(7) G 01V 9/00 / Кравцов В. В., Кравцова А. В., Кулик А. К.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации. – № 2001107475/28; заявл. 20.03.01; опубл. 27.08.03, Бюл. № 14.

6 Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием для юго-востока Европейской части Российской Федерации / Е. С. Павловский,

А. Т. Барабанов, Е. А. Гаршинев [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 313 с.

7 Атлас опустынивания сельскохозяйственных угодий Российского Прикаспия / В. И. Петров, К. Н. Кулик, В. П. Воронина [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 38 с.

8 Кулик, А. К. Водный режим и баланс влаги песчаных земель Нижнего Дона: автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Кулик Алексей Константинович. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – 25 с.

9 Кулик, К. Н. Водный баланс почв песчаных массивов (на примере Усть-Кундрюченского массива, Ростовская область) / К. Н. Кулик, Н. Ф. Кулик, А. К. Кулик // Почвоведение. – 2012. – № 8. – С. 846–854.

10 Власенко, М. В. Особенности микроклимата на заросших кустарником пастбищах в аридном поясе Волго-Донского междуречья / М. В. Власенко // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(34). – С. 94–98.

11 Власенко, М. В. Продуктивность и сезонная динамика накопления фитомассы на естественных и мелиорированных пастбищах Сарпинской низменности / М. В. Власенко, А. К. Кулик, В. П. Воронина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 83–88.

12 Кулик, А. К. Стационарные исследования на гидрологическом комплексе ФНЦ / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016 – № 4(64). – С. 6–12.

13 Власенко, М. В. Лекарственные растения в природном комплексе / М. В. Власенко, О. М. Баранова, М. Ю. Пучков. – Астрахань: Сорокин Р. В., 2011. – 284 с.

14 Власенко, М. В. Влияние лекарственных растений на фитосанитарное состояние пастбищ Северо-Западного Прикаспия / М. В. Власенко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 5(43). – С. 199–203.

15 Власенко, М. В. Продуктивность и флористическое разнообразие пастбищ Сарпинской низменности под влиянием фитомелиорации: дис. … канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Власенко Марина Владимировна. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 208 с.

16 Турко, С. Ю. Математическое моделирование роста и развития кормовых трав на аридных пастбищах / С. Ю. Турко, М. В. Власенко, А. К. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 219–228.

17 Власенко, М. В. Фитомелиорация пастбищ Северо-Западного Прикаспия / М. В. Власенко // Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: поиск новой модели (к 90-летию академика РАСХН Е. С. Павловского): материалы Междунар. науч.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых. – 2013. – С. 72–74.

УДК 631.621

В. И. Ляшевский, А. П. Тищенко
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

ВЛАГОЗАРЯДКОВЫЕ ПОЛИВЫ В КРЫМУ

Основной задачей этих поливов является накопление влаги в почве для использования ее сельскохозяйственными культурами во время вегетации. Применение влагозарядковых поливов эффективно при выращивании озимых культур, многолетних трав, на поукосных и пожнивных посевах. В зависимости от биологии культур сроки проведения влагозарядковых поливов могут быть как осенние, так и ранневесенние. В статье приводятся результаты исследований фильтрационных свойств почвы при глубоком и близком залегании уровня грунтовых вод.

Ключевые слова: суммарное испарение, впитывание, установившаяся фильтрация, грунтовые воды, уровень залегания грунтовых вод, водный баланс.

Влагозарядковые поливы – поливы, проводимые в не вегетационный период с целью создания запасов воды в корнеобитаемом слое почвы [1].

Задачей влагозарядковых поливов является накопление влаги в расчетных слоях почвы с целью обеспечения нормальной перезимовки озимых культур в осенне-зимний (межполивной) период вегетации до первого полива весной [2, 3].

Влагозарядковые поливы проводят до посева: осенью, зимой, ранней весной и летом перед повторными посевами. Этот полив создает запасы влаги не только в верхних, но и более глубоких слоях почвы и предотвращает возможность возникновения почвенной засухи. Особенно ценна осенняя влагозарядка. Она улучшает водный и тепловой режим почвы, следовательно, и перезимовку озимых культур, многолетних трав.

В засушливые годы влагозарядка эффективна для всех орошаемых культур. Самые высокие прибавки урожая от нее дает озимая пшеница. Нередко влагозарядковые поливы приобретают и самостоятельное значение. Установлено, что при влагозарядковом поливе урожайность озимой пшеницы возрастает в 1,5–2,0 раза.

Под культуры, высеваемые ранней весной, влагозарядковый полив проводят в первую половину осени, так как при позднеосенних поливах почва поспевает для обработки позже. Это может нарушить сроки сева ранних яровых культур.

В таблице 1 приведены месячные величины осадков и суммарного испарения в межполивной период. Количество осадков – на основе среднемноголетних данных метеостанций Крыма, суммарное испарение (измеренное гидравлическими почвенными балансомерами) – с различных сельскохозяйственных культур, на основе имеющегося многолетнего ряда наблюдений [4].

Таблица 1 – Осадки и суммарное испарение в межполивной период

Месяц	Осадки X, м^3/га		Суммарное испарение E, м^3/га					
	Сумма за месяц (Σ мес.)	Нарастающим итогом (Н. И.)	Озимая пшеница		Люцерна		Пахота	
			Σ мес.	Н. И.	Σ мес.	Н.И.	Σ мес.	Н. И.
Октябрь	360	360	420	420	530	530	290	290
Ноябрь	270	630	260	680	190	720	180	470
Декабрь	250	880	160	840	170	890	160	630
Январь	230	1110	190	1030	160	1050	190	820
Февраль	210	1320	140	1170	160	1210	190	1010
Март	200	1520	290	1460	290	1500	250	1260
Апрель	260	1780	830	2290	860	2360	330	1590

На основании данных таблицы 1 построены графики хода суммарного испарения и осадков (рисунок 1) и нарастающим итогом (рисунок 2) за межполивной период.

Как видно из таблицы 1 и рисунков 1, 2, осадки за период с октября по март компенсируют суммарное испарение. Превышение испарения над осадками наблюдается с 1 апреля и составляет за период от посева до первого вегетационного полива озимых (с 20 апреля) 510 м^3/га. Для аккумуляции такого количества активных влагозапасов необходимо увлажнить до наименьшей влагоемкости (верхний предел оптимального увлажнения) слой почвы мощностью 55 см.

Как известно, формула расчета влагозарядкового полива имеет вид:

$$M_{влз} = E - X + \Delta В, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (1)$$

где $M_{влз}$ – норма влагозарядного полива, м^3/га;

E – суммарное испарение за межполивной период, м^3/га;

X – осадки за межполивной период, м^3/га;

ΔВ – разность между влагозапасами почвы наименьшей влагоемкости (НВ) и влагозапасами перед поливом, м^3/га.

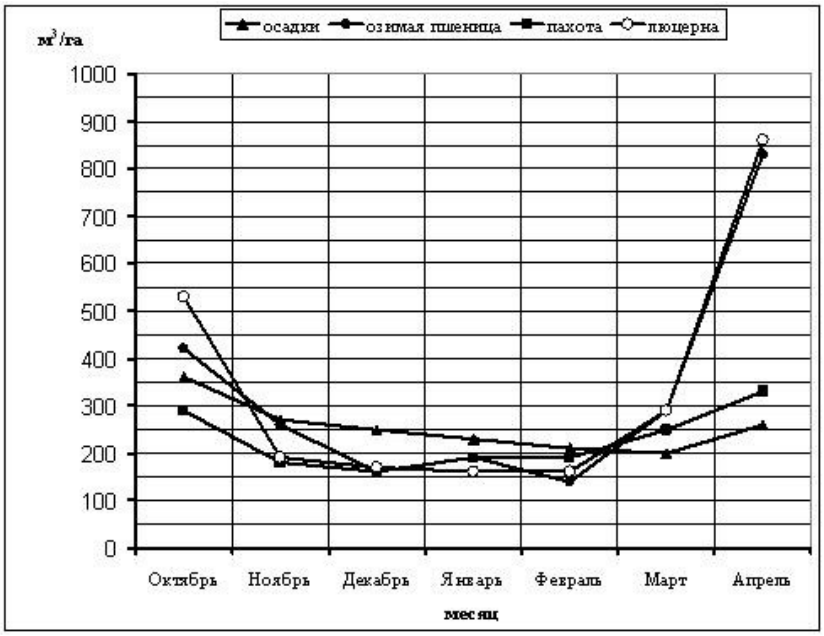


Рисунок 1 – Сезонный ход величин осадков и суммарного испарения с пахоты и посевов озимой пшеницы и люцерны

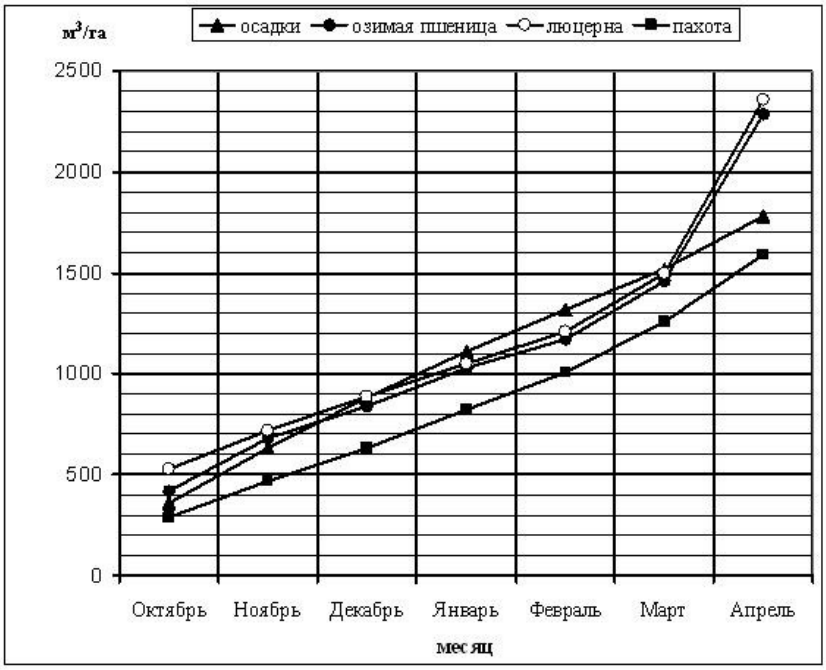


Рисунок 2 – Величины осадков и суммарного испарения с посевов озимой пшеницы, люцерны и пахоты за межполивной период

Однако если заменить в формуле (1) НВ на влажность разрыва капилляров (ВРК), составляющую 71 % от НВ, получается, что к началу первых поливов весной влажность почвы соответствует предполивному порогу, что позволяет значительно экономить поливную воду при проведении влагозарядки.

На основании многолетнего ряда измерений осадков и суммарного испарения с помощью гидравлического почвенного балансомера формула расчета влагозарядки для условий Степного Крыма значительно упростилась.

Расчет нормы влагозарядки на нормально сложенных полнопрофильных почвах и маломощных карбонатных черноземах, подстилаемых известняково-щебнистыми от-

ложениями, производится по выведенной на основе многолетних научных исследований формуле:

$$M_{влз} = 2000 - В_{0,7}, \quad (2)$$

где $M_{влз}$ – норма влагозарядного полива, м^3/га;

$В_{0,7}$ – общие влагозапасы в слое почвы 0,7 м, определенные термостатно-весовым методом перед влагозарядкой, м^3/га.

Исследованиями установлено, что на маломощных почвах, подстилаемых известняково-щебнистыми отложениями, озимые культуры можно выращивать при мощности перекрывающего известняк слоя не менее 0,8 м.

Таким образом, теоретически возможная норма влагозарядки при условии, что из указанного слоя почвы потреблены все продуктивные влагозапасы, т. е. увлажнение почвы находится на уровне влажности завядания, равняется 2000 – 1015 = 985 м^3/га. Однако такого увлажнения почвы в октябре еще не было за все годы исследований. Средняя норма влагозарядки колеблется в пределах 500–600 м^3/га, т. е. сравнима с вегетационным поливом. Этой влаги вполне достаточно, чтобы получить дружные всходы и обеспечить нормальную перезимовку в межполивной период.

Что касается почв с близким (менее 2,5 м) залеганием уровня грунтовых вод, то для того, чтобы не вызвать развитие процессов вторичного засоления и заболачивания, предлагается расчет нормы влагозарядки производить по-другому:

$$M_{влз} = НВ_a - В_a, \quad (3)$$

где $M_{влз}$ – норма влагозарядки, м^3/га;

$НВ_a$ – наименьшая влагоемкость в слое a, рассчитывается: 3300 × a, м^3/га;

$В_a$ – общие влагозапасы в слое a перед влагозарядкой, м^3/га.

Слой почвы a, м, подлежащий увлажнению при влагозарядке, определяется по формуле:

$$a = 0,4\,(H - 0,5) - 0,2, \quad (4)$$

где H – уровень грунтовых вод в день определения влагозапасов, м.

Таким образом, расчет нормы влагозарядки не вызывает никаких сложностей, несмотря на разнообразие почвенно-климатических условий на территории полуострова.

При рациональных режимах орошения влагозарядковые поливы под озимые культуры проводятся с расчетом увлажнения 0,55–0,60 м слоя почвы до НВ.

Аккумулированной в указанном слое почвы влаги достаточно, чтобы в самый засушливый год в межполивной период (с 1 октября по 20 апреля) получить дружные всходы, которые доживут без ущерба для урожая до начала первых вегетационных поливов весной. Кроме того, при многоводном межполивном периоде, избытке осадков по сравнению со среднемноголетней величиной остается достаточная почвенная емкость (ниже 0,55 м) для аккумуляции этих избыточных осадков, предотвращая тем самым выход влаги за пределы досягаемости корневой системы растений.

На многолетних травах прошлых лет влагозарядку необходимо планировать из расчета увлажнения до НВ слоя почвы 0,6 м. Равномерное увлажнение этого слоя, а также максимальное использование осенне-зимних осадков достигается за счет щелевания поля на глубину 0,3–0,5 м. Если имеется в наличии поливная вода и энергоносители, то осенние влагозарядковые поливы желательно провести и под яровые культуры будущего года (кукуруза, свекла, соя, подсолнечник, зерновые), при этом поверхность зяблевой вспашки должна быть выровнена и подготовлена к посеву осенью. Как под озимые, так и под яровые культуры будущего года влагозарядковые поливы рассчитываются по формуле (2).

На маломощных почвах, а также при близком (ближе 2,5 м) залегании грунтовых вод влагозарядковые поливы под яровые культуры будущего года проводить не рекомендуется.

Опасность превышения норм влагозарядки состоит главным образом в возникновении процессов вторичного засоления и заболачивания на почвах с близким залега-

нием грунтовых вод, что очень быстро и надолго выводит земли из сельскохозяйственного оборота.

Другой проблемой является промывка питательных веществ на почвах с глубоким залеганием грунтовых вод за пределы зоны действия корневой системы, что снижает эффект применения удобрений (в первую очередь азотных), так как под основную обработку вносится 2/3 нормы азота. Исследованиями установлено, что 800 м^3/га профильтровавшейся за корнеобитаемую зону воды уносит с собой 65 % подвижного азота. Питательные вещества, ушедшие с фильтрационным потоком в нижележащие горизонты почвы, будут потеряны для растений, а это означает, что и часть урожая будет утрачена, также как и средства, которые пошли на закупку и внесение удобрений.

Осенний влагозарядный полив под озимые культуры целесообразно делить на две части – предпосевной и довсходовый. Это обосновано тем, что при посеве после прохода посевных агрегатов верхний 10-сантиметровый слой почвы иссушается и на глубине заделки семян влаги оказывается недостаточно. При проведении в период от посева до всходов довсходового полива влажность почвы по увлажняемому профилю уравнивается, что позволяет получить дружные всходы озимых и благоприятные условия для дальнейшего роста и развития растений.

На рисунке 3 показана доля участия в формировании урожая зерна озимой пшеницы каждого элемента водопотребления (осадки, осенний влагозарядковый полив, весенне-летние вегетационные поливы) по отношению к урожаю, полученному при оптимальном режиме орошения (по данным многолетних исследований).

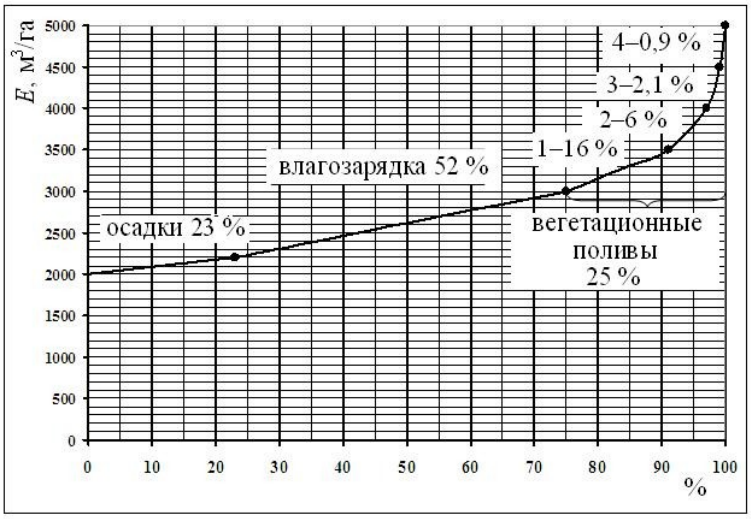


Рисунок 3 – Доля участия элементов суммарного водопотребления в формировании урожая озимой пшеницы

Как видно из рисунка 3, если осадков за вегетационный период менее 2000 м^3/га, урожай озимой пшеницы на богаре не формируется.

Осенняя влагозарядка дает 53 % урожая от полученного при оптимальном режиме орошения, вегетационные поливы формируют 25 % урожая, но вклад каждого из них неравнозначный. Также установлено, что экономически обоснованная оросительная норма озимой пшеницы ниже биологической (оптимальной) нормы на 1000 м^3/га, поэтому целесообразно исключить из режима орошения два последних полива, потеряв при этом 3 % урожая и сэкономив 1000 м^3/га поливной воды. Для повышения эффективности орошения предлагается сэкономленную воду направить на полив поздних яровых культур (кукуруза на зерно, соя и др.).

Кроме того, установлено, что орошение влияет на качество зерна озимой пшеницы. С увеличением числа поливов и оросительной нормы снижается содержание клейковины. По результатам многолетних исследований, на богаре содержание клейко-

вины составило 38,5 %, при осенней влагозарядке – 25,0 %, затем при проведении вегетационных поливов следует его резкое снижение (до 22,0–15,9 %).

Таким образом, для рационального использования поливной воды и получения экономически выгодного урожая зерна озимой пшеницы целесообразно исключить из режима орошения два последних полива, потеряв при этом 3 % урожая и сэкономив 1000 м^3/га поливной воды, в которой в данный период остро нуждаются поздние яровые культуры.

Выводы

1 Влагозарядковый полив необходим при возделывании озимых культур, так как он обеспечивает нормальную перезимовку растений и значительную (52 %) прибавку урожая по сравнению с богарой.

2 Влагозарядковый полив лучше проводить в два приема, разделив его на предпосевной и довсходовый, что обеспечивает дружные всходы, нормальный рост и развитие растений в межполивной период.

3 Норму влагозарядки при глубоком и близком залегании грунтовых вод предлагается рассчитывать по приведенным выше формулам (2) и (3).

4 Для рационального использования поливной воды и получения экономически выгодного урожая зерна озимой пшеницы целесообразно исключить из режима орошения два последних полива, недобор урожая составит всего 3 % урожая, а сэкономленную поливную воду в объеме 1000 м^3/га предлагается направить на орошение поздних яровых культур (кукуруза на зерно, соя и др.).

Список использованных источников

1 Чеботарев, А. И. Гидрологический словарь / А. И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 539 с.

2 Тищенко, А. П. Управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу: монография / А. П. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 2003. – 240 с.

3 Ляшевский, В. И. Особенности орошения в Крыму / В. И. Ляшевский, А. П. Тищенко, В. С. Замлынный // Актуальные проблемы и перспективы развития водного хозяйства и мелиорации земель: материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Херсон, 26–29 августа 2009 г. – Херсон, 2009. – С. 106–108.

4 Ляшевский, В. И. Влияние количества поливов на величину и качество урожая озимой пшеницы на орошаемых землях Крыма / В. И. Ляшевский, А. П. Тищенко // Орошаемое земледелие. – 2013. – Вып. 62. – С. 69–75.

УДК 631.42:631.6

Р. Е. Юркова, Л. М. Докучаева, С. А. Манжина
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ПОЧВОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Цель исследования – изучить почвообразовательные процессы в серых лесных почвах при длительном орошении. Объект исследований – серые лесные почвы, расположенные в ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. Источник орошения – пруд, минерализация поливной воды гидрокарбонатно-кальциевого состава составляет 0,63 г/дм^3. Средневзвешенная оросительная норма – около 1500 м^3/га. Проанализированы образцы почв на определение гранулометрического состава, водно-физических и физико-химических свойств, содержание гумуса, его группового состава и питательных элементов. В результате дана оценка направленности почвообразовательных процессов исследуемых серых лесных почв – длительное орошение серых лес-

ных почв пресной водой и оросительными нормами, не превышающими 2000 м^3/га, при возделывании культур в зерно-кормовых севооборотах с насыщением многолетними травами и внесением удобрений способствовало сохранению процесса гумификации и исключению процесса агроистощения. Однако наблюдалось переуплотнение исследуемых почв с нарушением структурного состояния, что характерно практически для всех орошаемых земель, и происходило усиление процессов подкисления.

Ключевые слова: почвообразовательные процессы, длительное орошение, свойства почв, агроистощение, гумификация.

Введение. Направленность проектируемых мелиоративных мероприятий тесно связана с климатическими условиями местности и, в частности, почвообразовательными процессами. Согласно почвенно-экологическому районированию орошение распространено: в южно-таежной зоне, в которой применяется выборочное орошение овощных и кормовых культур; зоне серых лесных почв лиственных лесов выборочное орошение, кроме овощных и кормовых, используется для некоторых технических культур; степной зоне осуществляется выборочное орошение овощных, бахчевых, технических культур, трав, локально – зерновых и плодовых культур; зоне темно-каштановых и каштановых почв сухой степи и на юге целесообразно регулярное орошение [1]. Но для разработки мероприятий, которые определяются во многом видом орошения, требуется знание направленности почвенных процессов в различных типах почв.

Цель исследования – изучить почвообразовательные процессы в серых лесных почвах при длительном орошении.

Материалы и методы. Изучение почвообразовательных процессов проводилось в серых лесных почвах в ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. Климат этой области умеренно-континентальный, по увлажнению относится к зоне неустойчивого увлажнения. Среднегодовое количество осадков – около 600–630 мм, за вегетационный период – 225–250 мм.

Мелиоративная система Дубнянского сельскохозяйственного предприятия ООО «Авангард» построена в 1968 г., реконструирована в 1987–1988 гг. Оросительная сеть представлена системой закрытых стационарных трубопроводов из железобетонных труб со стальным сердечником, из асбестоцементных и стальных труб. При такой оросительной системе УГВ глубже 3 м и не оказывает влияния на почвообразовательные процессы.

Источник орошения – пруд, минерализация поливной воды гидрокарбонатно-кальциевого состава составляет 0,63 г/дм^3. Средневзвешенная оросительная норма – около 1500 м^3/га.

Образцы почв отбирались на полях с зерно-кормовым севооборотом, на которых возделывались многолетние травы, озимая пшеница (рожь), кукуруза на силос (зерно), яровая пшеница, ячмень + клевер.

Отбор образцов почв проводился в осенний период, когда влияние орошения, применявшегося в течение прошедшего оросительного сезона, наиболее выражено.

Исследование почв проведено по следующим показателям:

- гранулометрический состав методом пипетки по Н. А. Качинскому [2];
- агрегатный состав по Н. И. Саввинову [2];
- pH водной вытяжки[1];

[1] ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1986-01-01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 4 с.

- состав водной вытяжки[2, 3, 4, 5, 6];
- обменные формы кальция, магния[7], натрия[8];
- содержание питательных элементов (обменного калия и подвижного фосфора[9], легкогидролизуемого азота[10];
- содержание гумуса[11];
- групповой состав гумуса ускоренным методом М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой [3].

Почвы проанализированы по дополнительным показателям, необходимым для характеристики именно данного типа почв. К ним отнесены такие показатели, как гидролитическая кислотность[12], насыщенность почв основаниями [4].

Также проанализирована оросительная вода и определены такие физические показатели почв, как плотность ненарушенного сложения почвы методом кольца по Н. А. Качинскому, структурное состояние, водопрочность агрегатов методом Н. И. Саввинова и водопроницаемость почв прибором ПВН [2].

Лабораторный анализ почвенных образцов проводился в эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ».

Результаты и обсуждения. В исследуемых серых лесных почвах по всему профилю физический песок составляет 54 % в слое 0–40 см и глубже – 55 и 52 %. Почвы по гранулометрическому составу относятся к суглинкам тяжелым (Ст). Водно-физические свойства серых лесных почв после длительного орошения представлены в таблице 1.

---

[2] ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

[3] ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

[4] ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

[5] ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

[6] ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

[7] ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Введ. 1986-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

[8] ГОСТ 26950-86. Метод определения обменного натрия. – Введ. 1987-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

[9] ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Введ. 1993-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

[10] ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введ. 1987-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

[11] ГОСТ 26213-91. Методы определения органического вещества» – Введ. 1993-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

[12] ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. – Введ. 1993-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2016.

Таблица 1 – Водно-физические свойства длительно орошаемых серых лесных почв ООО «Авангард» Рязанской области (*n* = 5)

Слой, см	Плотность сложения почвы, т/м^3	Структурное состояние (сухое просеивание), %	Водопрочность, %	Водопроницаемость, мм/мин
0–20	1,38	61	32	1,23
20–40	1,40	57	30	Не определено
40–60	1,45	55	28	Не определено
0–40	1,39	59	31	1,23
ОП	1,10–13,00	70–85	40–50	1,50–2,00
ПДП	1,30–1,40	50–70	30–40	1,00–1,50
Примечание – ОП – оптимальный параметр; ПДП – предельно-допустимый параметр.				

Плотность сложения почв в слое 0–40 см составляет 1,39 т/м^3. Пашня этих почв сильно уплотнена и согласно группировке имеет слабое превышение оптимума, то есть по этому показателю почвы находятся уже в пределах ПДП [5]. Структурное состояние при сухом просеивании и водопрочность агрегатов находятся в этих же пределах и относятся к категории удовлетворительных. Наличие процесса переуплотнения серых лесных почв подтверждают результаты определения водопроницаемости. В первый час впитывания она составила 1,23 мм/мин. Это также относится к группировке почв со слабым снижением от оптимума, но с удовлетворительным состоянием по Н. А. Качинскому [6].

Физико-химические свойства серых лесных почв представлены большим набором показателей (таблица 2). Сумма и состав водорастворимых солей указывают на то, что они относятся к категории незасоленных почв. Сумма солей в слое 0–40 см не превышает 0,044 %. Глубже их содержание остается таким же. Расчеты щелочности по Б. А. Зимовцу говорят об отсутствии процесса ощелачивания по всему метровому слою. Однако определение pH в солевой вытяжке (pH_{KCl}) и гидролитической кислотности (Hr) свидетельствуют о наличии кислотности. В слое 0–40 см pH_{KCl} составляет 5,11 ммоль (экв.)/100 г, а Hr – 3,54 ммоль (экв.)/100 г. По этим показателям почвы характеризуются как слабокислые. В слоях глубже 40 см по степени кислотности почвы и по pH_{KCl} и по Hr определяются как среднекислые.

Таблица 2 – Физико-химические свойства длительно орошаемых серых лесных почв, ООО « Авангард» Рязанской области (*n* = 5)

Слой, см	Сумма солей, %	Щелочность, ммоль (экв.)/100 г	pH_{KCl}	Hr, ммоль (экв.)/100 г	Сумма ППК	Na	Ca	Mg	ЕКО, ммоль (экв.)/100 г	*V*, %
					ммоль (экв.)/100 г					
0–20	0,044	Ca > HCO_3	5,27	3,51	14,73	0,33	11,9	2,44	26,8	55
20–40	0,043	Ca > HCO_3	4,95	3,57	15,90	0,30	12,7	2,84	30,5	52
40–60	0,042	Ca > HCO_3	4,75	5,03	17,33	0,33	12,9	4,08	37,6	46
60–80	0,096	Ca > HCO_3	4,65	5,14	19,12	0,32	15,4	3,40	57,6	40
80–100	0,038	Ca > HCO_3	4,62	5,25	17,10	0,36	13,9	2,92	48,0	38
0–40	0,044	Ca > HCO_3	5,11	3,54	15,32	0,31	12,4	2,64	44,7	53
ОП	< 0,100	Ca > HCO_3	> 6,00	< 3,00	> 20,00	–	–	–	–	> 70
ПДП	0,10–0,20	0,70–1,00	5,00–5,60	3,10–4,00	15,10–20,00	–	–	–	–	50–70

Для данных почв основными показателями физико-химических свойств, кроме кислотности, являются сумма (*S*) и состав почвенного поглощающего комплекса (ППК),

емкость катионного обмена (ЕКО) и степень насыщенности основаниями (V), которая определяется следующим образом: $V = \frac{S}{\text{ЕКО}} \cdot 100$ %. Результаты исследований показали, что сумма поглощенных оснований в этих почвах повышенная и находится в пределах ПДП. В составе ППК в метровом слое 80 % занимает кальций, около 2 % – натрий, остальное – магний.

Для серых лесных почв без орошения характерна недонасыщенность основаниями [7]. В слое 0–40 см этих же почв, но длительно орошаемых, степень насыщенности основаниями средняя и составляет 53 %. Такая степень насыщенности основаниями подтверждает, что данные почвы по степени кислотности относятся к слабокислым, и их потребность в известковании средняя [8].

По литературным данным содержание гумуса в гумусовом горизонте, который не превышает 30 см, составляет от 3 до 8 % [9]. В изучаемых нами почвах гумус в слое 0–40 см составил 5,03 %, что позволяет оценить его содержание как среднее, а по степени гумусированности почвы отнести к сильногумусированным [5] (таблица 3).

Таблица 3 – Общее содержание, групповой состав гумуса длительно орошаемых серых лесных почв, ООО «Авангард» (*n* = 5)

Слой, см	Гумус, %	$С_{общ.}$, %	ГК, % от $С_{общ.}$	ФК, % от $С_{общ.}$	$С_{остатка\ почвы}$, %	$С_{Г.К.}$ / $С_{Ф.К.}$	Тип гумуса
0–20	5,43	3,16	26	20	54	1,30	Ф-Г
20–40	4,63	2,69	27	22	51	1,23	Ф-Г
40–60	2,58	1,50	18	24	58	0,75	Г-Ф
60–80	1,88	1,09	15	25	60	0,60	Г-Ф
80–100	1,00	0,58	13	24	63	0,54	Г-Ф
0–40	5,03	2,93	27	21	52	1,27	Ф-Г
ОП	> 6,00	Нет значений				> 2,00	Г
ПДП	4,00–6,00	Нет значений				2,00–1,00	Ф-Г
Примечание – Ф-Г – фульватно-гуматный; Г-Ф – гуматно-фульватный; Г – гуматный тип гумуса.							

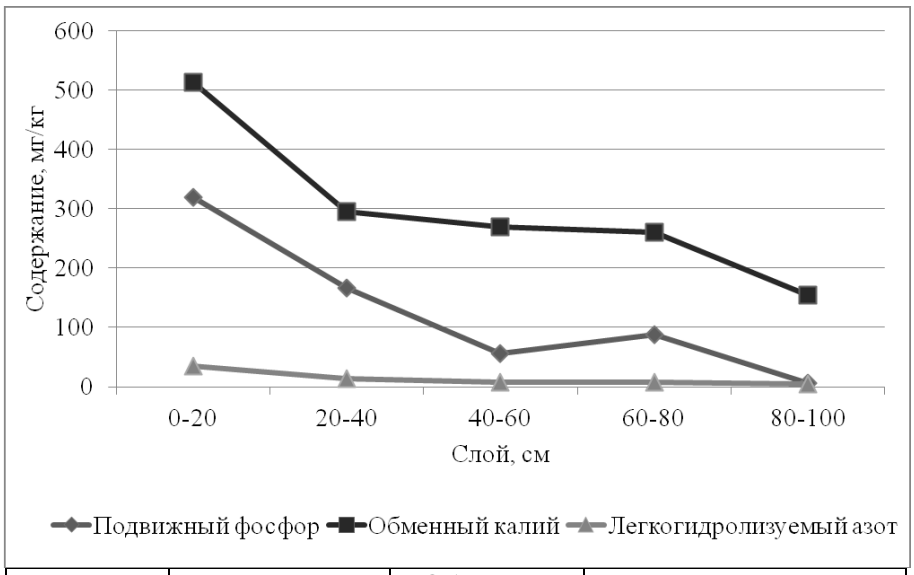
В серых лесных почвах преобладают гуминовые кислоты [9]. Длительное орошение не изменило состав гумуса (также преобладают гуминовые кислоты и тип гумуса – Ф-Г). Эти результаты подтверждают, что в данных почвах при длительном орошении процесс гумификации не нарушен.

Содержание питательных элементов в почве зависит от ее окультуренности и применения органических и минеральных удобрений. На рисунке 1 представлено содержание питательных элементов в длительно орошаемых серых лесных почвах, осваиваемых в 6-польных зерно-кормовых севооборотах.

Из рисунка 1 видно, что обеспеченность этих почв в слое 0–40 см подвижным фосфором и обменным калием высокая, даже выше ОП для зерновых и кормовых культур. Это указывает на высокую культуру земледелия в данном хозяйстве.

Обеспеченность легкогидролизуемым азотом очень низкая, но это связано с осенним отбором почвенных образцов, когда уже происходит затухание микробиологической активности почв.

Показатели по общему содержанию гумуса, его фульватно-гуматному составу, обеспеченности этих почв подвижным фосфором и обменным калием свидетельствуют об отсутствии процесса агроистощения.



Параметр	Подвижный фосфор	Обменный калий	Легкогидролизуемый азот
	мг/кг		
ОП	> 150	> 180	> 100
ПДП	100–150	120–180	70–100

Рисунок 1 – Содержание питательных элементов в длительно орошаемых серых лесных почвах, ООО «Авангард»

Таким образом, проведенные исследования позволили дать оценку направленности почвообразовательных процессов в серых лесных почвах в условиях орошения. Установлено, что длительное орошение серых лесных почв пресной водой оросительными нормами, не превышающими 2000 м^3/га, при возделывании культур в зерно-кормовых севооборотах с насыщением многолетними травами и внесением удобрений способствовало сохранению процесса гумификации и исключению процесса агроистощения. Однако наблюдалось переуплотнение исследуемых почв с нарушением структурного состояния, что характерно практически для всех орошаемых почв, а также усиление процессов подкисления.

Список использованных источников

1 Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв / Ф. Р. Зайдельман. – 3-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.

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

3 Пономарева, В. В. Гумус и почвообразование / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.

4 Зайдельман, Ф. Р. Гидротехнический режим почв Нечерноземной зоны / Ф. Р. Зайдельман. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 328 с.

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

6 Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:mcx-dm.ru/sites/all/files/2015-11-25_rosniipm10.pdf.

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

8 Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных

систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство / под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. – М.: Росинформагротех, 2005. – 784 с.

9 Почвы субъектов Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:atlas.mcx.ru/materials/egrpr/content/2poc.html, 2015.

УДК 630*237:633.2

М. В. Власенко
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация
В. А. Федорова
Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, Солёное Займище, Российская Федерация

УСТОЙЧИВЫЕ КОРМОВЫЕ ФИТОЦЕНОЗЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Целью исследований являлось изучение технологических приемов возделывания кормовых фитоценозов из бобово-мятликовых травосмесей с запланированными урожаями на орошаемых участках. Полученные фитоценозы устойчивы, сбалансированы по белково-углеводному составу и способствуют интенсификации кормопроизводства в условиях Северо-Западного Прикаспия. Установлено изменение содержания минеральных элементов (азот, фосфор, калий, клетчатка, протеин и др.) в моно- и поликомпонентных бобово-мятликовых посевах в зависимости от видового состава. Показано количество в сухой фитомассе бобово-мятликовых посевов переваримого протеина в зависимости от процентного содержания компонентов. Выявлено, что бобово-мятликовые травосмеси позволяют увеличить производство энергонасыщенных кормов (2–3 укоса фитомассы за вегетацию) и сохранить плодородие почвы, так как их посев способствует накоплению азота в почве, улучшению ее структуры и водно-физических свойств.

Ключевые слова: бобово-мятликовые травосмеси, минеральные элементы, видовой состав, технологические приемы возделывания, нормы полива.

Введение. Роль кормопроизводства заключается не только в обеспечении животных высококачественными кормами, но и решении актуальных проблем биологизации земледелия, сохранения плодородия почвы и охраны окружающей среды [1–5].

Бобово-мятликовые травосмеси являются мощным средством восстановления структуры почвы, повышения агрономически ценных частиц, защиты почвы от водной и ветровой эрозии. Воздушно-сухая масса растительных остатков в виде корней и жнивья люцерно-злаковой смеси в слое почвы 0–40 см к концу второго года вегетации равноценна внесению 25–30 ц навоза. Поэтому при нехватке навоза и соломы в качестве органического удобрения выход из этой ситуации дает использование естественных методов повышения плодородия почв. Важное значение имеют посевы многолетних злаково-бобовых трав (житняк, волоснец, кострец, прутняк, донник, эспарцет и др.), рекомендуемые для улучшения пастбищ. Смыв почвы с площади, засеянной многолетними травами, во много раз меньше, чем с площади, занятой однолетними культурами. Люцерна, клевер, эспарцет, козлятник и их смеси с кострецом, ежой, овсяницей, райграсом и другими мятликовыми видами на орошаемых землях резко снижают смыв и сток, увеличивают гумусовый горизонт, улучшают водопроницаемость тяжелых почв [6].

Материалы и методы. Исследования проводились по общепринятым методикам полевого опыта в условиях орошения [7, 8] с использованием научно-практических методов восстановления и продления продуктивного долголетия аридных пастбищ степи и полупустыни [9, 10].

Результаты и обсуждения. Были изучены моно- и поликомпонентные бобово-

мятликовые посевы (люцерны, клевера, эспарцета, козлятника, костреца, ежи, овсяницы, райграса и др.) в условиях орошения Северо-Западного Прикаспия.

Обработка почвы включала в себя лущение стерни, вспашку на глубину 0,20–0,25 м, боронование и предпосевную культивацию на глубину 0,05–0,06 м, прикатывание. Перед посевом проводился полив нормой 300–400 $м^3$/га. Семена травосмесей высевались беспокровным либо рядовым способом с 20 июля по 15 августа. Соотношение в травостое видов больше зависит от их рационального размещения в травосмесях при посеве, чем от изменения норм высева семян. На медленно развивающиеся виды оказывает угнетающее действие разбросной способ посева, который не обеспечивает нужной глубины заделки крупных семян. Люцерна, клевер и ежа высевались на глубину 0,02–0,03 м, овсяница, кострец – 0,04–0,05 м. Норма высева в 2-х компонентной смеси: люцерна – 4,8 млн всхожих семян/га, овсяницы – 7,2 млн всхожих семян/га; в 4-х компонентной: люцерна – 2,4 млн всхожих семян/га, клевер – 5,4 млн всхожих семян/га, овсяница – 5,5 млн всхожих семян/га, ежа – 8,1 млн всхожих семян/га, кострец – 3,8 млн всхожих семян/га.

При уборке в фазу цветения у бобовых видов, а также при выметывании метелки и выколашивании у мятликовых в сухой биомассе содержится до 3,5 % азота, около 0,7 % фосфора, порядка 2,5 % калия. Показателем сбалансированности рационов является соотношение минеральных элементов в кормовых фитоценозах. Оптимальными являются соотношения: кальция к фосфору 1,5–3,0 : 1,0; кальция к магнию – 3,0–5,0 : 1,0.

На содержание протеина влияют видовой состав травосмесей, количество укосов, процентное соотношение компонентов. При повышении количества протеина в растениях содержание клетчатки уменьшается, при снижении протеина количество клетчатки увеличивается. Меньше всего клетчатки в растениях в фазы кущения и ветвления. Резко ее содержание возрастает к концу вегетации, когда растения обезвожены (к осенне-зимнему периоду количество клетчатки в растениях увеличивается до 40 %). У введенных в культуру мятликовых трав с фазы конца выхода в трубку до фазы начала плодоношения содержание сырой клетчатки повышается до 30–35 %. Соответственно этому уменьшается переваримость органического вещества до 48–57 %, что делает эти травы в поздние фазы развития мало пригодными к пастбищному использованию.

Наибольшее содержание протеина выявлено в монопосевах бобовых трав (20,80 %) и травосмесях, в которые входят два бобовых и один-два мятликовых вида (15,39–15,95 %) (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание минеральных элементов в моно- и поликомпонентных бобово-мятликовых посевах в зависимости от видового состава

Видовой состав посевов	Элемент (% в воздушно-сухой массе)											Соотношение	
	Азот	Фосфор	Калий	Зола	Кальций	Магний	Гидровлага	Жир	Клетчатка	Протеин	БЭВ	Ca : P_2O_5	Ca : Mg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 боб. + 1 мятл.	2,22	0,73	3,25	1,24	1,54	0,33	8,65	2,82	25,47	13,91	37,06	2,1 : 1,0	4,6 : 1,0
2 боб. + 1 мятл.	2,47	0,76	3,00	10,38	1,85	0,33	8,92	2,76	23,22	15,39	36,78	2,4 : 1,0	4,8 : 1,0
1 боб. + 2 мятл.	2,04	0,71	3,57	9,78	1,55	0,43	8,02	2,45	27,42	12,78	36,83	1,9 : 1,0	3,7 : 1,0
2 боб. + 2 мятл.	2,45	0,71	3,40	10,38	1,84	0,40	9,94	3,03	23,65	15,95	35,76	2,5 : 1,0	4,7 : 1,0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Бобовые	3,33	0,69	2,83	10,83	1,88	0,38	9,02	2,59	20,84	20,80	38,92	2,7 : 1,0	4,9 : 1,0
Мятликовые	1,47	0,63	3,68	9,91	1,32	0,42	7,94	3,85	32,45	9,94	35,25	1,6 : 1,0	3,2 : 1,0

Влагообеспеченность и питание растений в большой степени влияет на содержание в фитомассе бобово-мятликовых смесей азота, фосфора и калия. Так, при повышении предполивного порога увлажнения с 60 до 80 % НВ происходит увеличение доли азота с 1,65 до 1,82 %, фосфора – с 0,53 до 0,55 %, калия – с 2,65 до 2,90 %. Наибольшее содержание калия в фитомассе отмечено у травосмесей с большим количеством мятликовых компонентов (3,40–3,57 %), кальция и магния – с большим количеством бобовых видов (1,84–1,88 и 0,40 % соответственно). Доля жира и золы в растениях находится в обратной связи.

Питательность растительности на пастбищах в разные сезоны неодинакова. Различны и требования отдельных групп животных к выпасам. Согласно зоотехнически обоснованным нормам обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином по средней продуктивности молочных коров должна составлять 100–110 г, овец – 100–120 г. Оптимальное соотношение энергии и протеина в рационе лактирующих коров – 10–12 г переваримого протеина на 1 МДж энергии. Наиболее близкое к оптимальному значению отношение протеина к энергии получено в смесях из двух бобовых и одного-двух мятликовых видов при увеличении доли бобовых в травостое до 60–75 % (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание в сухой фитомассе (г/кг) бобово-мятликовых смесей переваримого протеина в зависимости от компонентов

Видовой состав травосмеси	Доля бобовых и мятликовых видов, %					
	45 + 70	60 + 55	75 + 40	45 + 70	60 + 55	75 + 40
	кормовые единицы			переваримый протеин		
1 боб. + 1 мятл.	0,51	0,52	0,53	75	83	95
2 боб. + 1 мятл.	0,51	0,53	0,53	85	96	112
1 боб. + 2 мятл.	0,47	0,48	0,48	60	63	70
2 боб. + 2 мятл.	0,57	0,57	0,58	87	96	110

Улучшить пищевой режим травостоя и повысить предполивной порог в моно- и поликомпонентных посевах бобово-мятликовых трав, тем самым планируя урожай и увеличивая содержание переваримого протеина в кормах, возможно с помощью технологических приемов возделывания, включающих способы обработки почвы, варианты предпосевной обработки семян, методы, нормы и сроки посева, режим минерального питания и орошения, уход за посевами и уборку урожая.

Рост и развитие кормовых трав зависит от потребления из почвы питательных веществ, особенно в ранние фазы развития. У бобовых трав наибольшая потребность в питательных веществах отмечается во второй-третий год жизни, в период усиленного нарастания фитомассы. Повышение урожайности моно- и поликомпонентных посевов кормовых трав можно добиться с помощью применения удобрений в сочетании с орошением. Многолетние бобовые травы нуждаются в калийных удобрениях, особенно, когда содержание обменного калия в почве ниже 80–100 мг/кг, в фосфорных удобрениях – при его количестве ниже 50 мг/кг.

Для получения запланированных урожаев бобово-мятликовых травосмесей азотные удобрения вносятся дозами: 50 т/га – под первый укос N_{130} до 60 кг д. в./га, 70 т/га – под первый укос N_{185} до 80 кг д. в./га, 90 т/га – под первый укос N_{240}

до 100 кг д. в./га. Полив проводят в конце октября нормой 650–750 м^3/га. Предполивную влажность почвы для запланированных урожаев поддерживают:

- 30 т/га – назначение поливов при влажности почвы не ниже 60 % НВ, 2–3 полива нормой 850 м^3/га межполивной период – 30 дней, оросительная норма – 1700–2550 м^3/га;
- 50 т/га – 60–70 % НВ, 1–2 полива под укос нормой 850–650 м^3/га, межполивной период – 18 дней, оросительная норма – 2550–3250 м^3/га;
- 70 т/га – 70–80 % НВ, 2–3 полива под укос нормой 650–450 м^3/га, межполивной период – 12 дней, оросительная норма – 3250–3600 м^3/га;
- 90 т/га – 80 % НВ, 2–3 полива под укос нормой 450 м^3/га, межполивной период – 10 дней, оросительная норма – 3600–4050 м^3/га.

На зеленый корм и сено бобовые убирают в фазу бутонизации – цветения, мятликовые травы – в фазу выметывания метелки.

Выводы. В условиях орошения Северо-Западного Прикаспия получение высококачественных кормов и формирование устойчивых урожаев обеспечивают поликомпонентные бобово-мятликовые травосмеси. К возделыванию рекомендуются агрофитоценозы из видов, сходных по технологии выращивания, но значительно отличающихся по накоплению к уборке урожая сахара, протеина, жира и крахмала. Получение запланированных урожаев и увеличение содержания переваримого протеина в кормах бобово-мятликовых травосмесей возможно с помощью технологических приемов возделывания, а их использование позволяет увеличить производство энергонасыщенных кормов и сохранить плодородие почвы.

Список использованных источников

1 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.

2 Воронина, В. П. Особенности продуктивности пастбищных угодий на зональных почвах Астраханской области / В. П. Воронина, М. В. Власенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 3. – С. 7–14.

3 Власенко, М. В. Продуктивность и флористическое разнообразие пастбищ Сарпинской низменности под влиянием фитомелиорации: дис… канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Власенко Марина Владимировна. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 208 с.

4 Власенко, М. В. Фитомелиорация пастбищ Северо-Западного Прикаспия / М. В. Власенко // Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: поиск новой модели (к 90-летию академика РАСХН Е. С. Павловского): материалы Междунар. науч.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых. – 2013. – С. 72–74.

5 Власенко, М. В. Перспективы развития селекции и семеноводства многолетних кормовых лугопастбищных трав в аридных условиях Нижнего Поволжья / М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 3(91). – С. 119–125.

6 Технология создания устойчивых кормовых фитоценозов в условиях орошения Северо-Западного Прикаспия / В. П. Зволинский, В. А. Федорова, Т. В. Мухортова, М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Адаптивное кормопроизводство. – 2016. – № 1. – С. 68–75.

7 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1979. – 336 с.

8 Плешаков, В. Н. Методика полевого опыта в условиях орошения / В. Н. Плешаков. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 148 с.

9 Власенко, М. В. Методическая основа исследования влияния эдафического фактора на биоценотические процессы в искусственных кормовых ценозах / М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 104–110.

10 Кулик, А. К. Стационарные исследования на гидрологическом комплексе ФНЦ / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 6–12.

УДК 633.2

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

СЕЛЕКЦИОННО УЛУЧШЕННЫЕ КОРМОВЫЕ ВИДЫ, ПРИГОДНЫЕ ДЛЯ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ПАСТБИЩ

Целью исследований являлась разработка научных методов и приемов повышения долговечности мелиоративных лесонасаждений, фитомелиорации кормовых угодий, хозяйственного использования низкопродуктивных земель. Анализ состояния кормовых угодий аридных пастбищ показал, что их бессистемное использование привело к изреживанию растительности, выпадению из травостоя хорошо поедаемых трав, а также интенсивной деградации угодий, особенно выпасов летне-осеннего использования. Установлено, что для восстановления и рационального применения пастбищ необходимо более широко внедрять фитомелиорацию территорий и высокопродуктивные кормовые травы, позволяющие восполнить дефицит кормов. Ресурсосберегающие технологии, способствующие за счет трансформации деградированных малопродуктивных земель в агроландшафты повышению устойчивости их функционирования, введение ценных фитомелиорантов и интродуцентов позволяют повысить продуктивность, многофункциональность и долговечность хрупких экосистем при их использовании.

Ключевые слова: кормовые травы, монокомпонентные посевы, урожайность, деградация, фитомасса.

Введение. Природные пастбищные экосистемы аридных регионов России характеризуются бедным видовым составом, низкой продуктивностью и ее резкими колебаниями по годам и сезонам. Бессистемное и нерациональное использование пастбищ с ранней весны до поздней осени приводит к изреживанию растительности, выпадению из травостоя ценных кормовых трав, а также интенсивной деградации угодий и уменьшению продуктивности, что в конечном итоге может послужить причиной их полной деградации и создаст угрозу для кормопроизводства, основу которого составляют пастбища и луга, дающие дешевые корма.

Для эффективного и целесообразного использования деградированных пастбищ необходимо более широко применять фитомелиорацию территорий, которая предусматривает создание посевов высокопродуктивных кормовых трав, в том числе и селекционно улучшенных.

Биоэкологический потенциал перспективных видов и сортов кормовых злаковых трав Ставропольской селекции, обладающих высокой кормовой ценностью и питательностью, позволяет широко использовать их при фитомелиорации деградированных угодий в регионах с засушливым климатом. Внедрение устойчивых и продуктивных растений способствует повышению урожайности и конструированию долговечных агроценозов.

Материалы и методы. Достаточно перспективными видами для фитомелиорации пастбищ являются травы селекции Ставропольского НИИСХ. На Ачикулакской НИЛОС в течение 10 лет, а также на лизиметрическом комплексе ВНИАЛМИ испытания проходят с 2012 г. Изучается 5 вариантов: 1) житняк + пырей удлиненный сорта Ставропольский 10; 2) житняк + пырей солончаковый; 3) житняк + кострец безостый сорта Вегур; 4) житняк + кострец безостый сорта Ставропольский 35; 5) житняк + пырей (смесь) [1–3].

Подготовка почвы. Подготовка почвы во всех мелкоделяночных опытах проводи-

лась методом зяблевой вспашки на глубину 25–27 см с предпосевной культивацией и прикатыванием. Агротехникой предусматривалась закладка посевов широкорядным способом через 45 см, глубина заделки семян – 1,5–2,0 см. Повторность 3-кратная (с учетом полученных семян), размер делянок – 1,75 × 3,60 м.

Сроки сева. Семена многолетних трав, таких как житняк, пырей удлиненный сорта Ставропольский 10, пырей солончаковый, кострец безостый сорта Вегур, кострец безостый сорта Ставропольский 35 высевают под зиму или ранней весной.

Технология закладки семенных плантаций. Многолетние травы на семена высевают широкорядным способом с шириной междурядий 45 и 70 см. Посев семян производят зерновыми сеялками СУ-24, СТН-2,8, СОН-2,7.

Норма высева из расчета 10 кг/га (0,5 г/пог. м). Глубина заделки семян – 2–3 см. Обязательным условием для получения дружных всходов является прикатывание почвы кольчатыми катками до и после посева.

Результаты и обсуждение. Изучение особенностей накопления фитомассы на светло-каштановых супесчаных почвах показало их пластичность. Так, в апреле (в период активного роста и кущения) они имеют приземистый тип заполнения аэротопа. Затем (в период формирования колоса) они формируют бипиковый тип, который не отмечается у аборигенных растений, не имеющих селекционного отбора. Поэтому высокая продуктивность изучаемых многолетних трав вполне объяснима. Также возможно прогнозирование их хорошей совместимости с естественными фитоценозами на деградированных пастбищах с преобладанием приземного типа заполнения фитомассы [4–7].

Технологии формирования семенников многолетних трав в Западном Прикаспии разработаны на базе Ачикулакской НИЛОС [8].

Уход за семенниками многолетних трав заключается в уничтожении сорной растительности и культивации междурядий.

В год посева на беспокровных широкорядных семенных участках при первом появлении сорняков рекомендуется проводить междурядную обработку культиватором КЛБ-2,7 на глубину 10–12 см (в конце мая), когда хорошо видны строчки посева. Весной при сильном засорении семенные участки подкашивают косилкой КС-2,1 так, чтобы не затронуть посевы и скошенную массу убирают. Вторую обработку междурядий при новом появлении сорняков проводят через полтора месяца, а третью – через месяц после второй.

В последующие годы уходы за семенниками многолетних трав на широкорядных посевах заключаются в рыхлении междурядий культиватором КЛБ-2,7 на глубину 10–12 см. На третьем году жизни посевы боронуют, что способствует удалению отмершего травостоя семенников и закрытию влаги в верхнем слое почвы. Необходимо также проводить рыхление междурядий после скашивания.

Технология уборки, очистки и хранения семян. Семена многолетних трав убирают на второй год. Сроки уборки устанавливаются конкретно для каждого вида и на каждом участке отдельно. Спелые семена волоснеца ситникового, пыреев, костра безостого быстро осыпаются, поэтому их скашивают при достижении 70 % семян восковой спелости. Семена прутняка убирают в сжатые сроки в конце октября, так как они быстро осыпаются. Семенники убирают прямым комбайнированием. При наличии сорняков в нижнем ярусе, чтобы получить более чистые семена, многолетние травы скашивают высоко. Семена, поступившие от комбайна, имеют повышенную влажность. Их немедленно очищают и просушивают.

Первоначальную очистку просохших семян от мякины, соломы и других примесей проводят на веялках-сортировках ВС-2. В них вставляют четыре решета. Верхние два решета отделяют крупный сор, с нижнего решета удаляются полноценные семена, а мелкие примеси проходят через его отверстия в отходы. Если после первого провеивания в ворохе окажется много примесей, его пропускают через веялку вторично, заменяя верхние решета на решета с более частыми отверстиями.

Окончательную очистку семян и доведение их до посевных кондиций проводят на зерноочистительной машине ОС-4,5.

По всем испытываемым видам многолетних трав были сделаны агротехнические паспорта в зависимости от способа посева.

В таблице 1 имеются данные агротехнического паспорта житняка гребенчатого при сплошном и широкорядном посевах. При широкорядном посеве отмечался лучший рост растений, чем при сплошном. Лучшее развитие, фитомасса и высокая семенная продуктивность растений были при широкорядном посеве через 70 см.

Таблица 1 – Агротехнический паспорт. Житняк гребенчатый. Ачикулакская НИЛОС

Показатель	Способ посева		
	сплошной	45 см	70 см
Высота растений, см	80,0	89,6	95,0
Продолжительность вегетации, дни	225	225	225
Сухая надземная масса, г/куст	21	33	34
Урожай семян, г/куст	4,4	3,8	4,8
Урожай семян, ц/га	1,9	4,8	4,3
Масса 1000 семян, г	7,5	8,6	9,2

Данные агротехнического паспорта пырея удлиненного солончакового представлены в таблице 2. Развитие и рост пырея солончакового выше, чем у житняков, но преимущества по росту имеют широкорядные посевы на 3–14 см, сплошные посевы уступают широкорядным по надземной массе на 46–49 г/особь, по урожаю семян меньше на 1,6 г/особь, по семенной продуктивности – на 1,2 ц/га.

Таблица 2 – Агротехнический паспорт. Пырей удлиненный солончаковый. Ачикулакская НИЛОС

Показатель	Способ посева		
	сплошной	45 см	70 см
Высота растений, см	95,0	98,5	112,3
Продолжительность вегетации, дни	273	273	273
Сухая надземная масса, г/куст	166	212	215
Урожай семян, г/куст	2,1	3,6	3,8
Урожай семян, ц/га	3,5	4,8	4,6
Масса 1000 семян, г	10,0	9,2	11,5
Содержание к. е. в 1 кг корма	0,31	0,31	0,31
Сырой протеин, %	7,25	7,25	7,25
Клетчатка, %	41,3	41,3	41,3

Агротехнический паспорт пырея удлиненного сорта Ставропольский 10 представлен в таблице 3. По росту растения мало отличаются друг от друга в зависимости от способа посева. По надземной сухой массе индивидуальных образцов разные широкорядные посевы (на 10–20 г/особь) превосходят сплошные. Урожай семян (г/куст) мало отличается друг от друга при различных способах посева.

Таблица 3 – Агротехнический паспорт. Пырей удлиненный сорта Ставропольский-10. Ачикулакская НИЛОС

Показатель	Способ посева		
	сплошной	45 см	70 см
1	2	3	4
Высота растений, см	104,0	106,0	109,0
Продолжительность вегетации, дни	273	273	273

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Сухая надземная масса, г/куст	123	123	143
Урожай семян, г/куст	5,2	4,8	5,0
Урожай семян, ц/га	4,8	4,2	4,7
Масса 1000 семян, г	11,4	10,5	12,0
Содержание к. е. в 1 кг корма	0,34	0,34	0,34
Сырой протеин, %	14,1	14,1	14,1
Клетчатка, %	35,7	35,7	35,7

Выводы. Посевы интродуцентов кормовых трав (житняк, пырей удлиненный сорта Ставропольский 10, пырей солончаковый, кострец безостый сорта Вегур, кострец безостый сорта Ставропольский 35) дают стабильно высокий урожай фитомассы. Они обладают высокой засухоустойчивостью, морозоустойчивостью, долговечностью и в 3–5 раз производительнее естественных пастбищных фитоценозов. Преимущество имеют широкорядные посевы, при которых в весенний период количество зеленой массы, пригодной для скармливания животным, больше на 9–15 ц/га, чем при сплошных.

Список использованных источников

1 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.

2 Власенко, М. В. Продуктивность и флористическое разнообразие пастбищ Сарпинской низменности под влиянием фитомелиорации: автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Власенко Марина Владимировна. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 22 с.

3 Турко, С. Ю. Особенности роста и развития кормовых трав на легких почвах Волгоградской области / С. Ю. Турко, В. П. Воронина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 79–83.

4 Воронина, В. П. Оценка кормовых ресурсов аридных лесопастбищ Северо-Западного Прикаспия / В. П. Воронина, В. С. Баянов // Научная жизнь. – 2012. – № 1. – С. 53–56.

5 Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. – М., 1983. – 197 с.

6 Горянский, М. М. Методика полевых опытов на орошаемых землях / М. М. Горянский. – Киев: Урожай, 1970 – 83 с.

7 Плешаков, В. Н. Методика полевого опыта в условиях орошения / В. Н. Плешаков. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 148 с.

8 Петров, В. И. Фитоструктура аэротопа пастбищных экосистем Северо-Западного Прикаспия / В. И. Петров, В. П. Воронина // Доклады РАСХН. – 2007. – № 1. – С. 22–25.

УДК 631.347

А. Е. Шепелев
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ МНОГООПОРНЫХ ШИРОКОЗАХВАТНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

В статье раскрыт вопрос возможности качественных изменений в технологическом процессе работы дождевальных машин нового поколения, которые могут

быть обеспечены при выполнении представленных в исследовании требований к программному обеспечению, устанавливаемому на многоопорную широкозахватную дождевальную технику полива. Требования к программному обеспечению включают в себя вопросы системного программного обеспечения, математического обеспечения, специализированного и прикладного обеспечения.

Ключевые слова: программа, обеспечение, многоопорная широкозахватная дождевальная машина, функция, параметр, значение.

Качественные изменения дождевальных машин нового поколения должны быть связаны с глубокими преобразованиями их технологических и технических характеристик, автоматизированным перемещением мобильных агрегатов и с глубокой автоматизацией технологических процессов [1]. При разработке теоретических и практических основ решения данной проблемы особое внимание необходимо уделить требованиям к программному обеспечению многоопорной широкозахватной дождевальной машины, обеспечивающим технологический процесс работы дождевальной машины.

Программное обеспечение многоопорной широкозахватной дождевальной машины должно быть достаточным для реализации всех функций технологического процесса работы. Оно подразделяется на программное обеспечение микропроцессорных устройств определенного назначения (преобразователей, контроллеров, датчиков) и программное обеспечение операторской станции (блока управления, метеостанции) [2, 3].

Системное программное обеспечение должно поставляться совместно со средствами вычислительной техники.

Специализированное и прикладное программное обеспечение разрабатываются на стадии определения информационного, математического и программного обеспечения и поставляются заказчику на указанном носителе информации [4]. К изображению на мнемосхемах, как к средству человеко-машинного интерфейса в промышленных условиях, предъявляются следующие требования:

- средняя степень детализации с применением не менее восьми цветов для легкого распознавания производственных ситуаций;
- изменение состояния технологических переменных, преобразующихся в изменение отображения соответствующих элементов мнемосхемы (цвет, мерцание, заполнение).

Необходимо организовать изменение подсветки соответствующего элемента мнемосхемы в случае изменения состояния дискретного параметра.

Вход в кадр мнемосхемы должен выполняться клавишами вызова мнемосхемы.

Необходимо обеспечить возможность управления контурами регулирования из мнемосхемы посредством окна управления.

Математическое обеспечение микропроцессорных устройств должно способствовать выполнению следующих функций первичной обработки аналоговых сигналов [5]:

- расчет действительных значений;
- фильтрация сигналов (усреднение);
- сравнение с уставками (технологические границы);
- формирование дискретных сигналов нарушений;
- формирование массива текущих значений параметров.

Математическое обеспечение микропроцессорных устройств, кроме функций по обработке текущей информации, должно производить выполнение управляющих и противоаварийных функций, в состав которых входят:

- автоматический программный пуск оборудования системы управления дождевальной машины;
- автоматическая программная остановка (соответствующая норме и аварийная) оборудования системы управления дождевальной машины;
- автоматическое регулирование технологических параметров;
- дистанционное управление вспомогательным электрооборудованием и регулирующим оборудованием системы управления дождевальной машины;

- автоматическая защита приборного оборудования дождевальной машины путем его аварийной остановки.

Настройка систем регулирования должна производиться заданием соответствующих коэффициентов.

Математическое обеспечение должно осуществлять выполнение основных функций системы управления, функций хранения и представления информации о состоянии приборного оборудования дождевальной машины. Для этого необходимо предусмотреть разработку:

- общего алгоритма функционирования приборного оборудования дождевальной машины;
- алгоритмов системы управления электроприводом и прямолинейности дождевальной машины;
- алгоритмов системы управления сигнализации и защиты дождевальной машины;
- алгоритмов системы управления орошения и внесения мелиорантов дождевальной машины;
- алгоритмов системы глобального позиционирования и контроля метеопараметров дождевальной машины;
- алгоритмов управления системами дождевальной машины;
- алгоритмов сбора и первичной обработки аналоговой информации;
- алгоритмов технологического контроля работы дождевальной машины;
- алгоритмов учета состояния приборного оборудования;
- алгоритмов отображения информации оператору дождевальной машины;
- алгоритмов опроса микропроцессорных устройств;
- алгоритмов выдачи заданий приборному оборудованию дождевальной машины;
- алгоритмов диагностики приборному оборудованию дождевальной машины,

а также создание базы данных о технологическом процессе орошения дождевальной машины.

База данных приборного оборудования дождевальной машины должна формироваться путем заполнения стандартных форм на экране видеотерминала на основании перечня каналов контроля и регулирования. Вызов форм должен осуществляться при помощи системы вложенных меню.

Меню должно обеспечивать:

- описание системы;
- описание контроллера;
- описание системы отображения;
- описание аналоговых сигналов;
- описание дискретных сигналов;
- описание протоколирования.

Описание аналоговых сигналов должно определять подключение сигнала в системе, параметры обработки сигнала, признаки усреднения, включение значений параметра в рапорт-отчет, формирования истории параметров контура на указываемом временном интервале, контроль на достоверность.

Описание дискретных сигналов должно содержать информацию о подключении параметра в систему, признак включения значений параметра в таблицу аварийных ситуаций в случае изменения значения входного сигнала, нормальное значение (состояние) параметра.

Описание протоколирования и печати должно содержать описание таблицы нарушений, описание рапорта-отчета, описание архивного тренда, описание протоколирования значений параметров, заносимых оператором в оперативную память системы управления.

Необходимо предусмотреть протоколирование действий оператора по измене-

нию задания, режима работы контуров управления, выдаче дискретных управляющих воздействий (пуск, остановка, открытие, закрытие) и запись протокола на носители средств вычислительной техники.

Для конфигурирования системы и формирования базы данных необходимо предусмотреть режимы корректировки базы данных. Корректировка базы данных должна выполняться в автономном режиме работы средств вычислительной техники или на инструментальной вычислительной технике.

Для отслеживания изменения состояния параметров технологического процесса необходимо организовать хранение истории значений параметра, при этом предусмотреть архивы параметров:

- архив мгновенных значений параметров;
- архив предаварийных и послеаварийных ситуаций;
- архив усредненных значений параметров за сутки;
- архив среднечасовых значений параметров на заданном интервале.

По инициативе оператора архивный тренд в виде графиков должен выводиться на экран дисплея.

Просмотр трендов не должен мешать оператору дождевальной машины управлять технологическим процессом.

В режиме оперативного контроля необходимо формировать протокол нарушений регламентных и предаварийных границ. Оператор должен иметь возможность просматривать протокол на экране видеомонитора в произвольный момент времени. В протоколе обязательно фиксирование в хронологическом порядке с начала смены шифров, наименований параметров, границ, и значения этих границ для аналоговых параметров, а также время и дата показателей. Для дискретных параметров необходимо фиксировать изменение состояния.

Возможность выполнения вышеприведенных требований к исходным данным программного обеспечения многоопорных широкозахватных дождевальных машин, позволит обеспечить автоматизацию технологических процессов работы и выполнение необходимых функций многоопорной широкозахватной дождевальной машины нового поколения.

Список использованных источников

1 Снипич, Ю. Ф. Техника и технология орошения в современных условиях землепользования / Ю. Ф. Снипич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 28–30.

2 Завалюев, В. Э. Анализ приборного обеспечения автоматизированного управления и полива дождевальными машинами зарубежных производителей / В. Э. Завалюев, А. Е. Шепелев // Современные тенденции развития аграрного комплекса: материалы междунар. науч.-практ. конф. / ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия», Региональный Фонд «Аграрный университетский комплекс». – Солёное Займище: Прикаспийский НИИ аридного земледелия, 2016. – С. 1161–1166.

3 Чураев, А. А. Прецизионное орошение и современные средства для его реализации / А. А. Чураев, Л. В. Юченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 75–79.

4 РД 50-34.698-90. Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. – Введ. 1992-01-01.– М.: Изд-во стандартов, 2002.– 35 с.

5 Вигерс, К. Разработка требований к программному обеспечению / К. Вигерс, Дж. Битти. – 3-е изд., доп., [пер. с англ.]. – М.: Изд-во «Русская редакция»; СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 736 с.

УДК 631.6:635.646

С. Г. Балакай
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТВОРЕ НА ПОЛЕВУЮ ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН БАКЛАЖАНОВ

Целью исследований является изучение влияния концентрации питательных веществ в растворе, подаваемом при внутрипочвенном струйном поливе, на полевую всхожесть семян баклажанов. Для моделирования струйного полива использовалась однорядная ручная сеялка, оборудованная водопроводящей системой струйного полива. Устройство позволяло устанавливать различную глубину посева за счет изменения глубины проникновения сошника в почву: от 1–2 до 8–10 см. Объем подачи воды к семенам регулировался скоростью передвижения сеялки и расходом воды, поступающей в трубопровод. Размеры контура увлажнения (смачивания) почвы корректировали в зависимости от потребности культуры во влаге, продолжительности прорастания семян, наличия влаги в почве и прогноза метеоусловий на период получения всходов. Внутрипочвенный струйный полив производился такой нормой и таким способом, чтобы самый верхний слой почвы не увлажнялся, и на поверхности не образовывалась почвенная корка, поэтому в каждом конкретном случае рассчитывали поливную норму и концентрацию питательных веществ в растворе. Высевались семена районированного сорта баклажанов Алмаз. В соответствии со схемой опыта к семенам баклажанов подавалась различная концентрация питательных веществ (в растворе от 1 до 10 %). С применением раствора удобрений при струйном поливе семян в вариантах 1 и 2 с концентрацией раствора воды с ЖКУ не более 5 % были получены более ранние всходы (на 1–2 сут), техническая спелость наступила на 11 сут раньше контрольного варианта, и урожайность была более высокой: до 4,32 кг/м^2 в 2015 г. и до 4,72 кг/м^2 в 2016 г. против 4,07 кг/м^2 на стадии контроля, прибавка составила в среднем от 3,6 до 8,8 %.

Ключевые слова: внутрипочвенный полив, режим орошения, урожайность, почва, питательное вещество, семена, семенное ложе, устройство.

Введение. В настоящее время в достаточной мере разработаны режимы орошения и способы полива большинства сельскохозяйственных культур, подобрана дождевальная и другая техника, системы капельного орошения, отработаны технологии орошения. Однако все эти мероприятия невозможно проводить при отсутствии поливной воды в оросительных каналах в весенний период. Но как показывает производственный опыт возделывания овощных культур посевом семенами в грунт, оптимальные сроки высева семян на орошаемых полях и сроки подачи оросительной воды в инженерные оросительные сети не совпадают. В условиях Ростовской области оптимальные сроки посева баклажанов семенами в грунт приходятся на вторую декаду апреля, а воду в оросительную сеть Донского магистрального канала начинают подавать в первой декаде мая. В случае отсутствия осадков невозможно получить полноценные всходы, так как влаги в верхнем (0–5 см) слое почвы недостаточно, а также неосуществимо провести предпосевные и довсходовые увлажнительные поливы в связи с отсутствием оросительной воды в каналах.

Такие условия создаются каждые два-три года из пяти. Поэтому сельхозтоваропроизводителям приходится изыскивать возможность забора воды для орошения из других водных источников (местный сток, если он имеется), сдвигать сроки посева на две-три недели или рисковать и сеять семена в надежде на будущие дожди [1].

В связи с этим актуальным становится разработка ресурсо- и энергосберегающих способов и режимов орошения сельскохозяйственных культур, позволяющих получать дружные всходы, особенно мелкосеменных овощных культур, в весенний период. Поэтому нами разработано устройство для внутрипочвенного струйного полива семян одновременно с посевом [2]. Создаваемый устройством контур увлажнения вокруг семян обеспечивает получение дружных всходов без проведения предпосевного влагозарядкового полива или полива до всходов, как это делается на орошаемых землях. Схема и принципы работы устройства приведены в полученных патентах [3, 4].

Материалы и методы. Местоположение объекта – Ростовская область, Октябрьский район, Бирючекутская опытная овощная селекционная станция ФГБНУ «ВНИИ овощеводства». Почвенный покров однороден и представлен лугово-черноземными почвами разного гранулометрического состава.

Предлагаемое устройство позволяет при струйном внутрипочвенном поливе семян вносить в контур увлажнения не чистую воду, а раствор питательных веществ или пестицидов, которые способствуют ускорению прорастания семян за счет стимуляторов роста и усиленного питания проростков растений, а внесенные пестициды обеспечивают эффективную защиту растений [5].

Исследования по изучению влияния концентрации питательных веществ в растворе, подаваемом при струйном внутрипочвенном поливе, на полевую всхожесть семян баклажанов проводились в опыте по приведенной ниже схеме:

- вариант 1. Концентрация раствора – 1 %;
- вариант 2. Концентрация раствора – 3 %;
- вариант 3. Концентрация раствора – 5 %;
- вариант 4. Концентрация раствора – 10 %;
- вариант 5. Вода.

Раствор удобрений – в форме жидких комплексных удобрений (ЖКУ) с концентрацией действующего вещества от 1 до 10 %. В ЖКУ содержание питательных веществ в действующем веществе составляло $N_5P_{10}K_5$, т. е. в 100 л ЖКУ содержалось 20 кг д. в. азота, фосфора и калия (NPK).

Технология основной и текущей подготовки почвы выполнялась в соответствии с зональными системами земледелия [6]. Предшественник – озимая пшеница. Зональными системами земледелия рекомендованы сроки посева баклажанов семенами в грунт при прогревании почвы на глубине 0–10 см до 12–14 °С (это в начале третьей декады апреля). В опытах посев семян производился 22–23 апреля в 2015 г. и 18 апреля в 2016 г. Весна 2015 г. оказалась влажной, осадки выпадали равномерно, и поверхность почвы в слое 0–10 см имела высокую влажность (80–82 % НВ). Поэтому для создания условий среднесухого года осуществлялось искусственное иссушение верхнего слоя почвы путем проведения дополнительной предпосевной культивации. Культивация одновременно способствовала и выравниванию поверхности почвы, что очень важно для равномерной заделки мелких семян овощных культур. Влажность почвы в слое 0–10 см составила 70,3 % от НВ. В 2016 г. во время посева влажность почвы в слое 0–10 см находилась на уровне 68,5 % НВ. Такая влажность почвы не позволяет семенам набрать достаточного количества влаги для быстрого прорастания, поэтому требовался предпосевной полив или применение струйного внутрипочвенного полива одновременно с посевом.

Для моделирования струйного полива использовалась однорядная ручная сеялка, оборудованная водопроводящей системой струйного полива. Устройство ручной сеялки позволяет устанавливать различную глубину посева за счет изменения глубины проникновения сошника в почву: от 1–2 см до 8–10 см. Объем подачи воды к семенам регулировался скоростью передвижения сеялки и расходом воды, подаваемой в трубопровод. Измерение влажности почвы на глубине посева семян позволяло рассчитать необходимый объем воды для смачивания почвы и создания увлажненного контура вокруг

семян различного диаметра, а изменение расхода воды в трубопроводе и скорости передвижения сеялки давало возможность подать расчетный объем воды. Для каждого варианта опыта отладка расхода воды производилась отдельно в защитной зоне участка.

Размеры контура увлажнения (смачивания) почвы регулировали в зависимости от потребности культуры во влаге, продолжительности прорастания семян, наличия влаги в почве и прогноза метеоусловий на период получения всходов.

Внутрипочвенный струйный полив производился такой нормой и таким способом, чтобы влага не увлажняла самый верхний слой почвы, и на поверхности не образовывалась почвенная корка, поэтому в каждом конкретном случае необходимо рассчитывать поливную норму и концентрацию веществ в растворе, если полив ведется раствором питательных веществ.

Результаты и обсуждение. Расчет дозы удобрений для получения концентрации раствора, заданной схемой опыта, приведен в таблице 1 (из расчета на 100 л раствора).

Таблица 1 – Расчетные дозы ЖКУ для создания раствора заданной концентрации

Вид удобрений	Содержание в удобрениях NPK, кг д. в. в 1 л ЖКУ	Доза ЖКУ для получения заданной концентрации раствора по вариантам опыта 2, из расчета на 100 л раствора, в л ЖКУ			
		1 %	3 %	5 %	10 %
ЖКУ ($N_5P_{10}K_5$)	0,2	5	15	25	50

Раствор для струйного внутрипочвенного полива семян изготовлялся непосредственно перед посевом в соответствии с расчетами, приведенными в таблице 1.

При посеве вокруг семян создавался контур увлажнения радиусом 2 см. Расчетный расход раствора на 1 пог. м рядка при ширине междурядий 0,7 м составил около 100 мл на 1 пог. м рядка (расчетная доза равна 0,096 л/пог. м). Расчеты велись по данным, приведенным выше в таблице 1. В контрольном варианте (вариант 5) применялась чистая вода.

Посев был произведен 22 апреля 2015 г. и 18 апреля в 2016 г. Данные фенологических наблюдений за всходами семян баклажанов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Даты посева и получения всходов баклажанов при струйном поливе семян раствором питательных веществ, 2015–2016 гг.

Вариант	Дата посева		Дата полных всходов		Дней от посева до получения полных всходов			Без струйного полива, ±Δ, сут
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	среднее	
1	22.04	18.04	03.05	02.05	11	15	13	–1,5
2	22.04	18.04	03.05	02.05	11	15	13	–1,5
3	22.04	18.04	05.05	03.05	13	16	14,5	0
4	22.04	18.04	09.05	04.05	17	17	17	2,5
5 (К)	22.04	18.04	04.05	04.05	12	17	14,5	–

Наблюдения в 2015–2016 гг. показали, что всходы баклажанов появились раньше на 1,5 сут в вариантах 1 и 2. Увеличение концентрации раствора более 5 % д. в. ЖКУ приводит к задержке всходов по сравнению с контролем на 2,5 сут и с вариантом 1 на 2,5 сут. Связано это, видимо с тем, что с повышением концентрации почвенного раствора затрудняется поглощение влаги из почвы, поэтому при концентрации раствора 1–3 % всходы появились на 1–2 дня раньше по сравнению с контрольным вариантом.

Аналогично изменялись и сроки наступления фазы бутонизации, цветения и технической спелости баклажанов (таблица 3).

В 2015 г. более ранние сроки бутонизации (21 мая) и цветения (11 июня) наступили в вариантах 1 и 2. Повышение концентрации раствора до 5 и 10 % привело к за-

держанию всходов, и это отразилось в дальнейшем на росте и развитии растений баклажанов. Продолжительность вегетационного периода в этих вариантах также была больше на 11 сут по сравнению с контролем.

Таблица 3 – Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений баклажанов при струнном поливе раствором питательных веществ, 2015 г.

Вариант	Дата наступления фенологической фазы						Продолжительность вегетации	
	Посев	Всходы	Бутонизация	Цветение	Техническая спелость			
					начало	конец	сут	±Δ
1	22.04	03.05	21.05	11.06	03.08	07.10	157	+11
2	22.04	03.05	21.05	14.06	03.08	07.10	157	+11
3	22.04	05.05	23.05	16.06	04.08	07.10	155	+9
4	22.04	09.05	24.05	19.06	07.08	07.10	141	–5
5 (К)	22.04	04.05	01.06	21.06	09.08	07.10	146	–

В 2016 г. сохранилась такая же закономерность, но продолжительность вегетации была большей (до 166 сут против 157 сут в 2015 г.) в связи с более поздними заморозками, наступившими 15 октября 2016 г. (таблица 4).

Таблица 4 – Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений баклажанов при струнном поливе раствором питательных веществ, 2016 г.

Вариант	Дата наступления фенологической фазы						Продолжительность вегетации	
	Посев	Всходы	Бутонизация	Цветение	Техническая спелость			
					начало	конец	сут	±Δ
1	18.04	02.05	18.05	09.06	01.08	15.10	166	+22
2	18.04	02.05	18.05	09.06	01.08	15.10	166	+22
3	18.04	03.05	21.05	12.06	02.08	15.10	165	+21
4	18.04	09.05	22.05	16.06	05.08	15.10	159	–15
5 (К)	18.04	04.05	01.06	18.06	04.08	15.10	164	–

Ускорение сроков созревания в вариантах 1 и 2 позволило произвести большее количество сборов урожая (7 против 6 при контроле) и вариантах 3 и 4 получить более высокую урожайность баклажанов (на 9–14,3 %) (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние различных концентраций раствора на урожайность баклажанов (биологическая), 2015–2016 гг.

Вариант	Продолжительность периода сборов урожая, сут			Среднее количество сборов, шт.	Суммарная урожайность, кг/м^2			Отклонение от К	
	2015 г.	2016 г.	среднее		2015 г.	2016 г.	среднее	±Δ, кг/м^2	%
1	96	106	101,0	6	4,32	4,54	4,43	0,36	8,8
2	96	106	101,0	6	4,12	4,72	4,42	0,35	8,6
3	95	105	100,0	7	3,98	4,72	4,35	0,28	6,9
4	93	102	97,5	6	3,87	4,56	4,22	0,15	3,6
5	92	103	97,5	6	3,78	4,35	4,07	–	–
$НСР_{05}$, кг	–			–	0,17	0,21	–	–	–

Выводы. Таким образом, применение раствора удобрений при струйном поливе семян с концентрацией раствора воды с ЖКУ не более 5 % способствует получению

более ранних всходов (на 1–2 сут), техническая спелость наступает на 11 сут раньше контрольного варианта, и урожайность повышается до 4,32 кг/м^2 в 2015 г. и до 4,72 кг/м^2 в 2016 г. против 4,07 кг/м^2 на стадии контроля, прибавка составила в среднем от 3,6 до 8,8 %.

Список использованных источников

1 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; под общей ред. акад. РАСХН В. Н. Щедрина. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 342 с.

2 Устройство и технология внутрипочвенного полива высеваемых семян / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, А. Н. Бабичев, С. Г. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 3(03). – 11 с. – Режим доступа: http:rosniipm-sm.ru/archive?n=37&id=47.

3 Пат. 2483516 Российская Федерация, МПК А01С 7/20. Устройство для внутрипочвенного полива семян при посеве / Балакай Г. Т., Балакай Н. И., Балакай С. Г., Бабичев А. Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно исследовательский институт проблем мелиорации». – № 2012106788/13; заявл. 24.02.12; опубл. 10.06.12, Бюл. № 16. – 6 с.

4 Пат. 2302094 Российская Федерация, МПК А 01 В 49/06, А 01 С 5/08. Устройство для посева семян / Балакай Г. Т., Калашников В. И., Балакай А. Г.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное научное учреждение «Российский научно исследовательский институт проблем мелиорации». – № 2005116429/12; заявл. 30.05.05; опубл. 10.07.07, Бюл. № 19. – 6 с.

5 Технология посева овощных культур с одновременным поливом / Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев, Н. И. Балакай, С. Г. Балакай // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф., г. Минск, 16–17 октября 2013 г. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. – Т. 1. – С. 150–154.

УДК 631.67

Э. Э. Сейтумеров
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКИ САЛГИР И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМНЫХ ВОПРОСОВ

Целью исследований было определить основные принципы и подходы, используемые в существующей системе организации и ведения водопользования на территории Республики Крым, и выявить проблемные моменты, возникшие в связи с усилением нагрузки на водные объекты в ходе хозяйственной деятельности и нарушением баланса между интересами основных групп водопользователей.

Ключевые слова: экологическое состояние, промышленные сточные воды, загрязнение вод, бассейн реки Салгир, нормативно-допустимый сброс загрязняющих веществ, качественный состав стоков.

Введение. Для Крыма проблема недостатка пресной воды всегда была актуальной из-за засушливого климата и особенностей развития речной сети. Воды реки Салгир, как самой протяженной реки на полуострове, а также ее притоков (особенно Биюк-Карасу) имеют огромное хозяйственно-питьевое и сельскохозяйственное значение. На реке и ее притоках построено 5 водохранилищ (Симферопольское, Тайганское,

Белогорское, Балановское, Аянское), более 400 прудов, которые являются источниками хозяйственно-питьевого назначения.

Результаты и обсуждения. В последние годы одной из острых проблем Салгира и его притоков является сброс в него хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Основными источниками загрязнения в бассейне реки Салгир являются сточные воды девяти предприятий-водопользователей Симферопольского, Белогорского и Нижнегорского районов. Наибольшее негативное влияние на качество вод реки Салгир оказывают КОС г. Симферополя, сброс в черте села Укромное в 10 км от города, г. Нижнегорска, КФХ «Флора», ЧП «Лора», сброс ниже пгт. Гвардейское Симферопольского района. Следует отметить, что сброс сточных вод КОС г. Симферополя превышает все вместе взятые сбросы остальных сточных вод, в 2011 г. общий объем сбросов возвратных вод составил 53,04 млн м^3, а в 2015 г. – 43,80 млн м^3.

Полученные результаты химического анализа за 2015 г. до входа и после выхода из КОС приведены в таблице 1. После полной биологической очистки сточные воды сбрасываются в реку Салгир.

Таблица 1 – Среднемесячные результаты анализов сточных вод на Симферопольских КОС за 2015 г.

В мг/дм^3

Месяц	Взвешенные вещества		Нефтепродукты		ХПК		БПК$_5$		Аммоний солевой		Нитраты	
	вход	выход	вход	выход	вход	выход	вход	выход	вход	выход	вход	выход
Январь	185,51	7,93	0,30	0,07	307,53	30,22	136,00	12,13	37,72	2,25	6,71	44,61
Февраль	146,06	6,25	0,32	0,05	316,90	33,86	129,00	13,60	38,23	2,31	7,11	43,95
Март	147,50	7,20	0,33	0,06	309,48	33,02	125,60	13,20	36,69	2,21	7,52	43,42
Апрель	186,00	8,05	0,34	0,06	320,00	31,50	134,00	13,30	39,60	2,26	8,92	44,67
Май	203,58	7,40	0,30	0,07	340,70	30,36	143,60	12,10	45,98	1,96	7,40	43,95
Июнь	209,78	10,00	0,30	0,07	415,01	34,38	151,00	13,40	40,72	1,95	4,65	46,02
Июль	182,88	6,75	0,31	0,07	304,30	29,57	127,00	11,80	38,76	2,15	9,45	49,32
Август	201,87	10,70	0,30	0,07	303,90	33,13	122,00	13,30	45,46	2,22	6,01	48,72
Сентябрь	218,68	6,85	0,31	0,06	301,64	32,68	133,60	13,40	42,89	2,09	6,61	44,02
Октябрь	239,77	8,00	0,34	0,07	317,80	30,20	130,00	13,10	40,83	2,15	6,22	47,10
Ноябрь	203,86	7,83	0,39	0,07	336,65	33,33	129,00	13,30	35,10	2,23	9,21	54,02
Декабрь	210,57	6,95	0,31	0,07	321,80	33,26	130,80	13,30	34,85	1,60	8,90	49,38
Среднее	194,67	7,83	0,32	0,07	324,64	32,13	132,63	12,99	39,74	2,12	7,64	46,58

Анализируя данные таблицы 1 можно отметить, что соотношение ХПК : БПК$_5$ находится в пределах 2,26–2,75 на входе в очистные сооружения и 2,25–2,57 – на выходе из них, среднее значение – 2,5. В соответствии с нормативной технической документацией это соотношение не должно превышать 1,5. Характеристика сбрасываемых сточных вод в 2016 г. с КОС г. Симферополя за второй квартал 2016 г. приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Качественный и количественный состав сточных вод, сбрасываемых с КОС г. Симферополя за второй квартал 2016 г.

Загрязняющее вещество	Нормативно допустимый сброс загрязняющих веществ		Фактический сброс загрязняющих веществ	
	качественный состав, мг/дм^3	количество, т	качественный состав, мг/дм^3	количество, т
1	2	3	4	5
Взвешенные вещества	15,000	756,013	13,030	134,893
Нефтепродукты	0,550	27,720	0,070	0,725

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
БПК полный	19,950	1005,497	17,556	181,748
Азот аммонийный	4,050	204123,000	2,525	26140,063
Нитраты	62,500	3150054,000	53,120	549924,800
Нитриты	1,650	83161,000	0,510	5279,775
Хлориды	121,500	6123,704	77,360	800,869
Сульфаты	135,250	6816,716	59,870	619,804
Фосфаты	5,900	297,365	4,810	49,796
АПАВ	0,255	12852,000	0,160	1656,400
Железо	0,320	16128,000	0,220	2277,550
Сухой остаток	750,000	37800,000	471,000	4876,028

Из данных, указанных в таблице 2, следует, что все показатели по качественному и количественному составу сточных вод, сбрасываемых с КОС Симферополя, не превышают установленные лимиты. Из этого можно сделать вывод, что на сооружения поступают промышленные стоки, содержащие в основном трудно окисляемые соединения в виде оседающих (взвешенных) и коллоидных частиц, слабо поддающихся биологической очистке в аэротенках.

Поэтому после выпуска биологически очищенных сточных вод в реку Салгир на значительных расстояниях от места сброса может наблюдаться повышение содержания трудно окисляемых соединений. Проектный показатель содержания взвешенных веществ при залповых сбросах сточных вод с промпредприятий увеличивается в 2,0–3,5 раза.

Суточные колебания концентрации отдельных компонентов имеют сходный характер с колебаниями расхода сточных вод. Количество стоков, поступающее на очистку, составляет 111,6 тыс. $м^3$/сут, из них 60 % – хозяйственно-бытовые стоки и 40 % – стоки от промпредприятий [1].

Гидравлическая нагрузка на сооружения составляет 93–100 % проектной величины. Установлено, что 80–85 % среднесуточного поступления загрязнений со стоками приходится на дневные часы и только 15–20 % – на ночные. При такой технологической схеме сточная вода теряет свою стабильность и склонность к биологической очистке. Качественный состав стоков характеризуется большим разнообразием, непостоянством и частыми залповыми сбросами высококонцентрированных токсичных примесей с промышленных предприятий Симферополя.

В стоках постоянно присутствуют нерастворенные нефте- и маслопродукты, содержание которых не допускается. Несмотря на высокую степень задерживания жиров, нефте- и маслопродуктов на сооружениях механической очистки, небольшое их количество поступает в аэротенк, и следы их наблюдаются во вторичных отстойниках. Наличие жиров и масел в аэротенке неблагоприятно сказывается на жизнедеятельности микроорганизмов, при обволакивании тонкой пленкой частичек активного ила затрудняется доступ растворенного кислорода к микроорганизмам, что в конечном итоге приводит к частичной гибели активного ила.

Эффективность работ как отдельных сооружений, так и всего комплекса КОС в целом составляет: $БПК_5$ – 88–90 %, ХПК – 87–89 %, взвешенные вещества – 89–91 %, азот аммонийный – 30 %.

Конечные показатели по отдельным компонентам (БПК, взвешенные вещества, азот аммонийный, нитриты, фосфаты) превышают как проектные, так и общепринятые допустимые концентрации на сброс очищенных стоков в Салгир. Среднее соотношение ХПК : БПК в очищенных стоках, составляющее более 2,5, говорит о трудностях в достижении эффективности совместной очистки смеси хозяйственно-бытовых и промышленных стоков по существующей технологической схеме.

Кроме этого, другими источниками загрязнений бассейна реки Салгир [2, 3] являются карьеры, свалки хозяйственно-бытовых и строительных отходов (в т. ч. несанкционированные), животноводческие комплексы, хранилища удобрений и ядохимикатов, не канализированные населенные пункты, кладбища. Берега Салгира и его притоков, включая водоохранные зоны, застраиваются домами, автозаправочными станциями, кафе. Постройки и огороды подошли вплотную и к Симферопольскому водохранилищу, игнорируя санитарную зону.

Особенную озабоченность специалистов вызывает то, что в последние годы ухудшаются показатели химического состава вод практически всех крупных рек Крыма. К примеру, по результатам выполненных отделом ВМиАВ исследований можно судить, что воды верховья реки Салгир наиболее чистые, отвечают требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01, их можно отнести к 1-му классу, воды реки Славянки (начиная со створа Симферополя) – ко 2-му классу. Наиболее загрязненная вода наблюдается после створа села Укромного, куда в реку сбрасываются сточные воды Симферополя. Исследования проводились по 38 створам [4, 5], начиная с реки Ангары (притока реки Салгир), последний створ № 38 расположен вблизи села Мускатного Нижнегорского района. Всего на анализ химического состава было взято более 100 проб воды в различные периоды года.

Результаты анализов показали, что за последние более чем 20 лет вследствие роста антропогенной деятельности человека произошли негативные изменения в качественном составе поверхностных вод рек бассейна Салгира, а именно: увеличилось значение pH воды во всех приведенных пробах; состав воды изменился с гидрокарбонатного на хлоридный.

Ухудшение экологического состояния водных источников вызвано не только воздействием непосредственно на водоем. Поверхностно-склоновый сток вносит в реку соединения азота и фосфора, органические вещества, хозяйственно-бытовые сточные воды и стоки с урбанизированных территорий; биогенные соединения азота и фосфора, ионы натрия, хлориды, сульфаты, бактериологические загрязнения. Поверхностный сток с сельхозугодий – соединения азота, фосфора, калия, сульфаты, хлориды, взвешенные вещества, пестициды. Подземные воды, выклинивающиеся в виде родников, могут также загрязнять речную воду фосфатами, хлоридами, органическими веществами.

Особую роль в распространении загрязняющих веществ играет гидрологический режим реки. При больших расходах воды (во время паводков) минерализация речных вод уменьшается, а во время межени – увеличивается. Однако при формировании больших паводковых расходов в реке может увеличиться концентрация вредных веществ.

Учитывая то, что экологическое состояние реки отражает экологическую ситуацию на территории ее водосбора, можно распространить оценку экологического состояния реки на весь бассейн с учетом его ландшафтных особенностей.

Выводы. Выполненные исследования позволяют определить, что в целом в бассейне реки Салгир гидроэкологическое состояние только трех притоков оценивается как среднеустойчивая территория с очагами неустойчивости (Бурульча, Танасу, Зуя). Остальные притоки и их бассейны, а также бассейн реки Салгир считаются неустойчивыми (особенно в нижнем течении). Выделены основные точечные и диффузные источники загрязнений, установлены степень их влияния на бассейн Салгира и качество водных ресурсов реки. Рассчитаны комплексные показатели экологического состояния основных притоков реки Салгир.

Определены территории экологически неустойчивые и в среднем устойчивые, нуждающиеся в реализации природоохранных мероприятий, направленных на улучшение экологического состояния рек. К ним можно отнести: организационно-хозяйственные, агротехнические, лесо- и лугомелиоративные, гидротехнические, водозащитные, социально-психологические, в основе которых должен быть экологический подход к хозяйственному использованию природных ресурсов.

Необходимо четко обозначить прибрежные защитные полосы, ограничить в них хозяйственную деятельность, обеспечить определенное количество средообразующих ресурсов (лесов), призванных улучшить качество и количество водных ресурсов.

Повышенная нагрузка на бассейн Салгира создает необходимость комплексного подхода к использованию водных ресурсов реки и защите их от загрязнения, а разработка природоохранных мероприятий зависит от экологической ситуации отдельных участков речного бассейна.

Список использованных источников

1 Сейтумеров, Э. Э. Перспективы использования очищенных канализационных стоков и коллекторно-дренажных вод для орошения на территории Крыма / Э. Э. Сейтумеров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 166–170.

2 Власова, А. Н. Гидроэкологическое состояние реки Малый Салгир / А. Н. Власова // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана: темат. сб. науч. тр. – Симферополь, 2008. – Вып. 18. – С. 121–125.

3 Тимченко, З. В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма / З. В. Тимченко. – Симферополь: Доля, 2002. – 152 с.

4 Кременской, В. И. Водооборот и антропогенная нагрузка в бассейне реки Салгир / В. И. Кременской, С. В. Подовалова, Н. М. Иванютин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 127–141. – Режим доступа: http:rosniipm-sm.ru/archive?n=440&id=452.

5 Иванютин, Н. М. Влияние антропогенной деятельности на качественные характеристики вод реки Салгир и их оценка по степени пригодности для целей орошения / Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 24–29.

УДК 631.452(083.74)

Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ДЕЙСТВУЮЩИХ В РФ ПРАВОВЫХ И НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВОСПРОИЗВОДСТВУ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

В статье представлен анализ современных действующих в РФ правовых и нормативно-методических документов в области проведения мероприятий по воспроизводству почвенного плодородия солонцовых почв. Установлены наиболее значимые нормативно-методические документы, соответствующие рассматриваемому вопросу.

Ключевые слова: анализ, нормативно-методические документы, почвенное плодородие, солонцовые почвы, мелиорация, приемы.

Возделывание сельскохозяйственных культур при современной системе земледелия и складывающихся природных условиях вызывает необратимые изменения в почве, приводящие к деградации и потере плодородия, в частности, процессу осолонцевания почв. При этом почвы сильно уплотняются, приобретают слитность и склонность к коркообразованию. Растет бесструктурность и глыбистость почвы, ухудшаются их водно-физические свойства. Для полного использования всего потенциала плодородия земель сельскохозяйственного назначения, улучшения природных солонцов, природно-солонцеватых почв, а также восстановления плодородия черноземов, осолонцо-

ванных в результате орошения минерализованной водой неблагоприятного качества, необходимо проводить мелиорацию земель.

Правовое регулирование мероприятий по мелиорации земель осуществляет закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель» [1]. В соответствии с ним мелиорация почв – это коренное улучшение земель путем проведения гидротехнических, культуртехнических, химических, противоэрозионных, агролесомелиоративных, агротехнических и других мелиоративных мероприятий. Положения ст. 1 № 4-ФЗ «О мелиорации земель» обозначают общие задачи мелиорации земель как особого вида землепользования, направленного на обеспечение гарантированного производства сельскохозяйственной продукции на основе сохранения и повышения плодородия земель, а также создание необходимых условий для вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых и малопродуктивных земель и формирование рациональной структуры земельных угодий.

К мероприятиям, способствующим сохранению и повышению почвенного плодородия, относят согласно ст. 9 № 4-ФЗ проведение химической мелиорации земель. Химическая мелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по улучшению химических и физических свойств почв и включает в себя известкование, фосфоритование и гипсование почв.

В главе VI № 4-ФЗ представлен порядок проведения мелиорации земель, который содержит и экологические требования к мелиоративным мероприятиям (ст. 32), согласно которым осуществление мелиоративных мероприятий не должно приводить к ухудшению состояния окружающей среды. Мелиоративные мероприятия должны реализовываться с соблюдением требований земельного, водного, лесного законодательства Российской Федерации, а также законодательства Российской Федерации об охране окружающей среды, недрах, растительном и животном мире.

В области охраны окружающей среды необходимо руководствоваться Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», в котором определены правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности [2]. Почвы являются объектами охраны окружающей среды, поэтому согласно ст. 43 № 7-ФЗ мелиорация земель не должна приводить к ухудшению состояния окружающей среды, нарушать устойчивое функционирование естественных экологических систем.

Для установления правовых основ государственного регулирования обеспечения воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения был принят федеральный закон от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» [3].

Согласно ст. 8 рассматриваемого федерального закона «Собственники, владельцы, пользователи, в том числе арендаторы, земельных участков обязаны: осуществлять производство сельскохозяйственной продукции способами, обеспечивающими воспроизводство плодородия земель сельскохозяйственного назначения, а также исключающими или ограничивающими неблагоприятное воздействие такой деятельности на окружающую среду; соблюдать нормы и правила в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения; представлять в установленном порядке в соответствующие органы исполнительной власти сведения об использовании агрохимикатов и пестицидов; содействовать проведению почвенного, агрохимического, фитосанитарного и эколого-токсикологического обследований земель сельскохозяйственного назначения; информировать соответствующие органы исполнительной власти о фактах

деградации земель сельскохозяйственного назначения и загрязнения почв на земельных участках, находящихся в их владении или пользовании …».

Согласно ст. 3.1 этого же закона осуществление мероприятий в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения является расходным полномочием субъектов Российской Федерации.

На региональном уровне, в частности в Ростовской области, выполнение этих функций закреплено в Областном законе «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения в Ростовской области» от 14 января 2008 г. № 858-ЗС (с последними изменениями от 29 июня 2016 г.) и Областной долгосрочной целевой программе «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2014–2020 годы», утвержденной Постановлением Правительства Ростовской области от 25 сентября 2013 г. № 592 [4, 5].

Мероприятия, заложенные в этой программе, формируют единый системный комплекс мер по повышению плодородия земель сельскохозяйственного назначения в Ростовской области, объединяющих технические, организационные, технологические, хозяйственные и экологические мероприятия, направленные на эффективное использование земли и повышение плодородия почв.

Для сохранения плодородия земель сельскохозяйственного назначения необходимо совершенствование нормативной базы, регламентирующей рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения.

Для этой цели принимаются Правила рационального использования земель сельскохозяйственного назначения, устанавливающие основные обязанности землепользователей по рациональному использованию земель сельскохозяйственного назначения и регламентирующие их деятельность по сохранению и восстановлению плодородия почв [6].

В соответствии с вышеприведенными статьями законов любая мелиоративная деятельность должна осуществляться с применением документов в области стандартизации, поэтому необходимо разрабатывать стандарты организации.

Анализ нормативно-методической документации показал, что разработан целый комплекс агромелиоративных мероприятий по снижению негативных процессов, происходящих в солонцовых почвах. Нормативно-методические документы по проведению приемов по воспроизводству почвенного плодородия солонцовых почв представлены в основном рекомендациями, методическими указаниями и т. д. Наибольшее количество нормативно-методической документации было разработано в 80-е гг., то есть в период расцвета мелиорации.

В те и последующие годы эта документация содержала технологии определенного приема. Комплексности разработок в этих документах не просматривается.

Нормативные документы, выпущенные после 2000 г., более полные по содержанию: рекомендуемые приемы обоснованы показателями почв, гидрологическими условиями, целесообразность их применения подтверждена экономическими расчетами. Но даже в этих документах не показана экологическая значимость данных приемов, что важно в наше время, когда существует опасность загрязнения окружающей среды химическими мелиорантами, удобрениями и т. д.

Наиболее значимые, на наш взгляд, нормативные документы:

- «Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель» [7];
- «Методические указания по химической мелиорации солонцовых почв» [8];
- «Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании» [9];
- «Выбор приемов воспроизводства плодородия солонцовых почв при орошении: рекомендации» [10];

- Рекомендации по использованию фосфогипса для мелиорации солонцов [11].

Для выявления деградированных и загрязненных земель с установлением степени их деградации (загрязнения), в том числе эродированных, засоленных, заболоченных почв разработаны «Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель» [7]. В них дается классификация земель, подверженных деградации и загрязнению, порядок их обследования, составление карт и картограмм по степени загрязнения и деградации.

В «Методических указаниях по химической мелиорации солонцовых земель» научно обоснованы дифференцированные варианты и приемы экологического рационального использования естественных и распаханных солонцовых почв в соответствии с их генетическим и агрономическим многообразием [8]. Указания содержат метод химической мелиорации, который в ряде случаев является единственным приемом, позволяющим повысить продуктивность солонцов в сухом и орошаемом земледелии. Даны обоснование расчетов доз мелиорантов и экологическая оценка применения промышленных отходов, в том числе фосфогипса, приведены показатели предельно-допустимых концентраций (ПДК) некоторых элементов, содержащихся в количествах, достаточных для создания потенциальной опасности загрязнения сельскохозяйственных культур. Предложена экологически безопасная технология химической мелиорации солонцовых почв с применением природных сорбентов-цеолитов.

В «Руководстве по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании» определена необходимость проведения контроля почвенного плодородия и сопутствующих объектов орошаемых земель (грунтовые, оросительные и коллекторно-дренажные воды, растения, климатические факторы), предложены агромелиоративные приемы, исключающие негативные процессы в почвах, а также приемы, регулирующие почвенное плодородие и технико-экономическое обоснование их применения [9]. Приводятся и рекомендации по использованию фосфогипса при мелиорации солонцов [11].

В 2010 г. сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ» разработаны рекомендации «Выбор приемов воспроизводства плодородия солонцовых почв при орошении», в которых предлагаются способы улучшения почвенного плодородия почв, включая мелиоративные обработки, химическую и комплексную мелиорации, подбор культуроосвоителей [10]. На основе свойств почв устанавливаются необходимые виды воздействия на плодородие почв. Уточнить целесообразность проведения мелиоративных приемов можно, вписавшись в одну из схем выбора мероприятий по почвенным показателям.

В связи с новыми разработками в области воспроизводства почвенного плодородия появился документ «Мелиорация. Выбор комплексных приемов воспроизводства почвенного плодородия солонцовых почв», представляющий собой стандарт организации, в котором предложены усовершенствованная технология освоения солонцовых комплексов, новые мелиоранты и удобрительно-мелиорирующие средства [12]. Особое внимание уделено биологической мелиорации как наиболее развиваемому в настоящий момент и более доступному методу мелиорации. Также рассмотрены вопросы технического и технологического обеспечения проведения необходимых мероприятий.

В соответствии со ст. 15 Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и в связи с отсутствием у Минсельхоза России стандартизированного документа, являющегося основой при реализации технологии проведения агромелиоративных мероприятий [13], разработка стандарта организации Минсельхоза России «Мелиорация. Выбор комплексных приемов воспроизводства почвенного плодородия солонцовых почв» является актуальной, а внедрение СТО обеспечит соблюдение требований земельного и водного законодательства и позволит повысить эффективность проведения агромелиоративных мероприятий на солонцовых почвах за счет экономного, рационального и эффективного использования удобрений, химических мелиорантов, водных и энергетических ресурсов.

Список использованных источников

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

2 Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ: по состоянию на 28 декабря 2016 г. // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

3 О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения: Федеральный закон от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ: по состоянию на 5 апреля 2016 г. // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

4 О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения в Ростовской области: Областной закон от 14 января 2008 г. № 858-ЗС: по состоянию на 29 июня 2016 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:docs.cntd.ru/document/819033746, 2016.

5 Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2014–2020 годы: Областная целевая программа от 29 сентября 2013 г. № 592 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:donland.ru/Donland/Pages/View.aspx?pageid=75189&mid=128186&itemId=159, 2017.

6 Об утверждении Правил рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в Ростовской области: Постановление Правительства Ростовской области от 20 сентября 2012 г. № 905 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:martynov.donland.ru, 2017.

7 Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель: утв. Роскомземом 28 декабря 1994 г., Минсельхозпродом РФ 26 января 1995 г., Минприроды РФ 15 февраля 1995 г. – М., 1995. – 6 с.

8 Методические указания по химической мелиорации солонцовых земель / под ред. Н. П. Панова. – М.: ЦИНАО, 1999. – 38 с.

9 Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании. – Новочеркасск, 2000. – 85 с.

10 Выбор приемов воспроизводства плодородия солонцовых почв при орошении: рекомендации / под ред. В. Н. Щедрина, Г. Т. Балакая; ФГБНУ «РосНИИПМ» – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 23 с.

11 Рекомендации по использованию фосфогипса для мелиорации солонцов. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2006. – 46 с.

12 СТО 4.2-2-2015. Мелиорация земель. Выбор комплексных приемов воспроизводства почвенного плодородия солонцовых почв [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:mcx-dm.ru/sites/all/files/rosniipm_2015-11-05_3.pdf, 2017.

13 О техническом регулировании: Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ: по состоянию на 5 апреля 2016 г. // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

УДК 630*232.22

Н. И. Балакай
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА МИКРОКЛИМАТ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ И ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ

Цель исследований – установить влияние защитных лесных насаждений на микроклимат прилегающей территории и влажность почвы. Аэродинамические

свойства лесных полос разных конструкций по-разному влияют на элементы микроклимата. Установлено, что скорость ветра с наветренной стороны существенно уменьшается и в зависимости от конструкции составляет: у ажурной и плотной – до 10 Н, продуваемой – до 5 Н, а с заветренной стороны у всех конструкций зона влияния доходит до 30 Н. Суммарная зона влияния наветренной и заветренной стороны составляет у плотной конструкции 30 Н, продуваемой – 35 Н и ажурной – 40 Н. Доказано, что с наветренной стороны температура воздуха при всех конструкциях лесополос изменяется на расстоянии от 2 до 5 Н, а с заветренной стороны зона воздействия у продуваемой и плотной конструкций доходит до 20 Н и у ажурной – до 25 Н. Суммарная зона воздействия составляет у плотной конструкции 15 Н, продуваемой – 25 Н и ажурной – 30 Н. Такая же закономерность сохраняется и по показателям относительной влажности воздуха. Выявлено, что с наветренной стороны влажность почвы оказалась выше у лесополосы с плотной конструкцией (92,4 % НВ) по сравнению с открытым пространством, но зона воздействия у всех конструкций составляет до 5 Н. С заветренной стороны зона воздействия доходит до 25 Н у плотной и продуваемой конструкции и до 30 Н у ажурной конструкции.

Ключевые слова: защитные лесные насаждения, скорость ветра, микроклимат, относительная влажность воздуха, влажность почвы.

Защитные лесные насаждения эффективно противодействуют различным негативным явлениям, снижающим плодородие почвы. Они являются средством многофункционального влияния на окружающую природную среду, нормализуют и стабилизируют экологическую обстановку, образуют устойчивые, агролесоландшафты с высокой степенью саморегуляции, оптимизируют влагооборот, тепло- и газообмен территории. Агролесомелиоративное обустройство агроландшафтов обеспечивает повышение бонитета почв на 2,5–19,3 балла в зависимости от исходного состояния плодородия почв. Средняя урожайность зерновых культур под защитой насаждений выше на 18–23 %, технических – на 20–26 %, кормовых – на 29–41 % [1, 2]. Значительно снижаются процессы эрозии и дефляции почвы [3].

В условиях равнинного рельефа ветрозадерживающая функция защитных лесных насаждений является главной и определяющей. Все остальные функции влияют в конечном итоге на урожайность сельскохозяйственных культур. Аэродинамические свойства лесных полос разных конструкций по-разному воздействуют на элементы микроклимата.

Ветровой поток при встрече лесной полосы плотной конструкции обтекает ее только сверху. Лесные полосы продуваемой конструкции работают как аэродинамический диффузор. Полоса такой конструкции разбивает ветровой поток на две части, одна из которых обходит полосу сверху, другая проходит в нижней части полосы между стволами, где вследствие давления соседних воздушных масс увеличивает свою скорость [4].

Защитные лесные насаждения ажурной конструкции делят ветровой поток на две части: одна часть проходит через полосу, не меняя основного направления, другая переваливается через насаждение. За счет трения о стволы и крону снижает скорость движения [4, 5].

Со стороны движения ветра (наветренная сторона) защитное влияние лесных насаждений всех конструкций сказывается в зоне 10–15 Н, а эффективная защита – не более 5 Н [6, 7].

Для определения влияния защитных лесных насаждений на показатели скорости ветра, влажности воздуха, температуры почвы проводились исследования на посевах озимой пшеницы в динамике (20 мая и 20 июня 2016 г.), на сельскохозяйственных угодьях ОАО «Аксайская Нива» Аксайского района Ростовской области в 2016 г.

Условия проведения эксперимента: 20 мая 2016 г., время 13:00–16:00, высота деревьев – 15–16 м, основная порода деревьев – робиния лжеакация, уклон поверхности до 2°, восточная экспозиция, направление лесополосы – север – юг, ветер восточный, скорость ветра на открытой местности – 10–11 м/с. В таблице 1 приведены данные по влиянию конструкции и удаленности защитных лесных насаждений на скорость ветра.

Таблица 1 – Изменения скорости ветра в зависимости от конструкции и удаленности от защитных лесных насаждений

В м/с

Конструкция ЗЛН	Зона влияния, Н*							Суммарная зона влияния, Н	Контроль, открытое место
	2 Н	5 Н	10 Н	20 Н	25 Н	30 Н	35 Н		
Заветренная сторона									
Ажурная	1	2	2	5	7	10	11	–	11
Продуваемая	2	3	3	4	7	9	11	–	11
Плотная	1	1	2	5	8	11	11	–	11
Наветренная сторона									
Ажурная	3	5	9	11	11	11	11	40	11
Продуваемая	5	6	11	11	11	11	11	35	11
Плотная	2	3	8	11	11	11	11	30	11
Примечание – * – высота деревьев в защитной лесной полосе.									

Анализ данных таблицы 1 показывает, что скорость ветра с наветренной стороны существенно уменьшается и составляет в зависимости от конструкции: у ажурной и плотной – до 10 Н, продуваемой – до 5 Н, а с заветренной стороны у всех конструкций зона влияния доходит до 30 Н. Суммарная зона влияния наветренной и заветренной стороны составляет у плотной конструкции 30 Н, продуваемой – 35 Н и ажурной – 40 Н.

С ветром тесно связан ряд других элементов микроклимата. В результате снижения скорости ветра и ослабления турбулентного обмена в приземном слое воздуха под действием лесных полос изменяется температура и относительная влажность воздуха. В таблицах 2 и 3 показано влияние защитных лесных насаждений на температуру и относительную влажность воздуха.

Таблица 2 – Влияние защитных лесных насаждений на температуру воздуха

В °С

Конструкция ЗЛН	Зона влияния, Н							Суммарная зона влияния, Н	Контроль, открытое место
	2 Н	5 Н	10 Н	20 Н	25 Н	30 Н	35 Н		
Заветренная сторона									
Ажурная	18,5	18,4	18,1	17,8	17,4	17,3	17,3	–	17,3
Продуваемая	18,2	18,1	17,7	17,6	17,3	17,3	17,3	–	17,3
Плотная	19,1	18,7	17,8	17,5	17,3	17,3	17,3	–	17,3
Наветренная сторона									
Ажурная	18,1	17,5	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	30	17,3
Продуваемая	17,6	17,8	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	25	17,3
Плотная	18,5	17,8	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	15	17,3

Таблица 3 – Влияние защитных лесных насаждений на относительную влажность воздуха

В %

Конструкция ЗЛН	Зона влияния, Н							Суммарная зона влияния, Н	Контроль, открытое место
	2 Н	5 Н	10 Н	20 Н	25 Н	30 Н	35 Н		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заветренная сторона									
Ажурная	47	47	45	45	44	43	43	–	43
Продуваемая	48	47	46	45	43	43	43	–	43
Плотная	51	45	44	44	43	43	43	–	43

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наветренная сторона									
Ажурная	45	43	43	43	43	43	43	25	43
Продуваемая	45	43	43	43	43	43	43	22	43
Плотная	47	43	43	43	43	43	43	22	43

Данные таблицы 2 показывают, что с наветренной стороны температура воздуха при всех конструкциях лесополос изменяется на расстоянии от 2 до 5 Н, а с заветренной стороны зона воздействия у продуваемой и плотной конструкций доходит до 20 Н и ажурной – до 25 Н. Суммарная зона воздействия составляет у плотной конструкции 15 Н, продуваемой – 25 Н и ажурной – 30 Н.

Такая же закономерность сохраняется и по показателям относительной влажности воздуха (таблица 3). Влажность приземного слоя воздуха зависит от скорости ветра, турбулентного обмена и температуры. Так как скорость ветра и турбулентность под воздействием защитных лесных насаждений уменьшается, то влажность воздуха на межполосных полях выше, чем в открытой степи, а разница может достигать 10–12 %. Исследования показали, что с наветренной стороны относительная влажность воздуха оказалась выше только на удалении до 2 Н, а с заветренной зона воздействия у продуваемой и плотной конструкций доходит до 20 Н и у ажурной – до 25 Н. Суммарная зона воздействия составляет у плотной конструкции до 22 Н, продуваемой – 22 Н и ажурной – 25 Н.

С влиянием защитных лесных насаждений на скорость ветра тесно связано и их влияние на показатели снегозадержания и распределение снега на прилегающих к лесополосам территориях и, соответственно, накопление влагозапасов. Как показали исследования, на распределение снега большое воздействие оказывает конструкция лесных полос. Плотные полосы собирают внутри и в непосредственной близости сугробы снега высотой 2–3 м и более. Под влиянием ажурных полос снег откладывается на поле в виде длинных пологих сугробов. Более равномерно снег распределяется на полях с полосами продуваемой конструкции. В таблице 4 приведены показатели влажности почвы в слое 0,60 м в процентах от НВ. Наименьшая влагоемкость почвы на исследуемых полях составляла 28,7 % от массы абсолютно сухой почвы.

Таблица 4 – Влажность почвы в слое 0,6 м

В % НВ

Конструкция ЗЛН	Зона влияния, Н							Суммарная зона влияния, Н	Контроль, открытое место
	2 Н	5 Н	10 Н	20 Н	25 Н	30 Н	35 Н		
Заветренная сторона									
Ажурная	92,6	91,4	90,5	89,8	89,2	88,5	88,4	–	88,4
Продуваемая	91,9	91,1	90,6	89,7	88,9	88,3	88,4	–	88,4
Плотная	93,4	92,1	90,6	89,1	88,8	88,4	88,5	–	88,4
Наветренная сторона									
Ажурная	90,5	89,5	88,6	88,5	88,4	88,2	88,3	30	88,2
Продуваемая	89,8	89,2	88,5	88,5	88,3	88,2	88,2	25	88,2
Плотная	92,4	89,7	88,6	88,4	88,5	88,1	88,4	20	88,2

С наветренной стороны влажность почвы оказалась выше у лесополосы с плотной конструкцией 92,4 % НВ по сравнению с открытом пространством, но зона воздействия у всех конструкций составляет до 5 Н. С заветренной стороны зона воздействия доходит до 25 Н у плотной и продуваемой конструкции и до 30 Н у ажурной конструкции. Суммарная зона воздействия составляет у плотной конструкции до 20 Н, у продуваемой – 25 Н и ажурной – 30 Н.

Анализ результатов исследований и данных, приведенных выше сопоставимы с данными других ученых [1, 2, 4, 5] имеют достаточную достоверность для установления зоны влияния насаждений для различных конструкций защитных лесных насаждений. Наши исследования показали, что эффективная суммарная зона воздействия защитных лесных насаждений на микроклимат несколько ниже, чем максимальные показатели, приведенные в таблицах 1–4. В зависимости от конструкции защитных лесных насаждений эффективная суммарная зона воздействия защитных лесных насаждений составляет у плотной конструкции до 15–20 Н, у продуваемой – 22–27 Н и у ажурной – 30–35 Н (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели зоны влияния различных конструкций защитных лесных насаждений

Конструкция ЗЛН	Зона мелиоративного влияния		Зона суммарного влияния $З_в$
	заветренная $З_з$	наветренная $З_н$	
Плотная	10–15 Н	До 5 Н	15–20 Н
Продуваемая	20–25 Н	До 2 Н	22–27 Н
Ажурная	28–32 Н	До 2–3 Н	30–35 Н

Показатели, приведенные в таблице 5, рекомендуется использовать в методике расчета ущерба (вреда) сельскохозяйственным угодьям от уничтожения или повреждения защитных лесных насаждений, разработанной РосНИИПМ.

Выводы. Зона влияния защитных лесных насаждений на микроклимат прилегающих территорий зависит от конструкции лесополосы и распространяется: по показателям снижения скорости ветрового потока в приземном слое (1 м) у плотной конструкции – до 30 Н, продуваемой – до 35 Н и ажурной – до 40 Н; по показателям снижения температуры воздуха у плотной конструкции – до 15 Н, продуваемой – до 25 Н и ажурной – до 30 Н; по снижению относительной влажности воздуха суммарная зона воздействия составляет у плотной конструкции до 22 Н, продуваемой – до 22 Н и ажурной – до 25 Н; по показателям накопления влагозапасов зона воздействия составляет у плотной конструкции до 20 Н, продуваемой – до 25 Н и ажурной – до 30 Н.

Эффективная суммарная зона воздействия защитных лесных насаждений на микроклимат несколько ниже, чем максимальные показатели, и в зависимости от конструкции защитных лесных насаждений она составляет у плотной конструкции 15–20 Н, продуваемой – 22–27 Н и ажурной – 30–35 Н.

Список использованных источников

1 Ивонин, В. М. Лесомелиорация ландшафтов / В. М. Ивонин, Н. Д. Пеньковский. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 152 с.

2 Агролесомелиорация и плодородие почв / Е. С. Павловский [и др.]; под ред. Е. С. Павловского. – М.: Агропромиздат, 1991. – 288 с.

3 Балакай, Г. Т. Регулирование величины водной эрозии поверхностным покровом / Г. Т. Балакай, Д. А. Шевченко // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорированных землях: материалы Междунар. конф., посвящ. 75-летию СтавГАУ и 65-летию агрономического факультета. – Ставрополь: СтавГАУ, 2005. – С. 204–205.

4 Черемисинов, А. Ю. Агролесомелиорация: учеб. пособие / А. Ю. Черемисинов, А. С. Спахова. – Воронеж: ВГАУ, 2004. – 176 с.

5 Родин, А. Р. Лесомелиорация ландшафтов: учеб. пособие / А. Р. Родин, С. А. Родин. – М.: МГУЛ, 2007. – 165 с.

6 Проектирование, создание и уход за защитными лесными насаждениями на землях сельскохозяйственного назначения / Н. И. Балакай [и др.]; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2016. – 102 с. – Деп. в ВИНИТИ РАН 04.05.2016, № 69-В2016.

7 Балакай, Н. И. Роль защитных лесных насаждений в формировании микроклимата и водно-физических свойств почвы / Н. И. Балакай // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 182–187.

УДК 631.674

А. Н. Чушкин, М. Н. Лытов
Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий (филиал Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук), Волгоград,
Российская Федерация

ОПТИМАЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОДЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД СОВРЕМЕННЫХ ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ

Целью исследований являлось обоснование параметров технологии применения воды с электрохимически регулируемым уровнем окислительно-восстановительного потенциала для обработки семян орошаемых сельскохозяйственных культур. Ключевой задачей исследований стало изучение закономерностей влияния электрохимически активированной воды (ЭХА-вода) с разным уровнем окислительно-восстановительного потенциала на динамику прорастания и формирование всходов семян перца сладкого и тыквы при обработке с разным временем экспозиции. В качестве основного методологического подхода к решению поставленных задач использован лабораторный эксперимент. Установлено, что абсолютный максимум (98,8 %) всхожести сладкого перца определяется сочетанием применения католита с окислительно-восстановительным потенциалом (–300) мВ для замачивания семян в течение 12 ч. Наихудшие условия для прорастания семян тыквы формируются при однократном смачивании семян природной водой. Увеличение времени экспозиции семян в воде и применение для обработки посевного материала катод- и анодобработанной воды способствовало повышению всхожести семян тыквы. Абсолютный максимум (98,9 %) всхожести тыквы определяется сочетанием применения католита с окислительно-восстановительным потенциалом (–300 мВ) для замачивания семян тыквы в течение 24 ч.

Ключевые слова: перец сладкий, тыква, семена, электрохимически активированная вода, эффективность, окислительно-восстановительный потенциал.

Введение. Водные среды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) являются сравнительно новым продуктом научной эволюции, который в настоящем уже активно используется в различных отраслях народного хозяйства [1, 2]. Ряд полученных в разных условиях опытных данных [3–5] убедительно свидетельствует о перспективности применения электрохимически обработанной воды для подавления патогенной микрофлоры и сдерживания болезней, полива сельскохозяйственных культур, в качестве стимулятора роста. В то же время указывается на необходимость строгого соблюдения условий, режимов и выполнения технологического регламента для получения значимого эффекта от использования электроактивированных сред при возделывании сельскохозяйственных культур [4, 5]. В настоящей работе исследуются вопросы эффективности применения воды с измененным ОВП для обработки семян овоще-бахчевых культур, таких как перец сладкий и тыква.

Материалы и методы. Цель исследований сводилась к обоснованию параметров технологии применения воды с электрохимически регулируемым уровнем ОВП для обработки семян перца сладкого и тыквы. При выборе культуры руководствовались типизацией размера семян овощных культур, среди которых семена перца сладкого за-

нимают средние позиции. В то же время размеры семян тыквы значительно превышают размеры семян сладкого перца, что позволяет также включить этот фактор в обработку. В опыте использовали семена перца сладкого сорта Первенец Романцова и тыквы сорта Изящная. Экспериментальные исследования проводились по плану полного двухфакторного опыта с закладкой следующих вариантов: вариант А1 – обработка посевного материала природной водой (контроль); вариант А2 – обработка посевного материала анолитом с электрохимически измененным уровнем ОВП (+500) мВ; вариант А3 – обработка посевного материала анолитом с электрохимически измененным уровнем ОВП (+800) мВ; вариант А4 – обработка посевного материала католитом с электрохимически измененным уровнем ОВП (–300) мВ; вариант А5 – обработка посевного материала католитом с электрохимически измененным уровнем ОВП (–500) мВ; вариант В1 – смачивание семян перед посевом (время экспозиции = 0); вариант В2 – замачивание семян перед посевом в течение 12 ч (время экспозиции = 12 ч); вариант В3 – замачивание семян перед посевом в течение 24 ч (время экспозиции = 24 ч). Исследования выполнялись на основе апробированных методик [6, 7]. В качестве вегетационных сосудов использовались рассадные кассеты. Показатели (характеристики) электрохимически активированной воды и приготовленных на ее основе растворов измеряли при помощи pH-метра PH-150M. Оценка эффективности применения воды с измененным ОВП для обработки посевного материала проводилась по совокупности критериев, характеризующихся всхожестью и энергией прорастания семян (ГОСТ 12036-85, ГОСТ 12038-84, ГОСТ Р 52171-2003).

Результаты и обсуждение. Исследованиями установлено, что обработка посевного материала водой с электрохимически измененным уровнем ОВП оказывает существенное влияние на всхожесть сладкого перца (таблица 1). В опыте всхожесть семян в зависимости от степени смещения ОВП и продолжительности экспозиции семян в электрохимически обработанной воде изменялась от 91,4 до 98,8 %.

Таблица 1 – Энергия прорастания и всхожесть семян сладкого перца в зависимости от варианта обработки водой с измененным окислительно-восстановительным потенциалом

В %

Окислительно-восстановительный потенциал (фактор А)	Время замачивания (фактор В)	Энергия прорастания	Всхожесть	Доля загнивших семян	Доля набухших, не проросших семян	Доля не набухших семян
1	2	3	4	5	6	7
Контроль (природная вода, ОВП = +256 мВ)	0 (смачивание)	78,3	91,4	6,1	1,7	0,8
Анолит, (+500) мВ	0 (смачивание)	76,7	92,1	3,6	3,4	0,9
Анолит, (+800) мВ	0 (смачивание)	73,3	95,3	0,2	3,6	0,9
Католит, (–300) мВ	0 (смачивание)	82,4	97,4	1,0	0,8	0,8
Католит, (–500) мВ	0 (смачивание)	82,5	95,6	3,3	0,4	0,7
Контроль (природная вода, ОВП = +256 мВ)	12 ч	81,7	92,1	5,7	1,5	0,7
Анолит, (+500) мВ	12 ч	76,2	92,4	3,5	3,2	0,9
Анолит, (+800) мВ	12 ч	70,7	95,7	0,1	3,4	0,8
Католит, (–300) мВ	12 ч	87,8	98,8	0,1	0,3	0,8
Католит, (–500) мВ	12 ч	88,0	95,2	3,8	0,2	0,8
Контроль (природная вода, ОВП = +256 мВ)	24 ч	83,1	91,5	6,1	1,5	0,9

Продолжение таблицы 1

Анолит, (+500) мВ	24 ч	76,2	92,7	3,4	3,1	0,8
Анолит, (+800) мВ	24 ч	69,1	95,7	0,2	3,3	0,8
Католит, (–300) мВ	24 ч	90,4	97,1	1,9	0,2	0,8
Католит, (–500) мВ	24 ч	90,7	94,6	4,5	0,2	0,7
$НСР_{05}$	фактор А	0,42	0,45	0,27	0,17	0,15
	фактор В	0,33	0,35	0,21	0,13	0,12
	АВ	0,73	0,78	0,47	0,29	0,26

На рисунке 1 показаны графики зависимости всхожести семян сладкого перца от абсолютных значений ОВП воды, применяемой для обработки посевного материала. Приведенные кривые характеризуются достаточно четко выраженным минимумом, приходящимся на интервал между (+200)–(+400) мВ. Сопоставляя данные графика и табличные значения всхожести семян перца можно увидеть, что область минимума приходится на значения ОВП природной воды, не прошедшей электрохимическую обработку. Это также является следствием того, что всякая обработка посевного материала электрохимически обработанной водой дает положительный эффект, а различия заключаются в количественной оценке этого эффекта. Делая такой вывод, следует помнить, что интервал исследований охватывает смещение ОВП электрохимически обработанной воды от (–500) до (+800) мВ, следовательно, и утверждение верно только для этого интервала значений.

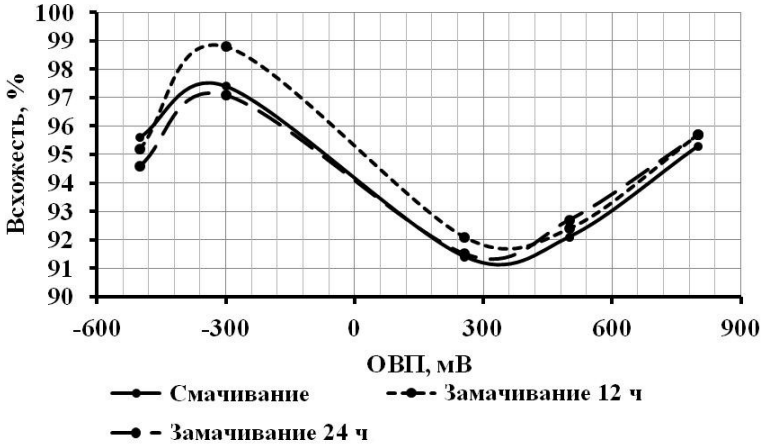


Рисунок 1 – Всхожесть семян сладкого перца в зависимости от окислительно-восстановительного потенциала электрохимически активированной воды при разной продолжительности периода экспозиции

Исследования показали, что если за контроль взять обработку семян природной водой, обработка семян анолитом с ОВП (+500) мВ позволяет повысить всхожесть посевного материала на 0,3–1,2 % (при $НСР_{05}$ = 0,45 %). Еще в большей степени (на 3,6–4,2 %) всхожесть семян возрастает, если обработку проводить электрохимически подготовленной водой с ОВП (+800) мВ. Однако наибольшая всхожесть семян сладкого перца была получена в вариантах, в которых обработка посевного материала проводилась католитом с ОВП (–300) мВ. Абсолютные значения всхожести возрастали на 5,6–6,7 % по сравнению с вариантом, в котором обработка семян проводилась природной водой. Всхожесть семян достигала 97,1–98,8 %, изменяя качество посевного материала с 3-го до 1-го класса. Следует признать, что при обработке семян католитом с ОВП (–500) мВ всхожесть семян несколько снижалась из-за существенного повышения доли загнивших семян.

Другим важным показателем, определяющим выравненность всходов сельскохозяйственных культур, является энергия прорастания семян. В отличие от всхожести, энергия прорастания семян сладкого перца снижалась при обработке анолитом, как

видно из таблицы 1. Например, при обработке посевного материала водой с ОВП (+500) мВ энергия прорастания снижалась на 1,6–6,9 % (при $НСР_{05}$ = 0,42 %), а при обработке анолитом с ОВП (+800) мВ – на 5,0–14,0 % в сравнении с вариантами, в котором обработку проводили природной водой. Это убедительно свидетельствует о том, что при повышении всхожести посевного материала его обработка анолитом сопровождается усилением дифференциации появления всходов отдельных растений во времени. В целом это следует рассматривать как негативный тренд.

Обработка семян католитом способствовала статистически достоверному увеличению энергии прорастания семян сладкого перца. Например, обработка посевного материала водой с ОВП (–300) мВ сопровождалась увеличением энергии прорастания семян на 4,1–7,3 %. Еще в большей степени (на 4,2–7,6 %) энергия прорастания семян сладкого перца возрастала при обработке посевного материала католитом с ОВП (–500) мВ. При прочих равных условиях энергия прорастания семян сладкого перца существенно увеличивалась с повышением продолжительности времени экспозиции посевного материала до 24 ч.

Результаты экспериментальных исследований по оценке всхожести семян тыквы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Энергия прорастания и всхожесть семян тыквы в зависимости от варианта обработки водой с измененным окислительно-восстановительным потенциалом

В %

Окислительно-восстановительный потенциал (фактор А)	Время замачивания (фактор В)	Энергия прорастания	Всхожесть	Доля загнивших семян	Доля набухших, не проросших семян	Доля не набухших семян
Контроль (природная вода, ОВП = +256 мВ)	0 (смачивание)	76,9	88,2	0,2	5,2	6,4
Анолит, (+500) мВ	0 (смачивание)	76,7	89,7	0,2	4,1	6,0
Анолит, (+800) мВ	0 (смачивание)	76,7	91,4	0,1	2,5	6,0
Католит, (–300) мВ	0 (смачивание)	77,3	93,8	0,2	0,2	5,8
Католит, (–500) мВ	0 (смачивание)	77,5	93,7	0,3	0,3	5,7
Контроль (природная вода, ОВП = +256 мВ)	12 ч	78,2	91,1	1,2	5,3	2,4
Анолит, (+500) мВ	12 ч	75,5	92,5	0,8	4,5	2,2
Анолит, (+800) мВ	12 ч	73,9	93,7	0,2	3,9	2,2
Католит, (–300) мВ	12 ч	84,5	96,6	0,7	0,6	2,1
Католит, (–500) мВ	12 ч	84,9	96,6	1,3	0,2	1,9
Контроль (природная вода, ОВП = +256 мВ)	24 ч	81,3	93,4	1,6	4,2	0,8
Анолит, (+500) мВ	24 ч	74,9	94,4	0,4	4,5	0,7
Анолит, (+800) мВ	24 ч	72,1	95,2	0,0	4,1	0,7
Католит, (–300) мВ	24 ч	88,9	98,9	0,2	0,2	0,7
Католит, (–500) мВ	24 ч	89,7	98,5	0,6	0,3	0,6
$НСР_{05}$	фактор А	0,38	0,45	0,22	0,12	0,11
	фактор В	0,30	0,35	0,17	0,09	0,09
	АВ	0,66	0,78	0,38	0,21	0,19

Исследования показали, что применение электрохимически обработанной воды для подготовки посевного материала тыквы положительно сказывается на его всхожести. Статистически значимый положительный эффект был получен даже при одноразо-

вом смачивании семян водой с измененным ОВП, а с увеличением времени экспозиции он возрастал. Приведенные данные подтверждают, что при увеличении времени экспозиции семян в электрохимически обработанной воде до 12 ч всхожесть тыквы возрастала на 2,3–2,9 %, а до 24 ч – на 3,8–5,2 % в сравнении с вариантами, в которых проводилось разовое смачивание семян.

При прочих равных условиях наименьшая всхожесть семян тыквы была отмечена при обработке посевного материала природной водой. Обработка семян анолитом способствовала повышению всхожести посевного материала на 1,0–3,2 %, причем в большей степени при смещении ОВП до (+800) мВ. Обработка семян католитом повышала всхожесть тыквы на 5,1–5,6 %, причем эффект в вариантах с ОВП (–300) и (–500) мВ был практически одинаков. Среди не взошедших семян преобладали семена набухшие, но не проросшие, а также семена не набухшие. Характерно значительное ступенчатое снижение доли не набухших семян с увеличением продолжительности их экспозиции в воде как природной, так и с измененным ОВП. Доля набухших, но не взошедших семян, напротив, существенно зависела от обработки водой с измененным ОВП и статистически значимо снижалась при проведении обработок католитом.

Также как и для семян сладкого перца, применение анолита снижало энергию прорастания семян тыквы, а использование католита статистически значимо повышало ее. При прочих равных условиях энергия прорастания семян тыквы существенно возрастала при увеличении продолжительности экспозиции посевного материала в воде с измененным ОВП.

Таким образом, как наибольшая энергия прорастания семян тыквы (88,9–89,7 %), так и наилучшая всхожесть посевного материала (98,5–98,9 %) была отмечена в вариантах с применением католита с ОВП (–300) и (–500) мВ и экспозицией семян в электрохимически обработанной воде в течение 24 ч.

Выводы. Исследование всхожести семян сладкого перца показало наличие двух максимумов, определяющих эффективность анолита с ОВП (+800) мВ и католита с ОВП (–300) мВ. Установлено, что абсолютный максимум (98,8 %) всхожести достигается сочетанием применения католита с ОВП (–300) мВ для замачивания семян сладкого перца в течение 12 ч. Наихудшие условия для прорастания семян тыквы формируются при однократном смачивании семян природной водой. Увеличение времени экспозиции семян в воде и применение для обработки посевного материала катод- и анодобработанной воды способствовало повышению всхожести семян тыквы. Абсолютный максимум (98,9 %) всхожести тыквы определяется сочетанием использования католита с ОВП (–300) мВ для замачивания семян тыквы в течение 24 ч. Исследование энергии прорастания показало безусловное преимущество применения католита для обработки посевного материала как сладкого перца, так и тыквы.

Список использованных источников

1 Белицкая, М. Н. Установление регламентов применения ЭХА воды в зерновых агроценозах / М. Н. Белицкая, И. Р. Грибуст, Е. Э. Нефедьева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2. – С. 3–8.

2 Харченко, О. В. Применение электрохимически активированных водных растворов в качестве стимуляторов роста семян для ярового ячменя / О. В. Харченко, А. В. Куприянов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – № 3. – С. 40–43.

3 Семененко, С. Я. Фитосанитарное оздоровление зерновых и овощных культур с помощью электрохимически активированной воды / С. Я. Семененко, М. Н. Белицкая, С. М. Лихолетов // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 1. – С. 78–82.

4 Экспериментальное обоснование возможности снижения пестицидных нагру-

зок при возделывании томатов в условиях орошения / Н. Н. Дубенок, С. Я. Семененко, Е. И. Чушкина, М. Н. Лытов // Вестник РАСХН. – 2014. – № 5. – С. 55–58.

5 Влияние католита на росторегулирующую способность гумата калия при некорневой обработке озимой пшеницы / Э. А. Александрова, Г. А. Шрамко, Т. В. Князева, Я. С. Черных // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 1. – № 38. – С. 113–117.

6 Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. – 648 с.

7 Сортовые и посевные качества овощных культур. Методы определения / сост. С. Г. Лукомец, Е. Н. Благородова. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 73 с.

УДК 633.34

С. А. Селицкий
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ СОИ

Целью исследований являлось определение наиболее эффективного применения сочетания доз минеральных удобрений и стимуляторов роста при выращивании сои. Для изучения влияния минеральных удобрений и стимуляторов роста на развитие сои был заложен двухфакторный опыт, который включал 5 вариантов с различными дозами минеральных удобрений и 8 вариантов с обработкой семян до посева и с применением внекорневой подкормки растений сои. Полевые исследования на опытном участке проводились по общепринятым методикам. Проведенные исследования по изучению комплексного влияния минеральных удобрений и стимуляторов роста позволили установить, что внесение расчетной дозы минеральных удобрений обеспечили прибавку урожая на уровне 0,34–0,89 т/га или 14,6–38,2 %. Максимальная прибавка была получена на варианте совместного применения минеральных удобрений и обработки растений жидким комплексным удобрением «Страда» и составила 1,10 т/га.

Ключевые слова: соя, минеральные удобрения, стимулятор роста, урожайность, линейный рост.

Введение. Научно обоснованное применение органических и минеральных удобрений – очень эффективный агроприем повышения плодородия почвы, увеличения урожая сои и улучшения его качества. Сое, как высокобелковой культуре, требуется для высокой урожайности прежде всего много азота, а также фосфора, калия, кальция, серы и ряда микроэлементов.

Ранее проведенными исследованиями установлено, что потребление соей элементов питания сильно зависит от сортовых особенностей, потенциала почвенного плодородия, влагообеспеченности, тепла, интенсивности симбиотического и фотосинтетического процессов и ряда других факторов. В среднем для формирования 100 кг семян она потребляет азота – 7,7–10 кг, фосфора – 1,7–3 кг, калия – 3,2–4,0 кг [1–3].

Основные элементы питания (азот, фосфор, калий) по-разному влияют на развитие растений и формирование урожая сои, поэтому необходимо их комплексное применение.

Азот для сои, как и для других высокобелковых культур, необходим в наибольших количествах: он очень важен для роста листостебельной массы, увеличения урожайности и повышения белковости семян.

Внесение фосфорного удобрения оптимизирует содержание его в растении, улучшает все обменные процессы, рост, развитие и продуктивность. При этом улучшается усвоение растениями из почвы таких микроэлементов, как: молибден, бор и марганец, – но затрудняется поглощение железа, меди, цинка.

Недостаток калия в растении приводит к замедлению синтеза белка, снижению азотфиксации, ухудшению фосфорного обмена, торможению роста побегов, к чрезмерному накоплению аммиачного азота в листьях.

На ростовые показатели сои, а также повышение урожайности, белковости семян оказывает применение стимуляторов роста.

Поэтому целью исследований являлось определение наиболее эффективного применения сочетания доз минеральных удобрений и стимуляторов роста.

Материалы и методы. Исследования поводились в Аксайском районе Ростовской области на землях ОАО «Агропредприятие «Бессергеневское»» в 2016 году. По морфологическому строению почвенный покров опытного участка однороден и представлен лугово-черноземными почвами, среднемощными по мощности гумусового слоя и слабогумусированными по содержанию общего гумуса. Слой 0–40 см лугово-черноземных почв не засолен, не осолонцован и не подвержен процессам ощелачивания.

Водно-физические свойства лугово-черноземных почв можно охарактеризовать, как хорошие, они представлены следующими показателями. Наименьшая влагоемкость почвы для 0–60 см слоя составляет 28,6 %, а для слоя 0–100 см – 27,9 %. Плотность почвы в слое 0,6 м составляет 1,29 т/м^3, а в метровом слое – 1,34 т/м^3.

Показатели агрохимических свойств почвы на опытном участке в 2016 году приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвы опытного участка

Слой почвы, см	Азот нитратный, мг/кг	Фосфор подвижный, мг/кг	Калий обменный, мг/кг	Гумус, %
0–20	16,4	54,8	335	4,98
20–40	15,1	36,7	274,6	3,38
40–60	12,3	27,9	203,2	2,76
60–80	7,4	16,5	177,3	1,62
80–100	5,4	8,8	156,4	1,44
0–60	14,6	39,8	270,9	3,71
0–100	11,3	28,9	229,3	2,84

Пахотный горизонт почвы характеризуется повышенным содержанием азота, высоким содержанием фосфора и повышенным калия. Количество гумуса характеризуется средним уровнем только в верхнем горизонте, в нижних слоях почвы его содержание низкое [4].

Для изучения влияния минеральных удобрений и стимуляторов роста на развитие сои был заложен двухфакторный опыт, который заключался в следующем. Фактор А включал 5 вариантов с различными дозами минеральных удобрений:

- 1 вариант – расчетная доза минеральных удобрений 1d NPK;
- 2 вариант – доза минеральных удобрений 0,9d NPK;
- 3 вариант – доза минеральных удобрений 0,8d NPK;
- 4 вариант – доза минеральных удобрений 0,7d NPK;
- 5 вариант – без удобрений (контроль) (БУ).

Расчетная доза удобрений составила $N_{130}P_{90}K_{90}$.

Фактор В включал 8 вариантов: с обработкой семян до посева и с применением внекорневой подкормки растений сои. Схема вариантов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Варианты обработки сои регуляторами роста, 2016 г.

Вариант	Период обработки
1	2
1) Cultimar, мл	Обработка семян
2) Респекта, л	
3) Микромак, л	

Продолжение таблицы 2

1	2
4) Страда N (3–5 л/га) + K	2–3 листа, бутонизация, налив семян
5) S Progen first (0,5 кг/га) + Аквадон-микро (2 л/га)	2–3 листа
6) Foliton + Аквадон-микро (2 л/га)	
7) Brentax Ca	Бутонизация
8) S Progen finicher (1 кг/га) + Brentax KCa (0,5 кг/га)	Налив

Полевые исследования на опытном участке проводились по общепринятым методикам [5, 6].

На опытных участках осуществлялись следующие наблюдения и учеты:

- высоту растений определяют по фазам развития и перед уборкой путем измерения их мерной рейкой в пяти равноудаленных местах делянки;
- интенсивность нарастания зеленой массы определяли путем взвешивания пробных растений, после чего определяли содержание сухого вещества растений;
- для определения водно-физических свойств производился отбор почвенных образцов послойно в 0–100 см слое почвы;
- наблюдения за пищевым режимом почвы: отбор образцов в слое почвы 0–20, 20–40, 40–60 см перед посевом, по фазам роста и при уборке; определение содержания питательных веществ в почве – гумуса согласно ГОСТ 26213-91 [7], нитратов – ГОСТ 26951-86 [8], подвижного фосфора и обменного калия согласно ГОСТ 26205-91 [9].

Результаты и обсуждение.

В 2016 году было изучено комплексное влияние применения минеральных удобрений и стимуляторов роста на развитие сои.

В таблице 3 приведены значения линейного роста сои, которые были получены на вариантах опыта с минеральными удобрениями и стимуляторами роста.

Таблица 3 – Динамика линейного роста сои по фазам развития в зависимости от удобрений и стимуляторов, 2016 г.

Вариант	Стимулятор роста								
	Без стимулятора	Culti-mar	Рес-пекта	Мик-ромак	Стра-да	S Progen first + Аквадон-микро	Foliton + Аква-дон-микро	Bren-tax Ca	S Progen finicher + Bren-tax KCa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ветвление									
1) 1d NPK	26,9	27,3	27,2	28,4	29,6	27,5	27,6	27,1	27,3
2) 0,9d NPK	26,3	26,6	26,6	28,1	28,2	26,8	26,6	26,4	26,2
3) 0,8d NPK	25,4	26,1	26,1	27,5	27,7	26,1	26	25,3	25,2
4) 0,7d NPK	24,4	24,8	24,9	26,2	26,6	25,8	25,4	24,9	24,3
5) БУ (к)	23,1	23,3	23,4	24,3	25,0	25,3	25,2	24,2	23,8
Цветение									
1) 1d NPK	66,8	70,2	68,3	72,6	73,3	70,2	70,4	68,1	69,3
2) 0,9d NPK	66,2	66,4	65,6	70,6	70,8	68,4	68,8	66,7	66,9

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3) 0,8d NPK	65,4	63,6	62,0	67,8	67,5	66,3	66,2	65,3	65
4) 0,7d NPK	63	61,5	60,0	64,5	65,4	64,8	65,1	64,1	63,7
5) БУ (к)	58,8	59,4	59,4	62,3	63,5	62,8	63,4	60,1	61,8
Налив семян									
1) 1d NPK	109,6	112,2	111,3	113,2	115,2	113,1	113,5	110,3	110,6
2) 0,9d NPK	107,4	110,1	110,9	111,8	111,2	110,8	111,0	108,2	107,5
3) 0,8d NPK	104,3	107,6	104,9	108,6	109,3	106,4	107,2	107,7	105,1
4) 0,7d NPK	100,2	102,3	101,2	103,7	104,2	103,3	104,4	103,1	102,1
5) БУ (к)	95,8	97,3	96,6	98,8	99,3	98,1	99,3	96,8	97,3

Из данных таблицы 3 видно, что минеральные удобрения и обработка регуляторами роста оказали влияние на динамику роста сои. Прирост от минеральных удобрений составил в фазу ветвление 3,8 см, в фазу цветения – 8,0 см, в фазу налива семян – 13,8 см.

Максимальная высота сои была получена при обработке ЖКУ «Страда» – 115,2 см.

В таблице 4 приведены значения накопления зеленой массы в зависимости от комплексного действия минеральных удобрений и стимуляторов роста.

Таблица 4 – Накопление зеленой массы сои по фазам развития в зависимости от удобрений и стимуляторов, 2016 г.

Вариант	Стимулятор роста								
	Без стимулятора	Cultimar	Респекта	Микромак	Страда	S Progen first + Аквадон-микро	Foliton + Аквадон-микро	Brentax Ca	S Progen finicher + Brentax KCa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цветение									
1) 1d NPK	370	375	372	383	388	375	379	371	375
2) 0,9d NPK	363	366	364	368	372	368	370	365	364
3) 0,8d NPK	355	359	355	360	365	357	361	358	353
4) 0,7d NPK	349	353	351	357	362	354	357	352	358
5) БУ (к)	338	342	342	346	350	346	350	341	343
Налив семян									
1) 1d NPK	1124	1200	1142	1260	1324	1222	1288	1180	1246
2) 0,9d NPK	1045	1069	1050	1111	1168	1081	1099	1084	1100
3) 0,8d NPK	963	1000	973	1006	1045	1010	1029	988	1038

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4) 0,7d NPK	892	902	894	930	978	915	930	911	1005
5) БУ (к)	806	820	811	880	920	873	900	833	934

На варианте 1 с расчетной дозой минеральных удобрений было получено зеленой массы сои на 318 г/м^2 больше по сравнению с контролем в фазу налива семян. На этом же варианте наибольший эффект от обработки стимуляторами был получен при применении ЖКУ «Страда» – 1324 г/м^2.

В таблице 5 приведены данные по урожайности сои проведенного опыта. На контрольном варианте (без удобрений) была получена наименьшая урожайность сои – 2,33–2,86 т/га. Наибольшая урожайность на этом фоне бала получена на варианте с применением жидкого комплексно удобрения «Страда».

Таблица 5 – Урожайность сои в зависимости от удобрений и стимуляторов, 2016 г.

Вариант	Стимулятор роста								
	Без стимулятора	Cultimar	Респекта	Микромак	Страда	S Progen first + Аквадон-микро	Foliton + Аквадон-микро	Brentax Ca	S Progen finicher + Brentax KCa
1) 1d NPK	3,22	3,26	3,23	3,34	3,43	3,29	3,31	3,24	3,28
2) 0,9d NPK	3,14	3,17	3,2	3,26	3,36	3,27	3,27	3,18	3,16
3) 0,8d NPK	2,91	2,94	3,03	3,1	3,25	3,04	3,09	3,02	3,07
4) 0,7d NPK	2,67	2,74	2,82	2,89	3,02	2,83	2,82	2,82	2,84
5) БУ (к)	2,33	2,5	2,56	2,71	2,86	2,59	2,65	2,63	2,66

Максимальные значения урожайности получены на вариантах с применением стимуляторов роста на фоне внесения расчетной дозы минеральных удобрений – 3,22–3,44 т/га.

Внесение минеральных удобрений и обработка растений стимуляторами роста положительно отразились на формировании урожая, обеспечив прибавку от контрольного варианта без удобрений (таблица 6).

Таблица 6 – Прибавка урожая от контрольного варианта (без удобрений), 2016 г.

Вариант	Стимулятор роста								
	Без стимулятора	Cultimar	Респекта	Микромак	Страда	S Progen first + Аквадон-микро	Foliton + Аквадон-микро	Brentax Ca	S Progen finicher + Brentax Kca
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1) 1d NPK	0,89	0,93	0,90	1,01	1,10	0,96	0,98	0,91	0,95
2) 0,9d NPK	0,81	0,84	0,87	0,93	1,03	0,94	0,94	0,85	0,83

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3) 0,8d NPK	0,58	0,61	0,7	0,77	0,92	0,71	0,76	0,69	0,74
4) 0,7d NPK	0,34	0,41	0,49	0,56	0,69	0,5	0,49	0,49	0,51
5) БУ (к)	0,00	0,17	0,23	0,38	0,53	0,26	0,32	0,3	0,33

Прибавка урожая от действия минеральных удобрений составила 0,34–0,89 т/га или 14,6–38,2 %. Наибольшее влияние на урожайность обеспечила обработка растений ЖКУ «Страда» – до 1,10 т/га на варианте с полной дозой удобрений.

Выводы. Проведенные исследования по изучению комплексного влияния минеральных удобрений и стимуляторов роста позволили установить, что внесение расчетной дозы минеральных удобрений обеспечили прибавку урожая на уровне 0,34–0,89 т/га или 14,6–38,2 %. Максимальная прибавка была получена на варианте совместного применения минеральных удобрений и обработки растений жидким комлексным удобрением «Страда» и составила 1,10 т/га.

Список использованных источников

1 Соя в России: монография / В. А. Федотов [и др.]. – М.: Агролига России, 2013. – 429 с.

2 Балакай, Г. Т. Соя на орошаемых землях / Г. Т. Балакай. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 1999. – 200 с.

3 Баранов, В. Ф. Соя. Биология и технология возделывания / В. Ф. Баранов. – Краснодар, 2005. – 399 с.

4 Методика по организации и ведению мониторинга орошаемых земель / Н. С. Скуратов [и др.]; под ред. Н. С. Скуратова. – Новочеркасск: НГМА, 2000. – 52 с.

5 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 315 с.

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

7 ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 1993-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.

8 ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введ. 1987-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.

9 ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Введ. 1993-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.

УДК 631.37; 626.80

А. В. Бреева, Т. С. Пономаренко
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА СТОК РЕК

В статье рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на водность рек в условиях развития орошения. Установлено, что наибольшее влияние на преобразование водного баланса и водных ресурсов, главным образом в сторону уменьшения последних, оказывают безвозвратное изъятие, испарение и инфильтрация.

Ключевые слова: орошение, гидрология, регулирование стока, возвратные воды, речной бассейн.

Орошаемому земледелию принадлежит ведущая роль в использовании водных ресурсов. В среднем на земном шаре для каждых 10 млн га орошаемых земель ежегодно из поверхностных и подземных вод забирается свыше 100 км^3 воды.

До недавнего времени в научной литературе существовали различные мнения по вопросу влияния орошения на сток рек. Одни авторы полагали, что воздействие орошаемого земледелия не является существенным и наиболее отчетливо проявляется лишь в маловодные годы. При этом отмечалось, что и в перспективе, видимо, не следует ожидать значительных изменений речного стока в связи с практическим осуществлением намечаемых планов развития мелиоративного строительства [1–3].

Другая группа специалистов указывала, что уже на современном этапе обнаружились значительные изменения в стоке рек и их необходимо учитывать при дальнейшем развитии орошаемого земледелия [4–9].

Исследования, выполненные в Государственном гидрологическом институте, (ГГИ), Институте водных проблем Российской академии наук (ИВП АН), Среднеазиатском научно-исследовательском ирригационном институте (САНИИРИ) и в других организациях, а также многолетние натурные гидрометрические наблюдения убедительно показали наличие существенных изменений годовых и сезонных значений стока, минерализации речных вод под непосредственным влиянием орошения и обеспечивающего его комплекса гидротехнических мероприятий. Естественно, что характер и темпы выявленных изменений в различных районах нашей страны зависят от уровня развития орошаемого земледелия и соответствующих природных особенностей той или иной территории [10–13].

В период до развития орошения, формирование режима поверхностных вод в речных бассейнах происходило под влиянием климатических факторов и других физико-географических особенностей местности (рельефа, характера почвогрунтов и растительности), при развитии искусственного орошения стало наблюдаться нарушение природной взаимосвязи между стокообразующими факторами и водностью рек в различных створах.

Орошение оказывает наибольшее влияние в среде зоны аэрации, растительного покрова и приземного слоя атмосферы. Оно содействует повышению суммарного испарения сельскохозяйственных культур, снижению температуры и повышению влажности воздуха и почвы, что способствует изменению микроклимата орошаемых земель. Указанные изменения распространяются лишь на небольшой приземный слой атмосферы.

Орошение полей почти всегда сопровождается повышением инфильтрации влаги в почву и дополнительным питанием грунтовых вод. Последнее, в свою очередь, способствует, с одной стороны, возрастанию грунтового оттока и формированию возвратных вод, которые характеризуются повышенной минерализацией, а с другой, – усилению интенсивности расхода грунтовых вод в зону аэрации и их испарению [14]. Оба процесса (испарение и инфильтрация) оказывают наибольшее влияние на преобразование водного баланса и водных ресурсов, главным образом, в сторону уменьшения последних.

Мелиоративные работы, связанные с осушением пойменных и заболоченных участков и строительством коллекторов, также способствуют изменению водного баланса и, в частности, стока в сторону возрастания последнего. Таким образом, изменение стока и, как следствие, качества воды в речных бассейнах с развитым орошением происходят нередко под воздействием ряда иногда противоположно направленных процессов [13–15].

Водозаборы из рек на орошение способствуют формированию безвозвратных потерь и возвратных вод на мелиорируемых территориях. Величины искусственных отъемов воды обусловливаются составом возделываемых сельскохозяйственных культур и соответствующими оросительными нормами, размерами площадей орошаемых земель и

КПД оросительных систем. При планировании водозаборов на орошение должны быть учтены отрицательные последствия снижения водности, особенно в низовьях рек. Это находит свое отражение в разработке мероприятий по обеспечению необходимых объемов воды для воспроизводства рыбы, санитарных попусков по руслам рек, регулированию сбросов сильно минерализованных коллекторно-дренажных вод [16].

В большинстве случаев режим речного стока не совпадает с потребностями в воде сельским хозяйством. Синхронность, или совпадение по времени, повышенного стока и наибольшего оросительного водопотребления в году бывает только на реках с половодьем в теплый период.

Более полное использование речного стока в экономически перспективных районах России становится первоочередной проблемой развития многих отраслей экономики. Каждая экономическая отрасль имеет свои специфические особенности (технологию, цикличность производственных процессов), и отнесение ее к водопользователям или водопотребителям не всегда имеет четкое разграничение. Чтобы повысить использование существующих ресурсов стока рек, приспособить их режим к производственному режиму отдачи, необходимо регулировать речной сток водохранилищами.

Регулирование стока рек является основным техническим приемом, позволяющим не только использовать водные ресурсы или приспособить их к планируемой отдаче, но и бороться с наводнениями и селевыми потоками. Создание на реках крупных водохранилищ вносит резкие изменения в режим поверхностного и подземного стоков, в природу окружающих территорий, влияет на условия хозяйственной деятельности человека [17]. При этом природные условия (гидрология, топография, геология и гидрогеология) иногда не позволяют создать емкости, достаточные для обеспечения требуемой отдачи, или собрать нужное количество воды вследствие недостатка стока или больших потерь.

В условиях регулирования стока наряду с изменением годовых значений расходов воды происходит коренное преобразование его внутригодового распределения. Эти изменения находятся в зависимости как от объема зарегулированного стока, так и от величины попусков из водохранилищ на нужды орошаемого земледелия.

В процессе мелиоративного освоения территории излишки или остатки оросительных вод могут не попадать в реку, а сбрасываться, например, в бессточные понижения, тем самым увеличивая безвозвратные потери речного стока. Кроме того, даже сформировавшийся на орошаемых полях и массивах ирригационный сток не полностью поступает в реку, так как частично расходуется на испарение в перелогах и транзитной зоне. Таким образом, суммарное значение безвозвратных потерь речного стока при орошении складывается из потерь на испарение на полях орошения, в бессточных понижениях, в перелогах и транзитной зоне. К этому же следует добавить потери водных ресурсов, связанные с эксплуатацией водохранилищ ирригационного назначения. Если водозаборы и безвозвратные потери способствуют уменьшению количественных характеристик стока, то возвратные воды, наоборот, попадая назад в реки-водоисточники, сдерживают процессы снижения стока и одновременно выступают в виде дополнительного источника водных ресурсов. Повторное использование возвратных вод в большой степени зависит от их химического состава и минерализации, которая значительно выше, чем в речной воде. Вследствие этого приток возвратных вод в водоприемники, как правило, вызывает повышение минерализации воды в реках.

Из изложенного следует, что изменения стока в основном зависят от соотношения водозаборов, безвозвратных потерь и возвратных вод. Если величины водозаборов можно достаточно надежно оценивать по данным непосредственных гидрометрических измерений, то количественная оценка безвозвратных потерь и возвратных вод сопряжена с известными трудностями.

Осуществление мероприятий по использованию речного стока на огромных территориях требует тщательного учета всех обстоятельств, связанных с экономической целесообразностью регулирования и оценкой его последствий.

Список использованных источников

1 Дунин-Марковский, Л. В. Развитие ирригации и судьба Аральского моря / Л. В. Дунин-Марковский // В кн.: Проблемы преобразования природы Средней Азии. – М., 1967. – С. 75–84.

2 Солопов, А. В. Механизм влияния оросительных мероприятий на водные ресурсы и водный баланс / А. В. Солопов // Труды ГГИ. – 1973. – Вып. 208. – С. 48–59.

3 Юнусов, Г. Р. Динамика стока рек бассейна Аральского моря и оз. Балхаш в связи с развитием орошения / Г. Р. Юнусов // Труды ГГИ. – 1974. – Вып. 221. – С. 128–159.

4 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России / В. Н. Щедрин [и др.], под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск, 2009. – 341 с.

5 Аткарская, Г. Н. Влияние орошения на величину и режим стока (на примере бассейна Сырдарьи) / Г. Н. Аткарская, И. Я. Шимельмиц // Изв. АН СССР. Сер. география. – 1970. – № 4. – С. 55–66.

6 Рекомендации по расчету испарения с поверхности суши. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 96 с.

7 Ваксман, Э. Г. Рассоление почвогрунтов при промывном режиме орошения на Каралангском опытном участие / Э. Г. Ваксман, А. А. Мелихов // Мелиорация орошаемых почв Таджикистана. – Душанбе, 1969. – С. 44–50.

8 Опыт мелиорации засоленных земель Вахшской долины / М. А. Варламов, Э. Г. Ваксман [и др.] // Гидрология и мелиорация почв Таджикистана. – Душанбе, 1969. – С. 140–144.

9 Водно-солевой баланс орошаемых земель Южного Казахстана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 280 с.

10 Кошкин, В. В. Водно-солевой баланс Верхне-Дальверзинского массива, обслуживаемого Матчинской оросительной системой / В. В. Кошкин // Труды ТаджНИИ почвоведения. – 1969. – Т. 13. – Вып. 1. – С. 63–79.

11 Рубинова, Ф. Э. Изменение структуры водного баланса р. Сырдарьи (выше Чардары) под влиянием водохозяйственного строительства / Ф. Э. Рубинова // Труды ГГИ. – 1973. – Вып. 208. – С. 48–59.

12 Сумарокова, В. В. О снижении стока рек в бассейне Аральского моря / В. В. Сумарокова, К. В. Цыценко // Труды ГГИ. – 1978. – Вып. 251. – С. 73–83.

13 Харченко, С. И. Исследование влияния орошения на водные ресурсы и водный баланс речных бассейнов, разработка методики определения возвратных вод и безвозвратных потерь / С. И. Харченко // Труды ГГИ. – 1973. – Вып. 208. – С. 9–47.

14 Харченко, С. И. Гидрология орошаемых земель / С. И. Харченко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 374 с.

15 Харченко, С. И. Опенка влияния ирригационных мероприятий на речной сток (на примере р. Чу) / С. И. Харченко, К. В. Цыценко // Труды ГГИ. – 1976. – Вып. 230. – С. 6–24.

16 Шикломанов, И. А. Антропогенные изменения водоносности рек / И. А. Шикломанов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 302 с.

17 Водобалансовые исследования на мелиорируемых землях: материалы междуведомственного совещания на Валдае / под ред. д-ра техн. наук, проф. С. И. Харченко, д-ра геогр. наук П. П. Кузьмина. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – С. 58–70.

УДК 631.612:628.8

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНИКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ С СОЛОНЦОМ

Обновление парка техники специальных мелиоративных машин и расширение площадей земель мелиоративных систем путем их коренного улучшения – это два взаимосвязанных направления, реализацию которых можно обеспечить за счет внедрения новых технологических процессов и формирования системы машин для механизации мелиоративных работ. Показаны варианты технологических процессов с адресной обработкой горизонтов без выноса продуктов химических реакций в водоприемники и реки. Установлено, что совершенствование технологий улучшения деградированных сельхозугодий на мелиоративных системах наряду с дополнением их ранее не применявшимися операциями укладки водорегулирующих экранов, возможно созданием самоходных комбинированных агрегатов с рабочими органами, новизна которых подтверждена патентами. Обоснована область использования комбинированных агрегатов с одновременной ярусной механической, химической и биологической обработкой почвенных и солонцовых горизонтов.

Ключевые слова: техника, деградированные земли, мелиорированные сельхозугодья, влагонакопление, аэрационное рыхление, влагосохранение.

Введение. Федеральная целевая программа развития АПК на 2013–2020 годы предусматривает восстановление отрасли животноводства с доведением производства отечественного мяса и мясопродуктов до 89 %; молока и молочных продуктов – до 85 %. Выполнение поставленной задачи связано с созданием прочной кормовой базы. Существенным резервом для развития кормовой базы животноводства являются мелиорированные земли. Более 40 % угодий лугов и пастбищ деградировали и требуют коренного улучшения. На сухостепных и луговых орошаемых сельскохозяйственных землях наиболее распространен процесс засоления земель. Происходящие процессы деградации залежных и невостребованных земель мелиоративных систем в сочетании с моральным и физическим износом требуют проведения их реконструкции с использованием новых технических и технологических решений.

Цель исследований – разработка технологических процессов и технических средств для улучшения земель мелиоративных систем, богарных кормовых сельхозугодий и оснащения строительных организаций, сельских товаропроизводителей интенсивными приемами производства мелиоративных работ с использованием адресной обработки горизонтов почвогрунтов.

Материалы и методы. Изучены базовые типизированные технологии и технические средства для выполнения мелиоративных работ на деградированных землях с солонцовыми комплексами.

Для осуществления разработки новых технологических процессов обработки деградированных сельхозугодий с солонцами применяется целевая функция минимизации затрат (руб./га):

$$У = f(Ce) \Rightarrow \min , \quad (1)$$

где Ce – удельные затраты, руб./га.

Определение удельных затрат базируется на использовании прогнозных основных параметров новых ведущих машин. Выбор основных параметров ведущих машин осуществляется методом имитационного моделирования, в котором сложная система является взаимосвязанной совокупностью математических моделей (критериев), т. е. набора переменных, варьирование которых позволяет подбирать оптимальный параметр.

Имитационная модель сформирована для выборки технических средств:

- содержащих прицепной агрегат к трактору и установленных на многосекционной раме модулей из существующих орудий, способных выполнять поэтапную и полосовую обработку горизонтов: *А* – надсолонцовой гумусово-элювиальной слабодерновой почвы, *В* – иллювиально-гумусового солонца, *С* – переходного к материнской засоленной породе, горизонта скопления солей – карбонатных, гипса (гнезда), легкорастворимых солей (прожилок) – квант 1;

- содержащих самоходный комбинированный агрегат для сплошной либо полосовой комплексной обработки горизонтов: *А* – надсолонцовой почвы, *В* – солонцов, *С* – засоленной почвообразующей породы – квант 2. Для этого разработан алгоритм решения задачи (таблица 1).

Таблица 1 – Алгоритм математического моделирования для определения оптимальных параметров ведущих машин

Наименование показателя	Расчетная формула	Значение показателя ТС V^*	Численные значения параметров ТС, из модулей, предлагаемых на рынке			
Эмпирическая зависимость массы ТС от удельных затрат						
Масса ТС M, кг	$M=\hat{f}(Ce)$	$\hat{y}_3=Kj_{\cdot 1}X^3+Kj_{\cdot 2}X^2+Kj_{\cdot 3}X+Kj_{\cdot 4}$				
Удельные затраты на единицу производительности						
Ce, руб./м^3 (руб./га)	$Ce=Co/W$	$Ce.v$	$Ce_{\cdot 1}$	$Ce_{\cdot 2}$	$Ce_{\cdot 3}$	$Ce_{\cdot 4}$
Затраты Co, руб./ч	$Co=(Cмаше_р/100M_{м.-ч.}\times$ $\times QeД+З$, руб./ч	$Co.v$	$Co_{\cdot 1}$	$Co_{\cdot 2}$	$Co_{\cdot 3}$	$Co_{\cdot 4}$
Эмпирическая зависимость расхода топлива от удельных трудозатрат						
Qe, кг/чел.-ч/м^3 (кг/чел.-ч/га)	$Qe=\hat{f}(Тз)$	$\hat{y}_2=Kq_{\cdot 1}X^3+Kq_{\cdot 2}X^2+Kq_{\cdot 3}X+Kq_{\cdot 4}$				
Qe – расход топлива, кг/ч	$Qe=Ne\cdot q_0\cdot 10^{-3}$, $Ne=Kx\cdot N_0$ при $Kx=Kив\cdot Kим\cdot Kпр$ $Kx=0{,}85\cdot 0{,}75\times$ $\times 1{,}03=0{,}6566$	$Qe.v$	$Qe_{\cdot 1}$	$Qe_{\cdot 2}$	$Qe_{\cdot 3}$	$Qe_{\cdot 4}$
Удельные трудозатраты на единицу выработки						
Тз, чел.-ч/м^3 (чел.-ч/га)	Тз=1/(W/L) критерий № 2	Тз	Тз$_{\cdot 1}$	Тз$_{\cdot 2}$	Тз$_{\cdot 3}$	Тз$_{\cdot 4}$
Эмпирическая зависимость мощности от удельной материалоемкости						
N_0, кВт м/м^3 (кВт м/га)	$N_0=\hat{f}(Gm)$	$\hat{y}_1=K_{N.1}X^3+K_{N.2}X^2+K_{N.3}X+K_{N.4}$				
N_0 – номинальная мощность, кВт	Проспекты, техническая документация	$N_0.v$	$N_{0.1}$	$N_{0.2}$	$N_{0.3}$	$N_{0.4}$
Удельная материалоемкость на единицу выработки						
Gm, т м/м^3 (т м/га)	$Gm=M/(W/L)$ критерий № 1	$Gm.v$	$Gm_{\cdot 1}$	$Gm_{\cdot 2}$	$Gm_{\cdot 3}$	$Gm_{\cdot 4}$
Марка технического средства		A	B_1	B_2	B_3	B_4
Примечание – * – прогнозные показатели новых машин.						

Расшифровка символов, приведенных в таблице 1:

- M – масса ТС, кг;
- Ce – удельные затраты, руб./м^3 (руб./га);
- Co – затраты на машино-час, руб./ч;
- Cмаш – стоимость ТС, руб.;
- $M_{\text{м.–ч.}}$ – годовая загрузка, равная 1100 ч. Поверочная масса ТС для перебора значений при необходимости повтора цикла моделирования, Md, кг;
- Qe – расход топлива, кг/ч;
- Тз – удельные трудозатраты, включают: n – количество операторов ТС, чел., $n = 1$; M – массу ТС, кг;
- W – производительность ТС, м^3/ч (га/ч);
- L – ширина захвата, м;
- П – выработка ТС на 1 м ширины захвата, П=W/L;
- Ne – эффективная мощность двигателя, кВт [1];
- Kx – коэффициент потерь мощности на трение, буксование, использование мощности и загрузки двигателя;
- Kив – коэффициент использования двигателя по времени, Kив = 0,65–0,85;
- Kим – коэффициент использования двигателя по мощности, учитывающий позиционную работу при загрузке технологического материала в рабочий орган, маневрирования с выглубленным из грунта рабочим органом, на временной остановке без глушения двигателя, Kим = 0,50–0,75;
- Kпр – коэффициент, учитывающий использование мощности в период пуска и регулирования работы двигателя машины, Kпр = 1,03–1,28;
- N_0 – номинальная мощность двигателя, кВт;
- q_0 – удельный расход топлива, г/кВт·ч;
- Д – стоимость топлива, руб./кг;
- З – зарплата машиниста, руб./ч;
- Gm – удельная материалоемкость ранжируется в порядке возрастания;
- $e_{\text{р}}$ – амортизация, 15–20 %.

В качестве целевой установки необходимо определить V^* – прогнозные параметры новых ведущих машин. Для исследований применен выборочный метод по объектам-представителям, т. е. по ранее разработанным машинам и присутствующим на рынке [2]. Для имитационного моделирования сформирована генеральная выборка из 15 машин.

По разработанному алгоритму решения задачи при оптимизации использован поэтапный подход, основанный на методике полного перебора. Предусмотрен цикл предварительной настройки математических описаний корреляционных зависимостей: мощности от удельной материалоемкости, расхода топлива от удельных трудозатрат, массы ТС от удельных затрат. На каждом этапе значения критерия ранжируются в порядке возрастания и при значении R^2 меньше 0,55 экстремальные значения в квантах отсекаются, а после достижения R^2 больше 0,89 переходят к следующему этапу. Реализация выполняемого этапа позволяет решить последующий этап. В качестве критерия № 1 принята удельная материалоемкость, отнесенная к выработке 1 м ширины захвата, критерия № 2 – удельные трудозатраты, отнесенные к выработке 1 м ширины захвата, критерия № 3 – удельные затраты на единицу производительности. При завершении цикла настройки переходят к циклу варьирования переменных с определением прогнозных параметров новых ведущих машин.

Результаты и обсуждение. Анализ технологий и методов производства освое-

ния и коренного улучшения земель показал, что работы выполняются раздельно с большим временным периодом между блоками операций и преобладанием поверхностного распределения на почве мелиоранта и удобрений [3–5]. Такие технологии ускоряют выбытие сельскохозяйственных угодий из использования, так как применяются сельскохозяйственные, землеройные машины, у которых ходовая система и рабочие органы изменяют структуру почвы и плотность ее подпахотных слоев. Непродолжительные сроки выполнения обработки почвы и других операций вызывают необходимость повышения производительности машин, при этом ограничены рабочие скорости, глубина обработки, а увеличивая ширину захвата машин, повышают потребное тяговое усилие, общую массу сельскохозяйственного агрегата, что приводит к переуплотнению почв, требует проведения глубокого ее рыхления и комплекса культуртехнических мероприятий. Существующая схема приемов мелиорации сельхозугодий с солонцом представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Схема существующих технологических приемов мелиорации солонцовых почв

Разработка новых технологических процессов и технических средств для их осуществления актуальна и отвечает основной цели мелиорации – обеспечению устойчивой продуктивности сельскохозяйственных угодий и получению конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции.

«Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» предусматривает реконструкцию 371 объекта с вводом в эксплуатацию мелиорированных земель за счет реконструкции на площади 840,96 тыс. га и выбывших угодий за счет проведения культуртехнических работ на площади 330 тыс. га, что в целом недостаточно.

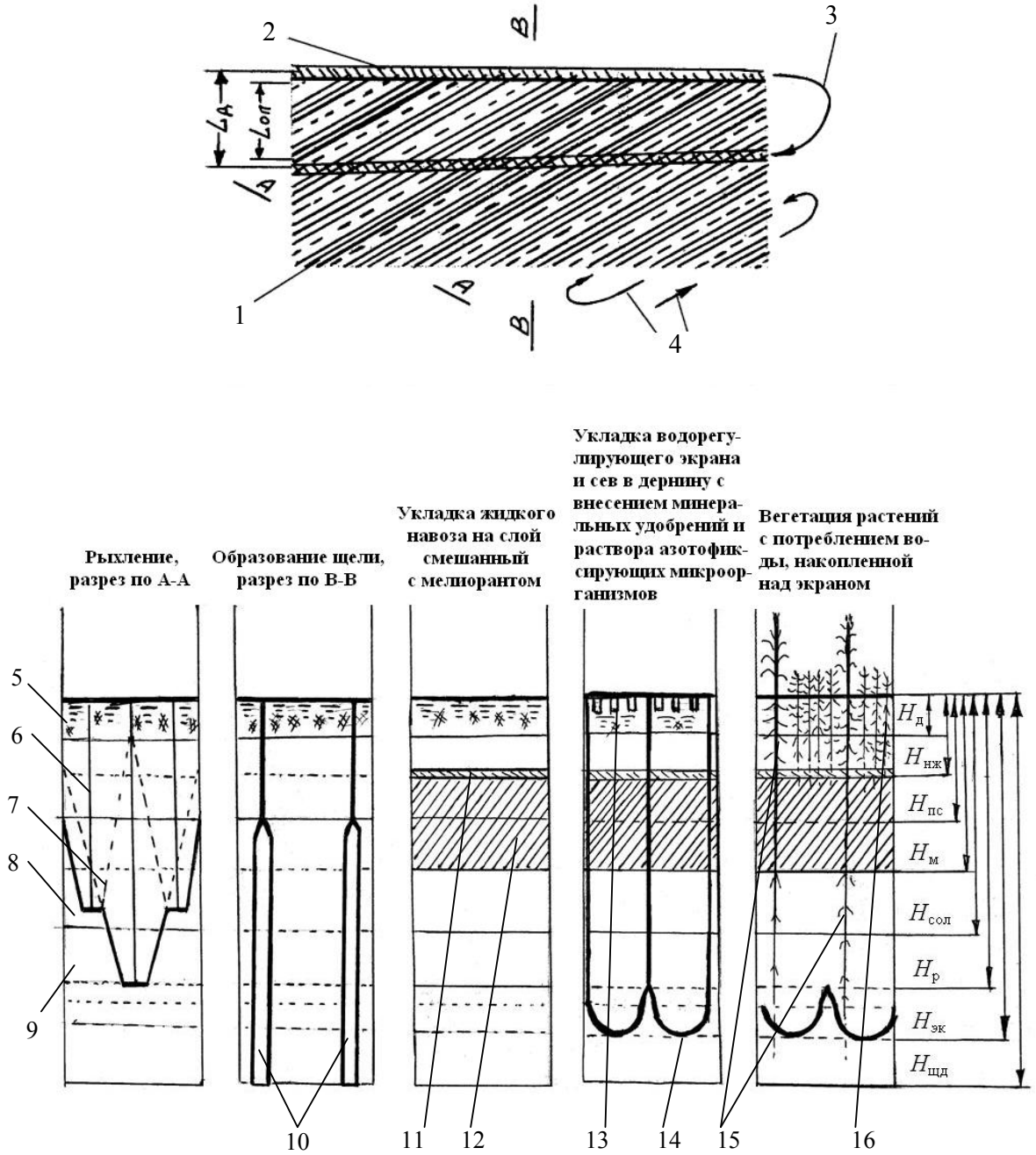
Начало производства специальных мелиоративных машин обеспечит пополнение парка техники для восстановления имеющихся на федеральном балансе мелиоративных систем, оказание услуг владельцам мелиорированных земель и освоение новых земель для производства кормов.

Для своевременного технического обеспечения строительных организаций и сельских товаропроизводителей в настоящее время стал актуален вопрос разработки информационно-регламентирующего документа. Таким межотраслевым документом в 1955 г. стала «Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства». Первоначально мелиоративные машины (их было 36 наименований) входили в состав машин для растениеводства. Для мелиоративных работ «Система машин» (составляя четвертую часть) начала формироваться с 1970 г. (339 наименований). Периодичность «Система машин» возросла до 10 лет с 1981 по 2000 г. (587 наименований), а с 2001 г. (740 наименований) формируется как самостоятельный документ.

На основании анализа и обобщения опыта проведения коренного улучшения земель с солонцеватыми почвами предложены новые комплексы машин, позволяющие осуществлять технологические процессы, которые базируются на способах, разработанных в ходе исследований, защищенных патентом на изобретение [6] и двумя заявками на патентные изобретения [7, 8].

Актуальность повышения водообеспеченности сельскохозяйственных культур на богарных землях была учтена ФГБНУ «ВНИИГиМ» при разработке новых способов и технических средств для их осуществления. Новые способы комплексной мелиорации богарных земель с солонцовыми комплексами предусматривают обработку почвогрунтов при последовательном и одновременном выполнении технологических процессов новыми комбинированными агрегатами (орудиями), являющимися самоходными машинами. При этом одновременная обработка включает: механическую – с измельчением стеблей травянистых растений и почвенных агрегатов с сепарацией на фракции и сохранением поверхностных полос, предохраняющих от ветровой эрозии, объемного подпочвенного рыхления, укладки водорегулирующих экранов и прослоек, снижающих капиллярный подъем влаги; химическую – с распределением мелиорантов и минеральных удобрений; биологическую – с внесением жидкого навоза, раствора с азотофиксирующими микроорганизмами в почву, подсевом смесей семян.

Для развития технологических процессов биомелиорации сельскохозяйственных земель с наличием пятен солонцеватой почвы, комплексов солонцов и подпочвенных слоев солонца разработан способ биомелиорации богарных земель с подпочвенным слоем солонца [6], который от начала выполнения до возделывания растений включает почвенное агромелиоративное обследование участка со стерней либо дерниной *5*, солонцеватой почвой *6*, подпочвенной линзой солонца *8*, подсолонцовым грунтом *9*; предварительное полосовое ярусное рыхление *7* на глубину $H_р$ (рисунок 2).



1, *4* – ярусное рыхление; *2* – межевая щель; *3* – маячная полоса; *5* – стерня (дернина); *6* – солонцеватая почва; *7* – предварительное полосовое ярусное рыхление; *8* – подпочвенная линза солонца; *9* – подсолонцовый грунт; *10* – полость; *11* – полосы; *12* – органическая тонкая прослойка; *13*, *14* – водорегулирующие органоминеральные экраны; *15*, *16* – возделывание растений

Рисунок 2 – Схема этапов биомелиорации богарных земель с солонцом

Устройство при глубине почвы $H_{пс}$ на маячной полосе с отступом на расстояние $L_д$ межевой щели глубиной $H_{щд}$ с полостью *10*. Раздельную основную обработку полос *11*, включающую внутрипочвенное и подпочвенное внесение мелиорантов на разъединенные комки, прокладку органической тонкой прослойки *12* в солонцеватой почве, без разрушения почвенных агрегатов поверхностного слоя, стерни и дерна. Укладку в подпочвенном слое ниже солонца водорегулирующего органоминерального экрана *13*, *14* с внесением в почву одновременно сыпучих фосфорных и калийных минеральных удобрений и раствора с азотофиксирующими микроорганизмами. Возделывание расте-

ний *15*, *16*, включающее сев семян и их вегетацию с потреблением запасов воды над экраном. Способ осуществляется следующим образом. На мелиорируемом участке после агромелиоративного обследования, на котором было произведено полосовое разноглубинное (от 0,65 до 1,20 м) ярусное рыхление, разбиваются маячные полосы щелями, между маячными полосами проводится основная обработка шириной захвата $L_{оп}$ под углом к направлению рыхления. Первоначально на полосе между щелями выполняется безотвальное, регулируемое по глубине, подрезание слоя солонцеватой почвы глубиной $H_{пс}$ и измельчение нижней части подрезанной почвы совместно с нижележащим слоем почвы и солонца при перемешивании с мелиорантом, а на обработанную мелиорантом массу подается жидкий навоз с прокладкой органической тонкой (0,02–0,07 м) прослойки. Одновременно производится инерционно напорная подача органо-минеральной смеси с укладкой водорегулирующего экрана на основание с поперечным профилем косинусной формы. После основной обработки полосы в поверхностный слой почвы вносят сыпучие фосфорные и калийные минеральные удобрения, в дернину – раствор с азотофиксирующими микроорганизмами с одновременным высевом на обрабатываемой полосе травосмеси из бобовых растений, междурядье – покровной культуры из смеси трав и зерновых, а на маячной полосе – солестойких семян засухоустойчивых растений, обработанных стимуляторами роста. Следующий смежный проход по обрабатываемой полосе шириной $L_{оп}$ выполняется параллельно с отступом на расстояние b_k, равное 1,1–1,5 длины горизонтального капиллярного переноса влаги.

Перспективное развитие технологических процессов восстановления эффективного функционирования солонцовых почв базируется на способах коренного улучшения лугов, пастбищ и пашни, предусматривающих сокращение многопроходности по почве технических средств; комплексной обработки почвогрунтов комбинированным агрегатом с адресным внесением мелиорантов, жидкого навоза и внутрипочвенным внесением минеральных удобрений NPK, прослойки из органо-минеральной биологически активной удобрительной смеси; полосового возделывания растений и удаления из почвы токсических солей без выноса в водоемы и реки [7, 8].

На основе модели произведена увязка технических показателей ведущих машин и проектных параметров объекта исследований с получением прогнозных показателей мощности двигателя, расхода топлива, стоимости машино-часа, удельных затрат на единицу выработки для совершенствуемых технологических процессов.

В ходе моделирования ТС для обработки богарных и поливных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,02–0,10 м с целью определения взаимосвязи номинальной мощности с материалоемкостью машин для мелиорации почв с солонцовыми комплексами (этап 1) по пяти техническим средствам получена эмпирическая зависимость $N_0 = \hat{f}(Gm)$:

$$y = 23{,}825x^3 - 221{,}94x^2 + 576{,}04x - 132{,}92 \text{ при } R^2 = 0{,}5437, \quad (2)$$

где y – номинальная мощность;

x – удельная материалоемкость, после отсечения экстремальных значений показателей агрегата КАОС-3,5-3П по четырем оставшимся агрегатам зависимость описывается уравнением:

$$y = -38{,}35x^3 + 296{,}6x^2 - 700{,}35x + 672{,}1 \text{ при } R^2 = 1, \quad (3)$$

где y – номинальная мощность, кВт;

x – удельная материалоемкость.

Зависимость расхода топлива от удельных трудозатрат на единицу выработки (четыре ТС, этап 2) для обработки богарных и поливных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,02–0,10 м описывается уравнением:

$$y=-0{,}3607x^3+7{,}562x^2-30{,}587x+56{,}63 \text{ при } R^2=1, \quad (4)$$

где y – часовой расход топлива, кг/ч;

x – удельные трудозатраты на единицу выработки.

Зависимость массы ТС от удельных затрат на единицу производительности (четыре ТС, этап 3) для обработки богарных и поливных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,02–0,10 м описывается уравнением:

$$y=-1{,}0132x^3+5{,}177x^2-4{,}5818x+30{,}638 \text{ при } R^2=1, \quad (5)$$

где y – масса ТС, т;

x – удельные затраты, руб./га.

В ходе моделирования ТС для обработки богарных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,05–0,18 м с целью определения взаимосвязи номинальной мощности с материалоемкостью машин для мелиорации почв с солонцовыми комплексами (этап 1) по шести техническим средствам получена эмпирическая зависимость $N_0=\hat{f}(Gm)$:

$$y=-2{,}7963x^3+30{,}29x^2-129{,}06x+457{,}67 \text{ при } R^2=0{,}4568, \quad (6)$$

где y – номинальная мощность, кВт;

x – удельная материалоемкость, после отсечения экстремальных значений показателей агрегата КАОС-6-0,5 по пяти оставшимся агрегатам зависимость описывается уравнением:

$$y=-16{,}833x^3+173{,}21x^2-567{,}95x+791{,}4 \text{ при } R^2=0{,}9879, \quad (7)$$

где y – номинальная мощность, кВт;

x – удельная материалоемкость.

Зависимость расхода топлива от удельных трудозатрат на единицу выработки (пять ТС, этап 2) для обработки богарных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,05–0,18 м описывается уравнением:

$$y=-11{,}474x^3+121{,}51x^2-407{,}79x+460{,}82 \text{ при } R^2=0{,}9838, \quad (8)$$

где y – часовой расход топлива;

x – удельные трудозатраты.

Зависимость массы ТС от удельных затрат на единицу производительности (пять ТС, этап 3) для обработки богарных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,05–0,18 м описывается уравнением:

$$y=-1{,}9887x^3+19{,}514x^2-58{,}925x+86{,}801 \text{ при } R^2=0{,}9762, \quad (9)$$

где y – масса агрегата,

x – удельные затраты, руб./га.

В ходе моделирования ТС для обработки богарных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,09–0,25 м и более для определения взаимосвязи номинальной мощности с материалоемкостью машин (этап 1) по четырем техническим средствам получена эмпирическая зависимость $N_0=\hat{f}(Gm)$:

$$y=-4{,}1667x^3+37{,}5x^2-108{,}33x+280 \text{ при } R^2=1, \quad (10)$$

где y – номинальная мощность;

x – удельная материалоемкость.

Зависимость расхода топлива от удельных трудозатрат на единицу выработки (четыре ТС, этап 2) для обработки богарных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,09–0,25 м и более описывается уравнением:

$$y=-1{,}0288x^3+9{,}2595x^2-26{,}75x+50{,}709 \text{ при } R^2=1, \quad (11)$$

где y – часовой расход топлива, кг/ч;

x – удельные трудозатраты на единицу выработки.

Зависимость массы ТС от удельных затрат на единицу производительности (четыре ТС) для обработки богарных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,09–0,25 м и более описывается уравнением:

$$y = 3{,}86x^3 - 31{,}925x^2 + 80{,}055x - 19{,}46 \text{ при } R^2 = 1, \quad (12)$$

где y – масса ТС;

x – удельные затраты.

На основании анализа и обобщения опыта проведения коренного улучшения земель с солонцеватыми почвами предложены четыре варианта новых технологических процессов, учитывающих при комплексной обработке горизонтов почвогрунтов их разную консистенцию и величину концентрации химических веществ и токсических солей [9].

Вариант I включает почвенное агромелиоративное обследование участка, предварительное полосовое ярусное рыхление, прокладку межевых щелей, основную обработку полос, укладку ниже солонца водорегулирующего экрана, внесение минеральных удобрений, посев семян. В качестве ведущей машины используется машина для комплексной обработки солонцовых почв на базе шасси Четра Т-15.01 тягового класса 150 кН. Рекомендуется для работы на больших площадях с наличием стерни или дернины, слоя солонцеватой почвы, подпочвенной линзы солонца и подсолонцового слоя.

Вариант II включает проведение безраскопной диагностики, картирование участка с введением полученных значений в персональный компьютер, передачу результатов на управляющий процессор комбинированного агрегата. Агрегат выполняет основную обработку поля и адресную обработку солонцовых пятен. Полный цикл включает: механическую обработку почвы с измельчением стеблей травянистых растений и почвенных агрегатов с сепарацией их на фракции, подпочвенное рыхление, внесение мелиоранта, посев семян и прикатывание поверхности почвы. В качестве ведущей машины используется комбинированный агрегат ярусной обработки засоленных земель с подсевом семян на базе шасси ОТЗ-515 тягового класса 195 кН. Рекомендуется для работы на пахотных и кормовых угодьях с пятнами солонцов до 25 % на 1 га.

Вариант III включает проведение комплексной диагностики участка по аэрофотоснимкам и безраскопного зондирования слоев, картирование участка, разработку программы управления рабочими органами агрегата. Основная обработка почвы выполняется по полосам, совмещается с измельчением растительных остатков. Дополнительно в слой почвы вносится прослойка удобрительной смеси, проводится полосовой посев трав и галофитов с прикатыванием почвы. В качестве ведущей машины используется комбинированное почвообрабатывающее орудие для лугов и пастбищ на базе шасси ОТЗ-520 тягового класса 195 кН. Рекомендуется для работы на лугостепных, луговых угодьях при комплексах солонцов 10–25 % на 1 га.

Вариант IV включает проведение агромелиоративного обследования участка, подпочвенную обработку солонцового слоя, укладку водорегулирующего экрана, внесение мелиоранта и удобрений, бинарный подсев смесей семян. В качестве ведущей самоходной машины рекомендуется комбинированный агрегат на базе шасси Четра Т-15.01 тягового класса 150 кН. Рекомендуется для работы на лугостепных, луговых угодьях при комплексах солонцов 15–25 % на 1 га, а на сухостепных, степных угодьях – при комплексах солонцов 10–20 %.

На основе определенных корреляционных зависимостей получены значения главных технико-эксплуатационных показателей комбинированных агрегатов (таблица 2).

Из таблицы 2 следует, что новые технологические процессы могут быть осуществлены при комплексной обработке горизонтов почвогрунтов с разной консистенцией и величиной концентрации химических веществ и токсических солей при внедрении ведущих самоходных машин, имеющих новые технические решения.

Таблица 2 – Технико-экономические показатели технологических процессов, значений прогнозных параметров новых ведущих машин, обрабатывающих почву с солонцовыми комплексами

Категория ТС	Обозначение	Показатель процессов и параметры агрегатов для их осуществления					
1	2	3					
Вид объекта		Обработка богарных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,05–0,18 м		Обработка богарных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,09–0,25 м и более		Обработка богарных и поливных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,02–0,10 м	
Наименование ТС		Комбинированное почвообрабатывающее орудие для лугов и пастбищ	Комбинированный агрегат ярусной обработки засоленных земель с подсевом семян	Комбинированный агрегат для биомелиорации почв с рассолением и подсевом семян	Машина для комплексной обработки солонцовых почв	Комбинированное модульное орудие комплексной обработки солонцовых почв	Луговой многофункциональный кочкорез
Предварительные марки ТС		КОСЛ-6-0,8	КАСК-6,1-0,65	КАБДП-5,4-0,75	МКСП-6-0,65	КМОСК-4-0,45	ЛКСК-3,5-0,75
Затраты на машино-час, руб./ч	*Co*	3545,42	3464,47	4044,13	40009,44	3386,19	3447,07
Удельные затраты на производство работ, руб./га	*Ce*	909,08	873,76	674,69	715,33	705,46	1515,19
Стоимость машины, тыс. руб.	*C*маш	10178,00	9732,80	14422,80	14232,00	11942,30	9637,40
Производительность, га/ч	*W*	3,900	4,000	5,994	5,605	4,800	2,300
Ширина захвата, м	*L*	6,0	6,1	5,4	5,9	4,0	3,5
Масса машины, т	*M*	32,00	30,60	37,60	37,00	36,13	30,30
Номинальная мощность, кВт	N_0	205,0	205,0	180,0	180,0	161,9	205,0
Номер варианта технологического процесса		III*	I и II*	I и IV*	I* и II	II*	II*

Продолжение таблицы 2

1	2	3					
Вариант технологического процесса и область применения рекомендуемых ТС		III$^{+, +++}$ Лугостепные каштановые черноземовидные, луговые черноземные, бурые; комплексы солонца 10–25 %	II$^{+, +++}$ Луговые; черноземные, каштановые, светло-каштановые, комплексы солонца 5–25 %	IV$^{+, ++, +++}$ Луговые черноземные, бурые; лугостепные каштановые, комплексы солонца 15–25 %	I$^{+, ++, +++}$ Сухостепные луговые, черноземные, бурые; лугостепные темно-каштановые, каштановые, комплексы солонца 10–20 %	II$^{+, ++}$ Лугостепные, луговые; темно-каштановые, черноземовидные, комплексы солонца 10–20 %	II$^{+, +++}$ Сухостепные, луговые; темно-каштановые, черноземовидные, комплексы солонца до 15 %
Номер патента		RU № 2553638, бюл. № 17 от 29.06.2015	Заявка на изобретение RU № 2016108013, бюл. № 20 от 20.07.2016	Заявка на изобретение RU № 2016114745, бюл. № 20 от 20.07.2016	Патент RU на полезную модель № 156195, бюл. № 31 от 10.11.2015	SU № 1762772, бюл. № 35 от 23.09.1992	RU № 2567516, бюл. от 10.11.2015
Примечания – * – вариант технологического процесса с рациональными параметрами рекомендуемых ведущих машин; тип солонцов: + – автоморфные, ++ – полугидроморфные, +++ – гидромофные.							

Выводы. Проведенные исследования показали, что совершенствование технологий улучшения солонцовых почв на землях мелиоративных систем, а также деградированных богарных сельхозугодий наряду с дополнением их ранее не применявшимися операциями укладки водорегулирующих экранов возможно при полосовой подпокровной обработке и создании самоходных комбинированных агрегатов с рабочими органами, новизна которых подтверждена патентами.

В усовершенствованных технологических процессах предусмотрена модернизация технических средств и использование их с современными энергетическими средствами, имеющимися на рынке. В новые технологические процессы наряду с машинами, поставляемыми по заказам потребителей, включены новые ведущие ТС с рациональными прогнозными значениями показателей.

Список использованных источников

1 Суриков, В. В. Строительные машины для механизации гидромелиоративных работ / В. В. Суриков, Б. А. Васильев, В. Б. Гантман; под общ. ред. В. В. Сурикова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

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

3 Басс, В. Н. Система технологий и машин – научно-техническая основа для развития мелиоративных работ / В. Н. Басс, В. С. Пунинский // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 5. – С. 56–58.

4 Федеральные регистры базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г. / Б. М. Кизяеев [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2003. – 112 с.

5 Басс, В. Н. Система технологий и машин для комплексной механизации мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России / В. Н. Басс, В. С. Пунинский // Материалы междунар. науч. конф. – М.: Изд-во ВНИИА, 2005. – С. 486–491.

6 Пат. 2589224 Российская Федерация, МПК(6) А 01 В 79/02, А 01 В 13/14, С 09 К 101/00. Способ биомелиорации богарных земель с подпочвенным слоем солонца / Пунинский В. С.; заявитель и патентообладатель Пунинский В. С. – № 2015118608/13; заявл. 19.05.15; опубл. 10.07.16, Бюл. № 19. – 11 с.

7 Заявка 2016131887 Российская Федерация, МПК(6) А 01 В 79/00. Способ комбинированной обработки солонцовых комплексов богарных земель / Пунинский В. С., Кизяев Б. М., Мартынова Н. Б.; заявитель ФГНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»); заявл. 03.08.16; опубл. 10.12.16, Бюл. № 34. – 2 с.

8 Заявка 2016131889 Российская Федерация, МПК(6) А 01 В 79/00. Способ биомелиорации деградированных богарных земель / Пунинский В. С., Кизяев Б. М.; заявитель ФГНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»); заявл. 03.08.16; опубл. 27.11.16, Бюл. № 33. – 2 с.

9 Антипов-Каратаев, И. Н. Мелиорация солонцов в черноземной зоне Европейской части СССР / И. Н. Антипов-Каратаев, Л. А. Фролкина [и др.] // Почвенный институт им. В. В. Докучаева. – М: Изд-во АН СССР, 1960. – 264 с.

УДК 621.72:633.2

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ АГРОСИСТЕМ

Целью исследований являлось математическое моделирование процессов роста и развития кормовых трав с помощью экспериментальных моделей пастбищ сухой степи и полупустыни для различных сезонов использования. Доказано, что метод математического моделирования помогает решать вопросы эффективного прогнозирования и управления продуктивностью растений, предвидения процессов формирования и развития агросистем. С помощью математического моделирования была установлена взаимосвязь роста трав и почвенной влажности. Получены новые данные влияющих на рост и развитие кормовых трав, и определена их роль в формировании пастбищных фитоценозов. Это является актуальной задачей, решение которой позволит прогнозировать в жестких аридных условиях кормоемкость пастбищ различных сезонов использования, рекомендовать травосмеси для высокопродуктивного травостоя.

Ключевые слова: математическое моделирование, аридные пастбища, деградация пастбищ, кормовые травы, биомасса, процесс роста, влажность почвы.

Введение. Для эффективного и рационального использования деградированных пастбищ необходимо шире применять фитомелиорацию территорий, где предусматривается создание посевов высокопродуктивных кормовых трав. Это относится как к продукционной составляющей, так и к управленческой сфере. Причина такой тенденции лежит в сфере мощных сдвигов в мировой науке, применения системной методологии и персональной вычислительной техники, арсенала приемов формализации процессов. И совершенно не случайно разрабатываются специальные методы анализа, использующие аппарат имитации, агрегатного моделирования, системного анализа.

Устойчивое сельскохозяйственное природопользование в регионе затруднено из-за дефицита влаги и низкого плодородия почв. Метод математического моделирования помогает решать вопросы эффективного прогнозирования и управления продуктивностью растений [1, 2], предвидения процессов формирования и развития агросистем [3]. Изучение факторов, влияющих на рост и развитие кормовых трав, и определение их роли в формировании пастбищных фитоценозов является актуальной задачей, решение которой позволит прогнозировать в жестких аридных условиях кормоемкость пастбищ различных сезонов использования, рекомендовать травосмеси для высокопродуктивного травостоя [4, 5].

Материалы и методы. Для создания фоновой картины аридных пастбищных экосистем на основных полупустынных и пустынно-степных почвенных субстратах были смоделированы имитационные лизиметрические модели мелиорированных пастбищ (ИЛММП) для весенне-летнего, летнего и летне-осеннего использования пастбищ. При подборе травосмесей учитывались засухоустойчивость, долговечность, урожайность, питательная ценность видов, т. к. травостой на пастбищах должен состоять из растений различных ботанических групп и обеспечивать устойчивость урожаев в случае неблагоприятных условий, а при повреждении одних видов, другие должны компенсировать их угнетение [6].

При разработке пастбищных травосмесей для выпаса подбирались злаковые, злаково-бобовые и злаково-полынно-бобовые травосмеси из трав Ставропольской селекции (пырея удлиненного и солончакового, костра безостого «Вегур» и «Ставропольский-35», житняка гребенчатого), овсяницы луговой, полыней белой, черной и песча-

ной, люцерны синей. 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 были заложены на разных почвенных субстратах: Кумский песок, Бажиганский песок, черноземовидная супесчаная почва.

Подготовка почвы проводилась по типу зяблевой вспашки на глубину 25–27 см с предпосевной культивацией и прикатыванием. Посев проводился ранней весной при хорошем увлажнении верхнего горизонта почвы. Глубина заделки семян 0,5–2,0 см. Способ посева – сплошной. Норма высева для трав Ставропольской селекции 10 кг/га, овсяницы – 14 кг/га, полыни белой – 8 кг/га, полыни черной – 6 кг/га, полыни песчаной – 6 кг/га, люцерны – 8–12 кг/га. Повторность 3-х кратная. По мере необходимости осуществлялись уходы, изучалось состояние растений.

Для выявления доступности почвенной влаги травосмесям на всех моделях в разные фазы развития растительности были взяты почвенные образцы до глубины 0,9 м фракциями по 10 см. Почвенные навески высушивались при температуре 100–105°С и в зависимости от потери в массе рассчитывалась влажность (%) по отношению к сухой почве.

Результаты и обсуждение. Погодные условия в исследуемом году в начале вегетации были достаточно благоприятными для роста и развития многолетних трав, количество осадков и температура воздуха были близки к норме. Осадков выпало 111,6 мм (в марте – 24,0 мм, в апреле – 32,3 мм, в мае – 54,3 мм). На протяжении всего вегетационного периода температурный режим был комфортным для роста и развития растений. Вегетация началась во второй декаде апреля, и к началу мая растения достигли высоты 25–60 см.

К 15 августа на моделях весенне-летних пастбищ высота пыреев и костров (в травосмеси ж + пр + к) на черноземовидном субстрате составила 50–70 см, на Бажиганском и Кумском песках – 40–60 см. Высота житняка в травосмеси ж + пр + к на моделях весенне-летних пастбищ в этот период на черноземовидном супесчаном субстрате составила 40–45 см, а на Бажиганском и Кумском эоловых песках составила 30–35 см.

На летних пастбищах в травосмеси ж + о + л к 15 августа на всех почвенных субстратах доминирующее положение в фитоценозе стала занимать люцерна и овсяница. Однако их высота и здесь на разных почвах была неодинаковой: на черноземовидном почвенном субстрате – 100–120 см, на Бажиганском и Кумском песках – 90–100 см. Житняк, в смеси ж + о + л к 15 августа на черноземовидном почвенном субстрате достигал 90–100 см, а на Бажиганском и Кумском песках не превышал 70–90 см.

Были выявлены доминанты в кормовых травосмесях. На черноземовидном почвенном субстрате в травосмеси ж + пр + к доминировал житняк (37 %), в травосмесях ж + о + л и ж + пл + л – люцерна (60 %). На Бажиганских песках доминантами были: в травосмеси ж + пр + к – житняк (46 %), в травосмеси ж + о + л – люцерна (46 %), в травосмеси ж + пл + л – люцерна (49 %). На Кумских песках в травосмеси ж + пр + к доминировал – житняк (43 %), в травосмеси ж + о + л – люцерна (52 %), в травосмеси ж + пл + л – люцерна (51 %). То есть на всех почвах на весенних пастбищах доминировал житняк, а на летних и летне-осенних пастбищах – люцерна. Характерной особенностью осенних пастбищ явилось доминирование люцерны в травосмеси ж + пл + л на всех почвах.

Продуктивность наземных экосистем в условиях засушливой зоны ограничивается лимитирующим фактором – почвенной влагой. Водные свойства отражают способность грунта впитывать, пропускать и удерживать влагу, поступающую в виде осадков или поливной воды, а также переносить ее из глубинных слоев в поверхностные [7–9]. Выявлено, что содержание влаги в почве во все сезоны и под всеми травосмесями в черноземовидном супесчаном субстрате было выше, чем на Бажиганском и Кумском песках. Наибольший процент влаги выявлен ранней весной.

Для определения запасов воды в почве (мм) водного слоя использовалась зависимость:

$$H = Q \cdot h \cdot 0{,}1 \cdot W_{\text{В}}, \quad (1)$$

где H – запас воды водного слоя, мм;

Q – плотность сложения почвогрунта, г/см^3;

h – толщина слоя почвогрунта, в котором находится запас воды, см;

$W_{\text{В}}$ – влажность весовая, %.

Плотность сложения почвогрунта для песков равна 1,5 г/см^3, а для черноземовидной супеси – 1,3 г/см^3 .

Диапазон активной (продуктивной) влаги (ПВ) рассчитывался по формуле:

$$\text{ПВ} = \text{НВ} - \text{ВЗ}, \quad (2)$$

где НВ – наименьшая влагоемкость;

ВЗ – влажность завядания.

Содержание влаги в почве во все сезоны и под всеми травосмесями на ИЛММП было выше в черноземовидном субстрате, чем в Бажиганском и Кумском песках, особенно ранней весной.

Наибольшая продуктивная влага в слое почвы 0–90 см на ИЛММП выявлена в черноземовидной супеси: на весенне-летних пастбищах 125 мм, на летних – 124 мм, на летне-осенних – 119 мм. Наименьшим запасом продуктивной влаги отличился Бажиганский песок: на весенне-летних пастбищах 37 мм, на летних – 33 мм, на летне-осенних – 32 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Средняя почвенная влажность и продуктивная влага на ИЛММП в слое почвы 0–90 см, 2016 г.

Почвенный субстрат	Пастбища	Единица измерения	Дата					ПВ
			10.04	19.05	26.07	24.08	30.09	
Бажиганский песок (л. №13)	I	%	4,29	1,67	1,96	2,46	1,08	3,29
		мм	50,19	19,53	22,93	28,78	12,63	37,56
	II	%	4,11	2,02	1,76	2,33	1,13	2,98
		мм	46,92	23,63	20,59	27,26	13,22	33,70
	III	%	4,01	1,83	1,99	2,22	1,21	2,80
		мм	46,91	21,41	23,28	25,97	14,16	32,75
Кумский песок (л. № 15)	I	%	4,60	2,11	2,05	3,06	1,20	3,40
		мм	53,82	24,69	23,98	35,80	14,04	39,78
	II	%	4,45	2,01	1,99	2,99	1,34	3,11
		мм	52,07	23,52	23,28	34,98	15,68	36,39
	III	%	4,01	2,32	2,11	3,13	1,21	2,80
		мм	46,92	27,15	24,69	36,62	14,16	32,76
Черноземовидная супесь (л. № 6)	I	%	13,08	6,42	6,45	8,67	3,80	9,28
		мм	176,58	86,67	87,08	117,05	51,30	125,28
	II	%	12,86	6,54	6,54	8,34	3,66	9,20
		мм	173,61	88,29	88,29	112,59	49,41	124,20
	III	%	12,54	6,72	6,32	8,33	3,76	8,78
		мм	169,29	90,72	85,32	112,46	50,76	118,53
Примечание – I – весна – лето, II – лето, III – лето – осень.								

В простейшем случае зависимость для динамики сухой массы во времени может быть выведена из двумерной модели «субстрат в почве – рост – сухое вещество». В более сложных случаях, конечно, нужно раскрывать функцию роста. Но если предположить, что субстрата вполне хватает на образование органического вещества во все периоды вегетации и он без потерь полностью переходит в сухое вещество, то можно вполне обосновано записать следующее гипотетическое уравнение:

$$\frac{dQ}{dt}=-\frac{dS}{dt}, \tag{3}$$

где $\frac{dQ}{dt}$ и $-\frac{dS}{dt}$ – градиенты изменения массы сухого вещества и субстрата во времени.

Знак минус говорит о том, что с увеличением массы сухого вещества субстрат уменьшается. Перенося $-\frac{dS}{dt}$ в левую часть, имеем:

$$\frac{dQ}{dt}+\frac{dS}{dt}=d(Q+S)=\theta. \tag{4}$$

Это говорит о том, что $Q+S=\text{const}$ (т. е. величина постоянная). Что же касается дифференциала постоянной величины, то он, как известно из высшей математики, равен нулю, т. е. вполне справедливо уравнение (4). Из того, что $Q+S=\text{const}$, вытекает $Q+S=S$ и $Q+S'=Q_0+S_0+Q_1+S_1=C$.

Здесь Q_0 и S_0 – исходные значения в момент времени t = 0 (начало вегетации). Принимая, что $\frac{dQ}{dt}$ пропорционален Q и S, можно записать:

$$\frac{dQ}{dt}=K(Q\cdot S). \tag{5}$$

Полагая, что в конце вегетации субстрат полностью перешел в сухое вещество, т. е. $S_i=\theta$, можно из соотношения $Q+S=Q_i+S_i$ получить $S=Q_i-Q$. Подставляя это в уравнение (5), получаем:

$$\frac{dQ}{dt}=K[Q\cdot(Q_i-Q)]. \tag{6}$$

Полагая, что $K=\frac{K_1}{Q_i}$, будем иметь:

$$\frac{dQ}{dt}=K_1Q(\frac{Q_1-Q}{Q_i})=K_1Q(1-\frac{Q}{Q_i}). \tag{7}$$

Полученное выражение может быть преобразовано, тогда будем иметь:

$$\frac{dQ}{dt}=K_1\left[\frac{1}{\frac{1}{Q_i}+\frac{1}{Q}}\right]. \tag{8}$$

Разделяя переменные, имеем:

$$\left(\frac{1}{Q_i-Q}+\frac{1}{Q}\right)dQ=K_1dt. \tag{9}$$

Произведя интегрирование от Q_0 до Q и от 0 до t, получаем:

$$Q=\frac{Q_0Q_i\mathrm{e}^{k_1t}}{Q_1-Q_0+Q_0\mathrm{e}^{k_1t}}. \tag{10}$$

Это уравнение можно переписать в другой форме, если принять $Q_i=Q_m$ (массе в конце вегетации) и сократить Q_0 в числителе. Тогда:

$$Q=\frac{Q_0Q_me^{k_1t}}{\mathrm{e}^{k_1t}[Q_0+(Q_m-Q_0)\mathrm{e}^{-k_1t}]}=\frac{Q_0Q_m}{Q_0\left[1+\frac{(Q_m-Q_0)}{Q_0}\mathrm{e}^{-k_1t}\right]}=\frac{Q_m}{1+\frac{(Q_m-Q_0)}{Q_0}\mathrm{e}^{-k_1t}}, \tag{11}$$

где Q_m, Q_0 – сухая масса в конце и начале вегетации, кг.

Анализируя уравнение (9), можно отметить: во-первых, текущее значение сухой биомассы определяется ее начальной величиной; во-вторых, она зависит от условий вегетационного периода в целом, а точнее от максимальной годовой биомассы, которая в свою очередь зависит от почвенно-климатических условий; в-третьих, большую роль на накопление биомассы влияют условия по отдельным фазам роста (это определяет динамика коэффициента K_1, связанного с режимом питания, влаги, температуры и влажности воздуха).

Касаясь роста растений, можно воспользоваться законами аллометрии, которые предполагают связь одних характеристик (объемных или массовых) с другими (например, высотой растений) в виде уравнений:

$$Q = CH^m;\ H = bQ^n, \tag{12}$$

где $b = \left(\frac{1}{c}\right)^{1/m}$, $n = 1/m$. Тогда для высоты растений:

$$H_t = b\left[\frac{Q_m}{1 + \frac{(Q_m - Q_0)}{Q_0}e^{-k_1 t}}\right]^n. \tag{13}$$

Чтобы перейти от высоты растений к объемным, или массовым, характеристикам, нужно иметь представление или модель роста растений. Надо отметить, что для биологических процессов роста характерны S-образные кривые. Рост по биомассе и высоте определяется, кроме всего прочего, видом и сортом растений, а также временным фактором и самой биомассой. Временной фактор может моделироваться через коэффициент, рассчитываемый по формуле:

$$K_b = K_m e^{-18\left(t - t_{8/2}\right)^2} / t_b^2, \tag{14}$$

где K_m=1;

t_b – вегетационный период, сут.

Из уравнения видно, что K_b бывает = 1 при $t = t_{b/2}$. При других значениях t он всегда меньше 1, а при $t = \theta$ и $t = t_b$ становится равным нулю. Отсюда и прирост будет максимальным в середине вегетационного периода. Так работают биологические часы, и на этом в дальнейшем в экспериментах нужно сосредоточить внимание. Что это именно так, говорит достаточно большой производственный опыт. Любое растение проходит следующие стадии роста: фазу медленного роста, фазу ускорения роста, главную фазу интенсивного роста и конечную фазу убывающего роста [10, 11].

Еще один момент следует отметить: рост и развитие растений определяется и самой накапливаемой биомассой. Это также важно учитывать в дальнейшем при создании комплексной модели роста. Существует достаточно много моделей роста сельскохозяйственных растений, каждая из которых выведена из определенной гипотезы. Наиболее обоснованная, на наш взгляд, математическая структура, предложенная Тамазиусом, которая для определения роста по высоте предлагает следующую зависимость:

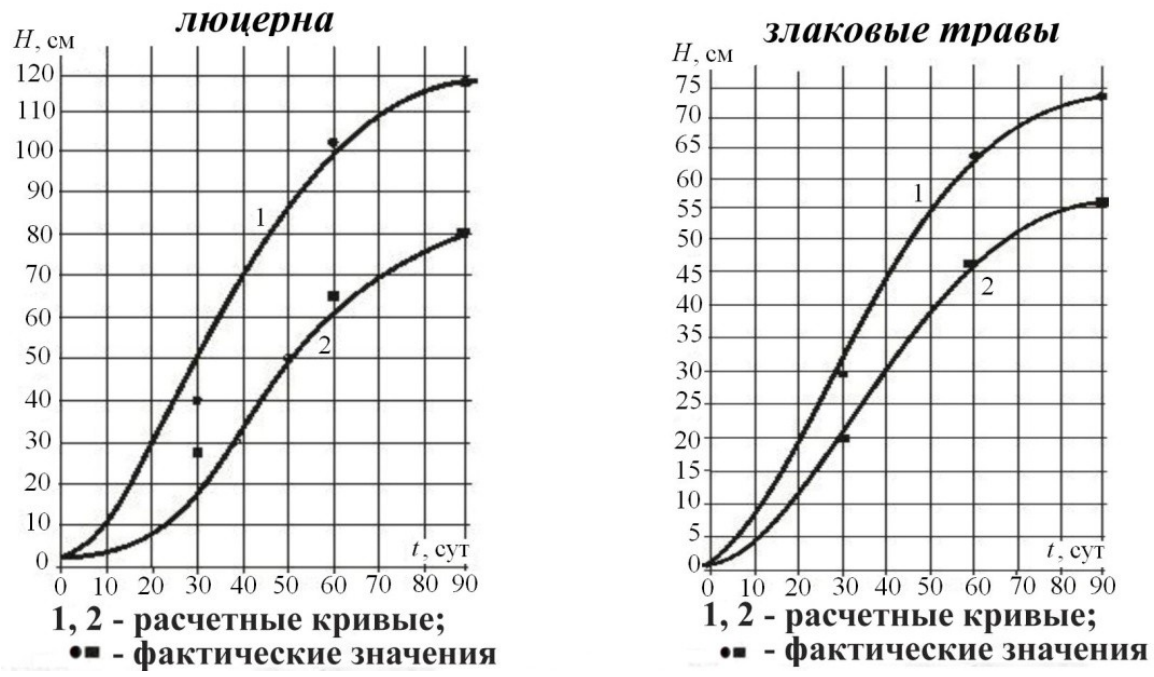
$$H = H_{\max}\left[1 - e^{-K_D t\left(1 - e^{-C_D t}\right)}\right], \tag{15}$$

где K_D, C_D – ростовые параметры, зависящие от условий роста и вида сельскохозяйственной культуры.

При наличии начальной высоты растений можно записать:

$$H_t = H_0 + H_{\max}\left[1 - e^{-K_D t\left(1 - e^{-C_D t}\right)}\right]. \qquad (16)$$

Используя это уравнение для люцерны в лизиметре № 6, H_0 = 1 см, $H_{\max}$ = 50 см, K_D = –0,06, C_D = –0,032. Для люцерны в лизиметрах № 13, 15 эти значения равны соответственно 1 см, 43,5 см, –0,048 и –0,032. В случае злаковых культур имеем соответственно на лизиметре № 6 – 0,3 см, 34 см, –0,08 и –0,02; на лизиметрах № 13 и № 15 – 0,3 см, 27,5 см, –0,056 и 0,02. Об этом же говорят данные, полученные на ИЛММП (рисунок 1).



1 – $H_t = 115[1 - e^{-0,113t\left(1 - e^{-0,006t}\right)}] + H_0$, 1 – $H_t = 73[1 - e^{-0,109t\left(1 - e^{-0,006t}\right)}] + H_0$,

2 – $H_t = 80[1 - e^{-0,092t\left(1 - e^{-0,006t}\right)}] + H_0$ 2 – $H_t = 56[1 - e^{-0,095\left(1 - e^{-0,006t}\right)}] + H_0$

1 – лизиметр № 6; 2 – лизиметры № 13, 15

Рисунок 1 – Графики хода роста многолетних кормовых трав в лизиметрах ВНИАЛМИ, 2016 г.

Анализ изменения влажности почвогрунта за вегетацию в ИЛММП выявил, что этот показатель и явился причиной разного роста трав.

Практически во все фазы развития растений на лизиметре № 6 была значительно большая влажность почвогрунта. Сопоставление ее с коэффициентом K_D показало, что с увеличением среднего значения влажности ($W_{\text{ср}}$) значения K_D возрастают, но не по линейному закону.

Коэффициент C_D определяется видом и сортом культуры. Для люцерны и злаковых в условиях 2016 г. он оказался равным –0,006. Вместе с тем надо отметить важный момент, что более высокая влажность почвогрунта в лизиметре № 6 была как раз потому, что у этого почвогрунта более высокая водоудерживающая способность. На конечный результат роста влияло и плодородие почвогрунтов, но выделить эту компоненту на данной стадии исследований не представляется возможным.

Выводы. Наибольшая продуктивная влага в слое почвы 0–90 см на ИЛММП

выявлена в черноземовидной супеси: на весенне-летних пастбищах 125 мм, на летних – 124 мм, на летне-осенних – 119 мм. Установленные изменения влажности почвогрунта и роста растений за вегетацию в исследуемых лизиметрах показали, что с увеличением среднего значения влажности ($W_{\text{ср}}$) ростовой показатель (K_D) несколько возрастает. Что же касается C_D, то в условиях 2016 г. он оказался на люцерне и злаковых растениях одинаковым. Не отличается он и по отдельным лизиметрам.

Список использованных источников

1 Михайленко, И. М. Математическое моделирование роста растений на основе экспериментальных данных / И. М. Михайленко // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – № 1. – С. 103–111.

2 Михайленко, И. М. Новые направления моделирования в сельскохозяйственной биологии. Биологическая кибернетика: монография / И. М. Михайленко. – Германия: LAP LAMBERT, 2012. – 120 с.

3 Липкович, Э. И. Моделирование сверхкрупных агросистем / Э. И. Липкович // Экономика сельского хозяйства России. – 2008. – № 5. – С. 23–30.

4 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.

5 Власенко, М. В. Продуктивность и флористическое разнообразие пастбищ Сарпинской низменности под влиянием фитомелиорации: автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Власенко Марина Владимировна. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 22 с.

6 Турко, С. Ю. Особенности роста и развития кормовых трав на легких почвах Волгоградской области / С. Ю. Турко, В. П. Воронина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 79–83.

7 Манаенков, А. С. Методика и нормативы оценки лесопригодности земель под массивное облесение в поясе неустойчивого увлажнения ЕТР / А. С. Манаенков. – М.: Россельхозакадемия, 2001. – 35 с.

8 Кулик, Н. Ф. Водный режим лесных биогеоценозов: учеб. пособие / Н. Ф. Кулик. – Новочеркасск: НГМА, 1999. – 58 с.

9 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.

10 Лир, Х. Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 421 с.

11 Франс, Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Х. М. Торнли; пер. с англ. А. С. Каменского; под ред. Ф. И. Ерошенко; предисл. Ф. И. Ерошенко и А. С. Каменского. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

УДК 634.93

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

ЛЕСНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ СУХОЙ СТЕПИ

Быстрая деградация почвенного покрова в последние десятилетия, в том числе и в связи с повсеместным старением и распадом защитных лесных насаждений привела к заметному сокращению площади плодородных земель и опасному росту напря-

женности экологии агросферы страны. В ряде зерноводческих районов возникла потребность в неотложном осуществлении мероприятий по комплексной мелиорации и восстановлению продуктивности пахотных угодий, повышению безопасности аграрного производства.

Ключевые слова: почвы, мелиорация, куртинные насаждения, древесные породы, технология.

Введение. Большое экологическое значение в регулировании факторов природной среды, охраны почв, повышении их плодородия и стабилизации земледелия имеют защитные лесные полосы (ЗЛН), созданные на сельскохозяйственных землях. Особенно важную роль ЗЛН приобретают в сухостепной зоне, к которой относится и Волгоградская область, характеризующаяся острозасушливым климатом и большим разнообразием почвенного покрова. В этих тяжелых лесорастительных условиях значительная часть защитных лесных насаждений недолговечны, в том числе и наиболее широко распространенные древесные породы – дуб черешчатый, вяз приземистый, робиния лжеакация, ясень ланцетный, гледичия обыкновенная. И только по естественным микропонижениям такие посадки сохраняются более длительный период [1–3].

Ряд авторов считает, что в этих условиях долговечность и устойчивость насаждений зависят от экотопов местности. Было замечено, что в одновозрастных лесных полосах встречаются участки весьма разного состояния, и чем мозаичнее почвенные условия и микрорельеф, тем разнообразнее состояние древостоя. В жестких условиях произрастания древесные породы чутко реагируют на изменение влажности, и даже в малозаметных понижениях они оказываются более жизнеспособными. В связи с чем были разработаны новые мелиоративные структуры ЗЛН, в виде куртинных насаждений, созданных с учетом территориального размещения и дифференцирования условий произрастания [4–6].

Такие оптимизированные агролесоландшафты должны обеспечить высокую продуктивность земель, экономическую эффективность аграрного производства, неистощительное пользование естественными ресурсами и благоприятную экологическую среду для жизни человека [7, 8].

Материалы и методы. В опытных целях куртинные насаждения были созданы в ОПХ «Качалинское» Волгоградской области, расположенном в сухостепной зоне, подзоне комплексных каштановых почв.

Наиболее распространенные на территории хозяйства почвы – светло-каштановые, маломощные различного механического состава. Мощность гумусового горизонта колеблется в пределах, 2,5–3,5 см, содержание гумуса 1,6–2,1 %. В микропонижениях, занимающих 5–10 % площади, сформировались выщелоченные луговокаштановые и темно-каштановые почвы. Изучение лесорастительных условий экотопов местности показало, что почвы микропонижений, западин, потяжин более плодородны, с более мощным гумусовым горизонтом, общее содержание гумуса в них выше в 1,5–3 раза и в 3–4 раза в них больше элементов минерального питания.

Схема размещения куртинных насаждений строилась с учетом предполагаемой лесистости 4–6 % и наличия микропонижений. Испытывали два варианта размещения куртин на площади: равномерно-линейное и неравномерное (разбросное), однако при этом учитывалась возможность эффективной работы сельскохозяйственных машин и орудий на облесенных участках. Расчеты показали, что оптимальные расстояния между куртинами при 4 % лесистости составляют 32 м при 6 % лесистости – 44 м, их размеры (12–15) × (16–20) м.

Посадка куртин велась на подготовленной почве по системе одно- и двухлетнего черного пара. Применялась обычная отвальная вспашка на 27–30 см с глубоким рыхлением почвы до 60 см, в год посадки – обычная безотвальная перепашка и культивация. Посадку равномерно-линейных куртин осуществляли обычным рядовым способом, ле-

сопосадочной машиной СЛЧ-1. При разбросанном варианте применялась ручная посадка под меч Колесова и механизированная – при помощи ямобура, навешенного на трактор, таким же способом производилось и дополнение лесных культур.

Результаты и обсуждение. Был испытан разнообразный ассортимент устойчивых селекционно улучшенных и декоративных древесных пород и кустарников, в т. ч. пирамидальные формы дуба черешчатого и дуба красного, морозоустойчивые формы робинии псевдоакации, бесколючковые формы гледичии, селекционно улучшенный вяз приземистый, ясень ланцетный, груша лесная, сосна крымская, облепиха, черемуха, арония, скумпия, жимолость, смородина и др.

Важным моментом технологии создания куртинных насаждений является уничтожение сорняков. Механизированные уходы в куртинах можно проводить только до посева и после уборки сельскохозяйственных культур, поэтому на подготовленные под куртины участки вносили гербициды почвенного действия. Культивация междурядий осуществлялась фрезерными рабочими органами, обеспечивающими высокое качество обработок (таблица 1).

Таблица 1 – Количество и масса наиболее распространенных сорняков в куртинах

Видовой состав	Количество, шт./м^2		Воздушно-сухая масса, г/м^2	Средняя высота, см
	в ряду	в междурядье		
Перед культивацией				
Молочай	7	3	11,0	19,5
Марь белая	32	0	52,0	34,0
Пастушья сумка	35	8	13,0	18,0
Осот полевой	11	17	7,0	42,0
Щирица	37	3	0,9	26,0
После культивации				
Молочай	0	0	0	0
Марь белая	0,5	0	0,1	–
Пастушья сумка	0	0	0	0
Осот полевой	3	2	0,7	–
Щирица	2	1	0,9	–

Почвозащитная эффективность защитных лесных насаждений должна решаться комплексно с учетом всех определяющих факторов, а также путем оценки работы агролесомелиоративных комплексов на протяжении всей их жизни. Почвозащитные свойства насаждений обладают определенной динамичностью и во временном плане существенно изменяются, достигая максимума во взрослом состоянии древостоев [9, 10].

Наиболее эффективным уходом за почвой в куртинах оказался комплексный уход, который заключался в ранней весенней культивации с внесением гербицидов почвенного действия. Вторая культивация после уборки зерновых, в междурядьях культиватором ПРВН в рядах – КВЛ-1 (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика и масса сорняков после обработки гербицидами

Гербицид, доза внесения	Воздушно-сухая масса сорняков					
	Май		Июль		Август	
	г/м^2	% к контролю	г/м^2	% к контролю	г/м^2	% к контролю
1	2	3	4	5	6	7
Первый год после внесения						
Питезин (2 кг д. в./га)	11,3	12,1	10,9	9,6	13,6	15,2
Глифосат (2 кг д. в./га)	20,9	22,4	20,4	18,6	21,3	23,9

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Питезин (2 кг д. в.) + К-4 (150 кг/га)	14,8	15,8	12,0	11,0	9,7	10,8
Глифосат (2 кг д. в.) + К-4 (150 кг/га)	24,5	26,2	21,7	19,8	19,3	21,5
Контроль (мехуходы)	93,4	–	109,5	–	89,7	–
Второй год после внесения						
Питезин(2 кг д. в./га)	27,7	31,9	30,4	34,1	29,2	25,8
Питезин (2 кг д. в.)+К-4 (150 кг/га)	15,3	17,1	23,8	26,7	20,7	18,3
Контроль (мехуходы)	86,9	–	89,2	–	13,2	–

Выводы. В четырех-пятилетнем возрасте куртины становятся вполне сформированными лесными сообществами, но защитные функции этих насаждений ниже линейных. Однако на почвах, характеризующихся тяжелыми лесорастительными условиями, они оказывают значительное мелиоративное воздействие, повышают продуктивность пашни, увеличивая лесистость территории, и улучшают экологию природного ландшафта.

На лесомелиорируемой пашне возрастает рентабельность сельскохозяйственного производства, урожайность зерновых культур повышается на 10–12 %, кормовых на 18–24 %, что обусловлено долговременным мелиоративным воздействием куртинных насаждений, улучшением микроклиматических и гидрологических условий территории.

Список использованных источников

1 Манаенков, А. С. Повышение эффективности полезащитного лесоразведения в острозасушливых районах России / А. С. Манаенков, Л. И. Абакумова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. экология. Природопользование. – 2015. – № 4(28). – С. 73–78.

2 Опустынивание и комплексная мелиорация агроландшафтов засушливой зоны / К. Н. Кулик [и др.] / ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2007. – 86 с.

3 Иванов, А. Л. Рациональное использование и охрана земельных (почвенных) ресурсов российской Федерации / А. Л. Иванов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 1. – С. 7–10.

4 Павловский, Е. С. Экологические и социальные проблемы агролесомелиорации / Е. С. Павловский. – М.: Агропромиздат, 1988. – 181 с.

5 Абакумова, Л. И. Опыт создания новых структур защитных лесных насаждений в сухостепной зоне / Л. И. Абакумова // Лесное хозяйство Поволжья. – Саратов: Изд-во СГАУ, 1999. – Вып. 4. – С. 69–77.

6 Абакумова, Л. И. Создание новых структур защитных лесных насаждений в засушливой степи / Л. И. Абакумова, А. М. Степанов // Теория и практика лесомелиорации и лесоаграрного освоения аридных территорий: сб. науч. тр. – Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ, 2001. – Вып. 1(109). – С. 132–138.

7 Павловский, Е. С. Концепция современной агролесомелиорации / Е. С. Павловский. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1992. – 39 с.

8 Абакумова, Л. И. Формирование биологически устойчивых (оптимальных) структур лесных насаждений в аридной зоне / Л. И. Абакумова // Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: поиск новой модели (к 90-летию академика РАСХН Е. С. Павловского): материалы Междунар. науч.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. – С. 10–14.

9 Методика прогноза морфометрических характеристик и долговечность полезащитных лесных полос / Ю. И. Васильев, Л. И. Абакумова, С. Ю. Турко [и др.]. – М., 2005. – 44 с.

10 Абакумова, Л. И. Куртинные насаждения как фактор повышения биопродуктивности богарных земель / Л. И. Абакумова // Вестник АПК. – 1996. – № 9(81). – С. 33–36.

УДК 635.649

А. Н. Бондаренко, О. В. Костыренко
Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, Солёное Займище, Российская Федерация

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАБАЧКА В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Целью исследований являлось научное обоснование разрабатываемых агротехнологических приемов возделывания сортов и гибридов кабачка в сочетании с фоновым внесением основного минерального питания и внекорневых обработок стимуляторами роста при капельном способе орошения. Для выполнения поставленных задач проводились полевые учеты, наблюдения и измерения с использованием методики полевого опыта Б. А. Доспехова и опытного дела в растениеводстве Г. Ф. Никитенко, а также овощеводстве и бахчеводстве В. Ф. Белика. В среднем за 2015–2016 гг. за вегетацию кабачков было проведено 35 поливов поливной нормой 140 м^3/га, оросительная норма составила 4900 м^3/га. Суммарное водопотребление за период развития было равным 6731 м^3/га. Установлено, что наиболее эффективным расход воды являлся в варианте $N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Витазим», в котором коэффициент водопотребления у гибридов кабачков Аполлон F_1 и Маша F_1 варьировался от 31,0 до 34,6 м^3/т при урожайности 194,3 и 218,0 т/га. Авторами выявлены наиболее перспективные для условий Астраханской области варианты с фоновым внесением минерального питания в дозе $N_{110}P_{105}K_{75}$, а также внекорневые обработки стимуляторами роста в период вегетации растений в условиях орошения.

Ключевые слова: водопотребление, коэффициент водопотребления, минеральное питание, стимуляторы роста, урожайность.

Введение. Наиболее важным показателем эффективности удобрений является урожай. В нем отражается влияние биологических свойств растений, погоды, климата, почв и других условий экологической среды. Чрезвычайно важным представляется влияние на продуктивность возделываемых культур производственной деятельности человека. В зависимости от изменения каждого из этих компонентов и их сочетаний урожай может сильно варьироваться.

Таким образом, влияние агрометеорологических параметров на интенсивность продукционных процессов и эффективность удобрений в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения даже в условиях высокой культуры земледелия является весьма существенным, и их учет в практике химизации необходим и экономически целесообразен [1, 2].

Однако высокая эффективность удобрений гарантируется только при оптимальном их сочетании с другими факторами интенсификации, интегрирующим показателем которой является урожай овощных культур и его качество. При этом получение максимально экономически выгодного урожая сельскохозяйственных культур базируется на использовании лучших сортов, сбалансированности питания растений в период всей вегетации, применении регуляторов роста и интегрированной системы защиты растений при обязательном, своевременном и качественном выполнении всех агротехнических мероприятий [3].

Кабачок – скороспелая, теплолюбивая высокоурожайная культура, относится к виду тыква твердокорая (*Cucurbitapepo* L.). Преимущество кабачка перед другими овощами заключается в высокой урожайности и пищевой ценности [4–8].

Материалы и методы. Для проведения исследований использовались сорта и гибриды кабачка агрофирмы «Седек»: Белый лебедь, Чудо оранжевое F_1, Маша F_1, Аполлон F_1, Гольда F_1.

Впервые в двухфакторном полевом опыте при возделывании сортов и гибридов кабачка отработаны приемы и способы внекорневых обработок стимуляторами на фоне внесения минеральных удобрений в условиях капельного орошения.

Двухфакторные полевые опыты закладывались методом расщепленных делянок. Повторность опыта – трехкратная [9].

Общая площадь при изучении культуры кабачка – 135,8 м^2. Площадь делянки для сорта – 13,5 м^2; площадь делянки под одну внекорневую обработку – 6,3 м^2. Густота посадки кабачков при одностороннем размещении растений относительно капельной ленты – 20 тыс./га. Схема посадки – 2,80 × 0,7 м. Способ посева – вручную по два семени в гнездо. Способ полива – система капельного орошения.

Для выполнения поставленных задач проводились следующие полевые учеты, наблюдения и измерения с использованием методики полевого опыта Б. А. Доспехова [9] и опытного дела в растениеводстве Г. Ф. Никитенко [10], а также овощеводстве и бахчеводстве В. Ф. Белика [11]. Варианты опыта:

- вариант 1 – контроль (без обработки);
- вариант 2 – фон $N_{110}P_{105}K_{75}$;
- вариант 3 – фон + стимулятор роста («Витазим»);
- вариант 4 – фон + стимулятор роста («Мегафол»).

Варианты внекорневых обработок для кабачка в фазу начало образования боковых плетей, цветение, плодообразование согласно рекомендуемым нормам от товаропроизводителя.

Результаты и обсуждение. В среднем за 2015–2016 гг. за вегетацию кабачков было проведено 35 поливов поливной нормой 140 м^3/га, оросительная норма составила 4900 м^3/га. Суммарное водопотребление за период развития было равным 6731 м^3/га или 673,1 мм. На поливную воду пришлось 4900 м^3/га или 72,8 % от суммарного водопотребления. Влага, использованная из почвы, составляла 210,0 м^3/га или всего 3,1 % (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициент водопотребления гибридов кабачков, ФГБНУ «ПНИИАЗ», среднее за 2015–2016 гг.

Сорт, гибрид	Вариант	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м^3/т
1	2	3	4
Белый лебедь	Контроль (без обработки)	43,2	156,0
	$N_{110}P_{105}K_{75}$	49,8	135,2
	$N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Витазим»	54,2	124,1
	$N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Мегафол»	50,3	133,8
Чудо оранжевое F_1	Контроль (без обработки)	71,5	94,1
	$N_{110}P_{105}K_{75}$	83,9	80,2
	$N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Витазим»	108,8	62,0
	$N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Мегафол»	93,0	72,4
Маша F_1	Контроль (без обработки)	183,3	36,7
	$N_{110}P_{105}K_{75}$	187,6	36,0
	$N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Витазим»	218,1	31,0
	$N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Мегафол»	203,3	33,1

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Аполлон F_1	Контроль (без обработки)	122,0	55,2
	$N_{110}P_{105}K_{75}$	179,0	37,6
	$N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Витазим»	194,3	34,6
	$N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Мегафол»	190,3	35,4
Гольда F_1	Контроль (без обработки)	52,4	128,5
	$N_{110}P_{105}K_{75}$	107,8	62,4
	$N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Витазим»	129,7	51,0
	$N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Мегафол»	148,5	45,3

Как видно из таблицы 1, высокоурожайные гибриды кабачков Аполлон F_1 и Маша F_1 в контрольном варианте (без обработки) показали уровень коэффициента водопотребления от 36,7 до 55,2 м^3/т. При фоновом внесении минеральных удобрений $N_{110}P_{105}K_{75}$ – от 36,0 до 37,6 м^3/т.

Меньше всего расход воды отмечен в варианте при совместном внесении минеральных удобрений и листовых обработках стимуляторами роста. Самый эффективный расход воды зафиксирован в варианте $N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Витазим», в котором коэффициент водопотребления у гибридов кабачков Аполлон F_1 и Маша F_1 составил от 31,0 до 34,6 м^3/т при урожайности 194,3 и 218,0 т/га.

При листовых обработках стимулятором роста «Мегафол» на фоне внесения удобрений уровень коэффициента водопотребления чуть ниже, чем при обработке препаратом «Витазим».

У гибридов Чудо оранжевое F_1 и Гольда F_1 коэффициент водопотребления в контрольном варианте был равен 94,1 и 128,5 м^3/т при урожайности 71,5 и 52,4 т/га. В варианте только при фоновом внесении минеральных удобрений $N_{110}P_{105}K_{75}$ коэффициент водопотребления у вышеперечисленных гибридов кабачков составил от 62,4 до 80,2 м^3/т при урожайности от 83,9 до 107,8 т/га.

При листовой обработке комплексными стимулирующими удобрениями «Витазим» и «Мегафол» по фазам вегетации при фоновом внесении минеральных удобрений коэффициент водопотребления изменялся от 51,0 до 62,0 м^3/т при урожайности 129,7– 108,8 т/га и от 45,3 до 72,4 м^3/т при урожайности 148,5–93,0 т/га.

Низкий показатель урожайности (от 43,2 до 54,2 т/га) в изучении был отмечен у сорта Белый лебедь. В зависимости от вариантов обработок изменялся и коэффициент водопотребления (от 124,1 до 135,2 м^3/т).

Практически все изучаемые гибриды кабачков агрофирмы «Седек» показали высокий уровень урожайности, только сорт кабачка Белый лебедь был менее продуктивным. Средний вес плода по вариантам изучения у данного образца – от 432 до 782 г, товарность плодов – от 72 до 57 %.

Проведенные учеты товарных и нетоварных плодов в среднем за два года выявили лучшие гибриды кабачков – Маша F_1 и Аполлон F_1 в варианте при фоновом внесении минеральных удобрений $N_{110}P_{105}K_{75}$ и листовых обработка стимулятором роста «Витазим». Средний вес плода у гибрида Аполлон F_1 – 506 г, товарность плодов – 96 %. Урожайность при таких показателях составила 194,3 т/га, что на 72,3 т/га выше контрольного варианта. У гибрида Маша F_1 средний вес плода – 524 г, товарность плодов – 95 %, урожайность – 218,1 т/га. Все остальные изучаемые гибриды показали средние значения.

Урожайность в контрольном варианте у гибридов Чудо оранжевое F_1 и Гольда F_1 варьировалась от 52,4 до 71,5 т/га; в варианте с внесением фонового минерального удобрения в дозе $N_{110}P_{105}K_{75}$ – от 83,9 до 107,8 т/га; при совместном фоновом внесении минеральных удобрений и листовых обработках стимулятором роста ($N_{110}P_{105}K_{75}$ +

«Витазим») – от 108,8 до 129,7 т/га; в варианте $N_{110}P_{105}K_{75}$ + «Мегафол» – от 93,0 до 148,5 т/га.

Выводы. Результаты проведенных исследований в 2015–2016 гг. доказывают, что фоновое внесение минеральных удобрений $N_{110}P_{105}K_{75}$ и внекорневые (листовые) обработки стимуляторами роста «Мегафол» и «Витазим» по фазам вегетации приводят к повышению биологической урожайности и снижению потребления воды на формирование товарной продукции.

Список использованных источников

1 Белоголовцев, В. П. Теория минерального питания / В. П. Белоголовцев, Е. А. Нарушева; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 121 с.

2 Борисов, В. А. Система применения удобрений под овощные культуры для получения экологически чистой продукции / В. А. Борисов, С. С. Авдеенко, Т. Г. Шабунина // Актуальные проблемы и пути их решения в современном плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве Дона: материалы междунар. науч.-произв. конф. – Персиановский: Изд-во ДонГАУ, 2004. – Ч. 1. – С. 92–93.

3 Ванеян, С. С. Орошение овощных культур / С. С. Ванеян, А. Ф. Вишнякова // Картофель и овощи. – 2001. – № 3. – С. 29–30.

4 Зволинский, В. П. Производство овоще-бахчевых культур в условиях Астраханской области / В. П. Зволинский, Н. В. Тютюма, З. С. Таранова. – Волгоград: Издательско-полиграфический комплекс ВГСХА «Нива», 2011. – 292 с.

5 Литвинов, С. С. Система удобрения кабачка на аллювиально-луговых почвах Московской области / С. С. Литвинов, А. А. Коломиец // Вестник Алтайского ГАУ. – 2014. – № 8(118). – С. 9–12.

6 Осинкин, В. В. Водосберегающие технологии выращивания кабачков и столовой свеклы при капельном орошении на юге России / В. В. Осинкин, И. А. Коваленко, Е. А. Ходяков // Международный научный журнал. – 2014. – № 7–1(26). – С. 69.

7 Паламарчук, И. И. Урожайность и плодоношение сортов и гибридов кабачка в условиях Правобережной лесостепи Украины / И. И. Паламарчук // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 3. – С. 92–96.

8 Чернышева, Н. Н. Создание нового гибрида кабачка цукини для Западной Сибири / Н. Н. Чернышева, В. Г. Высочин, Д. П. Ощепко // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 3. – С. 80–84.

9 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 315 с.

10 Никитенко, Г. Ф. Опытное дело в полеводстве / Г. Ф. Никитенко [и др.]. – М.: Сельхозиздат, 1982. – 190 с.

11 Белик, В. Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / под ред. В. Ф. Белика. – М.: Агропромиздат, 1992. – 319 с.

УДК 630*237:633.264

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

АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВСЯНИЦЫ ЛУГОВОЙ

Целью исследований являлось изучение агротехнических приемов выращивания овсяницы луговой (Festuca pratensis Huds.) на опытных делянках лизиметрического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград). Устанавливались нормы высева семян, при которых формируется оптимальная густота стояния растений. Выявлялись предпочтения вида в почвенных субстратах, в том числе по содержанию гумуса (%),

плотного остатка (%), углерода (%), гранулометрическому составу. Технология закладки мелкоделяночных опытных участков включала подготовку почвы по типу зяблевой вспашки на глубину 25–27 см с предпосевной культивацией и прикатыванием. Посев проводился ранней весной при хорошем увлажнении верхнего горизонта почвы. Глубина заделки семян – 0,5–2,0 см. Способ посева – рядовой. В течение вегетации осуществлялись уходы, полив, изучалось состояние растений. Установлено, что овсяница луговая (Festuca pratensis Huds.) требовательна к эдафическому фактору. При введении в культуру ее можно рекомендовать на супесчаных и песчаных почвах с включениями суглинка легкого в слое почвы до 30–50 см при норме высева 8–10 кг/га и поливной норме в среднем 300 м^3/га.

Ключевые слова: многолетние кормовые травы, овсяница луговая, пастбище, эдафический фактор, норма высева, норма полива.

Введение. Пастбищные и лугопастбищные экосистемы выполняют важные продукционные и средостабилизирующие функции в агроландшафтах, способствуют накоплению биомассы в биосфере [1, 2]. Изучение развития многолетних кормовых трав, интродуцированных в монокомпонентных посевах на мелкоделяночных опытах, обладающих высокой зимостойкостью, устойчивостью к засухе, высокой продуктивностью и другими ценными признаками, способствует интенсификации сельскохозяйственного производства, так как позволяет пополнять биоразнообразие и достичь устойчивого развития агроэкосистем региона [3]. Кроме того, это также может быть полезным при решении детерминированных хозяйственных задач, вопросов эффективного прогнозирования и управления продуктивностью растений, в процессе формирования и развития агроэкосистем [4].

Овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) используется при создании искусственных сенокосов и пастбищ лесной, лесостепной и степной зон. Выступает в луговых ценозах как коэдификатор, относительный эдификатор, относительный коэдификатор, редко абсолютный эдификатор, часто доминирует в травостое. Это – распространенный многолетний травянистый рыхло-кустовой злак, зимостойкий и устойчивый к зимним и весенним низким температурам мезофит, встречается на бедных, богатых и среднесолончаковых почвах, широко распространен на довольно богатых почвах со слабокислой или нейтральной реакцией. Отличается высокой кормовой ценностью (в 100 кг травы содержится 26,3 к. е. и 2,2 кг переваримого протеина), хорошо поедается всеми видами скота, злак устойчив к умеренному выпасу, после стравливания быстро отрастает, дает обильную отаву из вегетативных побегов и листьев, которая остается зеленой до глубокой осени. Корневая система обогащает почву гумусом, привлекает микроорганизмы, выделяет растворимые углеводы и органические кислоты в больших количествах, чем другие луговые злаки [5].

Исследования по изучению роста и развития овсяницы луговой на зональных почвах засушливого климата позволяют выявить взаимосвязь этих процессов с факторами внешней среды и комплексом агротехнических приемов, что необходимо для определения наиболее благоприятных условий для формирования надземной фитомассы, урожайности семян и установления оптимальных сроков уборки или стравливания.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытных делянках лизиметрического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград) [6, 7]. Площадь делянки – 3 × 2 м. Опыт двухфакторный. Фактор А – норма высева семян: 1) 4 кг/га; 2) 6 кг/га; 3) 8 кг/га; 4) 10 кг/га. Фактор В – виды почвенных субстратов, различные по содержанию гумуса (%), углерода (%), плотного остатка (%): 1) разрез 1; 2) разрез 2.

Подготовка почвы осуществлялась по типу зяблевой вспашки на глубину 25–27 см с предпосевной культивацией и прикатыванием. Посев проводился ранней весной при хорошем увлажнении верхнего горизонта почвы. Глубина заделки семян – 0,5–2,0 см. Способ посева – рядовой. В течение вегетации осуществлялись уходы,

полив, изучалось состояние растений. Полив производился по мере необходимости нормой в среднем 200–300 м^3/га. Почва промачивалась на глубину 15–20 см. Осенью, к концу вегетации нормы полива уменьшались до 100 м^3/га.

Для выявления содержания гумуса (%), плотного остатка (%), углерода (%), гранулометрического состава разных почвенных субстратов на всех участках были взяты почвенные образцы.

Результаты и обсуждения. Основная корневая масса овсяницы расположена в почве на глубине 0–16 см, некоторые корни достигают грунтовых вод, уходя на глубину до 2 м. Поэтому овсяница устойчива к засухе. При переувлажнении глубина проникновения корней уменьшается из-за их чувствительности к аэрации верхних горизонтов почвы.

Содержание гумуса (%), плотного остатка (%), углерода (%), гранулометрического состава почвенных субстратов на глубине до 70 см на опытных делянках представлено в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Содержание гумуса и плотного остатка в почвенных разрезах

Разрез	Глубина, см	Углерод, %	Гумус, %	Плотный остаток, %
Почвенный разрез 1	0–10	0,390	0,676	0,314
	10–20	0,266	0,463	0,253
	20–30	0,148	0,258	0,139
	30–40	0,144	0,253	0,153
	40–50	0,166	0,292	0,158
	50–60	–	–	0,156
	60–70	–	–	0,167
Почвенный разрез 2	0–10	0,659	1,147	0,306
	10–20	0,503	0,876	0,277
	20–30	0,509	0,886	0,296
	30–40	0,242	0,420	0,151
	40–50	0,092	0,159	0,059
	50–60	–	–	0,124
	60–70	–	–	0,192

Таблица 2 – Гранулометрический состав почвенных субстратов

Разрез	Глубина, см	Размер фракции, мм							Название почвы
		1,00–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,010–0,005	0,005–0,001	< 0,001	физическая глина	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Почвенный разрез 1	0–10	17,47	57,24	5,45	4,04	5,74	10,06	19,84	Супесь
	10–20	16,63	57,35	8,61	2,58	5,46	9,37	17,41	Супесь
	20–30	18,96	56,32	5,69	3,15	5,54	10,34	19,03	Супесь
	30–40	31,20	55,32	3,98	0,73	4,26	4,18	9,17	Песок связный
	40–50	39,60	52,96	1,17	0,04	4,3	1,93	6,27	Песок связный
	50–60	30,55	35,72	9,41	2,75	9,05	12,52	24,32	Суглинок легкий
	60–70	20,13	37,36	12,49	4,39	10,29	15,36	30,02	Суглинок средний

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Почвенный разрез 2	0–10	28,89	51,21	5,15	4,66	5,39	4,70	14,75	Супесь
	10–20	41,07	37,27	10,26	0,93	4,40	6,06	11,40	Супесь
	20–30	30,22	56,53	3,96	0,08	4,97	4,24	9,29	Песок связный
	30–40	28,74	21,26	20,31	4,02	13,32	12,35	29,69	Суглинок легкий
	40–50	23,86	21,38	23,97	2,57	13,76	14,45	30,79	Суглинок средний
	50–60	22,51	26,65	20,82	5,35	13,19	14,29	32,83	Суглинок средний
	60–70	19,70	22,88	23,32	4,11	15,06	13,72	32,89	Суглинок легкий

Установлено, что наибольший процент гумуса содержится в почвенном разрезе 2 на глубине 0–30 см (1,147 %), наибольший процент углерода также зафиксирован в почвенном разрезе 2 на глубине до 30 см и достигает 0,659 %.

Опыты были заложены во второй декаде апреля 2015 г. Конец апреля и начало мая были теплыми, почва прогрелась до оптимальной температуры прорастания зерновки (20 °С), всходы овсяницы луговой появились через 14–16 дней после посева. При прорастании зерновки первым трогался в рост зародышевый корень, на 3–4-й день после начала прорастания (4–5 мая) появился первый лист. Через 2–4 месяца проростки перешли в ювенильное состояние, полностью переключаясь на самостоятельное питание. В ювенильном состоянии растения пребывают до 2–3 лет. Начало кущения знаменует переход растения в имматурное состояние. Молодые вегетативные растения представляют собой кусты до 20 мм в диаметре из осевого и 3–6 боковых укороченных вегетативных побегов второго порядка. Каждый отдельный побег по числу и величине листьев превышает побеги имматурных и сходен с молодыми генеративными [5].

При оптимальной густоте посева ускоряется вегетативное развитие побегов. Конусы нарастания главных побегов раньше переходят к третьему этапу органогенеза, размеры и сегментация их увеличиваются, ускоряется листообразовательная деятельность. Для установления рациональных норм высева семян овсяницы луговой, при которых формируется оптимальная густота стояния растений, на мелкоделяночных опытах было изучено четыре градации норм высева – от 4 до 10 кг/га при рядовом способе посева (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика роста овсяницы луговой в первый год после посева

Почвенный субстрат	Норма высева, кг/га	Количество вегетативных побегов, шт./м^2	Высота растений, см									
			03.05	06.05	10.05	19.05	23.05	26.05	04.06	17.06	10.07	01.08
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Разрез 1	4	621	0,5	3,0	12,2	18,2	20,0	25,3	28,3	32,1	33,0	34,8
	6	786	1,0	2,5	10,2	13,4	14,0	22,2	24,2	30,5	31,5	32,5
	8	897	1,2	2,0	9,7	16,0	17,0	20,4	22,8	29,7	31,3	32,5
	10	981	0,7	3,5	9,9	14,3	23,1	27,2	27,3	31,2	33,5	36,1

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Разрез 2	4	798	0,8	2,1	11,0	12,1	24,0	25,4	26,2	34,1	35,0	37,2
	6	847	0,5	2,8	11,2	11,8	23,0	24,1	28,4	35,4	36,1	38,6
	8	987	0,9	2,2	11,7	13,8	22,0	24,4	27,1	33,0	37,1	38,5
	10	1256	1,0	2,9	9,8	14,1	18,0	19,7	25,1	30,7	37,3	39,2

Выявлено, что наибольшее количество вегетативных побегов в первый год после посева (987–1256 шт./м^2) сформировалось в травостое, заложенном с нормой высева 8–10 кг/га на опытном участке с повышенным содержанием в слое почвы 0–30 см гумуса (1,150–0,886 %) и углерода (0,659–0,503 %) (разрез 2).

Оптимальная густота посева овсяницы луговой оказывает положительное влияние на морфогенез побегов на первом году жизни.

Выявлено, что овсяница луговая имеет хороший рост и развитие при норме высева 8–10 кг/га на супесчаном почвенном субстрате с включениями суглинка легкого и среднего в слое почвы 30–50 см.

В первый год овсяница быстро растет, но генеративные побеги образует на второй год. Переход побегов в генеративное состояние происходит весной, а подготовка побегов к переходу в генеративное состояние – осенью под влиянием пониженной температуры и короткого дня. Полного развития овсяница достигает на 2–3-й год жизни.

В течение летнего периода листья овсяницы луговой постепенно разворачиваются и засыхают, живыми на побеге остаются в среднем 3–5 листьев. К концу лета листья весенне-летней генерации засыхают, а появившиеся осенью перезимовывают и отмирают весной.

На супесчаном почвенном субстрате с включениями суглинка легкого и среднего в слое почвы 50–70 см в конце осени у вида наблюдалось более интенсивное отмирание листьев весеннее-летней генерации и незначительное отрастание листьев осенней генерации, что отрицательно сказалось на перезимовке, в результате чего овсяница луговая на этом опытном участке в 2016 г. вегетацию не возобновила, ее посевы погибли.

Выводы. Оптимальный подбор видов многолетних кормовых трав способствует повышению устойчивости кормопроизводства в конкретных условиях (сенокосы, пастбища, для различных типов почв). Исследования по изучению роста и развития овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) как компонента лугопастбищных экосистем позволяют выявить взаимосвязь этих процессов с факторами внешней среды и комплексом агротехнических приемов, что, в свою очередь, дает возможность определить наиболее благоприятные условия для прохождения процессов, оказывающих непосредственное влияние на формирование урожая в засушливых условиях. Установлено, что овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) требовательна к эдафическому фактору. При введении в культуру ее можно рекомендовать на супесчаных и песчаных почвах с включениями суглинка легкого в слое почвы до 30–50 см при норме высева 8–10 кг/га и поливной норме в среднем 300 м^3/га.

Список использованных источников

1 Власенко, М. В. Перспективы развития селекции и семеноводства многолетних кормовых лугопастбищных трав в аридных условиях Нижнего Поволжья / М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 3(91). – С. 119–125.

2 Воронина, В. П. Особенности продуктивности пастбищных угодий на зональных почвах Астраханской области / В. П. Воронина, М. В. Власенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 3(23). – С. 7–14.

3 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.

4 Турко, С. Ю. Математическое описание процессов роста и урожайности кормовых культур в аридных условиях / С. Ю.Турко, М. В. Власенко, А. К. Кулик // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2(38). – С. 18–22.

5 Рытова, Н. Г. Рост листьев, вегетативных побегов и формирование куста овсяницы в год посева / Н. Г. Рытова // Ботанический журнал. – 1967.– № 8. – Т. 52. – С. 1097–1110.

6 Власенко, М. В. Методическая основа исследования влияния эдафического фактора на биоценотические процессы в искусственных кормовых ценозах / М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 104–110.

7 Кулик, А. К. Стационарные исследования на гидрологическом комплексе ФНЦ / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016 – № 4(64). – С. 6–12.

УДК 631.6:626.86

В. Д. Абашев
Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, Киров, Российская Федерация

ДЕЙСТВИЕ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Целью исследований являлось изучение влияния закрытого гончарного дренажа на режим уровней грунтовых вод (УГВ), влажность почвы, объем дренажного стока и химический состав дренажных вод. Наблюдения за УГВ вели по наблюдательным скважинам, установленным на глубину 2,0–2,3 м в середине полосы между дренами. Влажность почвы определяли весовым методом до глубины 1 м по слоям через 10 см. Дренажный сток учитывали в смотровых колодцах объемным способом. Во влажные годы УГВ в вегетационный период изменялся в пределах 84–100 см, в засушливые – 149–174 см, в средние по увлажнению годы – 116–128 см. Дренажом отводится 28 % выпадающих осадков. За 25 лет исследований средний годовой объем дренажного стока составил 176 мм. Во влажные и средние по увлажнению годы влажность почвы была близка к оптимальной. Влагообеспеченность растений возделываемых культур определялась количеством выпадающих осадков.

Ключевые слова: закрытый дренаж, уровень грунтовых вод, влажность почвы, дренажный сток, дерново-подзолистая почва.

Введение. Исследования проводились в 1983–2015 гг. на стационаре «Федяковские пашни», заложенном в центральной агроклиматической зоне Кировской области. Осушительная часть представлена закрытым дренажем. Рельеф участка – пологий склон, тип заболачивания – поверхностный, водное питание – атмосферные осадки. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми глееватыми супесчаными почвами на водно-ледниковых отложениях мощностью до 0,6 м; ниже (до глубины 1 м) залегают моренные суглинки, подстилаемые тяжелыми суглинками.

Одна из основных причин переувлажнения дерново-подзолистых почв – неравномерное распределение осадков в течение года и слабая водопроницаемость подпочвы: на глубине 25–30 см (плужная подошва) и на контакте смены гранулометрического состава на глубине 60–90 см. Оба горизонта характеризуются повышенной плотностью и пониженными показателями водопроницаемости. Наблюдается периодический избыток влаги – весной и осенью.

Методика исследований. Замеры уровней грунтовых вод (УГВ) проводили весной и осенью ежедневно, зимой и летом – один раз в декаду. Дренажный сток учитывали на четырех закрытых коллекторах, оборудованных смотровыми колодцами. Учет вели круглогодично объемным способом. Пробы дренажных вод для определения химического состава отбирали 6–10 раз в год. Потери элементов питания с дренажным стоком определяли, исходя из концентрации элементов в водах за период и объема стока за этот период с последующим суммированием за год.

Режим уровней грунтовых вод. УГВ служит основным показателем для характеристики состояния осушаемых земель. Для полевых севооборотов нормы осушения за период вегетации должны составлять 90–100 см. В ходе сезонных колебаний УГВ выделяются весенний и осенний подъемы, летний и зимний спады уровня. В зимний период уровень вод находился на глубине более 100 см, а весной поднимался на непродолжительное время до пахотного горизонта. Во влажные годы УГВ в вегетационный период изменялся в пределах 84–100 см, в засушливые – 149–174 см, а в средние по увлажнению годы – 116–128 см (таблица 1). На осушаемой части стационара среднемноголетний уровень был ниже, чем на неосушаемой, в мае-июле – на 19–26 см, в августе-сентябре – на 8–17 см. В этом сказалось осушительное действие дренажа. По территории участка УГВ имел значительные различия. Более высокий уровень вод поддерживался в понижениях (123 см), чем на водоразделе (148 см) и склоне (156 см). Также значительны различия УГВ по угодьям. Более высокий уровень грунтовых вод поддерживался на пашне (122 см), чем в молодом (25 лет) лесу (153 см).

Таблица 1 – Уровень грунтовых вод на осушаемом участке по сезонам года (среднее по скв. 3, 8, 13)

В см

Годы	Зима (XII–III)	Весна (IV–V)	Лето (VI–VIII)	Осень (IX–XI)	Вегетационный период	
					осушаемый участок	неосушаемый участок
Влажные (1984, 1985, 1994)	141	101	93	104	93 (84–100)	77 (67–90)
Средние (1990, 1993, 2002)	126	80	126	116	124 (116–128)	111 (110–111)
Засушливые (1988, 1995, 1999)	143	85	165	178	158 (149–174)	127 (117–135)
Среднее за 32 года (1983–2014)	144	90	131	130	126	109

Влажность почвы. Динамика влажности осушаемой почвы на стационаре изменялась в широких пределах – от полной влагоемкости ранней весной и осенью при выпадении интенсивных осадков до влажности завядания в засушливые периоды. Запасы влаги каждой весной восстанавливались и, как правило, превышали полевую влагоемкость почвы. Во влажные и средние по увлажнению годы влажность почвы была близка к оптимальной, а в засушливые наблюдался недостаток влаги. Влагообеспеченность растений возделываемых культур определялась количеством выпадающих осадков.

Регулирующее действие дренажа проявляется во влажные периоды года [1]. В связи с тем, что в такие периоды УГВ на осушаемых участках находился в среднем на 0,3 м ниже, чем на неосушаемых, просыхание верхних слоев почвы на них происходило на 2–3 недели раньше [2]. Определенная пестрота (антропогенная) по водному режиму на осушаемых землях создается также конструктивными элементами мелиоративных систем (осушители, коллекторы), их техническим состоянием, имеющимися неисправностями, ошибками, допущенными при строительстве [3].

Дренажный сток. Объем дренажного стока на почвах атмосферного водного пи-

тания зависит главным образом от климатических условий. В центральной зоне Кировской области он наблюдался во все периоды года. За период наблюдений (1983–2007 гг.) годовой дренажный сток составил 176 мм с колебаниями от 41 до 269 мм. Коэффициент дренажного стока изменялся от 0,1 до 0,4 и в среднем составил 28 % объема годовых осадков.

Доля зимнего стока в годовом объеме в среднем за 25 лет составила 4 %, весеннего – 64 %, летнего – 15 % и осеннего – 17 % (таблица 2). Модуль дренажного стока достигал максимума в период снеготаяния. По годам он сильно различался – от 0,192 в апреле 1996 г. до 1,554 л/(с га) в апреле 2003 г. Продолжительность дренажного стока в многолетнем разрезе колебалась в пределах 87–356 сут, средняя за период наблюдений составила 244 сут.

Химический состав дренажных вод. Исследования химического состава дренажных вод за первую ротацию полевого севооборота (1984–1990 гг.) показали, что они слабокислые, гидрокарбонатно-кальциевого состава. Концентрация кальция, магния, натрия и калия не превышала ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Наиболее интенсивно в осушаемой дерново-подзолистой глееватой супесчаной почве мигрировали кальций (18–43 мг/л) и магний (3–8 мг/л), значительно меньше – калий (2–3 мг/л) и фосфор (0,2 мг/л). Применение минеральных удобрений в полевом севообороте в дозе $N_{70}P_{70}K_{75}$ повышало концентрацию нитратов в дренажных водах в 1,2–1,7, хлора – в 1,3–1,8 раза [4].

Таблица 2 – Объем дренажного стока и его распределение по периодам года

Коэффициент стока К = *Q*/*P*	Осадки за год *P*, мм	Объем годового стока *Q*, мм	Распределение по периодам года, мм			
			зима	весна	лето	осень
Влажные годы (1984, 1985, 1994, 2003)						
0,34	675	227	10	97	87	33
Средние по увлажнению годы (1990, 1993, 2002, 2004)						
0,30	654	196	7	137	15	37
Засушливые годы (1988, 1996, 1997, 1999)						
0,18	524	93	3	75	8	6
Среднее за 25 лет (1983–2007 гг.)						
0,28	625	176	7	113	26	30
%		100	4	64	15	17

Потери элементов питания. Потери элементов питания с дренажными водами зависели от объема и концентрации стока, возделываемых культур, сроков и доз внесения удобрений, гранулометрического состава и уровня плодородия почвы. Наибольшие потери происходили в периоды, когда почва свободна от растительности: весной – в период снеготаяния, летом – в чистом пару, осенью – после уборки урожая. Количество нитратного азота в составе дренажных вод из-под разных культур полевого севооборота уменьшалось в следующем порядке: картофель – 47 кг/га, зерновые – 16–32 кг/га, клевер – 7–8 кг/га.

Воды атмосферных осадков при нисходящем потоке увеличивают свою минерализацию за счет минеральных веществ почвы, обедняя этими элементами верхние слои почвы. Дренаж, при отсутствии поддерживающего известкования, может быть причиной ускоренной агрохимической деградации осушаемых почв. При переходе дренированных земель в режим залежи процесс деградации кислотно-основных свойств почв при работающем дренаже не прекращается [5].

Заключение. Результаты многолетних наблюдений подтверждают эффективность осушения дерново-подзолистых глееватых почв Кировской области, особенно во влажные и средние по увлажнению годы. Дренажем отводится 28 % выпадающих

осадков, что имеет важное значение для сельскохозяйственных культур, так как большая их доля отводится в критические по переувлажнению периоды года. За 25 лет исследований средний годовой объем дренажного стока составил 176 мм при распределении по периодам года: зима – 4 %, весна – 64 %, лето – 15 % и осень – 17 %. Во влажные и средние по увлажнению годы влажность почвы была близка к оптимальной. Влагообеспеченность растений возделываемых культур определялась количеством выпадающих осадков.

Список использованных источников

1 Опыт осушения земель закрытым дренажем / А. И. Бальчунас [и др.]. – М.: Колос, 1975. – 320 с.

2 Абашев, В. Д. Оптимизация плодородия осушаемых почв / В. Д. Абашев, Ю. В. Абашев. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. – 264 с.

3 Митрофанов, Ю. И. Адаптивные севообороты и технологии на осушаемых землях Нечерноземной зоны / Ю. И. Митрофанов. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2010. – 288 с.

4 Абашев, В. Д. Вынос элементов питания с дренажным стоком с осушенных земель / В. Д. Абашев // Доклады РАСХН. – 1997. – № 5. – С. 26–28.

5 Митрофанов, Ю. И. Влияние почвенно-мелиоративных условий на химический состав и вынос элементов питания с дренажным стоком / Ю. И. Митрофанов, Л. В. Пугачева, Д. А. Иванов // Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия. – Тверь, 2015. – С. 140–146.

УДК 626.82/.83

А. Л. Кожанов
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

КОНСТРУКЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С НАПОРНЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ТРУБОПРОВОДОВ

Целью исследований являлось изучение и разработка комплекса технических решений по использованию энергии водного потока для повышения энергоэффективности оросительных систем с напорным режимом работы водопроводящих элементов с минимизацией применения насосно-силового оборудования и внешних источников электроэнергии. Приведены основные зависимости расчета самотечно-напорных трубопроводов закрытой оросительной сети. Установлены основные условия применения закрытой напорной оросительной сети в энергоэффективных оросительных системах: уклон местности должен быть больше оптимального уклона; превышение естественного падения местности над потерями напора по длине трубопровода должно быть достаточно для создания напорного режима, необходимого для работы дальнеструйных дождевальных машин или мини(микро)-ГЭС; изрезанность склона участков орошения не должна затруднять работу дальнеструйных дождевальных машин. Предложены конструкции энергоэффективных оросительных систем с напорным режимом работы трубопроводов, опирающиеся на минимум энергетических затрат за счет использования потенциала предгорной и горной местности и трансформирования имеющихся гидроэнергетических ресурсов водотоков в механическую энергию потока жидкости для создания необходимого напора в трубопроводной сети и обеспечения подачи оросительной воды на орошаемые участки в соответствии с применяемыми способами орошения, а также выработки электроэнергии для нужд оросительной системы.

Ключевые слова: энергоэффективная оросительная система, напорный режим, закрытая сеть, напорный бассейн, напорный трубопровод, самонапорная система.

В настоящее время эксплуатация орошаемых земель, расположенных на равнинных территориях Российской Федерации, является достаточно энергозатратной. Восполнение затрат на полив возможно только при выращивании овощных культур. В то же время в горных и предгорных зонах РФ имеются значительные резервы неосвоенных земель, пригодных к орошению, характеризующиеся наличием значительных перепадов отметок поверхности земли для использования их в энергоэффективных оросительных системах с самотечно-напорной системой водоподачи. Постоянное повышение цен на энергоносители и основные расходные материалы также предопределяет создание эффективных ресурсосберегающих экологически безопасных оросительных систем нового поколения, которые должны обеспечивать минимум энергетических затрат, минимум затрат труда и средств орошения, сведение до минимума всех непроизводительных потерь оросительной воды при заполнении и сбросе [1–4].

Согласно СП 100.13330.2011 «СНиП 2.06.03-85» [5] на уклонах местности более 0,003 следует, как правило, предусматривать самотечно-напорную трубчатую оросительную сеть. В связи с этим энергоэффективные оросительные системы с учетом напорного режима можно применять в предгорных и горных районах страны там, где есть естественный уклон местности с уклонами, превышающими 0,003, что необходимо для движения воды по трубопроводам за счет напора, создаваемого превышением естественного падения местности над потерями напора по длине трубопровода и местными, а также для создания напорного режима, необходимого для работы дальнеструйных дождевальных машин или мини(микро)-ГЭС.

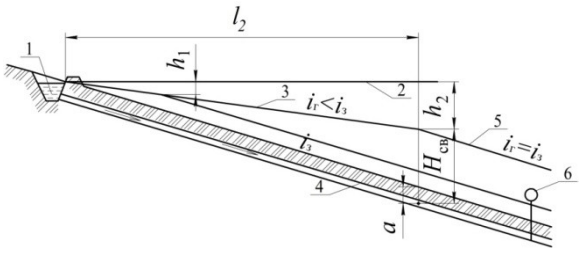
Поэтому основными условиями применения закрытой самотечно-напорной оросительной сети являются:

- уклон местности, который должен быть больше оптимального уклона, то есть при условии $i > i_{опт}$;

- превышение естественного падения местности над потерями напора по длине трубопровода, которое должно быть достаточно для создания напорного режима, необходимого для работы дальнеструйных дождевальных машин или мини(микро)-ГЭС, при условии $i \cdot L \geq \sum h + H_{св}$;

- изрезанность склона участков орошения, которая не должна затруднять работу дальнеструйных дождевальных машин.

Схема расчета самотечно-напорных трубопроводов энергоэффективных оросительных систем приведена на рисунке 1.



1 – канал; *2* – линия статического напора; *3*, *5* – пьезометрическая линия; *4* – трубопровод; *6* – задвижка на напорном трубопроводе

Рисунок 1 – Схемы к понятию свободного напора и расчета самотечно-напорных трубопроводов оросительной сети

В напорном трубопроводе (рисунок 1) энергия потока, соответствующая геометрической разности отметок поверхности земли по трассе трубопровода, используется для преодоления сопротивлений (по длине трубопровода и местных), за исключением некоторой ее части, нужной для работы дождевальных аппаратов или мини(микро)-ГЭС ($H_{св}$).

Трубопровод в пределах транзитных участков рассчитывают так, чтобы гидравлический уклон $i_г$ был меньше уклона поверхности земли $i_з$. За счет этой разности и создается нужный свободный напор ($H_{св}$, м) [6]:

$$H_{св} = l_2 \cdot (i_з - i_г) + a, \quad (1)$$

где l_2 – длина транзитного участка напорного трубопровода, м;

a – заглубление центра трубы ниже поверхности земли, м.

Длина транзитного участка определяется по следующей зависимости:

$$l_2 = \frac{H_{св} - a}{i_з - i_г}. \quad (2)$$

Дальше транзитного участка создаваемая за счет уклона поверхности земли энергия полностью используется на преодоление гидравлических сопротивлений, то есть $i_г = i_з$ и величина свободного напора остается постоянной ($H_{св} = \text{const}$).

Однако величина $i_г$, показанная на схеме (рисунок 1), представляет сумму двух уклонов:

$$i_г = i_l + i_м, \quad (3)$$

где i_l – уклон, соответствующий потерям энергии на трение по длине;

$i_м = \frac{h_м}{l}$ – уклон, соответствующий местным потерям энергии в водовыпусках (гидрантах) $h_м$;

l – расстояние между гидрантами, м.

Энергоэффективные оросительные системы с напорным режимом работы трубопроводов должны сочетать в себе высокое КПД водопроводящей сети (на уровне 0,98), высокое КПД использования водных ресурсов дождевальными машинами непосредственно на орошаемых полях с КПД 0,95–0,98; полную автоматизацию и телемеханизацию процессов водораспределения и водопользования, повышение безопасности ГТС, эффективные мероприятия по эксплуатации оросительных систем, поливной техники, улучшение мелиоративного состояния земель и повышение плодородия почвы.

Также необходимо введение бассейнов суточного регулирования для улучшения согласования режимов работы водозабора и водопотребителей (оросительной техники) с целью повышения качества полива и недопущения непроизводительных сбросов. Кроме этого вода, находясь в бассейне суточного регулирования, подогревается и используется в дальнейшем для полива орошаемых полей, не приводя растения в стрессовое состояние.

Напорный бассейн в таких системах служит для перехода от безнапорной деривации к напорным трубопроводам. Именно напорный бассейн совместно с напорными трубопроводами трансформирует разность отметок местности в энергию водного потока. На выходе из напорного трубопровода вода приобретает напор, который в дальнейшем используется для работы дальнеструйных дождевальных машин, а при необходимости и целесообразности, для выработки электрической энергии для нужд оросительной системы с применением мини(микро)-ГЭС.

Энергоэффективная оросительная система с применением мини(микро)-ГЭС (рисунок 2) состоит из водозаборного сооружения с отстойным бассейном, подводящего (деривационного) канала, бассейна суточного регулирования, напорного бассейна, напорного трубопровода, служащих для создания необходимого расхода и напора для работы мини(микро)-ГЭС для выработки электрической энергии для нужд оросительной системы. Далее идет подача в оросительную сеть с малым напором или в безнапорную сеть для полива дождевальными машинами и другими средствами орошения, имеющими собственные насосно-силовые установки, либо способами капельного, по-

верхностного орошения, согласно схемам энергоэффективных оросительных систем с безнапорным режимом работы трубопроводов [7].

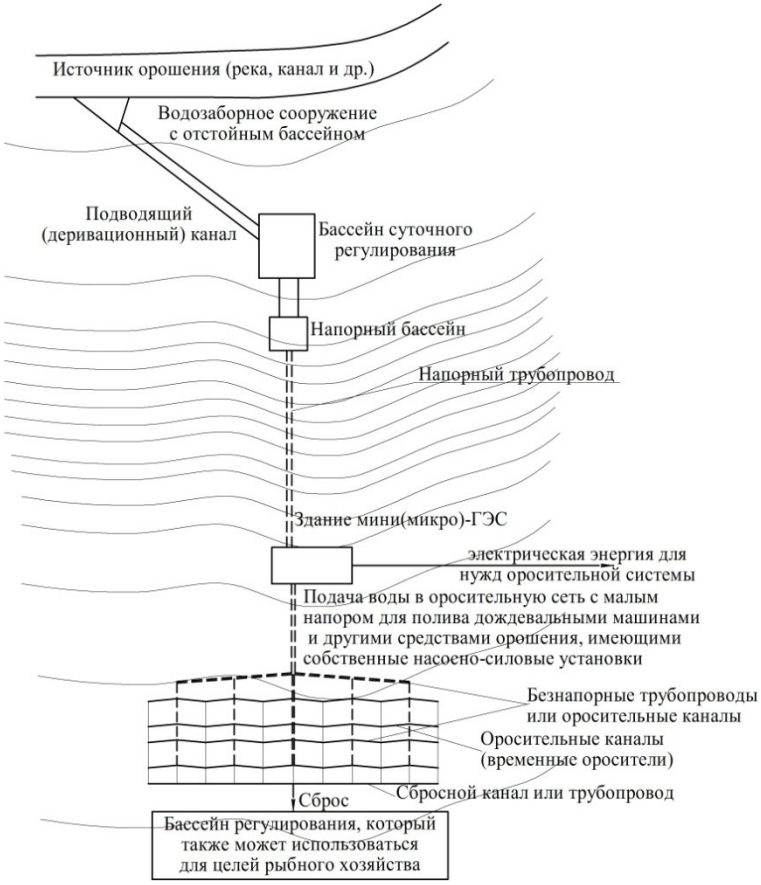


Рисунок 2 – Схема энергоэффективной напорной оросительной системы с применением мини(микро)-ГЭС

Сброс неиспользуемой оросительной воды накапливается в бассейне регулирования, из которого она может использоваться для дальнейшего малообъемного орошения, а также для целей рыбного хозяйства.

Энергоэффективная комбинированная напорная оросительная система состоит из водозаборного сооружения с отстойным бассейном, подводящего (деривационного) канала, бассейна суточного регулирования, напорного бассейна, отходящих от него напорных трубопроводов, служащих для создания необходимого расхода и напора для работы мини(микро)-ГЭС для выработки электрической энергии для нужд оросительной системы, а также для получения необходимого напора для распределения по закрытой напорной оросительной сети.

Со второй нитки напорного трубопровода после получения электрической энергии происходит подача воды в оросительную сеть с малым напором или в безнапорную сеть для полива дождевальными машинами и другими средствами орошения, имеющими собственные насосно-силовые установки, либо способами поверхностного орошения, согласно схемам энергоэффективных оросительных систем с безнапорным режимом работы трубопроводов [7]. Сброс неиспользуемой оросительной воды накапливается в бассейне регулирования, из которого она может использоваться для дальнейшего малообъемного орошения и целей рыбного хозяйства. Схема энергоэффективной комбинированной напорной оросительной системы представлена на рисунке 3.

Энергоэффективная напорная оросительная система с введением бассейна суточного регулирования, с целью повышения качества полива и недопущения непроизводительных сбросов и улучшения качественных характеристик (подогрев), состоит

из водозаборного сооружения с отстойным бассейном, подводящего (деривационного) канала, бассейна суточного регулирования, напорного бассейна, отходящего от него напорного трубопровода, служащего для получения необходимого напора для распределения по закрытой напорной оросительной сети, из которой вода забирается для работы дождевальных машин и других средств орошения, не имеющих собственных насосно-силовых установок, используемых энергию водного потока для преобразования ее из состояния тока в состояние почвенной влаги. Схема энергоэффективной напорной оросительной системы представлена на рисунке 4.

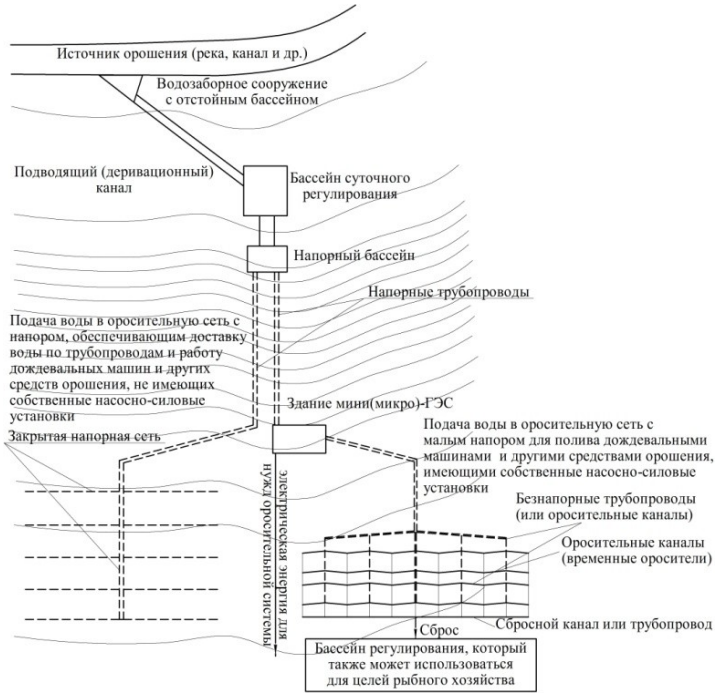


Рисунок 3 – Схема энергоэффективной комбинированной напорной оросительной системы

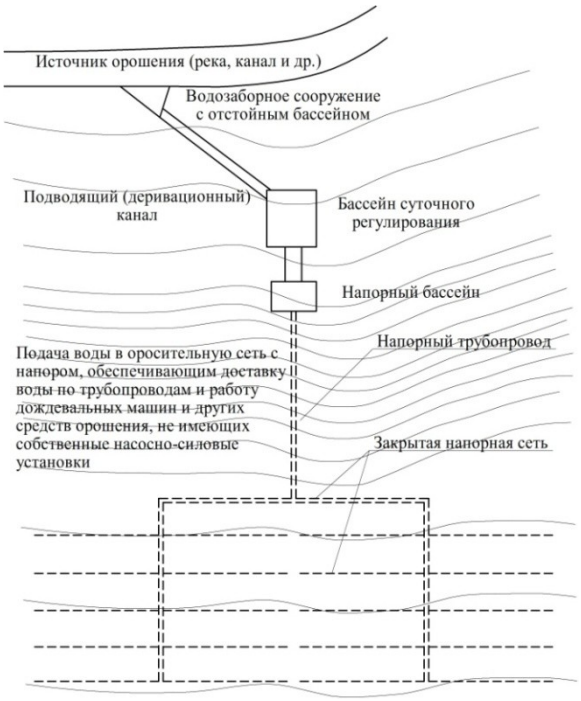


Рисунок 4 – Схема энергоэффективной напорной оросительной системы

Предложенные конструкции энергоэффективных закрытых оросительных систем с напорным режимом работы трубопроводов позволяют использовать минимум энергетических затрат за счет использования потенциала предгорной и горной местности и трансформирования имеющихся гидроэнергетических ресурсов искусственных или естественных водотоков в механическую энергию потока жидкости для создания необходимого напора в трубопроводной сети. Созданный напор используется для обеспечения подачи оросительной воды на орошаемые участки, а также для работы дождевальных машин и других средств орошения, не имеющих собственных насосно-силовых установок, используемых энергию водного потока для преобразования ее из состояния тока в состояние почвенной влаги, либо в соответствии с другими применяемыми способами орошения, а также для выработки электроэнергии для нужд оросительной системы.

Список использованных источников

1 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 590 с.

2 Кожанов, А. Л. К вопросу разработки энергоэффективных оросительных систем нового поколения / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – Вып. 3(59). – С. 62–65.

3 Штанько, А. С. Энергоэффективные оросительные системы / А. С. Штанько // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – Вып. 4(60). – С. 11–15.

4 Снипич, Ю. Ф. Оценка эффективности низкоэнергоемких оросительных систем / Ю. Ф. Снипич, А. Н. Бабичев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2014. – Вып. 55. – С. 109–118.

5 СП 100.13330.2011. Мелиоративные системы и сооружения. – Взамен СНиП 2.06.03-85; введ. 2011-07-19 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2017.

6 Бобохидзе, Ш. С. Гидравлическая автоматизация водораспределения на оросительных системах / Ш. С. Бобохидзе. – М.: Колос, 1973. – 248 с.

7 Кожанов, А. Л. Конструкции энергоэффективных оросительных систем с безнапорным режимом работы трубопроводов / А. Л. Кожанов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – Вып. 3(63). – С. 12–17.

УДК 631.674.4

А. Н. Рыжаков
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СТРУКТУРНО-КОМПОНОВОЧНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

В статье представлен анализ применяемых в настоящее время структурно-компоновочных схем систем капельного орошения. Установлены природные и техногенные составляющие, компоненты и прочие особенности систем капельного полива, которые позволили предложить универсальную структурно-компоновочную схему системы капельного орошения. В зависимости от условий функционирования системы капельного орошения в состав ее инженерной компоненты могут включаться или не включаться те или иные составляющие элементы, разной производительности и разных конструктивных решений, в разном их сочетании и различном компоновочно-конструктивном исполнении.

Ключевые слова: система капельного орошения, оросительная система, водообеспечение, водоподача, капельные микроводовыпуски.

Под системой капельного орошения понимается оросительная система, обеспечивающая капельный полив растений. Известны другие определения этого понятия. Так, сугубо в технологическом смысле, система капельного орошения определяется как комплекс устройств и сооружений, технологических звеньев и технических элементов, взаимодействующих между собой трубопроводов, обеспечивающих полив сельскохозяйственных культур, последним рабочим звеном системы которого является капельница. А в преимущественно агрономическом отношении система капельного орошения определяется как угодье или насаждение, искусственное увлажнение которого обеспечивается средствами и технологиями капельного орошения.

В общем случае система капельного орошения или капельная оросительная система является природно-техногенным образованием (природно-техническим комплексом), включающим природную и техническую части (компоненты). С учетом этого обстоятельства капельную оросительную систему допустимо определять как природно-техногенный фитооросительный комплекс, функционирующий в условиях капельного орошения растения.

Природная составляющая капельной оросительной системы включает: источник орошения или его прилегающую к водозабору часть; орошаемый и прилегающий к нему участки земли; произрастающие (культивируемые) на орошаемом участке растения и фитозащитные (фитомелиоративные) насаждения (лесные и лесокустарниковые полосы, живые изгороди, кулисы и другие).

Орошаемый участок (участок капельного орошения) в системе капельного орошения представлен участком земли (ландшафта), характеризуемый почвенным покровом, подстилаемой почву грунтовой толщью, геологическим строением, геоторфологическими показателями (размером, конфигурацией, рельефными, гидрогеологическими и гидрологическими показателями, микроклиматическими, фенологическими и другими условиями). В качестве источника орошения системы капельного орошения рассматриваются природные водные объекты (реки, озера, подземные воды), природно-техногенные образования (водохранилища, пруды, водозаборные скважины, колодцы, каптажи), техногенные водные системы (каналы, трубопроводы, системы технического водоснабжения и другие).

Техногенная (инженерная) компонента (составляющая часть) капельной оросительной системы в наиболее общем случае включает: водозаборный узел; блок водоподготовки; узел подготовки и подачи в оросительную сеть удобрений агрохимических препаратов и дезинфицирующих растворов; оросительную сеть; дорожную (коммуникационную) сеть; средства (пульт) управления и контроля функционирования системы и другие элементы.

Различают следующие капельные оросительные системы: 1) стационарные – для полива многолетних древесных и кустарниковых культур или растений, возделываемых в теплицах (оранжереях, зимних садах); капельные системы, для создания которых требуются значительные капитальные затраты [1–4]; 2) стационарно-сезонные – для полива однолетних культур с несколько меньшими капитальными затратами, но большими расходами на монтаж, демонтаж и хранение сменяемой части оборудования [5–6]; 3) системы сезонного использования, устраиваемые для полива однолетних (овощных) культур из относительно дешевых (постсезонно демонтируемых и утилизируемых) материалов (трубопроводов) [7–10].

По расположению трубопроводной оросительной сети относительно поверхности земли применяются надземные, наземные, подземные и комбинированные системы капельного орошения. По степени автоматизации различают автоматические и автоматизированные капельные системы и системы ручного управления поливом.

Применяют одно- и многомодульные системы капельного орошения, а с учетом площади участков капельного полива рассматриваются: крупноплощадные (более 100 га);

среднеплощадные (от 50 до 100 га); малоплощадные (от 5 до 50 га); микроплощадные (от 1 до 5 га) и наноплощадные (до 1 га) капельные оросительные системы.

Различают низко-, средне- и высоконапорные системы капельного орошения. Наиболее распространены системы капельного полива с напором (давлением) в поливной сети, составляющем 0,07–0,28 МПа, при диапазоне изменения давления от 0,03 до 0,4 МПа. Применяются искусственно напорные (когда напор в системе создается за счет искусственного подъема уровня воды в источнике водоподачи (например, устройством водонапорной башни); обеспечивается насосом или используют имеющийся напор в системе водоснабжения и самонапорные системы, основанные на использовании естественных перепадов местности на поливном участке.

Определенные компоновочно-конструктивные особенности имеют системы капельного орошения, устраиваемые для капельного полива: сельскохозяйственных угодий и декоративных насаждений; полевых (овощных, ягодных, бахчевых, зерновых, технических); садовых (древесных и кустарниковых) сельскохозяйственных культур и виноградников; крупно-, средне- и малоплощадных поливных участков; насаждений, посевов или посадок в открытом и защищенном грунте в полях и на приусадебных участках. На компоновочно-конструктивное решение систем капельного полива влияют размеры и конфигурация орошаемого участка, объемы водоподачи, рельефные и другие условия их функционирования.

Выбор состава видов и параметров элементов, представляющих систему капельного орошения, и их компоновочно-конструктивных решений зависит от геоморфологических, почвенных, климатических, гидрогеологических, фенологических и хозяйственных (организационно-экономических) условий создания и использования поливного угодья (участка), от качества используемой при орошении воды, взаимного расположения источника и объекта орошения.

Разработаны системы капельного орошения с подземным (на глубине 50 см и более) размещением капельных линий с устройствами, предотвращающими засорение капельниц почвой, и с использованием средств, препятствующих прорастанию мелких корней в капельницах (например, с применением материала – терплана, препятствующего росту корней у капельниц).

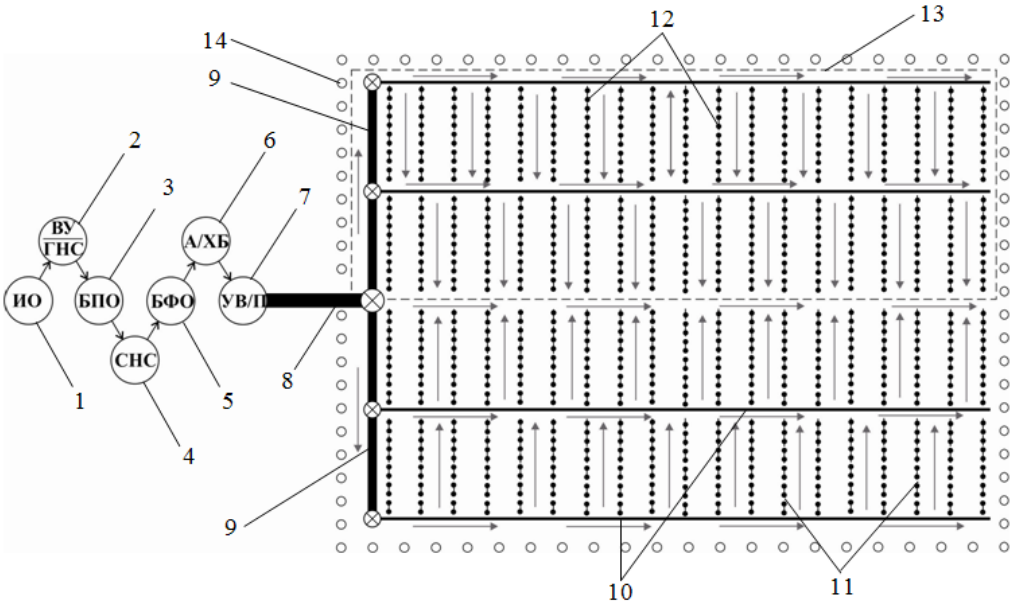
Более простые схемы и конструктивные решения в системах капельного орошения применяются при поливе небольших участков фермерских хозяйств, теплиц и дач [11–14]. Общими элементами для этих схем являются: источник орошения (скважина, накопительный резервуар, система водоснабжения и другие), насосная станция или насосный агрегат, напорный бак, подводящий и поливные трубопроводы и капельницы. Системы капельного орошения технологичны, конструктивно просты, что позволяет применять их как на больших площадях, так и в теплицах.

Системы капельного орошения и обеспечивающее их функционирование оборудование позволяют удовлетворить самые разнообразные потребности пользователя и продолжают совершенствоваться. В зависимости от условий использования рассматриваются различные по размерам, форме и набору оборудования компоновочно-конструктивные схемы систем капельного орошения.

Разнообразие компоновочно-конструктивных схем систем капельного орошения имеет общие особенности, что позволяет предложить обобщенную схему такой системы, приведенную на рисунке 1.

Конструктивная часть системы капельного орошения (инженерные сети или инженерная инфраструктура) включают: водозаборную насосную станцию (насос) для изъятия воды из водоисточника (реки, пруда, канала, скважины и другого водного объекта) и подачи ее в сеть; систему фильтрации или узел водоподготовки (подогрева, очистки воды от химических, биологических и механических примесей); фертигационный узел (система устройств для подготовки удобрений или добавок и подачи ее в по-

ливную сеть); систему контроля качества подготовленной для подачи ее в сеть поливной воды, учета ее количества и давления на входе в магистральный водовод; главный (магистральный) водовод (главная линия водоподачи); система регулирования и защиты (контроллеры, предохранительные, ручные, электронные или гидравлические клапаны-регуляторы); распределительные трубопроводы, узлы водораспределения в поливную сеть, соединительную, запорно-регулирующую и другую водопроводно-сетевую арматуру (фитинги, углы, тройники, муфты, станы, краны, заглушки, переходники, сетевые фильтры, манометры и другие элементы); поливные линии и средства полива (капельницы, ответвления, капельные трубки и ленты). В современных системах капельного орошения предусматривается устройство блока управления поливами, широкое применение средств автоматизации поливного процесса, диагностики качества полива.



1 – источник орошения (ИО) или приводозаборная часть; 2 – водозаборный узел или головная насосная станция (ВУ/ГНС); 3 – блок предварительной обработки изымаемой из водоисточника поливной воды (БПО); 4 – сетевая насосная станция (СНС); 5 – блок физической очистки (БФО); 6 – агрохимический блок (А/ХБ); 7 – узел водоподачи (УВ/П); 8 – магистральный трубопровод (МТ); 9 – распределительный трубопровод (РТ) или распределитель первого порядка (РТ-1 и РТ-2); 10 – распределительные трубопроводы (распределители) второго порядка; 11 – поливные трубопроводы (ПТ), «капельные линии» или капельные трубчатые оросители (ПТ-1-2-1; ПТ-1-2-6; ПТ-1-1-2; ПТ-2-1-1 и др.); 12 – капельные микроводовыпуски (капельницы, эмиттеры и др.); 13 – границы орошаемого участка; 14 – полезащитные насаждения

Рисунок 1 – Структурно-компоновочная схема системы капельного орошения

Капельные оросительные системы и их сети необходимо армировать учетной и диагностической аппаратурой, позволяющей осуществлять контроль и функционирование оросительной сети, устанавливать величину водопотребности растений, определять значения дополивной и постполивной влажности почвы и с учетом указанных факторов (показателей) обеспечивать рациональное и эффективное (ресурсосберегающее и продуктивное) функционирование природно-техногенного комплекса.

В зависимости от условий функционирования системы капельного орошения (качества используемой для капельного полива воды; размеров и конфигурации орошаемого участка; вида выбранных к применению капельниц и капельных линий и др.) в состав ее инженерной компоненты могут включаться или не включаться те или иные указанные выше составляющие ее элементы, могут применяться элементы разной про-

изводительности, разных конструктивных решений, в разном их сочетании (наборе) и разном компоновочно-конструктивном исполнении.

Список использованных источников

1 Назначение систем капельного орошения с применением различных оросителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:fakel.dn.ua/site/page.php?entid=10, 2016.

2 Капельное орошение: установка системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:vseoteplicah.ru/standartniy/kukuruzy-na-kapelnom-oroshenii.html, 2016.

3 Система капельного орошения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:beregnungsparadies.de, 2016.

4 Типовая схема монтажа системы капельного орошения на участке (поле, сад, виноградник), разделенном на четыре сектора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:fakel.dn.ua/site/page.php?entid=10, 2016.

5 Ясониди, О. Е. Капельное орошение в защищенном грунте: монография / О. Е. Ясониди, Е. О. Ясониди. – Новочеркасск: НГМА, 2012. – 188 с.

6 Принцип устройства системы капельного орошения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:agroprodukt.ks.ua/product-category/irr, 2016.

7 Капельное орошение на полях России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:agroactual.ru/texnologii/91-kapelnoe-oroshenie-na-polyax-rossii, 2016.

8 Капельное орошение: практика применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:webferma.com/rastenievodstvo/sistemi-orosheniya/kapelniy-poliv.html, 2015.

9 Мелиорация земель / А. И. Голованов, И. П. Айдаров, М. С. Григоров [и др.]; под ред. А. И. Голованова. – М.: Колос, 2011. – 824 с.

10 Общая схема система капельного полива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:nashedelo.prom.ua/cp24586-shemy-poliva.html, 2016.

11 Технология полива капельным методом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:parnikiteplicy.ru/poliv/kapelnoe-oroshenie-2.html, 2016.

12 Системы капельного полива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:zonapoliva.com.ua/sistema-kapelnogo-poliva, 2016.

13 Схема капельного орошения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:agrodelo.com.ua/tag/lapelnogo-oroshenija.html, 2016.

14 Схема простой садовой системы капельного полива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:house-lab.ru/raznoe/vybor-sistemy-poliva-dlya-teplicy.html, 2016.

УДК 630*237

В. И. Петров, А. К. Кулик, М. В. Власенко
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

АГРОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ФИТОМЕЛИОРАТИВНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Целью исследований является оценка состояния агроресурсного потенциала сельскохозяйственных угодий и проведенных фитомелиоративных работ на деградированных землях Заволжья в границах Волгоградской области (Быковский, Николаевский, Палласовский и Старополтавский районы). В результате исследований было изучено эдафическое состояние и микрорельеф территории, масштабы деградации сельскохозяйственных угодий, особенно пастбищных экосистем, а также факторы, влияющие на потери годичной продуктивности. При геоботаническом обследовании были выявлены типы пастбищ, которые характеризуются разной степенью антропо-

генного воздействия (слабо-, средне-, сильносбитые и очень сильносбитые пастбищные угодья) и запасом фитомассы, что определяет устойчивость экосистем к факторам опустынивания. Проведенные мероприятия поверхностного улучшения деградированных пастбищ в *СПК «Калининский» показали, что урожайность растительности на кустарниковом пастбище в 1,7–2,0 раза превысила урожайность на природном пастбище. Способы подготовки почвы на рост, развитие и урожайность пастбищной растительности существенного влияния не оказали.*

Ключевые слова: деградация, типы пастбищ, геоботаническая характеристика, урожайность, фитомелиоративная реконструкция.

Введение. Волгоградское Заволжье располагается в северо-восточной части Прикаспия, занимая регион, входящий в умеренно-аридную зону (NIA 0,50–0,60). Заволжье характеризуется наивысшей суммой годовых температур > 10 °С (3000–3400 °С), наименьшим количеством годовой суммы осадков (270–320 мм), а также наибольшим числом суховейных дней (до 50) и пыльных бурь (до 15) в году. В результате неадаптированного орошаемого земледелия зона аэрации на большой территории подвергалась вторичному засолению. Такие территории отводились под пастбища. Под пастбища выделены также площади, непригодные для экономически оправданного земледелия. Эти угодья нуждаются в повышении их биопродуктивности.

Материалы и методы. Исследования проводились по общепринятым методикам с использованием научно-практических методов восстановления и продления продуктивного долголетия пастбищ [1, 2].

Урожайность и структуру фитоценозов определяли укосным методом на площадках 1 × 1 м^2 в 5-кратной повторности. Выделение единиц растительности выполнялось с учетом флористических различий сообществ и экологических условий местообитаний [3, 4].

Результаты и обсуждения. Исследованиями были охвачены административные районы в северном округе Заволжья (Быковский, Николаевский, Палласовский и Старополтавский), в границах которых пастбища составляют 20 % от общей площади пастбищных угодий Волгоградской области. Здесь много солонцеватых и солончаковых почвенных разностей, содержание гумуса – 1,2–2,0 %. Территория имеет хорошо выраженный мезо- и макрорельеф. Основными структурными частями мезорельефа являются лиманы, падины и межпадинные равнины. На долю межпадинных равнин приходится до 85 % площади. Микрорельеф представлен тремя элементами: микропадины, микроповышения и микросклоны, каждому из которых соответствует определенная почва и тип растительности. Для микропадин характерны темноцветные, черноземовидные и лугово-каштановые почвы и степной тип растительности, для микроповышений – солончаковые почвы и пустынный тип растительности, для микросклонов – каштановые и светло-каштановые почвы и полупустынный тип растительности.

Масштабы деградации сельскохозяйственных угодий в Заволжье, особенно его пастбищных экосистем, достигли высоких значений и порой превышают 100 баллов. На долю опустыненных пастбищ приходится 73 % территории. Прирост площадей происходит за счет увеличения засоленных территорий, в том числе за счет выведения вторично засоленных (орошаемых) земель из интенсивного сельскохозяйственного оборота, перевода малопродуктивных деградированных угодий на сильнозасоленных почвах в пастбища, влияет и агроклиматический фактор.

Наиболее сильно страдают от засоления пастбища Николаевского, Палласовского и Старополтавского районов, где индексы засоленности этих угодий (ИДз) составляют 54–65, а суммарные индексы их деградации (ИДс) от всех форм ее проявления, включая дефляцию (ИДд) и эрозию (ИДэ), варьируют в пределах 60,4–75,4 балла. Потери годичной продуктивности (ПГП) пастбищ в результате опустынивания составляют от 61,5 в Быковском районе до 154,8 тыс. ц к. е. – в Палласовском (таблица 1).

Таблица 1 – Индексы деградации пастбищ Волгоградского Заволжья

Административный район	ИДз	ИДд	ИДэ	ИДс	ПГП пастбищ в результате опустынивания, тыс. ц к. е.
Быковский	44,2	19,7	1,3	65,2	61,5
Николаевский	54,3	3,8	2,3	60,4	63,8
Палласовский	65,5	2,8	2,4	70,7	154,8
Старополтавский	55,5	0,3	19,6	75,4	78,1
Всего	54,8	6,6	6,5	67,9	358,2

На опустыненной территории ухудшаются физические свойства почв, гибнет растительность, снижается продуктивность фитоценозов, грунтовые воды подвергаются засолению, нарушается способность самовосстановления экосистемы. Деградировавшие агроценозы самостоятельно восстанавливаются и достигают состояния, позволяющего использовать их в качестве пастбищ и сенокосов, только в течение 10–15 лет [5–7].

Несмотря на подверженность деградации, территория располагает значительным потенциалом пастбищных земель, пригодных для круглогодичного использования.

При геоботаническом обследовании были выявлены различные типы пастбищ, представленные разнообразными ассоциациями, которые характеризуются разной степенью антропогенного воздействия и запасом фитомассы, определяющим устойчивость экосистем к факторам опустынивания. Слабосбитые пастбищные угодья характеризует проективное покрытие > 75 %, среднесбитые – 75–50 %, сильносбитые – 50–25 %, очень сильносбитые – < 25 % [8].

Индивидуальные характеристики обследованных массивов определены по усредненным показателям применительно к доминантным экосистемам (ЭКС) (таблица 2).

Таблица 2 – Геоботаническая характеристика пастбищ Волгоградского Заволжья

Тип пастбищ	Проективное покрытие, %	Средняя высота, см	Урожайность, т/га
1	2	3	4
Степные ЭКС			
Слабосбитые			
типчаково-ковыльные	85	27	1,30
типчаково-разнотравные	90	32	3,10
типчаковые	70	21	3,00
разнотравно-типчаковые	90	29	2,00
Среднесбитые			
ромашниково-полынковые	55	9,5	0,90
полынково-разнотравные	55	17	0,63
типчаково-полынковые	60	10	0,70
полынково-типчаковые	60	7	0,80
типчаково-ромашниковые	65	15	0,90
Сильносбитые			
ромашниково-полынковые	45	20	0,85
полынково-разнотравные	40	12	0,73
полынково-злаковые	30	9	0,25
ромашниковые	30	14	0,80
тысячелистниково-полынковые	50	10	0,50
типчаково-полынковые	40	14	0,55
полынковые	35	15	0,47

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Очень сильносбитые			
разнотравно-ромашниковые	30	14	0,36
полынковые	20	12	0,27
полынково-спорышевые	25	15	0,70
полынково-ромашниковые	20	17	0,46
ромашниковые	20	12	0,35
Полупустынные ЭКС			
Среднесбитые			
ромашниковые	50	17	1,35
полынково-ромашниковые	60	12	1,40
ромашниково-полынковые	50	10	0,65
мятликово-ромашниковые	70	12	1,15
полынково-типчаковые	65	13	0,95
Сильносбитые			
мятликово-ромашниковые	25	15	0,57
ромашниково-полынковые	30	16	0,85
ромашниковые	30	13	0,45
полынково-ромашниковые	25	9	0,38
однолетниково-ромашниковые	20	7,5	0,30
Пустынные ЭКС			
Сильносбитые			
мятликово-чернополынные	20	14,5	0,85
прутняково-чернополынные	30	22	1,45
чернополынные	25	10	1,20
Очень сильносбитые			
мятликово-чернополынные	12	9	0,35
однолетниково-чернополынные	15	12	0,58
чернополынные	10	9,5	0,50
прутняково-чернополынные	15	10	0,65
чернополынно-однолетниковые	8	12	0,20
однолетниковые	10	9	0,36
чернополынные	20	9,1	0,80

Многолетний ряд количественных характеристик пастбищных экосистем, таких как продуктивность и проективное покрытие, дает возможность прогнозировать состояние, реставрацию естественных и формирование искусственных фитоценозов [9, 10].

Фитомелиорация полупустынно-степных пастбищ является необходимым импульсом для возвращения экосистемам с нарушенным равновесием способности к самовосстановлению. При этом фитомелиоративные конструкции агроэкосистем должны основываться на зональных типичных фитомелиорантах, устойчивых к экстремальным экологическим условиям региона [5].

С целью восстановления и улучшения пастбищного травостоя на засоленных малопродуктивных деградированных пастбищах (СПК «Калининский», Палласовский район) было осуществлено введение кормовых кустарников и многолетних трав на участках с изреженным до 50–60 % травостоем. Подготовка почвы – осенняя вспашка плугом ПТН-40 на глубину 35–40 см с предпосадочной культивацией (КПН-2) и боронованием (БЗС-1). Почва готовилась кулисами 1,4; 2,8; 4,2 м, чередуясь с нераспаханными полосами шириной 10–30 м. Посадка терескена серого проводилась весной однолетними сеянцами лесопосадочной машиной СЛЧ-1 через 0,7–1,0 м. Уход за почвой прово-

дили культиваторами КПН-2 и КЛБ-1,7. Подсев кормовых полукустарников (прутняк) и многолетних трав (житняк сибирский) проводился зерново-травяной сеялкой СЗТ-3,6 как в чистом виде (10 кг/га), так и в смеси (прутняк 5 кг/га + житняк 5 кг/га). Посевы были прикатаны кольчатыми катками.

Анализ роста и развития кормовых полукустарников и многолетних трав при поверхностном улучшении деградированных пастбищ показал, что посевы полукустарников и многолетних трав на всех вариантах опыта в течение первого вегетационного периода находились в угнетенном состоянии, не выдерживая конкуренции со стороны пастбищной растительности. Однако в последующие вегетационные периоды посевы прутняка и житняка развивались сответственно норме. Урожайность пастбищной растительности на кустарниковом пастбище в 1,7–2,0 раза превысила урожайность на природном пастбище (таблица 3). Способы подготовки почвы на рост, развитие и урожайность пастбищной растительности существенного влияния не оказали, но предпочтение следует отдавать плоскорезной.

Таблица 3 – Урожайность пастбищной растительности в кустарниковом пастбище (СПК «Калининский», Палласовский район, Волгоградская область)

Пастбище	Поверхностное улучшение		Урожайность, т/га	
	Подготовка почвы	Подсев	Май	Август
Кустарниковое	Плоскорезная	Многолетние травы	1,13	2,11
	Лущение	Многолетние травы	0,95	1,92
	Дискование	Многолетние травы	0,95	2,00
	Без подготовки	Многолетние травы	0,85	1,73
	Без подготовки	Без подсева	0,70	1,41
Природное	Дискование	Многолетние травы	0,71	1,46
	Дискование	Без подсева	0,54	1,10
	Без подготовки	Многолетние травы	0,51	0,88
	Без подготовки	Без подсева	0,46	0,73

Выводы. Установлено, что масштабы опустынивания (деградации) сельскохозяйственных угодий в Заволжье достигли высоких значений. Основная доля прироста площадей опустынивания происходит за счет увеличения ареалов засоленных территорий, в том числе выведения вторично засоленных (орошаемых) земель из интенсивного сельскохозяйственного оборота, перевода малопродуктивных деградированных угодий на сильнозасоленных почвах в пастбища.

Несмотря на подверженность деградации, пастбищные угодья Волгоградского Заволжья все же обладают значительным природно-ресурсным потенциалом, но нуждаются в комплексной фитомелиоративной реконструкции. Фитомелиорация является необходимым импульсом для возвращения экосистемам с нарушенным природным равновесием способности к самовосстановлению. Введение кормовых кустарников и многолетних трав (прутняк, житняк сибирский, терескен) при поверхностном улучшении способствует повышению плодородия почвы и ее противоэрозионной устойчивости, в итоге, снижаются процессы опустынивания.

Список использованных источников

1 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1979. – 336 с.

2 Власенко, М. В. Методическая основа исследования влияния эдафического фактора на биоценотические процессы в искусственных кормовых ценозах / М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 104–110.

3 Власенко, М. В. Продуктивность и сезонная динамика накопления фитомассы

на естественных и мелиорированных пастбищах Сарпинской низменности / М. В. Власенко, А. К. Кулик, В. П. Воронина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 83–88.

4 Власенко, М. В. Продуктивность и флористическое разнообразие пастбищ Сарпинской низменности под влиянием фитомелиорации: дис… канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Власенко Марина Владимировна. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 208 с.

5 Власенко, М. В. Фитомелиорация пастбищ Северо-Западного Прикаспия / М. В. Власенко // Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафт-ного земледелия: поиск новой модели (к 90-летию академика РАСХН Е. С. Павловского): материалы Междунар. науч.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых. – 2013. – С. 72–74.

6 Власенко, М. В. Восстановление деградированных пастбищ полупустынно-степной зоны юга России методом фитомелиорации / М. В. Власенко // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию создания Всероссийского научно-исследовательского агролесомелиоративного института. – Волгоград, 2016. – С. 69–73.

7 Воронина, В. П. Особенности продуктивности пастбищных угодий на зональных почвах Астраханской области / В. П. Воронина, М. В. Власенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 3. – С. 7–14.

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

9 Рулев, А. С. Прогнозно-картографическое моделирование продуктивности пастбищных ландшафтов в аридных условиях / А. С. Рулев, С. С. Шинкаренко // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2016. – № 67. – С. 107–109.

10 Шинкаренко, С. С. Анализ динамики пастбищных ландшафтов в аридных условиях на основе нормализованного вегетационного индекса (NDVI) / С. С. Шинкаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1(37). – С. 110–114.

УДК 626.82:620.91

А. С. Штанько
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация
А. А. Куприянов
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

К ВОПРОСУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Целью исследований является определение и обоснование путей снижения энергоемкости процесса орошения при проектировании оросительных систем. В процессе исследований было установлено, что под энергоэффективной оросительной системой понимается оросительная система, которая реализует имеющиеся гидроэнергетические ресурсы естественных или искусственных водотоков и потенциал местности, характеризующийся наличием значительных перепадов отметок, путем трансформации их в механическую энергию потока жидкости. В результате исследований разработана расчетная схема и система уравнений по определению оптимального расположения створа водозабора относительно орошаемых участков для соблюдения условия энергоэффективности проектируемой оросительной сети.

Ключевые слова: оросительная система, энергоэффективность, водозаборный узел, деривационный водовод, орошаемый участок, напор.

Перспективным направлением разработки энергоэффективных (малоэнергоемких) оросительных систем является выбор для орошения территорий, характеризующихся наличием определенных природных условий для практического применения потенциальной энергии агроландшафтов (площади с достаточными для устройства самонапорной сети уклонами, водоисточников с отчетливым падением уклонов по длине и др.). Эти условия распространены в предгорных долинах, на конусах выноса, в речных долинах, в дельтовой части рек [1]. В связи с этим под энергоэффективной оросительной системой понимается оросительная система, которая реализует имеющиеся гидроэнергетические ресурсы естественных или искусственных водотоков и потенциал местности, характеризующийся наличием значительных перепадов отметок, путем трансформации их в механическую энергию потока жидкости.

Гидравлическая энергия водотока представляет собой работу, которую совершает текущая в нем вода. Силой, осуществляющей работу водяного потока, является вес воды. Действие силы воды определяется падением водотока, т. е. разностью уровней воды в начале и конце рассматриваемого участка. Если падение участка водотока длиной L составляет H, то при расходе воды Q, равном его среднему значению в начале и конце участка, работа текущей воды в течение одной секунды, т. е мощность водотока N на рассматриваемом участке составляет [2, 3]:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 9810 \cdot Q \cdot H, \quad (1)$$

где N – мощность водотока на рассматриваемом участке, Вт, Дж/с;

ρ – плотность воды, кг/м^3;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

Q – расход воды, м^3/с;

H – падение участка водотока, м.

По уклону ландшафтов поперек горизонталей рельеф орошаемой площади условно можно разделить на два типа: равнинный и горный. Границей между ними служит значение критического уклона, являющегося гидравлической характеристикой потока в распределительных каналах [4].

Значение критического уклона канала определяют по зависимости:

$$i_{кр} = \frac{g \cdot \chi_к}{\alpha \cdot C_к^2 \cdot B_к}, \quad (2)$$

где $i_{кр}$ – критический уклон канала,

$\chi_к$ – смоченный периметр, соответствующий критической глубине при заданном расходе, м;

α – коэффицент кинетической энергии;

$C_к$ – скоростной множитель в формуле Шези при критической глубине;

$B_к$ – ширина канала по зеркалу воды при критической глубине, м.

Равнинным условно называют рельеф, имеющий уклон меньше критического. При этом в каналах образуется спокойный режим течения воды, то есть число Фруда меньше единицы. Если местность имеет уклон, который превосходит его критическое значение, то такой рельеф будет условно называться горным. Наиболее эффективное использование энергии водотока возможно при концентрации перепадов уровней на сравнительно коротком участке [5].

Подготовка предпроектной документации на строительство энергоэффективных комбинированных систем в указанных геоморфологических условиях должна базироваться на принципе одновременного учета показателей массива орошения и водоисточника в качестве источников потенциальной энергии местности. В связи с этим тради-

ционные показатели мелиоративной пригодности участков (наличие и гидрологические характеристики водоисточника, рельеф местности, типы и засоленность почв и др.) должны быть дополнены показателями, подтверждающими возможность эффективного использования потенциальной энергии как орошаемого участка, так и водоисточника (условия для создания самонапорной сети, перепады отметок водоисточника для реализации деривационных схем создания напоров, соответствие деривационных напоров шкале расходно-напорных характеристик планируемой дождевальной и поливной техники, небольшое удаление массива орошения от створов водоотведения из вышележащего участка реки и др.).

В результате оценки изучаемой территории по предложенным природно-хозяйственным показателям должна быть решена задача, заключающаяся в определении створа водозабора из источника орошения, в котором обеспечивается максимум соотношений создаваемых напоров на орошаемом участке $H_{\text{ст}i}$ и протяженностей необходимых для этого деривационных водоводов $L_{\text{ст}i}$ при соблюдении условия достаточности выделяемых инвестиций $K^{\text{инв}}$ стоимости строительно-монтажных работ по выбранному варианту водозабора $K(L^{opt})$ (рисунок 1):

определить
$$\frac{H^{opt}}{L^{opt}} = \max\left\{\frac{H_{\text{ст}1}}{L_{\text{ст}1}}, \frac{H_{\text{ст}2}}{L_{\text{ст}2}}, ..., \frac{H_{\text{ст}n}}{L_{\text{ст}n}}\right\}... \quad (3)$$

при
$$H^{opt} \geq H_0 + H_L + \Delta H_{oy}, \quad (4)$$

$$K(L^{opt}) \leq K^{\text{инв}}, \quad (5)$$

где H^{opt} – оптимальный создаваемый напор на орошаемом участке, м;

L^{opt} – оптимальная протяженность деривационных водоводов, м;

$H_{\text{ст}1}, H_{\text{ст}2},..., H_{\text{ст}n}$ – деривационные напоры за счет водоотведения в створах, м;

$L_{\text{ст}1}, L_{\text{ст}2},..., L_{\text{ст}n}$ – варианты протяженности деривационных водоводов от створов до входа в орошаемый участок, м;

H_0 – требуемый напор на входе в орошаемый участок, м;

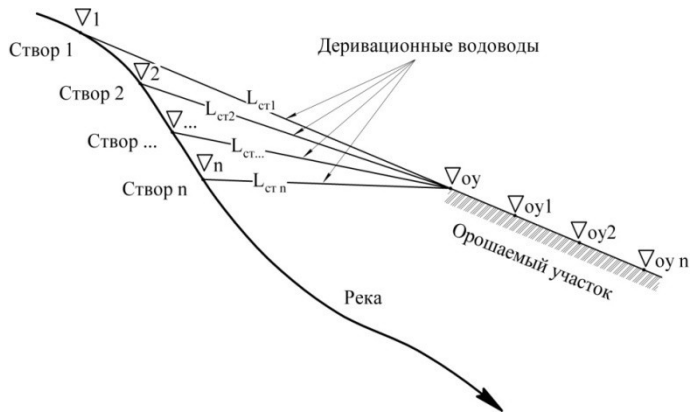
H_L – потери напора в деривационных водоводах $L_{\text{ст}i}$ (включая местные потери в задвижках, поворотах и т. д.), м;

ΔH_{oy} – потери напора от входа в орошаемый участок до самого удаленного гидранта, м;

$K(L^{opt})$ – стоимость строительства по выбранному варианту водозабора, руб.;

$K^{\text{инв}}$ – выделяемые инвестиции, руб.

Определенные по зависимостям (3)–(5) параметры являются узловыми параметрами схемы генплана оросительной системы. К их числу относятся: местоположение створа водоотведения, водность источника орошения, размещение, протяженность участка деривации, расходы воды по деривационному водоводу, деривационный напор на входе в орошаемый участок и др. Затем эти данные и результаты районирования используются при проектировании организации территории системы, выборе дождевальных машин и схем поливной сети, определяемых гидравлическими, прочностными и технико-экономическими расчетами. При этом орошаемые участки с уклонами поверхности 0,003–0,008 должны рассматриваться в качестве дополнительных (к создаваемым деривационным напорам) источников энергии, на которых проектируется самонапорная или комбинированная сеть [6, 7].



∇_1, ∇_2,…, ∇_n – отметки (геодезические высоты) створов реки; ∇_{oy} – отметка входа в орошаемый участок; ∇_{oy1}, ∇_{2oy},…, ∇_{oyn} – отметки поверхности орошаемого участка

Рисунок 1 – Схема определения напоров за счет водоотведения в вышерасположенных створах реки и уклона поверхности орошаемого участка

Рассмотренные способы создания напора путем водоотведения от вышерасположенных участков водоисточника и за счет естественного уклона поверхности самого орошаемого участка с учетом конкретных геоморфологических условий могут применяться раздельно или комбинированно. Перспективным представляется также использование разностей геодезических высот смежных объектов (главного русла, протоков, озер в пойме реки и др.) для устройства локальных энергоустановок и организации машинного водоподъема на орошаемые участки надпойменных террас.

Список использованных источников

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

2 Денисов, И. П. Основы использования водной энергии / И. П. Денисов. – М.: Энергия, 1974. – 270 с.

3 Гидроэнергетика: учеб. для вузов / В. И. Обрезков [и др.]; под ред. В. И. Обрезкова. – М.: Энергоиздат, 1981. – 608 с.

4 Бобохидзе, Ш. С. Гидравлическая автоматизация водораспределения на оросительных системах / Ш. С. Бобохидзе. – М.: Колос, 1973. – 248 с.

5 Гидроэлектрические станции: учеб. для вузов / Н. Н. Аршеневский [и др.]; под ред. Ф. Ф. Губина, Г. И. Кривченко. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980. – 368 с.

6 Салахов, Ф. С. Самонапорная система орошения дождеванием / Ф. С. Салахов, С. Х. Гусейн-Заде. – М.: Колос, 1964. – 128 с.

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

УДК 631.61

Л. Н. Медведева
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛИОРАЦИИ НА ГОРОДСКИХ ЗЕМЛЯХ

Целью исследования является использование опыта, накопленного в области научных знаний, по мелиорации на городских землях. Применение мелиоративных меро-

приятий на городских территориях позволит сохранить природные ландшафты, обеспечить благоприятную среду для жизни человека. В статье рассматривается вопрос состояния среды в промышленных средних городах, возможности применения технологий мелиорации для восстановления городских почв, сохранения растительности, формирования природных матриц по благоустройству. Обосновывается необходимость дальнейшей трансформации городских парков, с выделением в них зон, обеспечивающих оздоровительный и познавательный отдых горожан.

Ключевые слова: мелиорация, урболандшафт, городские почвы, защитные зоны, природные матрицы, парки.

Концептуальное понимание будущих городов в XXI веке исходит из того, что применение зеленых технологий станет повсеместным, направленным на снижение уровня потребления ресурсов и повышения эффективности их использования, технологические решения будут достаточно «дружественными» по отношению к окружающей среде. Зеленые технологии тесно связаны с глобальным трендом – переходом к новому типу экономики: ресурсоэффективному, безопасному для мировой экосистемы. С внедрением достижений научно-технического прогресса связывается и улучшение качества жизни человека, снижение рисков для здоровья. Сегодняшние зеленые технологии это пассивные экодома, автомобили на «чистом топливе», альтернативные источники энергии, «умные решения» в органах власти, восстановленные и введенные в оборот городские земли [1].

Программы ООН в сфере окружающей среды (UNEP) способствуют внедрению зеленых технологий, постепенной модернизации отсталых и вредных производств. С конца XX века Всемирная организация здравоохранения (далее – ВОЗ) начала регулярно проводить учебу по вопросам городского планирования и прогнозирования. В 2000 году было опубликовано научное издание «Планирование здоровых городов – руководство ВОЗ к планированию в интересах человека», которое было направлено на пропаганду идей здорового образа жизни и благосостояния человека, на «грамотное» использование и планирование имеющихся ресурсов. Сегодня в мире насчитывается более 150 моделей «умных» и «зеленых» городов, каждая из которых достаточно уникальна, но может тиражироваться на другие города [1].

Для большинства городов характерно проявление долгосрочных трендов: ухудшение состояния почв, водных ресурсов, снижение биоразнообразия флоры и фауны, снижение доступа человека к природной среде. Основу городского пейзажа составляет ландшафт. В научной литературе существует несколько подходов в определении понятия ландшафт. Однако в большинстве случаев к отличительным особенностям ландшафта относят его природное единство, целостность, структурность и взаимосвязь с географической оболочкой планеты. Важнейшие объективные процессы, протекающие в ландшафтах, такие, как: влагооборот, почвообразование, продуцирование биомассы, биогенный круговорот веществ – позволяют формировать различные типы ландшафтов.

К ландшафтнообразующим природным факторам, определяющим специфику развития городов, относят: географическое положение, климат, рельеф поверхности, геологическое строение, наличие водных ресурсов, состояние растительного и животного мира. Один и тот же природно-территориальный комплекс человек может использовать в разном назначении. Например, агроландшафты обеспечивают человечество продовольствием, урболандшафты – средой обитания. Природные ландшафты под воздействием человеческой деятельности становятся все более антропогенными. Возникновение антропогенных ландшафтов происходит по схеме: *природный территориальный комплекс → тип природопользования (территориальные и технологические антропогенные воздействия) → природно-антропогенный ландшафт → урболандшафт.* Урболандшафт – это городской ландшафт, сформировавшийся в результате градостроительного преобразования территории, характеризующийся однородной природной основой и определенным типом градостроительного использования [2].

Один из основных документов, использованных для выделения антропогенной составляющей урболандшафтов, – генеральный план развития города. Он является юридическим документом, определяющим условия проживания, соответствующие интересам всего населения города, функциональное зонирование, застройку территории, сохранение историко-культурного и природного наследия. Обустраивая ландшафты, человек повышает их потребительскую стоимость. Суммарная стоимость городского ландшафта может быть оценена следующим уравнением:

$$П_Д = \sum_{i=1}^{n} a_i П_i ,$$

где a_i – доля площади ландшафта, находящаяся в i-м пользовании;

$П_i$ – стоимость части ландшафта при i-м пользовании.

В больших городах она достаточно высокая, а в средних и особенно малых, с течением времени, уменьшением экономической деятельности населения, она значительно снижается и не обеспечивает развитие факторов, способствующих привлечению инвестиций, наступает стадия развития города, называемая «застой». К одним из сильных антропогенных нагрузок на городские ландшафты можно отнести деятельность промышленности и транспорта, а также проведение полномасштабных мероприятий по осушению или орошению земель, которые сопровождаются созданием новых водотоков в искусственных руслах, способных изменять режимы (воздушный, тепловой, пищевой, солевой), а также состояние почв. Первый закон в сфере мелиорации земель был принят в России в начале XX века и устанавливал «правила устройства канав и других водопроводных сооружений на землях для осушительных, оросительных и обводнительных целей» [3].

В настоящее время под мелиорацией понимается коренное улучшение земель путем проведения гидротехнических, агротехнических, культурнотехнических, агролесомелиоративных, химических и противоэрозионных мероприятий, нацеленных на повышение продуктивности и устойчивости земледелия (ФЗ № 4 от 10 января 1996 г. «О мелиорации земель») [4–6].

Интенсивные исследования в области мелиорации земель продолжают вести научные школы под руководством российских ученых: Н. Н. Дубенка, И. П. Кружилина, М. С. Григорова, В. Н. Щедрина. В научных трудах они приводят убедительные доказательства того, что мелиорация, в отличие от временных мероприятий, приводит к достаточно устойчивому длительному изменению природных условий, сохраняющихся десятки и сотни лет. Научная дискуссия о том, какие земли и территории должны входить в «круг научных интересов» мелиоративной науки, продолжается и до сих пор. Поскольку мелиорацию принято считать сильным преобразующим фактором, «приводящим к коренному изменению природных условий», то ее обычно связывают с сельскохозяйственной деятельностью, с повышением эффективности использования орошаемых земель. В настоящее время практически не осталось земель, нуждающихся в мелиорации, как правило, каждый земельный участок требует нескольких видов мелиорации. Выбор оптимального способа или сочетаний различных видов мелиорации представляет собой сложную многовариантную агроэколого-экономическую проблему [5, 6].

Постоянно увеличивающиеся площади урболандшафтов ставят задачу распространения теоретических и практических знаний в области мелиорации на городские территории. Знания в области мелиорации, перенесенные на городские ландшафты, способны решать задачи в области использования и охраны земель, оптимальной эксплуатации водных ресурсов, восстановления и сохранения почвенного покрова, растительности.

Мелиорация городских земель – это «система организационно-хозяйственных и экономико-технологических мероприятий, имеющих целью улучшение состояния урболандшафта, путем надлежащего регулирования его водного, почвенного, воздушного, теплового режимов, создания благоприятных условий для сохранения и развития растительности и животных» [2].

Научно-практические исследования в области мелиорации городских земель должны исходить из устоявшихся правил: все связано со всем; все должно перерабатываться; ничего не дается даром. В настоящее время на плотно застроенных асфальтобетонных территориях городов в сильноизмененном виде протекают процессы, связанные с водными ресурсами, с изменением режимов функционирования водосборных бассейнов. В сток скрытых в земле водотоков попадают атмосферные осадки, воды из поврежденных подземных коммуникаций, стоки от предприятий и после уборки улиц. Асфальтовое покрытие, препятствуя испарению влаги, создает благоприятные условия для накопления техногенных илов, которые уменьшают пропускную способность подземных потоков, а в отсутствие кислорода и солнечной радиации, не позволяют воде самоочищаться. Увеличивающиеся аварии на объектах ЖКХ повышают агрессивность «сложившихся подземных биоценозов», ведут к дальнейшему износу городских коммуникаций, росту тарифов на них. В городских почвах постоянно увеличивается содержание нефтепродуктов, соединений железа и меди, органических веществ.

Результаты исследований, проводимых в г. Волжском (Волгоградская область), показали, что состояние воздушного бассейна промышленного города является достаточно сложным. Ежегодно из-за выбросов промышленных предприятий фиксируются максимальные концентрации диоксида азота – 5 ПДК, формальдегида – 4 ПДК. Постоянно превышается порог максимально допустимых концентраций оксида углерода в воздухе. В городе для защиты жилой зоны от влияния промышленных выбросов в 50-х годах XX века была создана сеть санитарно-защитных полос (зеленых посадок), которая сыграла положительную роль в обеспечении микроклимата. Результаты исследований водно-физических, агрохимических, агромелиоративных свойств почв вокруг крупнейших предприятий города: «Волжский Оргсинтез», «Волжский абразивный завод», «Волжский трубный завод», «Волжский подшипниковый завод» – показали, что в слое почвы до 20 см содержание отдельных микроэлементов повышено по сравнению с кларком от 0,28 до 3,10 раз, а из микроэлементов, относящихся к классу тяжелых металлов, особенно высокие показатели по меди, обеспеченность растений в слое почвы 0–100 см азотом гидролизуемых соединений очень низкая, усвояемым фосфором – средняя, калием обменным – высокая. Было установлено, что состояние растений в г. Волжском зависит от глубины залегания солевых горизонтов, именно они определяют долговечность растений и их видовой состав. По рекомендациям ВНИАЛМИ, для озеленения города в настоящее время применяются различные виды, клоны и гибриды тополей, клен ясенелистный, вяз мелколистный, ясень обыкновенный, береза бородавчатая, а из кустарников: акация белая, жимолость татарская, тамариск ветвистый, облепиха. Данные древесно-кустарниковые породы характеризуются также высокой устойчивостью к оксиду серы, азота и углерода, они существенно улучшают санитарно-гигиеническую, рекреационную обстановку: регулируют влажность воздуха, тепловой режим; снижают вредное воздействие шумов на человека [7].

Использование зеленых насаждений вокруг промышленных предприятий с целью очищения воздушного бассейна должно включаться в планы развития города для обеспечения благоприятных условий для жизни населения. Приведенные данные показывают, что измененные в городских условиях ландшафты становятся местами интенсификации процессов, которые должны входить в круг научных интересов мелиоративной науки [3, 6].

В естественных ландшафтах достигается равновесие между почвами и растительностью, а постоянный обмен веществом и энергией между растениями и почвами, высокий темп биологического круговорота приводят к тому, что первичная растительность вовлекает в него значительно большее количество веществ, чем культурная. Мелиорация городских земель, создавая оптимальные условия для развития растительности, может обеспечить оптимальный биологический круговорот энергии и веществ,

а также создать условия для экологического дизайна, который будет являть собой сочетание природной среды, традиций и обычаев живущих здесь людей. В городах выделяют три категории озелененных территорий, каждая из которых имеет свои особенности: территории общего пользования, используемые всем населением (парки, скверы, бульвары); территории ограниченного пользования – это территории в пределах жилой и промышленной застройки; территории специального назначения – санитарно-защитные, водоохранные, защитно-мелиоративные зоны.

В мировой практике считается непременным условием для сохранения экологической комфортности на застроенных территориях использование не менее 10 % площади для размещения газонов и древесной растительности. Большинство крупных городов Поволжья не отвечают российским нормам озеленения – 25 м^2 на человека. В Волгограде приходится – 10,8 м^2 на человека, в Нижнем Новгороде – 13,8 м^2/чел., в Астрахани – 5,8 м^2/чел. В Волгограде ые насаждения занимают лишь 12,4 тыс. га городской площади. Древесно-кустарниковые посадки в основном выполнены в 50–70-х годах XX века, их предельный продуктивный возраст, составляющий 25–30 лет, близок к критической границе жизни. Большинство городов перегружены жилой застройкой, промышленностью, транспортом, и их дальнейшее развитие идет за счет сокращения природной зоны. Одна из проблем озеленения городов – стоимость содержания зеленого фонда, которая составляет более 2500 руб. за м^2, что достаточно обременительно для местных бюджетов. Европейские власти, с целью экономии бюджетных средств, все больше используют растения, мало потребляющие влагу – декоративные злаки.

Среди биоэкологических особенностей видов злаков, которые могут представлять интерес при озеленении городов, их способность существовать длительное время без постоянного «присутствия человека», без проведения агротехнологических работ [8]. Злаки можно использовать при оформлении парков, альпинариев, рокариев и цветников. Среднерослые злаки, высота которых варьируется в диапазоне 50–100 см, могут использоваться для оформления многоярусных цветников; высокорослые виды злаков, высота которых от 1 м и выше, могут применяться для создания фона в многоуровневых растительных композициях скверов и парков. Определенный интерес для оформления городов имеют представители семейства мятликовых, которые произрастают на Юге России: *Festuca spp.* L., *Bouteloua spp.* Lag., *Leymus spp.* Hochst., *Stipa spp.* L., *Holcus spp.* L., *Briza spp.* L., *Lolium perenne* L., *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, *Corynephorus canescens* (L.) P. Beauv., *Agrostis stolonifera* L., *Melica ciliata* L., *Hystrix patula* Moench, *Arrhenatherum elatius* (L.) J. ex C. Presl., *Milium effusum* L., *Diarrhena americana* P. Beauv.

Одна из важных форм природного дизайна в городе – парки, которые должны размещаться в радиусе 2–3 км от жилых застроек. В большинстве средних городов Юга России многие парки не отвечают предъявляемым требованиям: низкий видовой состав, отсутствие газонов и цветников. Современные парки должны иметь функциональные зоны, их площадь и соотношение обязаны соответствовать предпочтениям горожан. В них необходимо присутствие растений местной флоры и фауны, наличие «зеленых маршрутов», создание зоны отдыха и игр для детей, массовых мероприятий, спортивно-оздоровительной инфраструктуры. Планировочная структура парка должна обеспечивать удобный и познавательный отдых для разных категорий граждан [9].

В 2016 году исполнилось пятьдесят лет знаменательному событию в истории мелиорации – майскому (1966 г.) Пленуму ЦК КПСС и выходу Постановления ЦК КПСС и Совмина СССР «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур». На достаточно продолжительный период времени мелиорация земель вошла в важнейшие направления развития страны. Наряду с водными мелиорациями, интенсивно практиковались лесомелиоративные, технические, химические, биологические и др. [10].

Достижения мелиоративной науки в преобразовании агроландшафтов должны применяться на других объектах народного хозяйства, например, в развитии и восстановлении городских территорий. С каждым годом городское население страны увеличивается: сегодня в городах проживает более 70 % населения; занимаемая ими площадь составляет – 18,9 млн га, что сопоставимо с площадью Великобритании (24,4 млн га).

Состояние большинства городских земель, составляющих около 0,46 % всех земель страны, требует постоянного мониторинга, решение задач по сохранению природного ландшафта и почвенного покрова, пострадавшего от деятельности промышленности и транспорта. Интенсивная и разносторонняя деятельность человека зачастую приводит к необратимому изменению окружающей природной среды, всей городской экосистемы, вплоть до существенных изменений климата на планетарном уровне. Учитывая значимость и обширность проблемы дальнейшего развития городов, усиления воздействия промышленности и транспорта, применение знаний науки мелиорации на площадке рационального природопользования урболандшафтов вполне оправданно и актуально.

Список использованных источников

1 Медведева, Л. Н. Развитие модели «зеленых городов» на базе средних промышленно развитых городов в XXI веке: мировой опыт и уроки для России / Л. Н. Медведева // Научный журнал «Известия ВолгГТУ. Серия: «Актуальные проблемы реформирования российской экономики (теория, практика, перспективы)». – 2015. – № 9(169). – С. 14–20.

2 Медведева, Л. Н. Мелиорация городских и сельских территорий: новый взгляд или забытое старое / Л. Н. Медведева // Материалы докладов науч.-практ. интернет-конф. «Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития», посвященная 50-летию масштабной программы развития мелиорации земель, 26 августа 2016 г. / ФГБНУ «ВНИИОЗ». – Волгоград: «Крутон», 2016. – С. 300–310.

3 Маслов, Б. С. История мелиорации в России: в 3 т. / Б. С. Маслов, А. В. Колганов, Г. Г. Гулюк, Е. П. Гусенков. – М., 2002. – Т. 1. – С. 415.

4 О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы»: Постановление Правительства РФ от 12 октября 2013 г. № 922: по состоянию на 15 января 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:mcx.ru/documents/document/v7_show/33454..htm, 2017.

5 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:base.garant.ru/10108787/, 2017.

6 Щедрин, В. Н. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов. – В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 657 с.

7 Защитите лесные насаждения на крайнем юго-востоке / Н. Ф. Кулик [и др.] // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1974. – № 6. – С. 79–90.

8 Кругляк, В. В. Адаптивные системы озеленения в парковых комплексах Белгородской области / В. В. Кругляк, А. В. Царегородцев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2(33). – С. 318–324.

9 Сизов, Ю. И. Зеленые сельские поселения – курс на новое качество жизни / Ю. И. Сизов, Л. Н. Медведева, А. С. Плотников // Научные труды ВЭО: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. «Развитие агропромышленного комплекса». – М., 2016. – № 199. – С. 445–464.

10 Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Колганов, Н. В. Сухой, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.

УДК 621.67, 626.836

О. Я. Гловацкий
Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан
Д. О. Драпун, А. Б. Сапаров
Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

НОВАЯ НАСОСНАЯ ТЕХНИКА В ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Целью исследований является научное обоснование применения в оросительных системах капсульных погружных моноблочных насосов. Агрегатами такого типа (ОПВ 19000-15) была оборудована насосная станция № 7 бис на Каршинском магистральном канале. В статье содержатся значения, подлежащие контролю и учету на стадии эксплуатации при оценке уровня безопасности насосных станций (НС), рассматриваются также вопросы обслуживания и техническая диагностика описанных насосов, для обеспечения надежности эксплуатации крайних агрегатов, дается оценка качественных и количественных изменений их режимов. Использование новых конструкций насосно-силового оборудования дает значительную экономию. Опыт промышленной эксплуатации первых в СНГ крупных погружных электронасосов показал, что при некоторой доводке и усилении конструкции подшипниковых узлов и двигателя они очень удобны и экономичны.

Ключевые слова: насосные станции, насосные агрегаты с капсульными электронасосами, диагностический признак спектра вибрации.

Оросительные системы представляют комплекс гидротехнических и вспомогательных сооружений, размещенных на определенной территории с целью создания благоприятных условий для выращивания высоких урожаев путем обеспечения хозяйств поливной водой и в необходимых случаях рассоления орошаемых земель. В составе систем основные сооружения предназначены для забора воды из источника, транспортировке и распределению ее между водопользователями и поливными участками. В условиях Узбекистана на половине территории орошаемых земель используется насосная техника.

Оросительные системы подразделяют по ряду признаков на типы, группы, категории. Так, например, по сельскохозяйственной направленности – хлопковые, рисовые, плодоовощные и зерновые; по способу водозабора – самотечные и с машинным водоподъемом; по мощности – крупные (с головным водозабором $Q > 100$ м^3/с), средние ($Q = 50$–100 м^3/с), мелкие ($Q < 50$ м^3/с); по числу обслуживающих хозяйств – внутрихозяйственные и межхозяйственные.

Приведенным выше классификациям присущ общий недостаток – отсутствие ряда характеристик сооружений. Учет таких показателей, как объемы машинного водоподъема, геометрические формы и параметры сооружений, высотные и плановые расположения, необходим для обоснованного решения вопросов модернизации объектов [1].

Использование здания станции позволяет применять компоновку лишь для заглубленных насосных станций (НС), более приемлемым оказывается решение, при котором напорный коллектор с насосными агрегатами примыкает к источнику водоснабжения. Скорость движения воды в трубопроводах принимают: 1–1,5 м/с для труб диаметром до 250 мм; 1,2–2 м/с для труб диаметром от 300 до 800 мм; 1,8–3 м/с для труб диаметром более 800 мм. Для уменьшения гидравлических потерь скорость движения в трубопроводах должна быть не более 1,5 м/с. Однако для снижения диаметра задвижек, диаметр трубопроводов уменьшают, увеличивая скорость до 3 м/с.

При выборе расчетных скоростей в региональных условиях при содержании в воде взвешенных наносов может оказаться экономически целесообразным увеличение диаметра трубопроводов. При этом в целях водосбережения следует уменьшить скорость течения воды от патрубка насоса до внешнего напорного трубопровода.

Обычно трудно определить, какой объем повреждений имеет чисто кавитационное происхождение и какой вызван другими процессами, например, истиранием наносами, так как эти явления сопровождают и дополняют друг друга. Практика показывает, что износ, связываемый с воздействием наносов, происходит в тех же местах проточной части НС, что и при кавитации. Эти места, как правило, обусловлены конструкцией, профилем, неровностями, вихреобразованием и местным изменением скорости и направления потока.

Снижение кавитационных воздействий на проточную часть можно обеспечить строгим соблюдением оптимальных режимов работы и модернизацией агрегата [2].

Зарубежными специалистами причины повышенных потерь воды, аварий гидросооружений классифицируются следующим образом: неустойчивость основания трубопроводов – 40 %, переполнение сопрягающих сооружений из-за недостаточной пропускной способности водосбросов – 23 %, недостаточная прочность конструктивных элементов напорных трубопроводов – 12 %, неравномерные осадки – 10 %. Аварии при землетрясениях составляют всего 1 % всех случаев.

В ряде стран организованы специальные службы контроля за работой противофильтрационных конструкций напорной части НС.

Внедрение новой насосной техники орошения и дренажа изменит существующее типоразмерное использование и распределение сети. Произойдет это главным образом за счет замены открытых каналов напорными трубопроводами и лотками, а также открытых дрен – закрытыми. В творческом техническом сотрудничестве НИИИВП с научно-производственными и эксплуатационными организациями решен ряд проблем, которые в значительной степени повысили возможность использования открытых НС, повысили сроки эксплуатации насосов.

Одним из перспективных направлений в области машинного водоподъема в мелиорации является применение погружных моноблочных насосов, получивших название капсульных. Агрегатами такого типа (ОПВ 19000-15) была оборудована насосная станция № 7 бис на Каршинском магистральном канале. Основное ее назначение – подача воды в Талимарджанское водохранилище (проектный объем 1,6 млрд м^3). Всего на станции было смонтировано девять насосов в открытом исполнении на катках. Каждый из них обеспечивает подачу 5,2 м^3/с, при напоре до 15 м. Потребляемая мощность агрегата – 940 кВт, частота вращения – 485 мин$^{-1}$, КПД – 80 %. По подаче один такой агрегат равен подаче 6 плавучих агрегатов НАП-1,1 с насосами Д2500-17. При этом стоимость одного электронасоса составляет в 9,5 раз меньше 6 агрегатов НАП-1,1.

Насосы ОПВ 19000-15 были установлены непосредственно на откосах канала без устройства расширяющейся аванкамеры, по аналогии с мелкими капсульными электронасосами, широко применяемыми в отечественной и зарубежной практике. В процессе их эксплуатации выявлены недостатки, связанные с возникновением обратного течения и водоворотных воронок. Причем водоворотные воронки с периодическим (через 2–3 мин) подсосом воздуха в проточную часть насоса наиболее часто образовывались перед крайними агрегатами. В течение первых месяцев эксплуатации по этой причине произошло несколько аварийных остановок насоса с разрушением подшипниковых узлов, что, в свою очередь, привело к нарушению зазоров между ротором и статором электродвигателя (АНСК16-60-12), повышению температуры активного железа, оплавлению обмоток и выходу двигателя из строя. Нами установлена тесная взаимосвязь между гидравлическим режимом на входе в насос и эксплуатационными характеристиками их работы.

Отмечено, что резкое повышение температуры обычно совпадает по времени с увеличением интенсивности воронкообразования, приводящего к вибрации насосов. При этом упорный роликовый подшипник, воспринимающий осевую нагрузку от реакции напорного столба воды и массу вращающихся деталей, не выдерживает дополни-

тельных вибрационных усилий и переходит в режим «волочения», что приводит к нарушению установленных зазоров между вращающимися частями агрегата.

Неравномерность воздушного зазора между ротором и статором приводит к постепенному увеличению температуры до 100–115 °С. После появления механического контакта температура скачкообразно повышается до 120 °С и агрегат выходит из строя. Для улучшения гидравлического режима работы насосов в водоприемнике *1* на крайнем агрегате № 9, находящемся в наиболее неблагоприятных условиях, перед направляющим аппаратом *2* был смонтирован развитый вход *3* с боковыми направляющими стенками *4* (рисунок 1). Это позволило уменьшить скорость на входе в капсульный насос (с 1,00 до 0,76 м/с) и предотвратить подсос воздуха в проточную часть насоса.

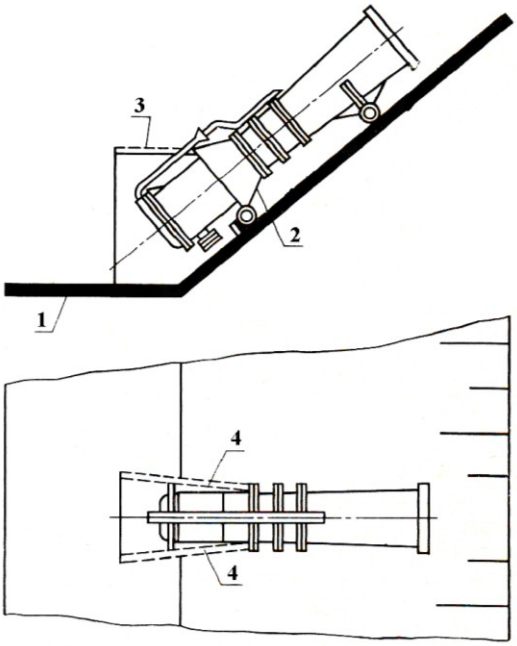


Рисунок 1 – Насос ОПВ 19000-15 с развитым входом

Внедрение развитого входа перед насосом № 8 также позволило устранить вихреобразования перед водоприемником и ликвидировать водоворотные воронки с периодическим подсосом воздуха, резко снизить вибрацию насосов. Анализ вибрационных характеристик агрегатов показывает, что после монтажа развитого входа на крайних насосах вибрация в горизонтальной плоскости уменьшилась примерно в 15–20 раз, а в вертикальной – в 20–40 раз, хотя абсолютная величина вертикальной вибрации меньше, чем горизонтальной, примерно в 3 раза. Результаты измерения вибрации насоса (на отметке корпуса, соответствующей уровню воды в аванкамере) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Вибрация насосных агрегатов ОПВ 19000-15 до и после монтажа развитого входа перед насосами

№ агрегатов	Вибрация (мкм)		Условия замера
	До монтажа в момент подсоса воздуха	После монтажа	
1	2	3	4
Вертикальная			
9	810–860	21–27	Замеры производились при одинаковых мощностях агрегатов и уровнях воды в водоприемнике (УВВ)
8	680–790	21–24	
4	210–240	16–21	
3	220–260	18–23	
2	450–460	20–24	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Горизонтальная			
9	1300–1450	67–72	
8	1100–1300	59–62	
4	480–650	38–41	
3	710–790	52–55	
2	890–1100	57–61	

В инструкцию по эксплуатации ТО 06-07-231-75 необходимо, на наш взгляд, включить руководство по температурному контролю работы агрегата и конструктивные чертежи развитого входа. Следует отметить, что гидравлические условия подвода воды к погружным насосам должны полностью отвечать требованиям, предъявляемым к водозабору насосных агрегатов из аванкамеры. В проектах НС с погружными насосами необходимо, по возможности, снижать высоту подъема воды и потери напора. Снижение напора может быть достигнуто, например, за счет оборудования сифонных водовыпусков надежно действующими гидравлическими устройствами срыва вакуума, модернизации водоподводящих сооружений и других мероприятий.

Возможно применение новых модернизированных насосов на НС «Каратерен», которая располагается на территории Тахтакупирского района Республики Каракалпакстан в 35 км от райцентра Тахтакупир. НС эксплуатируется с 1983 г. и входит в состав Каракалпакского Управления насосных станций Куйи-Амударьинского бассейнового управления ирригационных систем. НС мелиоративная и предназначена для обеспечения переброски дренажных вод из озера Каратерен по отводящему коллектору КС-5 в Аральское море. Комплекс сооружений НС, включающий две ступени подъема (НС-1 и НС-2), оборудованные капсульными насосами ОПВ 19000-15 (по четыре на каждой НС), направлен на улучшение мелиоративного состояния засоленных земель Тахтакупирского района.

Выводы.

1 Применение крупных погружных насосов на НС мелиоративных системах при условии их широкого внедрения может принести значительный экономический эффект.

2 При разработке типовых проектов оросительных НС с капсульными насосами необходимо учесть положительный опыт улучшения гидравлических условий работы подобных насосов по методикам авторов.

Список использованных источников

1 Гловацкий, О. Я. Некоторые правовые и экономические аспекты повышения надежности и безопасности эксплуатации оросительных насосных станций / О. Я. Гловацкий, Ф. А. Бекчанов, Р. Р. Эргашев // Центрально-Азиатская международная научно-практическая конференция. – Ташкент – Алматы, 2012. – С. 117–120.

2 Гловацкий, О. Я. Новые критериальные модули оценки технического состояния насосов / О. Я. Гловацкий, Р. Р. Эргашев, Ш. Р. Рустамов // Материалы республиканской научно-практической конференции. – Ташкент, 2012. – С. 77–81.

УДК 634.93:581.522.4

О. В. Рулева, Н. Н. Овечко
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

ЗНАЧЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЯ ОРОШАЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Целью исследований являлось выявление роли лесных полос при формировании урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, закономерностей

и основных этапов, влияющих на развитие урожая. Исследования проводились в течение пяти лет на облесенных землях в южной части сухостепной зоны Кисловской и Заволжской оросительных систем Николаевского района Волгоградской области. Установлена линейная зависимость урожайности зерна от фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза в межполосном пространстве. Построена прогностическая модель зависимости массы 1000 зерен от расстояния до лесных полос. Проведенный анализ дает возможность прогнозировать развитие сельскохозяйственных культур независимо от условий года и гибридных особенностей.

Ключевые слова: лесные полосы, урожайность, чистая продуктивность фотосинтеза, фотосинтетический потенциал, масса 1000 зерен.

История становления и развития мелиоративной науки в России началась в конце XIX века, тогда же в сельском хозяйстве начинают использовать лесные насаждения для повышения урожайности. Необходимо отметить ученых, занимавшихся вопросами влияния полезащитных лесных полос на урожайность сельскохозяйственных культур и получивших ценные выводы в этой области. Первые сведения принадлежат В. Я. Ломиковскому [1]. В 1886 г. А. А. Де Карьер в селе Каменоватка бывшей Херсонской губернии на посевах под полосами получал прибавки до 25–30 % [2]. В Заволжье урожайностью как одной из составляющих проблемы продуктивности занимались Б. В. Карузин, В. А. Бодров, Я. Д. Панфилов. А. Р. Константинов, Л. Р. Струзер, Б. В. Лабазников. Во Всероссийском научно-исследовательском институте агролесомелиорации (ВНИАЛМИ) проблему продуктивности решали А. М. Бялый, Ф. М. Касьянов, В. В. Захаров, В. М. Кретинин, З. М. Селянина, Г. Д. Фомичев, М. М. Лазарев. Вопросов продуктивности на орошаемых землях в своей работе касались А. М. Степанов, Н. Ю. Годунова, А. Г. Ломакин, уделяя внимание урожаю и его прибавкам и не затрагивая пространственных закономерностей развития сельскохозяйственных культур.

Ведение поливного хозяйства показывает, что одно орошение, без лесных насаждений, устраняет лишь почвенную засуху и не полностью защищает сельскохозяйственные культуры от гибели, вызываемой атмосферной засухой.

Положительная роль лесных полос, созданных на орошаемых полях и вдоль каналов, заключается в следующем: уменьшение скорости ветра на 30–50 %, испарения с почвы и испаряемости с водной поверхности на 20–30 %; повышение влажности воздуха на 2–6 %; снижение температуры воздуха летом на поле на 0,5–1,5 °С и почвы на 0,5–2,5 °С, испарения воды с водной струи при дождевании на 13 %; обеспечение поступления воды за счет дополнительного снегоотложения в слой почвы 50–100 мм; понижение уровня грунтовых вод в степной зоне на 20–30 см и сухой степи – на 50–100 см; увеличение содержания гумуса в почве на 4–13 т/га и повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 20–40 % [3]. Урожайность культур при орошении в 2–3 раза выше, чем без орошения, но колебания урожая не исключаются, особенно в засушливые годы с проявлением суховеев.

Величина урожайности зерновых культур не дает ответа на вопрос, все ли потенциальные возможности растения были использованы при его формировании. Чтобы получить ответ, надо знать, как происходит формирование урожайности в течение вегетации растений под влиянием среды. Основа методов оценки – структурный анализ урожая.

Исследования нами проводились в течение 5 лет на облесенных землях в южной части сухостепной зоны Кисловской и Заволжской оросительных систем Николаевского района Волгоградской области. Лесные полосы в Заволжье 1973–1976 гг. посадки двухрядные, ажурной конструкции из тополя гибридного и вяза приземистого, высотой 15–25 м. Ветропроницаемость в облиственном состоянии 40–50 %. Ширина межполосных полей 450–800 м. Полив осуществлялся дождевальными агрегатами «Волжанка», «Фрегат» и ДДА-100М из открытых оросителей в более ранние периоды исследования.

Облесенность пашни 2,5–3 %. Почвы среднесуглинистые. В ООО «Лидер» лесные полосы 1985–1989 гг. посадки, 2–3 рядные. Размещены по границам полей севооборотов с учетом ширины захвата дождевальных машин «Волжанка». Забор воды осуществлялся из трубопровода. Почвы среднесуглинистые. Высота лесных полос 15–25 м. Межполосное расстояние 450–840 м. Объектом исследования являлась кукуруза, отличающаяся биологическим временем развития (позднеспелая и среднеспелая) и гибридными формами: ВИР-156 ТВ (первый год), VC-183 (второй год), Днепровский 98 МВ (третий год), «Элора» (четвертый и пятый года). Точки отбора образцов урожая располагались перпендикулярно основным ветроударным лесным полосам по трансекте, на расстояниях кратных высоте лесной полосы (2,5; 5; 10; 15; 20 Н). За контроль было взято расстояние, превышающее 20 высот лесной полосы. Определение структуры урожая проводилось по общепринятой методике Госсортиспытания.

Урожайность зерна в среднем под защитой лесных полос была на 34 % больше по сравнению с контролем (таблица 1). Урожайность зерна складывается из массы зерна с одного растения и количества растений на одном гектаре, выраженном в центнерах. В показателях структуры урожайности на разном удалении от лесной полосы четких закономерностей нет. Это отмечалось и ранее в работах Б. В. Лабазникова [4], А. М. Степанова [5], Н. Ю. Годуновой [6], О. В. Рулевой [7]. Очевидно, это связано с пестротой почвенного профиля на межполосном пространстве, организационно-техническими факторами в процессе формирования урожая.

Таблица 1 – Урожайность зерна кукурузы по годам наблюдений

Расстояние до лесных полос, Н	Урожайность, ц/га				
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
2,5	87,5	83,6	172,6	98,9	136,1
5	66,8	88,1	85,8	98,1	118,9
10	70,0	67,2	100,7	131,3	–
15	75,8	75,7	108,2	104,9	136,0
20	67,7	73,1	95,3	117,6	–
Средневзвешенная	72,6	75,5	112,7	113,1	131,8
Контроль	78,2	64,0	–	60,5	94,0

Первый год отличался от других по урожайности. Условия для развития растений под защитой лесополос были неблагоприятные: небольшое количество осадков (30 мм за весенний период) при невыдержанной норме полива сказались и на урожае. Урожайность на контроле превышала средневзвешенную под защитой полос на 6 ц/га, хотя на расстоянии 2,5 Н масса зерна с одного растения и урожайность в целом на 9 ц была больше, чем вне влияния полос. Разницы в количестве початков не было (таблица 2). Масса початка под защитой лесных полос была также меньше, что и дало более высокие показатели урожайности на контроле.

Таблица 2 – Среднее количество початков в штуках (*N*) и масса одного початка в граммах (*m*) на одно растение

Расстояние до лесных полос, Н	1 год		2 год		3 год		4 год		5 год	
	N	*m*	*N*	*m*	*N*	*m*	*N*	*m*	*N*	*m*
2,5	1,0	169,0	1,0	165,3	1,5	365,5	1,8	230,1	1,0	292,3
5	1,1	122,5	1,0	190,7	1,2	183,0	1,2	223,3	1,0	263,9
10	1,4	145,7	1,1	129,6	1,0	214,5	1,6	319,1	–	–
15	1,1	165,3	1,0	156,1	1,0	224,0	1,4	263,3	1,0	273,4
20	1,4	144,6	1,0	152,1	1,4	208,0	1,4	294,0	–	–
Средневзвешенная	1,2	150,3	1,0	154,0	1,2	230,2	1,5	275,8	1,0	275,7
Контроль	1,2	169,8	1,0	134,7	–	–	1,0	141,6	1,0	192,4

Во второй и третий годы прибавка под защитой лесных полос составила 18 %, соответственно по годам 11 и 17 ц/га. Прибавка урожая складывалась за счет большей массы зерна с одного растения при равном количестве початков на контроле во втором году. А в третьем – за счет большего количества под защитой лесных полос (1,2 шт. – на контроле 1,0 шт.) и меньшей массе початка. В четвертом и пятом годах разница урожайности в контроле и под защитой лесополос составляет 87 и 40 % соответственно. Как отмечалось ранее, контроль в четвертом и пятом годах был взят на необлесенной территории, и влияние факторов, сглаживающихся действием лесных полос, здесь проявилось более четко и отразилось на урожае. В четвертом году все показатели структуры урожайности: масса початка, количество початков – были выше под защитой лесных полос. Так, масса зерна варьировала с 63 % на 2,5 Н до 87 % в целом на всех растениях, что составило прибавку под защитой лесополос 52,6 ц/га.

Пятый год отличался от предыдущих лет обилием осадков летом и засушливым маем. Разницы по количеству початков под защитой лесных полос и на контроле не выявлено. Но по остальным показателям: масса початков, масса зерна с одного растения, прибавка урожая под защитой полос составила 45–26 % соответственно по высотам, что дало средневзвешенную урожайность зерна под защитой полос 131,8 и 94 ц/га на контроле.

Чистая продуктивность фотосинтеза и площадь листовой поверхности – важнейшие слагаемые фотосинтетической деятельности растений. Чистая продуктивность фотосинтеза ($Ф_{ч.пр.}$) определяется делением урожайности зерна на фотосинтетический потенциал посева и измеряется в граммах на м^2 за период вегетации растений (г/м^2·дней). Из таблицы 3 следует, что показатели чистой продуктивности фотосинтеза варьировали по годам и на расстояния от ЛП.

Таблица 3 – Чистая продуктивность фотосинтеза

В г/м^2·дней

Расстояние до лесных полос, Н	Год наблюдений					Средняя многолетняя
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	
2,5	4,2	7,0	10,2	4,3	6,2	6,4
5	4,2	6,3	4,5	4,5	6,6	5,2
10	3,9	5,2	6,7	6,6	–	5,6
15	4,2	7,6	7,2	4,8	7,2	6,2
20	4,0	4,9	6,4	5,6	–	5,3
Средневзвешенная	4,1	6,1	7,1	5,1	6,8	5,7
Контроль	5,2	4,9	–	4,0	6,3	5,1

Фотосинтетическая деятельность посевов определяется четырьмя лимитирующими факторами: приходом радиации, тепловым, водным режимами и относительной площадью листьев [8]. При анализе чистой продуктивности фотосинтеза по годам и на расстоянии от ЛП к этим факторам добавляется урожайность зерна, которая также отличается на разных расстояниях, кроме того, сортовые особенности гибридов кукурузы и организационно-технические трудности. Но все-таки удалось выявить общую тенденцию в изменении чистой продуктивности фотосинтеза. По словам В. А. Кумакова, «признавая перспективность агротехнических средств регулирования условий фотосинтетической деятельности, мы считаем, что и в селекции нужно искать пути повышения чистой продуктивности фотосинтеза через улучшение снабжение фотосинтетических органов водой, минеральной пищей, светом и углекислым газом» [9, с. 23]. Это нашло подтверждение в наших исследованиях. Так, у кукурузы ВИР-156 ТВ в первый год и Днепровской 98 МВ во второй средневзвешенная урожайность под защитой полос $Ф_{ч.пр.}$ ниже в 1,3 и 1,2 раза соответственно. А по зерновой элитной кукурузе этот показатель выше во второй год в 1,2 раза для Югославского гибрида VC-183; в четвер-

тый год в 1,3 раза; в пятый год в 1,1 раза для Американского гибрида «Элора». То есть условия микроклимата под влиянием ЗЛН при оптимальных условиях выращивания кукурузы сказываются на повышенном выходе биомассы или зерна в зависимости от селекционной направленности возделываемого сорта или гибрида.

Фотосинтетический потенциал – один из важнейших показателей, с которыми размеры урожайности коррелируют наиболее тесно. Анализом многолетнего материала по структуре урожая выявлена линейная связь урожайности зерна с фотосинтетическим потенциалом. Коэффициент корреляции составил 0,85. Аналитически эту зависимость можно описать уравнением:

$$У_З = -46{,}04 + 82{,}2 \cdot Ф_П,$$

где $У_З$ – урожайность зерна, ц/га;

$Ф_П$ – фотосинтетический потенциал посева, млн м^2·дней.

Урожайность зерна ($У_З$) с чистой продуктивностью фотосинтеза ($Ф_{ч.пр.}$) связана линейной зависимостью с коэффициентом корреляции $R = 0{,}90$, а уравнение имеет вид:

$$У_З = -35{,}58 + 22{,}95 \cdot Ф_{ч.пр.}.$$

Чистая продуктивность фотосинтеза – неустойчивый показатель. Но нами была выявлена связь: урожайность зерна и фотосинтетический потенциал – интегральные показатели, линейно связанные между собой. Кроме того, фотосинтетический потенциал посева в пространстве (под влиянием ЗЛН) описывается экспонентой [10], следовательно, можно предположить, что и другие показатели структуры урожайности в системе лесных полос взаимосвязаны и изменяются по экспоненциальному закону.

Такая связь нами выявлена по массе 1000 зерен. Масса зерна формируется в фазу созревания, но на его развитие влияют условия всего периода вегетации – онтогенеза. Поэтому масса зерен и длина початка играют важную роль в общей доле урожайности. Проанализировав массу 1000 зерен по годам на разном расстоянии от лесных полос (таблица 4), получили уравнение экспоненциальной зависимости:

$$М_{1000} = 0{,}96 \cdot e^{-0{,}007 \cdot L_Н},$$

где $М_{1000}$ – нормированная масса 1000 зерен;

$L_Н$ – расстояние от лесной полосы, Н.

Таблица 4 – Масса 1000 зерен по годам на разном расстоянии от ЛП

Расстояние до лесных полос, Н	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	Средняя многолетняя
2,5	361,6	289,2	353,0	283,9	513,3	360,2
5	303,8	294,7	322,0	282,3	367,5	314,1
10	398,7	265,0	295,2	267,1	–	306,5
15	331,9	273,9	310,8	266,4	415,8	319,8
20	336,3	272,3	300,6	270,9	–	295,0
Контроль	323,0	262,7	–	178,1	354,3	279,5

Корреляционная связь между зонами поля и массой 1000 зерен тесная $R = -0{,}91$, $R^2 = 0{,}83$ (рисунок 1).

Сопоставление средних фактических и расчетных данных (таблица 5) показывает адекватность экспоненциальной функции, так как относительная ошибка не превышает 7 %.

Адекватность модели была проверена также по пяти годам исследований. Относительная ошибка по каждому году не превышала 10 %, что свидетельствует о достаточной точности аппроксимации данных этим уравнением. Поэтому расчет массы 1000 зерен может быть рекомендован в качестве прогностического.

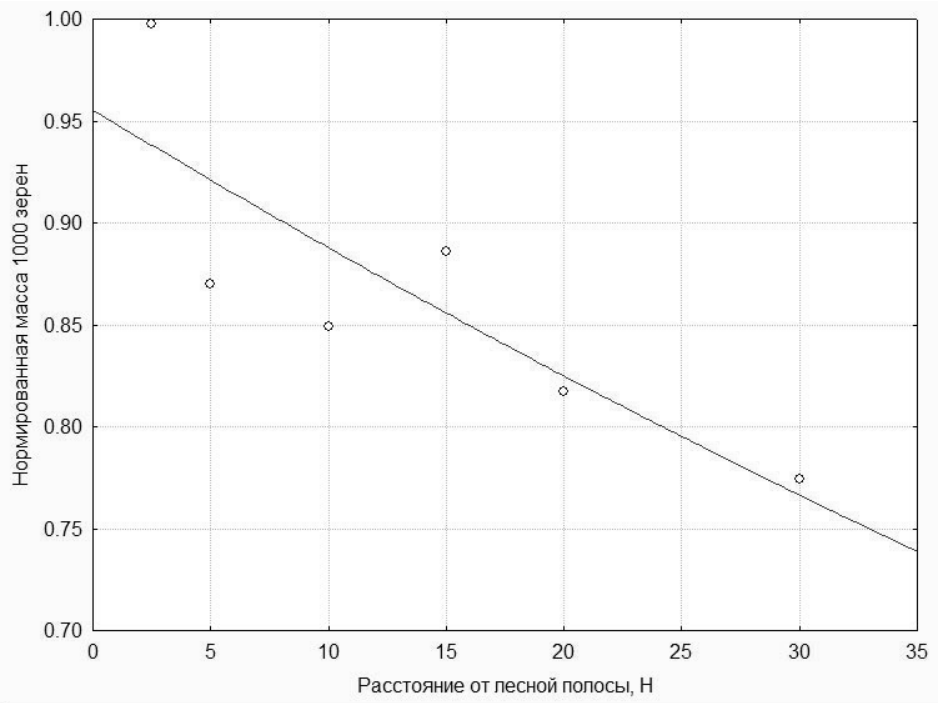


Рисунок 1 – Зависимость нормированной массы 1000 зерен от расстояния до ЛП

Таблица 5 – Данные расчета массы 1000 зерен по экспоненциальному уравнению $M_{1000} = 0{,}96 \cdot e^{-0{,}007 \cdot L_H}$

Расстояние до лесных полос, Н	М фактическая	М расчетная	*E*, относительная ошибка, %
2,5	360,2	336,8	–6,5
5	314,1	326,3	3,9
10	306,5	310,7	1,4
15	319,8	300,4	–6,1
20	295,0	293,4	–0,5
Контроль	279,5	285,7	2,2

Проведенный анализ структуры урожайности в зоне влияния лесных полос показал значимость лесных полос на формирование урожая. Несмотря на пестроту данных по структуре урожайности в межполосном пространстве удалось выявить линейную связь урожая зерна с фотосинтетическим потенциалом и чистой продуктивностью фотосинтеза и построить модель зависимости массы 1000 зерен от межполосного расстояния, что дает возможность прогнозировать развитие сельскохозяйственных культур независимо от условий года и гибридных особенностей.

Список использованных источников

1 Ломиковский, В. Я. Разведение леса в сельце Трудолюбе / В. Я. Ломиковский // Лесной журнал. – 1837. – Ч. 4. – С. 1–71.

2 Акинфеев, П. Историческая справка по вопросу о занятии лесоразведением и устройству защитных лесных полос по югу России вообще и в Екатеринославской губернии в частности / П. Акинфеев // Вестник Екатеринославского земства. – 1904. – № 49. – С. 38–45.

3 Рулева, О. В. История развития мелиорации и агролесомелиорации Нижнего Поволжья в перспективе повышения продуктивности и устойчивости пахотных земель / О. В. Рулева, Н. Н. Овечко // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения:

материалы международной научно-практической конференции «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения (Костяковские чтения)», г. Москва, 29–30 марта 2016 г. – М.: Изд-во ВНИИА, 2016. – Т. 1. – С. 391–396.

4 Лабазников, Б. В. Экологическая среда лесозащитных полей и ее влияние на онтогенез сельскохозяйственных культур на орошаемых и неорошаемых землях Кавказа / Б. В. Лабазников // Агролесомелиоративные насаждения, их экология и значение в лесоаграрном ландшафт: сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1983. – С. 99–108.

5 Степанов, А. М. Полезащитные лесные полосы на орошаемых землях / А. М. Степанов, В. Е. Васильчиков – М.: Росагропромиздат, 1988. – С. 44–45.

6 Годунова, Н. Ю. Формирование качества урожая сельскохозяйственных культур в системах лесных полос при орошении дождеванием / Н. Ю. Годунова, О. В. Ковалева // Современные вопросы полезащитного лесоразведения: сб. науч. тр. – Волгоград, 1988. – С. 132–139.

7 Рулева, О. В. Анализ структуры урожая в зоне влияния лесных полос / О. В. Рулева // Зерновое хозяйство. – 2003. – № 5. – С. 20–21.

8 Росс, Ю. К. Математическое моделирование фотосинтетической продуктивности растений / Ю. К. Росс // Вестник АН СССР. – 1972. – № 12. – С. 99–104.

9 Кумаков, В. А. Направление селекционной работы с целью улучшения показателей фотосинтетической деятельности растений / В. А. Кумаков // Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. – М.: Колос, 1970. – С. 206–220.

10 Рулева, О. В. Роль фотосинтетического потенциала при выявлении закономерностей функционирования биопродуктивности агробиоценозов / О. В. Рулева, Н. Н. Овечко // Российская сельскохозяйственная наука. – 2016. – № 6. – С. 28–31.

УДК 631.61(477.75)

М. В. Вердыш
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ КРЫМА

Цель выполненных исследований – изучение применения приемов мелиорации засоленных и осолонцованных почв Крыма. В статье рассмотрены почвенно-климатические и хозяйственные условия Республики Крым, влияющие на содержание солей в почвах. На сегодняшний день, в почвенном покрове Крымского полуострова засоленные почвы занимают более 341 тыс. га, что составляет 19 % от общей площади сельскохозяйственных угодий, земель требующих первоочередного улучшения – 170 тыс. га. Рассмотрены приемы химической мелиорации и мелиоративной обработки почвы. Приведены особенности технологии внесения фосфогипса в почву, его преимущества и недостатки как мелиоранта, а также условия применения мелиоративной вспашки для мелиорации засоленных почв. В работе определена стоимость мелиоративных работ по внесению фосфогипса, которая, в среднем, составляет 3500 руб./га, а в зависимости от расстояния доставки колеблется от 2700 до 5400 руб./га. Но окупаемость применения данного мелиоранта при определенных условиях составляет 1–2 года.

Ключевые слова: почва, засоленность, химическая мелиорация, гипс, фосфогипс, мелиорант, мелиоративная вспашка.

Почвенный покров Крымского полуострова характеризуется значительной пестротой и разнообразием. На основе детальных почвенно-картографических исследований сельскохозяйственных угодий Крыма на них было выделено свыше 440 видов почв. Зональными почвами в равнинной и предгорной зонах Крыма являются степные

почвы – черноземы и каштановые. Основные почвы горного Крыма – коричневые, буроземы, дерновые карбонатные, горно-луговые, горно-луговые черноземовидные и горные лугово-степные. Особенности процесса почвообразования, а также влияние прилегающих морей и сильносоленого озера Сиваш способствуют распространению явления процесса естественного накопления солей в почве в ряде районов Крыма, особенно в Присивашье и на Керченском полуострове. Однако основной причиной засоления почв является засушливый климат, в условиях которого испарение превышает количество атмосферных осадков, а водорастворимые соли аккумулируются в верхних слоях почвы на слабодренированных и бессточных территориях [1, 2]. Неблагоприятное эколого-мелиоративное состояние земель усугубляется значительным антропогенным влиянием в виде активного использования в течение более сорока лет орошения, значительной распаханности сельскохозяйственных угодий. При масштабном орошении водами Северо-Крымского канала грунтовые воды поднялись до уровня 1,2–3,2 м в зависимости от рельефа местности, прежде всего на рисовых севооборотах, что в свою очередь способствовало вторичному засолению и осолонцеванию орошаемых земель, а также приканальных зон. Частично проблему подъема уровня грунтовых вод решило строительство дренажа на орошаемых и прилегающих к ним землях [3].

Характерным признаком солонцеватых и осолонцованных почв является формирование соленосного горизонта, что определяет целый ряд неблагоприятных агрономических показателей, которые характеризуются неудовлетворительными физическими и химическими показателями почвы, ухудшением ее структуры и в конечном итоге – снижением плодородия [4]. При обычной системе земледелия засоленные и осолонцованные почвы малопродуктивны и их использование нередко является экономически нецелесообразным. На сегодняшний день в почвенном покрове Крымского полуострова засоленные почвы занимают более 341 тыс. га, что составляет 19 % от общей площади земель сельскохозяйственного назначения. Первоочередного улучшения требуют 170 тыс. га (рисунок 1).

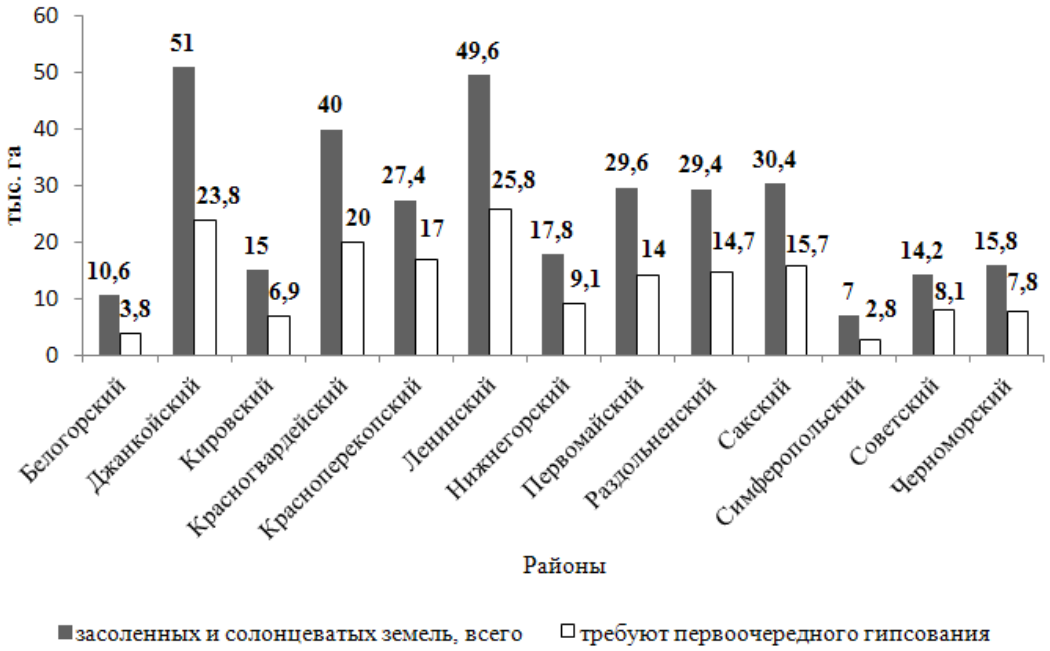


Рисунок 1 – Площади засоленных и осолонцованных почв районов Республики Крым по данным Центра агрохимической службы «Крымский» (2016 г.)

Продуктивность солонцеватых почв можно повысить путем проведения различных мелиоративных мероприятий. В условиях Республики Крым наиболее изученными способами повышения продуктивности засоленных и солонцеватых почв являются хи-

мическая мелиорация и мелиоративная обработка почвы. Химическая мелиорация почв осуществляется путем внесения под основную обработку почвы кальцийсодержащих веществ, чаще всего гипса. При внесении в почву гипса в почвенном поглощающем комплексе нейтрализуется сода и щелочность, натрий вытесняется и заменяется кальцием, и создаются условия для возвращения почвы в хозяйственный оборот. Гипс вносят в почву в количестве, достаточном для замещения избытка поглощенного натрия кальцием. Дозы внесения устанавливаются в зависимости от содержания в почве поглощенного натрия и степени солонцеватости. В богарном земледелии лучшие условия для применения гипса создаются на чистых парах, при внесении под вспашку парового поля. В хозяйствах, где нет чистых паров, гипс обычно вносят под пропашные культуры, при зяблевой вспашке. Гипсование как мелиоративный прием эффективен при годовом количестве осадков не менее 300 мм. При гипсовании солонцов обычно применяют машины, предназначенные для внесения минеральных удобрений или навоза: РУМ-8, 1ПТУ-3,5, РПТ-2, 1РМГ-4 и другие агрегаты.

Многолетние исследования показывают, что дозы гипса 4–6 т обеспечивают устойчивое повышение урожая на 25–40 % и это позволяет рекомендовать для мелиорации солонцов внесение кальцийсодержащих веществ в дозе 5 т/га. По данным ученых в богарных условиях зоны недостаточного увлажнения гипсование увеличивает урожайность зерновых культур на 0,3–0,6 т/га в течение 10 лет, но вследствие медленного взаимодействия мелиоранта с почвой полный эффект от внесения гипса достигается через 4–5 лет [5, 6]. Гипсование положительно влияет не только на величину, но и на качество урожая. Гипс способствует увеличению количества свободной воды в тканях растений, повышению интенсивности транспирации, уменьшению гидрофильности биоколлоидов и осмотического давления клеточного сока растений, выращиваемых на солонцах [7]. Гипсование проводят с периодичностью 1 раз в 7–10 лет. Особенно эффективно сочетание химической мелиорации почвы с внесением органических и минеральных удобрений.

В условиях Крыма для ускорения получения эффекта от проведения работ по химической мелиорации засоленных земель необходимо:

- улучшить влагообеспеченность участков, на которых производится гипсование с помощью таких агромелиоративных приемов, как: вспашка, культивация, щелевание, ведение правильных севооборотов, при возможности орошение, так как достаточное количество влаги обеспечивает растворение мелиорантов и проникновение их растворов в более глубокие горизонты почвенного профиля, что ускоряет протекание обменных реакций, в результате которых повышается концентрация ионов кальция в почвенном растворе;
- вносить гипс в максимально измельченном состоянии для повышения скорости химических реакций в почве.

Для успешного освоения солонцовых комплексов желательно наличие дренажа, обеспечивающего отвод грунтовых вод за пределы мелиорируемой территории, поддержание уровня грунтовых вод не выше 1,5–2,0 м.

В практике мелиоративных работ в Крыму длительное время вместо гипса используют фосфогипс – отход при производстве аммофоса. В предыдущие годы площади его внесения достигали 4–6 тыс. га в год. Использование этого мелиоранта обеспечивает значительное улучшение физико-химических и агрофизических свойств солонцов и осолонцованных почв, а также повышает их обеспеченность подвижным фосфором, содержащемся в фосфогипсе в количестве до 2 %. Значительные запасы этого вещества накапливаются на территории ООО «Титановые Инвестиции» в г. Армянске Красноперекопского района [8, 9]. Получаемый эффект от применения фосфогипса объясняется тем, что, будучи мелкодисперсным продуктом, он обеспечивает максимальный контакт с почвой, а присутствующая в нем сера подкисляет почвенный рас-

твор и способствует переходу большинства макро и микроэлементов в доступную для растений форму. Применение фосфогипса для мелиорации солонцов в условиях Республики Крым целесообразно также с точки зрения утилизации промышленных отходов, накапливающихся на предприятии. Но в то же время, высокое содержание фтора и прочих примесей в фосфогипсе сдерживает применение этого вещества, так как возможно накопление загрязняющих веществ в количествах, превышающих их допустимую концентрацию, в почвах, природных водах, а также сельскохозяйственной продукции, выращиваемой на мелиорированных землях. Экологический аспект проблемы мелиорации солонцов и солончаковых почв с помощью внесения фосфогипса остается недостаточно исследованным. По мнению некоторых исследователей, одноразовое внесение фосфогипса на черноземах (с начальным содержанием фтора 0,9–1,1 мг/кг) в дозе 5–10 т/га практически не приводит к накоплению водорастворимого фтора в почвах [10, 11]. Использование фосфогипса должно проводиться с учетом содержания фтора в почвах и при необходимости его следует заменять другими мелиорантами (известняковыми материалами, нитратом кальция и т. д.).

Существенным недостатком фосфогипса также является его высокая влажность (до 40 %), избыточная вода способствует смерзанию мелиоранта в зимних условиях, затрудняет внесение его в почву и усложняет транспортировку.

Экономическая эффективность внесения фосфогипса определяется содержанием в нем действующего вещества, стоимостью мелиоранта и затратами на внесение. При тарифах ООО «Титановые Инвестиции» в 250 руб./т фосфогипса, затрат на транспортировку (стоимость доставки – 40 руб. т/км), а также затратах на традиционную технологию гипсования почв (погрузка погрузчиком-бульдозером ПБ-35 и внесение разбрасывателем минеральных удобрений РУМ-8) средняя стоимость химической мелиорации 1 га может составлять около 3500 рублей. При применении на зерновых культурах затраты на химическую мелиорацию окупаются за 1–2 года после наступления полного эффекта от внесения фосфогипса. По районам Республики Крым затраты на внесение фосфогипса на 1 га могут изменяться от 2700 до 5400 рублей, в зависимости от расстояния транспортировки мелиоранта. Затраты сельхозтоваропроизводителей на внесение фосфогипса в качестве мелиоранта частично компенсируются из государственного бюджета в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы.

Эффективным приемом улучшения засоленных и солонцеватых почв в условиях Крыма также является глубокая мелиоративная вспашка на глубину 40–60 см [12]. Этот прием обеспечивает рекультивацию профиля почвы на всю мощность иллювиального горизонта и создает мощный пахотный слой, отличается большой длительностью положительного последействия и обеспечивает высокую степень окультуренности почвы. Мелиоративная вспашка не рекомендуется к применению в условиях залегания грунтовых вод выше 3 м и на луговых солонцах.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- почвенно-климатические условия Крыма определяют высокий уровень природного засоления в ряде районов полуострова, неблагоприятное эколого-мелиоративное состояние земель усугубляется значительным антропогенным влиянием в виде активного использования в недавнем прошлом орошения, значительной распаханности сельскохозяйственных угодий;

- результаты научных исследований и значительный опыт земледелия в зоне засоления свидетельствуют о повышении урожайности культур и качества сельскохозяйственной продукции выращенной на землях, где проводилась химическая мелиорация;

- в условиях Республики Крым использование фосфогипса для химической мелиорации земель является наиболее доступным и наименее затратным способом улучшения свойств почвы и повышения ее плодородия. В то же время для обеспечения эко-

логической безопасности почв необходимо глубокое изучение применения альтернативных видов мелиорантов, таких как мел, природные кальцийсодержащие материалы и других;

- при традиционной технологии внесения фосфогипса средняя стоимость гипсования 1 га в Республике Крым составляет около 3500 руб., при этом затраты окупаются через 1–2 года, в частности, на зерновых культурах;

- при планировании использования фосфогипса – отхода производственной деятельности АФ ООО «Титановые Инвестиции» в качестве мелиоранта, необходимо систематическое проведение анализа его химического состава на соответствие содержания фтора и других элементов требованиям ТУ 113-08-418-94 «Фосфогипс для сельского хозяйства», а также мониторинг качества выращенной на мелиорированных площадях продукции;

- в дальнейших исследованиях по мелиорации засоленных почв в Крыму необходимо проведение опытов в различных почвенных условиях полуострова с целью определения эффективности внесения различных доз мелиорантов в комплексе с другими мероприятиями по повышению плодородия почв: глубоким рыхлением, мелиоративной вспашкой и другими;

При подтверждении экономической эффективности и экологической безопасности используемой технологии химической мелиорации почв Крыма целесообразно расширение внедрения этого приема в практику хозяйственной деятельности и включение полной или частичной компенсации затрат на ее проведение в перспективные программы развития сельского хозяйства Республики Крым.

Список использованной литературы

1 Драган, Н. А. Почвенные ресурсы Крыма: монография / Н. А. Драган. – 2-е изд., доп. – Симферополь: ДОЛЯ, 2004. – 208 с.

2 Половицкий, И. Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия / И. Я. Половицкий, П. Г. Гусев. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.

3 Позняк, С. П. Орошаемые черноземы юго-запада Украины / С. П. Позняк. – Львов: ВНТЛ, 1997. – 240 с.

4 Ковда, В. А. Происхождение и режим засоленных почв / В. А. Ковда. – М.: Изд-во АН СССР, 1946. – Т. 1. – 574 с.

5 Новикова, А. В. Исследования засоленных и солонцовых почв: генезис, мелиорация, экология. Избранные труды / А. В. Новикова. – Харьков: Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского, 2009. – 740 с.

6 Минеев, В. Г. Агрохимия / В. Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. – М.: МГУ, «КолосС», 2004. – 720 с.

7 Иваницкий, В. В. Фосфогипс и его использование / В. В. Иваницкий, П. В. Классен, Новиков А. А. – М.: Химия, 1990. – 224 с.

8 Винник, А. Л. Плодородие почв АР Крым, пути его сохранения и повышения / А. Л. Винник, Д. Н. Валин, В. П. Чекнал // Охрана плодородия почв. – Киев, 2010. – Вып. 6. – С. 11–17.

9 Винник, А. Л. Гипсование почв в условиях АР Крым / А. Л. Винник, А. А. Сулаева // Охрана плодородия почв. – Киев, 2010. – Вып. 6. – С. 17–24.

10 Оноприенко, Д. М. Анализ деградационных процессов в орошаемых почвах Днепропетровской области / Д. М. Оноприенко, Т. К. Макарова // Таврический научный вестник. – Херсон, 2013. – Вып. 86. – С. 146–151.

11 Кореньков, Д. А. Удобрения, их свойства и способы использования / под ред. Д. А. Коренькова. – М.: «Колос», 1982. – 415 с.

12 Окультуривание солонцовых почв / под ред. А. В. Новиковой. – Киев: Урожай, 1984. – 176 с.

УДК 631.67; 626

Т. С. Пономаренко
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТЕОРИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ИХ ОСНОВЕ

В статье приведены основные составляющие теории регулирования стока. Рассмотрены условия регулирования стока и методики расчета. Представлены особенности проектирования оросительных систем с учетом расчетной обеспеченности стока.

Ключевые слова: орошение, гидрология, сток, проектирование, расчетная обеспеченность.

Среди множества проблем, стоящих сегодня перед человечеством, наиболее актуальными являются социальная, экологическая, продовольственная, энергетическая и водная. При этом четыре названных первыми не могут быть решены, если не будет найдено приемлемое решение водных проблем. Вот почему во многих странах мира ученые и государственные деятели под номером первым обозначают проблему обеспечения водой населения и хозяйства.

Как известно, речной сток подвержен непрерывному изменению как из года в год, так и в течение года: многоводные годы сменяются маловодными или средними, а многоводные сезоны года чередуются с интервалами низкого стока. Такая неравномерность стока в большинстве случаев не удовлетворяет требования водопользования в течение года, что и обнаруживается при сопоставлении синхронных графиков водопользования и гидрографов стока маловодных лет (или сезонов). Поэтому вопрос перераспределения во времени объема стока в соответствии с требованиями водопользования, а также в целях борьбы с наводнениями является важнейшей задачей, которая изучалась на протяжении многих лет.

Учеными нашей страны внесен крупнейший вклад в создание современной теории и методики расчетов регулирования и комплексного использования стока [1–3].

Согласно научным материалам [2–4] теория регулирования и использования стока включает три основных составляющих: условия регулирования стока, методику расчета и методику реализации планов.

К проблеме регулирования стока относятся следующие основные вопросы, представленные ниже [4, 5].

1 Методика оценки водных ресурсов (вычисление речного стока) будущего водохранилища с учетом изменений естественного режима стока в результате деятельности человека. Для различных периодов эксплуатации характеристики стока (притока) меняются. Данная часть расчетов представляет гидрологическую основу регулирования стока.

2 Требования, предъявляемые водопотребителями и водопользователями в отношении сроков, объемов и бесперебойности отдачи. Планируемая отдача (потребность в воде) учитывает изменения технологии производства и направления хозяйства на перспективный уровень развития экономики. При оросительном водопотреблении устанавливается связь с сельскохозяйственной мелиорацией – основным участником комплекса обслуживаемых потребителей.

3 Определение нормы потерь воды из водохранилища в зависимости от природных особенностей района строительства, режима водохозяйственной установки и гидротехнических мероприятий, проведенных в процессе строительства. Так как суммарные потери связаны с параметрами водохранилища и обусловливаются технологией процесса регулирования, их часто рассматривают как водопотребление.

4 Характеристика начальных условий (накопление воды в водохранилище к началу эксплуатации).

Условия регулирования являются общими исходными предпосылками при расчетах.

Методика расчетов регулирования стока – основной раздел в теории его регулирования и использования.

Разнообразие типов задач, возникающих при проектировании и эксплуатации водохозяйственных сооружений, различное сочетание местных условий, а также конструкций и типов регулирующих сооружений, различный подход ученых к решению задач обусловили наличие нескольких методик расчетов.

Расчет регулирования стока сводится или к определению параметров водохранилища и правил регулирования, обеспечивающих планируемую отдачу и рациональное использование стока, или, наоборот, к получению последних при заданных вариантах параметров и правил регулирования.

Если водохранилище обслуживает гидроэлектростанцию и имеет энергетическое назначение, определение варианта или результатов регулирования проводится с помощью водоэнергетических расчетов.

По А. Д. Саваренскому [6], перед расчетом задаются варианты регулирования, включающие параметры водохранилища, площади орошения и правила регулирования. В результате расчета определяют полезную отдачу воды, наполнение водохранилища, сбросы.

Методика реализации планов регулирования стока связана с особенностями расчетов в условиях эксплуатации, когда параметры водохранилища известны и требуется установить их результаты при различных вариантах регулирования стока [7].

В практике расчетов широко применяют методы математической статистики. При этом многолетние колебания максимальных, средних и минимальных величин стока, осадков, испарения, скорости ветра, мутности и т. д. изображают кривыми обеспеченности, построение которых ведут различными способами. Чаще всего при построении кривых обеспеченности используют многолетние данные наблюдений за прошлый период с необходимой корректировкой их на основе прогноза будущих изменений природных условий.

При проектировании водохозяйственных объектов различного назначения введено понятие расчетной обеспеченности в качестве критерия надежности определения искомой величины, изменяющейся во времени. Эмпирические и теоретические кривые обеспеченности характеризуют изменчивость искомых величин. Назначением расчетной обеспеченности устанавливаются верхние или нижние пределы допустимости превышения величины в условиях эксплуатации.

Расчетная обеспеченность как критерий надежности выбора искомой величины имеет при проектировании двоякое значение. При проектировании водосбросных сооружений или дамб обвалования расчетная обеспеченность служит верхним пределом превышения максимальных расходов; за этим пределом (в сторону меньшего процента обеспеченности) возможны разрушения этих сооружений [2]. При расчете минимальных и средних годовых расходов воды, а также внутригодового распределения стока в качестве критерия надежности их определения принимается также ежегодная обеспеченность, как вероятность превышения этих величин.

Расчетная ежегодная обеспеченность ограничивается снизу допустимым пределом превышения расходов. Увеличение процента ежегодной обеспеченности связано с уменьшением расходов и снижением степени использования водных ресурсов.

В условиях регулирования стока увеличение процента обеспеченности отдачи требует создания водохранилищ большей емкости. Расчетная обеспеченность отдачи иногда характеризуется в процентах как вероятность бесперебойных лет, в течение которых потребители удовлетворяются водой полностью без перерыва. В соответствии сэтим назначены нормативные проценты обеспеченности.

Обеспеченность гарантированной отдачи нормируется в зависимости от вида потребителя и степени допустимости перебоев в ее подаче за лимитирующий период для различных районов и температурных условий.

Расчетная обеспеченность связывает размеры полезной отдачи с емкостью водохранилища и сильно влияет на стоимость водохозяйственных объектов.

Кривая обеспеченности стока обусловливается природными факторами. Кривые же обеспеченности отдачи, вероятных дефицитов отдачи сбросов, конечных наполнений и напоров относятся к результатам регулирования. При их получении или построении учитывают не только сток и его изменения, но и потери воды, плановую отдачу, начальное наполнение водохранилища, его емкость, правила регулирования [2].

Расчетная обеспеченность требует технико-экономического обоснования, которое необходимо и при назначении общих ее нормативов и при определении ее индивидуально для крупных объектов. Для этой цели А. Д. Саваренский [6] рекомендует метод системы водохозяйственных вариантов. В методе выделяются водохозяйственные варианты, различающиеся сочетаниями разных объемов водохранилищ и разных мощностей ирригационных систем, гидроэнергетических установок и других компонентов комплекса. Кроме водохозяйственных вариантов, оцениваются технические, технологические и эксплуатационные подварианты. Для вариантов и подвариантов указываются главные их параметры, определяющие технико-экономические показатели. В числе отраслевых эксплуатационных параметров фигурируют варианты расчетной обеспеченности. В результате расчетов определяется оптимальное сочетание расчетных обеспеченностей по входящим в комплекс отраслям водного хозяйства.

Для водохранилищ ирригационного назначения влияние погодных особенностей, условия эксплуатации и ведения сельского хозяйства затрудняют установление строгой зависимости уровня рентабельности сельскохозяйственного производства от обеспеченности водой оросительных систем. Учет несовпадения маловодных и засушливых лет (по Я. Ф. Плешкову) [4] может иногда увеличить площадь орошения на 20–25 %.

Расчетная обеспеченность годовой отдачи нормирует вероятность превышения заданных расходов или объема отдачи и не отражает перебоев водоотдачи или их продолжительности. Между тем объем недоданной воды, а также величина и продолжительность перебоя при орошении играют решающую роль.

Исходя из условия, что по мере роста водообеспеченности рентабельность системы возрастает, то соответственно дополнительный объем зарегулированного стока позволит получить дополнительные прирост орошаемой площади и выход продукции.

Список использованных источников

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

2 Водобалансовые исследования на мелиорируемых землях / Материалы междуведомственного совещания на Валдае; под ред. д-ра техн. наук, проф. С. И. Харченко, д-ра геогр. наук П. П. Кузьмина. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – С. 58–70.

3 Ляпичев, П. А. Методика регулирования речного стока / П. А. Ляпичев. – М.: Госстройиздат, 1955. – 390 с.

4 Плешков, Я. Ф. Регулирование речного стока / Я. Ф. Плешков. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1961. – 397 с.

5 Иванов, А. Н. Гидрология и регулирование стока / А. Н. Иванов. – М.: Колос, 1970. – 287 с.

6 Саваренский, А. Д. Регулирование речного стока водохранилищами / А. Д. Саренский. – М.: АН СССР, 1951. – 78 с.

7 Мелиоративные системы и сооружения. Часть 1. Оросительные системы. Об-

щие требования по проектированию и строительству: СТО НОСТРОЙ 2.33.20-2011: утв. Решением Совета Национального объединения строителей 05.12.11 № 22. – М., 2012. – 139 с.

УДК 631.674

Г. К. Булахтина, Н. И. Кудряшова, А. В. Кудряшов
Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, Солёное Займище, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПОЛИВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ КОРМОВЫХ ТРАВОСМЕСЕЙ

Целью исследований являлось изучение влияния надпочвенного и подпочвенного способов полива на продуктивность многолетних кормовых травосмесей. Опыт показал, что урожайность травосмеси 1 (клевер луговой (50 %): «Патавиум» + «Фаленский»; двукисточник тростниковидный (50 %): «Донской-18» + «Киевский») при надпочвенном поливе была на 0,4 т/га выше, чем при использовании подпочвенного способа орошения. Травосмесь 2 (клевер луговой (50 %): «Ветеран» + «Трио»; райграс «Володар» (12,5 %); фестулолиум «Kenchy» (25 %); пырей промежуточный «Ростовский-31» (12,5 %), наоборот, на участке опыта с применением подпочвенного полива показала более высокую продуктивность – на 1,4 т/га выше, чем при надпочвенном орошении. По данным первого года исследований был сделан вывод о том, что подпочвенный способ полива капельными лентами можно использовать при поливе травосмесей, так как он не снижает продуктивность трав, а при использовании в травосмеси таких трав, как райграс, фестулолиум и пырей промежуточный даже несколько увеличивает урожайность травосмеси.

Ключевые слова: капельное орошение, надпочвенный способ полива, подпочвенный способ полива, многолетние травы, травосмеси, бобовые, мятликовые, урожайность травосмесей.

В настоящее время в Российской Федерации происходит расширение площадей под смешанными посевами бобовых и мятликовых трав на орошаемых землях. Поэтому все большее значение приобретает подбор видов и сортов, лучше всего произрастающих на светло-каштановых почвах [1].

При исследовании одновидовых посевов и травосмесей различного состава и сложности, проведенных как в России, так и за рубежом, было выявлено, что смешанные посевы оптимально подобранных компонентов являются наиболее эффективными [2–7].

При совместном произрастании растения испытывают многообразные влияния соседних растений и при этом сами оказывают воздействие на сообитателей, в этой связи возникает необходимость изучения таких способов посева, как рядовой и разбросной, т. к. такого рода способы мало изучены [8].

Исследования по изучению способов полива проводились на опытных участках ФГБНУ «ПНИИАЗ» в Астраханской области. Климат этого района резко континентальный, острозасушливый, изменчивый. Весна длится недолго, отличается быстрым нарастанием положительных температур. Лето устанавливается во второй декаде мая за счет резкого повышения температуры воздуха.

Обилие тепла позволяет выращивать в этом регионе многие сельскохозяйственные культуры, в том числе и многолетние травы, но дефицит влагообеспеченности позволяет получать высокие урожаи только на основе орошения. Капельное орошение позволяет экономить поливную воду и не требует особых затрат по сравнению с заливным способом орошения, так как на полях с использованием капельных лент не нужно

строить специальные гидромелиоративные сооружения типа рисовых чеков, оросительных каналов и т. д.

На посевах многолетних трав проводят 2–3 укоса за сезон и после каждого укоса необходимо проводить полив для отрастания травы. Однако, при использовании поливных лент, остро встает вопрос о том, как убирать скошенные травы с земли, так как использование механических граблей и пресс-подборщиков повредит капельные ленты и сделает невозможным дальнейший полив.

Поэтому в ФГБНУ «ПНИИАЗ» проводились исследования по возможности полива многолетних травосмесей капельными лентами, расположенными под поверхностью почвы на глубине 20 см. Укладка капельных лент происходила с помощью машины TS 300. Посев травосмесей был проведен вручную разбросным методом.

Полив осуществлялся двумя способами:

1 Надпочвенное капельное орошение (капельная лента лежит на поверхности почвы).

2 Подпочвенное капельное орошение (глубина заделки ленты в почву 20 см).

Состав кормосмесей:

1 Клевер луговой (50 %): «Патавиум» + «Фаленский»; двукисточник тростниковидный (50 %): «Донской-18» + «Киевский»;

2 Клевер луговой (50 %): «Ветеран» + «Трио»; райграс «Володар» (12,5 %); фестулолиум «Kenchy» (25 %); пырей промежуточный «Ростовский-31» (12,5 %).

На опытном участке мы придерживались режима полива 70–75–70 %. На каждом варианте опыта режим полива и оросительная норма были одинаковы.

Полученные в изучении данные по величине и структуре суммарного водопотребления представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Суммарное водопотребление многолетних трав при капельном способе орошения, ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2016 г.

Показатель	Значение	%
Осадки за вегетационный период, мм	129,3	25,0
Поливная вода, мм	273,0	52,8
Продуктивный запас влаги на начало вегетации, мм	63,4	–
Продуктивный запас влаги на конец вегетации, мм	51,5	22,2
Суммарное водопотребление, $м^3$/га	5172,0	100,0

В 2016 году, на первом году жизни трав, был проведен 1 укос. Результаты урожайности приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность травосмесей в зависимости от способа полива, ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2016 г.

В т/га

Травосмесь	Способ полива	Урожайность зеленой массы	Сбор переваримого протеина	Выход кормовых единиц
1	Надпочвенный	21,2	0,2	2,2
	Подпочвенный	20,8	0,2	2,1
2	Надпочвенный	20,9	0,2	2,5
	Подпочвенный	22,3	0,3	2,6

Основываясь на данные таблицы 2, можно сделать вывод, что продуктивность травосмесей при обоих способах полива отличалась незначительно. При этом необходимо отметить, что урожайность травосмеси 1 при надпочвенном поливе была на 0,4 т/га выше, чем при использовании подпочвенного способа орошения. Травосмесь 2, наоборот, на участке опыта с применением подпочвенного полива показала более высокую продуктивность – на 1,4 т/га выше, чем при надпочвенном орошении.

Это может быть связано с тем, что в травосмеси 1 мы используем двукисточник тростниковидный (сем. мятликовых), а в травосмеси 2 семейство мятликовые представлено райграсом, фестулолиумом и пыреем промежуточным.

Анализируя данные первого года исследования, приходим к выводу: подпочвенный способ полива капельными лентами можно использовать при поливе травосмесей, так как он не снижает продуктивность трав, а при использовании в травосмеси таких трав, как райграс, фестулолиум и пырей промежуточный даже, несколько увеличивает урожайность травосмеси.

Список использованных источников

1 Гребенников, В. Г. Многолетние травы и их смеси для культурных пастбищ Центрального Предкавказья / В. Г. Гребенников, О. В. Хонина, И. А. Шипилов // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – Ставрополь, 2013. – Т. 2. – № 6(1). – С. 139–146.

2 Шаин, С. С. Агротехника многолетних трав / С. С. Шаин. – М.: Государственное изд-во с.-х. литературы, 1959. – 256 с.

3 Каджюлис, Л. Ю. Выращивание многолетних трав на корм / Л. Ю. Каджюлис. – Л.: Колос, 1977. – 247 с.

4 Мухина, Н. А. Клевер / Н. А. Мухина, З. И. Шестиперова. – Л.: Колос, 1978. – 168 с.

5 Харьков, Г. Д. Формирование высокопродуктивных травостоев / Г. Д. Харьков, В. И. Стариков // Кормопроизводство. – 1985. – № 5. – С. 24.

6 Лукашов, Н. В. Роль многолетних бобовых трав в системе кормопроизводства / Н. В. Лукашов // Кормопроизводство. – 2001. – № 6. – С. 18–22.

7 Шелютто, Б. В. Биологические основы повышения урожайности и продуктивности многолетних бобовых трав на дерново-подзолистых почвах Беларуси / Б. В. Шелютто. – Горки, 2005. – 124 с.

8 Сравнительная урожайность клевера лугового и многолетних злаковых трав разной скороспелости при разных способах посева на дерново-подзолистых почвах Предуралья / Э. Д. Акманаев, Д. Л. Башкирцев, В. М. Макарова, В. М. Холзаков // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 1(93). – С. 4–6.

УДК 630*237

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

МНОГОЯРУСНЫЕ ЛЕСОПАСТБИЩА И ЗЕЛЕНЫЕ ЗОНТЫ НА МАЛОПРОДУКТИВНЫХ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

Цель исследований – выявление последствий проведенных мероприятий на засоленных пастбищах Волгоградской области по трансформации малопродуктивных земель в многоярусные лесопастбища и зеленые зонты для их восстановления и повышения урожайности, а также определение их влияния на микроклимат (суммарная, рассеянная, прямая, отраженная солнечная радиация, радиационный баланс, температура приземного слоя воздуха и поверхности почвы, скорость ветра). Для большинства древесных растений, применяемых в лесомелиорации аридных территорий, предельная глубина залегания грунтовых вод (УГВ) составляет 8–12 м. Предельная минерализация грунтовых вод (МГВ) для древесных растений мезофитов варьирует от 5 до 10 г/л, для галофитов – от 10–15 до 20–60 г/л. Зная эти гидрологические параметры (УГВ и МГВ), возможно формировать ассортимент растений для создания лесонасаждений на пастбищах с учетом параметра местности, а также соблюдать соответствую-

щие технологии их выращивания. Для создания многоярусного лесопастбища «Кайсацкое» из вяза приземистого (9 га) и мелиоративно-кормовых насаждений из кустарников (84 га) в условиях почв солонцового комплекса в качестве основной подготовки почвы была применена трехъярусная осенняя вспашка плугом ПТН-40 на глубину 35–40 см с предпосадочной культивацией (КПН-2) и боронованием (БЗС-1). Полосы двухрядные шириной 6 м, расстояние между пастбищезащитными лесными полосами – 200 м, между мелиоративно-кормовыми насаждениями – 15 м. Схема посадки 3,0 × 1,0 м. На втором году в фитоценоз были введены кормовые травы: житняк, прутняк, терескен. Установлено, что на малопродуктивных засоленных землях Волгоградской области (СПК «Кайсацкий» Палласовского района) наиболее перспективными кустарниками для создания многоярусных лесопастбищ являются яблоня сибирская, жимолость татарская, смородина золотая, аморфа кустарниковая, карагана. В летнее время насаждения трансформируют микроклимат кормовых угодий. Облесенные лесопастбища рекомендуется использовать для выпаса животных весной, осенью и летом в утреннее и вечернее время.

Ключевые слова: пастбище, пастбищезащитные лесные полосы, мелиоративно-кормовые насаждения, фитомасса, микроклимат.

Введение. Большие территории аридных экосистем на сегодняшний день заняты разбитыми песками, вторично засоленными землями, экосистемами, которые находятся в разных стадиях деградации и восстановления растительного покрова. Защитные лесонасаждения повышают биоклиматический потенциал прилегающих земель, затеняют светочувствительные растения, сдерживают почвенную эрозию, улучшают водную инфильтрацию через корневую систему [1, 2].

Деревья и кустарники образуют экологическую инфраструктуру и каркас агроландшафтов, защищая их от неблагоприятного воздействия окружающей среды и дополнительной антропогенной нагрузки. На облесенных пастбищах улучшаются условия содержания скота: насаждения уменьшают опасность ветровой эрозии и создают лучшие условия для формирования травостоя, повышая продуктивность угодий; служат защитой для животных от жары, пыльных бурь, холодных ветров и метелей [3].

В таких экосистемах микроклимат становится более мягким по сравнению с прилегающими территориями, что является мощным стабилизирующим фактором, создаются благоприятные экологические условия для внедрения и расселения более влаголюбивых растений [4, 5].

Выпасной сезон на лесопастбище более сбалансирован по видовому разнообразию травостоя и питательности, сезон стравливания продлевается за счет позитивного действия лесонасаждений на микроклимат, что способствует сохранению и продлению жизненного цикла, особенно разнотравья и бобовых видов. Другими словами одним из способов восстановления экологического равновесия деградированных земель с нарушенным растительным покровом является лесомелиоративное обустройство [6, 7].

Материалы и методы. Исследования проводились с учетом методических рекомендаций, указаний и патентов, разработанных по материалам исследований Всероссийского НИИ агролесомелиорации [8–10].

Результаты и обсуждения. В Волгоградской области одним из факторов, лимитирующих возможности лесомелиорации пастбищ, является недостаток физиологически доступной влаги. Наиболее реальным источником дополнительного водопитания, создаваемых на этих угодьях лесонасаждений могут служить грунтовые воды, однако их доступность для древесной растительности лимитируется глубиной залегания и минерализацией. Поэтому технологии комплексной фитомелиорации ориентированы на эффективное экологически безопасное освоение запасов доступных грунтовых вод.

Для большинства древесных растений, применяемых в лесомелиорации аридных территорий, предельная глубина залегания грунтовых вод (УГВ) составляет 8–12 м. Та-

кие грунтовые воды могут компенсировать дефицит атмосферных осадков и обеспечивать устойчивое существование всех видов лесонасаждений в том случае, если их минерализация не превышает 1 г/л. На площадях с минерализацией грунтовых вод > 1 г/л под насаждениями происходит соленакопление, вызывающее преждевременное их усыхание (таблица 1). Предельная минерализация грунтовых вод для большинства видов древесных растений мезофитов варьирует от 5 до 10 г/л, для галофитов – от 10–15 до 20–60 г/л.

Таблица 1 – Предельные средневзвешенное солесодержание в капиллярной кайме (С) и минерализация грунтовых вод (МГВ) при хлоридно-сульфатном и сульфатно-хлоридном типах засоления в Прикаспии

Порода	С, %	МГВ, г/л
Сосна Крымская	0,2–0,3	2–4
Яблоня, абрикос	0,2–0,3	3–5
Тополь черный	0,2–0,3	4–6
Джузгун безлистный	0,3–0,4	5–9
Робиния лжеакация	0,3–0,4	10–15
Тополь белый, шелковица белая, лох узколистный	0,4–0,5	12–15
Дуб черешчатый	0,5–0,6	15–18
Вяз приземистый	0,6–0,8	18–20
Саксаул черный	1,0–1,2	30–40
Тамарикс ветвистый	1,2–1,5	40–60
Кок-пек	1,5–1,8	40–60

Таким образом, зная два гидрологических параметра местности – УГВ и МГВ, можно безошибочно формировать ассортимент растений для создания лесонасаждений на пастбищах, а также соблюдать соответствующие технологии их выращивания.

На выделенном репрезентативном пастбищном массиве с общей площадью 1479,0 тыс. га выявлено 405,1 тыс. га территорий с недоступными для наиболее биологически подходящей для Северного округа Заволжья породы – вяза приземистого (*Ulmus pumila*) – грунтовыми водами, в том числе: 3490 тыс. га по причине глубокого (более 8–10 м) их залегания, 33,7 тыс. га из-за высокой (более 10 г/л) минерализации и 22,4 тыс. га вследствие глубокого залегания в сочетании с критической для данной породы минерализацией. Успешное эколого-экономически оправданное обустройство таких угодий возможно путем формирования на них древесного яруса саванного типа из вяза приземистого с числом деревьев 100–200 шт./га при равномерном размещении. При этом крупномерные сеянцы должны высаживаться в потяжины, микропонижения или специально подготовленные посадочные места.

В СПК «Кайсацкий» Палласовского района в 1990 г. были заложены опыты по трансформации малопродуктивных засоленных земель, вышедших из сельскохозяйственного оборота в многоярусные лесопастбища. Почвы участка светло-каштановые глубокосолонцеватые, тяжелосуглинистые [11]. Горизонт 0–80 см не засолен (солесодержание 0,058–0,230 %), с глубиной солесодержание увеличивается (на глубине 460–600 см 0,930–1,395 %). Грунтовые воды сильно минерализованные (10–40 г/л), залегают на глубине 10–12 м.

В условиях почв солонцового комплекса в качестве основной подготовки почвы применяется трехъярусная осенняя вспашка плугом ПТН-40 на глубину 35–40 см с предпосадочной культивацией (КПН-2) и боронованием (БЗС-1). Полосы двухрядные шириной 6 м, расстояние между пастбищезащитными лесными полосами – 200 м, между мелиоративно-кормовыми насаждениями – 15 м. Схема посадки 3,0 × 1,0 м.

Кормовые травы показывают себя как высокопродуктивные и устойчивые к жестким экологическим условиям фитомелиоранты [12, 13]. Поэтому на втором году в фитоценоз были введены кормовые травы: житняк, прутняк, терескен.

Многоярусное лесопастбище «Кайсацкое» включает пастбищезащитные лесные полосы из вяза приземистого (9 га) и мелиоративно-кормовые насаждения из кустарников (84 га). Установлено, что наиболее перспективными кустарниками для создания многоярусных лесопастбищ являются яблоня сибирская, жимолость татарская, смородина золотая, аморфа кустарниковая, карагана. Запас поедаемой сухой фитомассы в лесопастбище составляет 33,1 ц/га, а на прилегающем естественном пастбище – 12,4 ц/га.

Исследования по оценке микроклимата (суммарной, рассеянной, прямой, отраженной солнечной радиации, радиационным балансом, температурой приземного слоя воздуха и поверхности почвы, скоростью ветра) многоярусного лесопастбища «Кайсацкое» показали, что в летнее время суммарная солнечная радиация на лесопастбище составляет 93 % от радиации, поступившей на природное пастбище, в связи с оттеняющим действием деревьев и кустарников в утреннее и вечернее время.

Дневной ход рассеянной солнечной радиации в летнее время на лесопастбище в 1,2 раза выше, чем на природном пастбище в связи с дополнительным отражением от крон деревьев и кустарников, а также большей величиной альбедо растительного покрова. Прямая солнечная радиация, создающая основной тепловой эффект на лесопастбище, составляет 87 % от поступившей в открытую степь, вследствие поглощения и отражения кронами деревьев и кустарников. Часть потока суммарной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность, отражается деятельным слоем земли.

Достигнув земной поверхности, прямая и рассеянная солнечная радиация отражаются от нее. Альбедо подстилающей поверхности на лесопастбище в летнее время в 1,4 раза выше, чем на природном пастбище. Радиационный баланс является основным климатообразующим фактором и зависит от суммарной солнечной радиации, проникающей к поверхности почвы, и радиации, отраженной от нее. Радиационный баланс в летнее время на лесопастбище в 1,3 раза меньше, чем на природном. Уменьшение интенсивности радиационного баланса в летнее время на лесопастбище по сравнению с природным объясняется разным альбедо подстилающей поверхности: чем выше альбедо, тем ниже интенсивность радиационного баланса.

Установлено, что в дневное время на высоте 1,0 м на лесопастбище в среднем за период наблюдений температура приземного слоя воздуха на 1,4 °С, температура поверхности почвы на 5,7 °С, а в ночное время на 2–3 °С, относительная влажность воздуха на 4 % выше, чем на природном пастбище (таблица 2).

Таблица 2 – Дневной ход температуры воздуха и почвы, относительной влажности воздуха, скорости ветра в приземном слое воздуха (0,0–1,0 м), Палласовский район, Волгоградская область

Часы наблюдений	Температура воздуха, °С	Температура почвы, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с
1	2	3	4	5
Лесопастбище «Кайсацкое»				
9	24,3	32,5	61	2,3
11	26,1	40,1	52	2,4
13	27,8	46,8	40	1,9
15	33,4	60,1	35	1,8
17	26,5	36,3	44	1,0
19	23,7	30,1	56	1,7
Средняя	27,0	40,9	48	1,8
Естественное пастбище				
9	22,9	28,8	58	3,2
11	25,0	36,3	49	3,7
13	26,4	42,1	37	2,7

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
15	31,8	54,7	30	2,8
17	25,4	32,5	40	1,6
19	22,2	26,7	53	2,9
Средняя	25,6	35,2	44	2,8

Результаты наблюдений за скоростью ветра показали, что во все сроки наблюдений скорость ветра на лесопастбище в 1,6 раза ниже, чем на природном пастбище.

Большое влияние на животных оказывают также создаваемые на пастбищах древесные зеленые зонты, т. к. их полог отражает прямую солнечную радиацию, которая вредна для животных, особенно для молодняка в жаркие часы летнего времени. Зеленые зонты создаются около мест дневного отдыха животных, вблизи ферм, кошар, у водопойных пунктов, вблизи прудов, колодцев, скважин, водопойных площадок оросительно-обводнительных каналов.

Для защиты животных от неблагоприятных погодных условий в летнее время в СПК «Калининский» Палласовского р-на у водопойной площадки оросительного канала был заложен зеленый зонт из 16 микрозонтов, площадью 1,0 га. Схема посадки 5 × 5 м. Ширина ветровых коридоров 10–20 м. Основная подготовка почвы – трехъярусная осенняя вспашка плугом ПТН-40 на глубину 30–35 см с предпосадочной культивацией и боронованием. Посадка проводилась весной однолетними и двухлетними сеянцами и саженцами вяза приземистого и тополя гибридного в ямы размером 60 × 60 см ямокопателем КПЯ-100 на тяге трактора МТЗ-80. После посадки проводился полив из расчета 30 л на одно дерево.

Исследования роста, развития и состояния древесных пород в зеленом зонте показали, что лучшую сохранность имеет тополь гибридный (90–100 %). В настоящее время выпас домашних животных на данном участке не ведется и зонт не используется для дневного отдыха животных, поэтому под пологом деревьев хорошо развилась степная растительность (проективное покрытие – 80 %, средняя высота полыни австрийской – 70 см).

Выводы. На исследуемой территории (1479,0 тыс. га) выявлено 405,1 тыс. га территорий с недоступными для вяза приземистого грунтовыми водами, в том числе: 3490 тыс. га по причине глубокого (более 8–10 м) их залегания, 33,7 тыс. га из-за высокой (более 10 г/л) минерализации и 22,4 тыс. га из-за глубокого залегания в сочетании с критической для данной породы минерализацией. Успешное эколого-экономически оправданное обустройство таких угодий возможно путем формирования на них древесного яруса саванного типа из вяза приземистого с числом деревьев 100–200 шт./га при равномерном размещении. При этом крупномерные сеянцы должны высаживаться в потяжины, микропонижения или специально подготовленные посадочные места.

Исследования подтверждают положительную эколого-мелиоративную роль насаждений. Системы естественных насаждений и зеленых зонтов создают особый микроклимат. На облесенных пастбищах улучшаются условия содержания скота: лесные насаждения создают лучшие условия для формирования травостоя, повышая продуктивность кормовых угодий; служат защитой для животных от жары, солнцепека, пыльных бурь, холодных ветров и метелей. Таким образом, в условиях Волгоградской области в летнее время насаждения трансформируют микроклимат кормовых угодий. Облесенные лесопастбища рекомендуется использовать для выпаса животных весной, осенью и летом в утреннее и вечернее время.

Список использованных источников

1 Кулик, К. Н. Водный баланс почв песчаных массивов (на примере Усть-Кундрюченского массива, Ростовская область) / К. Н. Кулик, Н. Ф. Кулик, А. К. Кулик // Почвоведение. – 2012. – № 8. – С. 846–854.

2 Кулик, А. К. Водный режим и баланс влаги песчаных земель Нижнего Дона: автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Кулик Алексей Константинович. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – 25 с.

3 Власенко, М. В. Особенности микроклимата на заросших кустарником пастбищах в аридном поясе Волго-Донского междуречья / М. В. Власенко // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(34). – С. 94–98.

4 Власенко, М. В. Продуктивность и флористическое разнообразие пастбищ Сарпинской низменности под влиянием фитомелиорации: автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Власенко Марина Владимировна. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 22 с.

5 Власенко, М. В. Влияние лекарственных растений на фитосанитарное состояние пастбищ Северо-Западного Прикаспия / М. В. Власенко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 5(43). – С. 199–203.

6 Власенко, М. В. Влияние защитных лесных насаждений и микрорельефа на продуктивность кормовых угодий Сарпинской низменности / М. В. Власенко // Аридные экосистемы. – Т. 20. – № 4(61). – С. 99–104.

7 Власенко, М. В. Продуктивность и сезонная динамика накопления фитомассы на естественных и мелиорированных пастбищах Сарпинской низменности / М. В. Власенко, А. К. Кулик, В. П. Воронина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 83–88.

8 Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия / А. Н. Каштанов, И. П. Свинцов, Г. Н. Черкасов [и др.]. – Курск – Тверь, 2001. – 260 с.

9 Рекомендации по формированию лесопастбищ в аридной зоне / В. И. Петров [и др.]; под ред. В. И. Петрова, К. Н. Кулика. – Москва – Волгоград: РАСХН, 2000. – 42 с.

10 Способ оконтуривания территорий защитных лесных насаждений по космическим снимкам: пат. 2211465 Рос. Федерация: МПК(7) G 01V 9/00 / Кравцов В. В., Кравцова А. В., Кулик А. К.; заявитель и патентообладатель Всероссийский науч.-исслед. ин-т агролесомелиорации. – № 2001107475/28; заявл. 20.03.01; опубл. 27.08.03, Бюл. № 14.

11 Физико-химические характеристики почв Северо-Западного Прикаспия и пути сохранения и воспроизводства их плодородия в полупустынной зоне Европейской части РФ / В. И. Мухортов, В. А. Федорова, Е. В. Сердюкова, М. В. Власенко // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2011. – № 2. – С. 32–39.

12 Власенко, М. В. Фитомелиорация пастбищ Северо-Западного Прикаспия / М. В. Власенко // Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: поиск новой модели (к 90-летию академика РАСХН Е. С. Павловского): материалы Междунар. науч.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых. – 2013. – С. 72–74.

13 Турко, С. Ю. Математическое моделирование роста и развития кормовых трав на аридных пастбищах / С. Ю. Турко, М. В. Власенко, А. К. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 219–228.

УДК 626.25

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

РАЗРАБОТКА ОТСТОЙНИКОВ НОВОГО ТИПА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТВЕРДОГО СТОКА В КАНАЛАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Существующие методы и гидротехнические сооружения для регулирования твердого стока на гидромелиоративных системах разработаны много лет назад и за-

частую не учитывают последние разработки в области гидравлики взвесенесущих потоков. При регулировании жидкого и твердого стока при плотинном и бесплотинном водозаборе предлагается в данной работе новый подход, который заключается в использовании метода послойного деления потока и пофракционном осаждении наносов в многокамерном отстойнике, что позволяет обеспечивать динамическую устойчивость каналов оросительной сети.

Ключевые слова: водоисточник, водозабор, оросительная сеть, разнофракционные наносы, отстойники.

В связи с государственной программой развития сельского хозяйства вопрос мелиорации земель имеет первостепенное значение. В настоящее время значительная часть мелиоративных систем требует существенной реконструкции и проведения ремонтно-восстановительных работ. Большинство водохранилищ и каналов оросительных систем ввиду отсутствия надлежащей эксплуатации заилились и не выполняют предназначенных для них функций. В то же время для обеспечения надежной эксплуатации мелиоративных систем требуется разработка новых подходов к регулированию жидкого и твердого стока как при водозаборе из рек в оросительные каналы, так и в системе самих каналов оросительной сети.

Одним из решений этой задачи, рассматриваемых в данной работе, является схема регулирования твердого стока с применением прирусловых отстойников нового поколения с механизированной очисткой от наносных отложений и с регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов. До настоящего времени конструкции таких отстойников и методы их расчета не разработаны. Основной принцип работы таких отстойников заключается в осаждении в них не транспортируемых в магистральном канале фракций наносов, для каждой из которых устанавливается своя длина осаждения, которая обеспечивается регулированием рабочей длины многосекционного отстойника. Особенно это важно при промывке верхнего бьефа наносоаккумулирующих водохранилищ с целью недопущения в реку ниже водозаборного узла не транспортируемых в реке фракций наносов.

При проектировании новых и реконструкции действующих оросительных систем регулированию твердого стока и руслоформирующим процессам в гидротехнических элементах оросительной сети не оказывается должного внимания, что создает серьезные проблемы для эксплуатационных организаций в процессе работы этих оросительных систем.

К таким проблемам относятся:

- деформации русла реки ниже водозабора из нее в магистральный канал, связанные с увеличением концентрации наносов в русловом потоке и изменением транспортирующей способности потока;
- заиление магистрального канала и развитие плановых деформаций его русла при избыточном поступлении твердого стока из реки в водозабор;
- размыв русла магистрального канала при дефиците твердого стока, поступающего в него из реки;
- заиление элементов распределительной сети, включая лотки, напорные и безнапорные водоводы, при избыточном поступлении в них твердого стока из магистрального канала;
- размыв русел распределительных каналов при дефиците мутности потока, поступающего в них из магистрального канала;
- разрушение кольматирующего слоя на размываемых участках русел и, как следствие, увеличение потерь воды на фильтрацию и необлицованных каналов;
- ряд других негативных факторов, обусловленных нерациональным делением твердого стока по элементам оросительной сети.

До настоящего времени не разработаны принципиальные технологические схе-

мы комплекса гидротехнических сооружений гидромелиоративных систем при плотинном водозаборе, включающие компоновку водозаборных узлов и рациональные схемы регулирования жидкого и твердого стока, обеспечивающие техническую и экологическую безопасность системы «водоисточник – гидромелиоративная система – водоприемник».

В процессе исследований при разработке новых технических решений по регулированию твердого стока при водозаборе в оросительные системы проведен анализ литературных источников, отечественного и зарубежного опыта в рассматриваемой области, прежде всего научной школы ВНИИГиМ, теоретические и практические разработки ученых института и сотрудников отдела гидротехники и гидравлики предыдущих лет.

В зависимости от характеристик источника питания (река, озеро, водохранилище) применяют плотинные или бесплотинные водозаборные узлы. Для регулирования твердого стока при плотинном водозаборе применяют двухэтапную систему осветления взвесенесущего потока (осаждение речных наносов в наносоаккумулирующих водохранилищах при плотинном водозаборе – 1-й этап осветления и дальнейшее осаждение не транспортируемых в магистральном канале фракций наносов в ирригационных отстойниках, как правило, с гидравлической промывкой отложений и трехэтапную систему при бесплотинном водозаборе – отклонение крупных фракций донных наносов от водозабора – применение струенаправляющих систем М. В. Потапова [1], осаждение части наносов в подводящих каналах – отстойниках с последующей их очисткой механизированным способом. Окончательное осаждение не транспортируемых в каналах оросительной системы осуществляется во внутрисистемных отстойниках, например, озерного типа.

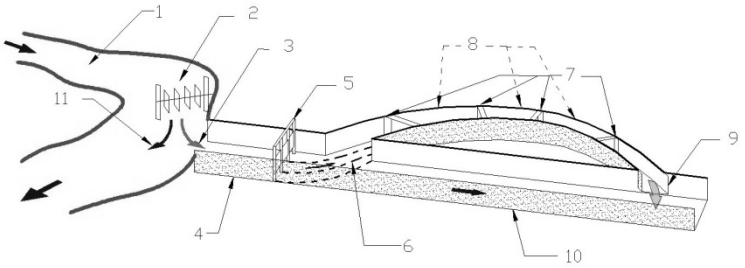
Бесплотинный водозабор применяется, когда горизонты и расходы реки достаточны для самотечного питания магистрального канала. Бесплотинный водозаборный узел включает следующие элементы (рисунок 1):

- источник орошения (река, водохранилище и др.);
- поверхностная струенаправляющая система М. В. Потапова. Ее расчет и методика эксплуатации широко освещены в трудах М. В. Потапова, А. Г. Хачатряна, Х. Ш. Шапиро [2] и в данной работе не рассматриваются;
- подводящие каналы – отстойники;
- шлюз-регулятор стока. Конструктивное решение и размеры плотины принимаются в зависимости от объемов забираемой в оросительную сеть воды и принятой системы осаждения не транспортируемых в магистральном канале наносов;
- прирусловой отстойник с механизированной очисткой и регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов. Конструкция отстойника и принцип работы рассмотрены ниже;
- магистральный канал. Методика расчета параметров его динамически устойчивого русла и допустимых характеристик концентрации наносов различных фракций, соответствующих транспортирующей способности потока в канале, рассмотрены в работах С. С. Медведева, А. О. Щербакова и др. [3–5];
- регуляторы стока при водозаборе в распределительные каналы;
- сеть распределительных каналов.

Регулирование твердого стока по предлагаемой технологии осуществляется следующим образом.

В русле реки – источнике орошения 1 монтируется поверхностная струенаправляющая система М. В. Потапова [1], создающая поперечную циркуляцию речного потока и расслаивающая его по глубине. При этом придонные слои, транспортирующие крупные фракции речных наносов, отклоняются от водозабора в речной поток, а поверхностные с более мелкими наносами направляются в подводящий канал – отстойник 3, в котором осаждается большая часть донных и взвешенных наносов, поступающих из реки. В дальнейшем осуществляется третий этап регулирования твердого стока путем расслое-

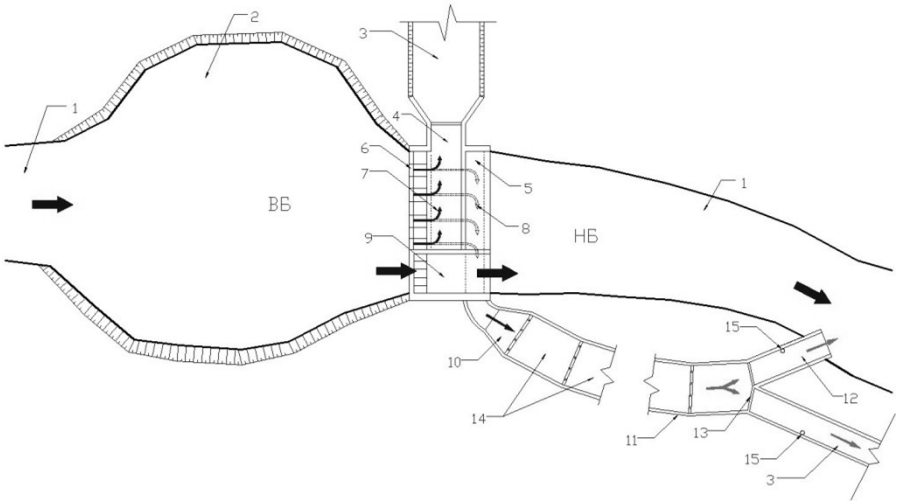
ния взвесенесущего потока по глубине на входе в магистральный канал 10 при помощи шлюза-регулятора 5, устанавливаемого в конце подводящего канала-отстойника 4, при этом придонные слои потока с не транспортируемыми потоком в канале наносами направляют через донные промывные галереи 6 и коллектор коробчатого типа в прирусловой отстойник 8 с механизированной очисткой отложений и регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов. В верхних (поверхностных) слоях потока мутность в отношении отдельных фракций наносов не превышает величину транспортирующей способности потока в магистральном канале в отношении этих фракций.



1 – река; 2 – струенаправляющая установка системы М. В. Потапова; 3 – поверхностные слои взвесенесущего потока; 4 – головной отстойник; 5 – шлюз-регулятор жидкого и твердого стока; 6 – подводящие к отстойнику донные галереи; 7 – донные переливные пороги с регулирующими щитами; 8 – последовательно соединенные секции отстойника с регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов; 9 – сбросной канал из отстойника с консольным водосбросом в конце; 10 – магистральный канал; 11 – придонные слои взвесенесущего потока

Рисунок 1 – Схема регулирования твердого стока при бесплотинном водозаборе

Принципиальная схема регулирования твердого стока при плотинном водозаборе представлена на рисунке 2. Одним из основных элементов схемы является отстойник с регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов, поступающих в него при промывке верхнего бьефа водозаборной плотины.



1 – река-водоисточник; 2 – наносоаккумулирующее водохранилище; 3 – магистральный канал; 4 – водозаборный лоток; 5 – донная галерея (пульповод); 6 – ж/б двухярусная щитовая плотина; 7 – поверхностные слои потока; 8 – придонные слои потока; 9 – водосбросная часть перегораживающей плотины; 10 – аванкамера на входе в отстойник; 11 – прирусловой отстойник; 12 – консольный водосброс из отстойника; 13 – регулятор-делитель стока; 14 – последовательно соединенные секции отстойника; 15 – расходомер

Рисунок 2 – Схема регулирования твердого стока при плотинном водозаборе (при не заиленном водохранилище)

Гидравлические характеристики потока, движения и осаждения разнофракционных наносов в водопроводящих элементах гидромелиоративной сети рассчитываются при помощи численного гидродинамического моделирования, описанного, в частности, в работах В. С. Вербицкого [6–7].

Выводы.

Используемое на практике двухэтапное осветление взвесенесущего потока в реке (в створе водозабора и в подводящем канале-отстойнике при бесплотинном водозаборе, в верхнем бьефе водозаборной плотины и в отстойниках с гидравлической промывкой отложений) не предохраняет мелиоративную сеть от заиления или размыва.

Для обеспечения надежной работы всего комплекса ГТС ГМС предложена третья ступень осветления взвесенесущего потока путем его послойного разделения по глубине перед входом в магистральный канал. Слои потока (в основном придонные), содержащие не транспортируемые по магистральному каналу фракции наносов, направляются в многокамерный прирусловой отстойник с механизированной очисткой отложений и регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов.

Представленная схема регулирования жидкого и твердого стока рекомендуется к применению на гидромелиоративных объектах при водозаборе из рек как на горно-предгорных, так на равнинных их участках.

Разработки будут способствовать снижению интенсивности поступления твердого вещества в водные объекты и защите водопроводящей сети оросительной от заиления и неблагоприятных деформаций.

Список использованных источников

1 Хачатрян, А. Г. Отстойники на оросительных системах / А. Г. Хачатрян. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 332 с.

2 Шапиро, Х. Ш. Регулирование твердого стока при водозаборе в оросительные системы / Х. Ш. Шапиро. – М.: Колос, 1983. – 272 с.

3 Медведев, С. С. Рациональное распределение твердого и жидкого стоков в элементах оросительной сети / С. С. Медведев // Вестник Россельхозакадемии. – 2006. – № 3. – С. 86–90.

4 Щербаков, А. О. Разработка новых способов регулирования твердого и жидкого стока на гидромелиоративных системах / А. О Щербаков, С. С. Медведев // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: сб. науч. тр. / Материалы юбилейной междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ «ВНИИГиМ», 26–27 ноября 2014 г. – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова. – 2014. – Т. 1. – С. 255–263.

5 Совершенствование управления каскадом волжских водохранилищ на основе гидродинамических моделей и ГИС-технологий / А. О. Щербаков, А. А. Талызов, И. С. Румянцев, С. И. Пручкин, А. Л. Бубер // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 2. – С. 8–12.

6 Вербицкий, В. С. Кинетическая модель движения твердых частиц в придонных турбулентных потоках с малой мутностью / В. С. Вербицкий // Водные ресурсы. – 1974. – № 3. – С. 75–90.

7 Вербицкий, В. С. Траекторно-диффузионный механизм работы гидротехнических отстойников / В. С. Вербицкий // Гидротехническое строительство. – 2016. – № 4. – С. 37–54.

УДК 626.82

А. Г. Ходзинская
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация
В. С. Вербицкий
Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В НЕОДНОРОДНЫХ ПО КРУПНОСТИ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ ГРУНТАХ

Деформация русла магистрального канала и каналов оросительной сети осветленным потоком, прошедшим отстойник, происходит по-разному в однородных мелкозернистых и песчано-гравийных грунтах со средней крупностью более 0,55 мм при превышении неразмывающей скорости потока, что подтверждается данными проведенных экспериментальных исследований. Различия в деформации связаны с образованием самоотмостки русла, препятствующей размыву. Предложен алгоритм расчета деформации русла в песчано-гравийных грунтах. Диаметр частиц самоотмостки можно определять по формуле, предложенной А. В. Магомедовой. Для расчета времени протекания деформаций предлагается использовать формулу для расхода донных наносов, полученную на основании вероятностной модели К. И. Россинского.

Ключевые слова: неоднородные по крупности несвязные грунты, самоотмостка, каналы, наносы, деформация русла, экспериментальные исследования.

Введение. Строительство земляных оросительных каналов без бетонного крепления не потеряло актуальности вследствие большей экономической привлекательности. Скорости, которые в бетонируемом русле могут достигать больших значений, чаще всего не требуются. Возникающие в каналах проблемы с фильтрацией и зарастанием могут быть решены, например, с помощью применения геомембран.

Надежная эксплуатация гидромелиоративных систем невозможна без регулирования поступления твердого стока как при водозаборе из рек – источников орошения в каналы, так и в системе самих каналов оросительной сети с помощью отстойников [1]. Современные теоретические представления о механизме работы отстойников рассмотрены В. С. Вербицким [2].

Материалы и методы. При дефиците твердого стока, поступающего из реки, возможны размывы русла магистрального и распределительных каналов. Деформации происходят по-разному в однородных и неоднородных по крупности несвязных грунтах. Методика предусматривает экспериментальные и аналитические исследования.

Результаты и обсуждение. Исходными данными при гидравлическом расчете канала в несвязном грунте методом допускаемой скорости являются: расчетный расход, кривая гранулометрического состава грунта и другие его характеристики, коэффициент шероховатости. Расчет начинают с назначения или определения максимальной глубины.

Профиль поперечного сечения мелиоративных каналов, как правило, задается параболической или трапецеидальной формы. Можно, определив максимальную глубину русла по формулам для параболического сечения при оптимальном соотношении ширины поверху к глубине, перейти к средней глубине, а затем к ширине поверху трапецеидального русла [3]. Считая, что площади параболического и трапецеидального русла одинаковы, глубина трапецеидального канала:

$$h=\frac{2\omega}{B+\sqrt{B^2+\frac{4\omega}{\mathrm{tg}\alpha}}},$$

где B – ширина русла поверху;

ω – площадь живого сечения;

α – угол заложения откоса.

При определении неразмывающей скорости учтем неравномерность распределения скорости в сечении канала, т. е. уменьшение устойчивости на размыв откосов и соответственно уменьшение неразмывающей скорости.

Если принять угол заложения откосов α равным половине угла внутреннего трения φ, коэффициент, учитывающий уменьшение устойчивости частиц на откосе, будет равен:

$$\Psi^2 = \cos\alpha\sqrt{1-\mathrm{tg}^2\alpha/\mathrm{tg}^2\varphi}\,.$$

Деформации русел каналов в земляных руслах давно являются предметом изучения. Результаты экспериментальных исследований приводятся, в частности, в работах [4–6]. В указанных работах рассматривался процесс деформации русел, сложенных однородными мелкозернистыми песками. Модельные сечения были рассчитаны на скорости, которые равны неразмывающим или отличаются от них незначительно. К сожалению, не все авторы указывали, каким образом определялась неразмывающая скорость (экспериментально или по формулам).

Во время опытов, описанных в вышеуказанных работах, деформация русел происходила за разное время, но, в целом, одинаково: сначала шло образование гряд на откосах, затем на дне. Во время всех опытов происходило расширение русла и уменьшение максимальной глубины. Во время длительных опытов в результате деформаций русла образовывались побочни и происходило искривление динамической оси потока в плане [4, 6]. В целом такие же процессы происходят и в натурных каналах [7].

Русла, сложенные песчано-гравийным грунтом, при поступлении в них осветленного потока деформируются по-другому, так как в них возможно образование самоотмостки, которая препятствует значительным деформациям.

Самоотмостка – слой частиц крупных фракций, который накапливается при небольшом размыве русла при вымывании частиц мелких фракций. Образование самоотмостки изучали И. В. Егиазаров, А. В. Магомедова и другие ученые. Согласно исследованиям А. В. Магомедовой [8], самоотмостка образуется только в неоднородных по крупности несвязных грунтах с коэффициентом неоднородности:

$$K_0 = d_{\text{ср}}/d_{95} < 0{,}8\,,$$

где $d_{\text{ср}}$ – средневзвешенный диаметр грунта;

d_{95} – диаметр частиц, меньше которых в составе грунта 95 % по весу).

В руслах рек, находящихся в местах распространения песчано-гравийных грунтов, самоотмостка – достаточно частое явление, оказывающее большое влияние на речную морфологию, вызывая уменьшение размывов, его надо учитывать при проектировании и эксплуатации каналов.

Самоотмостка образуется в подвальях донных форм, представляющих активный слой русла. Частицы мельче определенного диаметра образуют этот активный слой русла, который перемещается в форме гряд по накапливающемуся на дне и откосах слою более крупных донных частиц.

Для уточнения механизма процесса общего размыва русла в неоднородных по крупности песчано-гравийных грунтах и процесса изменения гранулометрического состава исходного грунта, проведены лабораторные эксперименты.

Лабораторные исследования по деформации русла, сложенного неоднородным по крупности песчано-гравийным грунтом, были проведены в гидравлическом лотке размерами 18 × 2 × 1 м. Допустима возможность изменения уклона дна. В опытах использованы три вида песчаного неоднородного по крупности грунта различного грану-

лометрического состава (средневзвешенный диаметр – 0,50 мм был в опытах I, II и III; 1,38 мм был в опыте IV и 0,64 мм – в опыте V). Коэффициент неоднородности грунта принят в соответствии с «Рекомендации по расчету …» [8] $K_0 = d_{ср}/d_{95}$, он равен 0,27, 0,29 и 0,32, т. е. грунт во всех случаях был неоднородным.

Перед экспериментами грунт предварительно замачивался, затем формировалось русло трапецеидальной формы и экспериментально определялась неразмывающая скорость потока.

Основные параметры опытов приведены в таблице 1. Значения гидравлических параметров потока представлены на момент начала опытов.

Таблица 1 – Основные параметры в опытах

Опыт	Q, л/с	$h_{ср}$, см	h_{max}, см	B, см	$I \times 10^3$	$U_{ср}$, см/с	$B/h_{ср}$	m
I	40,5	9,3	13,8	119	1,20	36,6	12,7	2,5
II	35,5	9,9	14,6	141	0,55	26,0	14,2	3,1
III	35,5	8,2	12,8	127	0,80	33,4	15,3	3,1
IV	42,0	8,0	12,2	130	0,95	38,8	16,1	3,2
V	45,5	9,0	13,9	134	1,00	37,8	14,9	3,2

Примечание: Q – расход воды; $h_{ср}$ и h_{max} – соответственно средняя и максимальная глубина; I – уклон свободной поверхности; $U_{ср}$ – средняя скорость потока m – коэффициент заложения откосов.

Результаты опытов показали следующее. В опытах I и III деформации происходили таким же образом, как в однородных грунтах [4–6], но в опыте III деформации были меньше, чем в I. Зарождение гряд находилось в нижней части откосов, затем гряды распространялись на все русло и перекашивались. Обрушение берега происходило в местах примыкания к нему подвалья косой гряды. В опыте II деформации практически отсутствовали, так как скорость была близка к неразмывающей.

В опытах IV и V характер русловых деформаций существенно изменился по сравнению с опытами I и III. В начале опытов на откосах, а затем и на дне появлялись гряды в виде, так называемых, «дефицитных форм», сложенные песком из мелких фракций. Эти формы со временем становились все более пологими и превращались в узкие полоски мелкого песка, в первую очередь на откосах, а затем и на дне, образуя слой частиц более крупных фракций (самоотмостку). Русло в урезной зоне практически не расширялось, а на уровне дна расширялось незначительно. Гранулометрический состав грунта на откосах и на дне после прохождения донных форм изменялся – средневзвешенный диаметр увеличивался. Мелкие частицы, вымываемые с откосов, транспортировались по откосам и дну в виде донных форм по слою частиц крупных фракций – хорошо видному слою самоотмостки – и смывались потоком.

В опытах I и III средневзвешенный диаметр исходного грунта был меньше 0,55 мм, и самоотмостка не образовывалась. Это можно объяснить тем, что у частиц мельче 0,5–0,6 мм при потере ими устойчивости переход во взвешенное состояние происходит фактически сразу после начала движения [9].

Гранулометрический состав грунтов, образовавшихся в результате опытов, приведен в таблице 2. Укрупнение частиц в опыте IV шло быстрее, чем в опыте V. Это объясняется большим содержанием в этом опыте частиц крупных фракций в грунте. Наиболее крупные частицы преобладали в нижних частях откосов, где происходил несколько больший размыв, средневзвешенный диаметр грунта здесь был наибольшим.

Следует отметить, что максимальная глубина размыва, идущего нормально откосам, составила в опыте IV – 5,5 см и в опыте V – около 3,5 см и была близка высоте донных форм, которые образовались в опытах. На рисунке 1 приводится изменение от-

носительной ширины русла ($B/h_{ср}$) в зависимости от времени в описанных экспериментах и в опытах, проведенных в однородном грунте [4–6].

Таблица 2 – Характеристики грунта в различных местах поперечного сечения в опытах III–V

№ опыта	В месте уреза		На середине откоса		У подошвы откоса		В подвалье гряд	
	d, мм	K_0	d, мм	K_0	d, мм	K_0	d, мм	K_0
III	0,50	0,27	0,56	0,31	1,50	0,26	0,73	0,32
IV	1,32	0,25	1,97	0,31	2,50	0,39	1,20	0,32
V	0,68	0,25	1,21	0,31	2,30	0,34	1,11	0,34

Примечание – d – средневзвешенный диаметр частиц грунта; K_0 – коэффициент неоднородности.

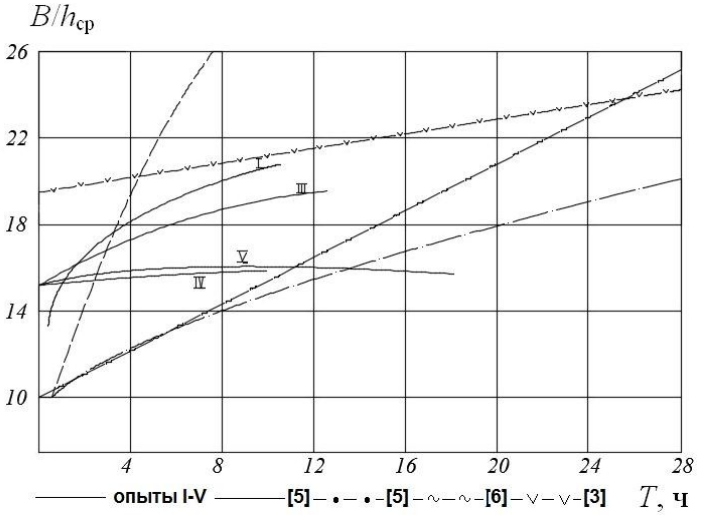


Рисунок 1 – Изменение относительной ширины русла во времени

Имеются различные предложения по расчету процесса укрупнения частиц поверхностного слоя, в частности, численная модель предложена в «Рекомендации по расчету …» [8].

Расчет переформирования русла предлагается вести по измененной модели, а именно считается, что послойный размыв происходит не в глубину, а перпендикулярно откосам, это соответствует результатам опытов [8].

Диаметр частиц самоотмостки на j-м шаге определяется по формуле, предложенной в «Рекомендации по расчету …» [8]:

$$D_{отмj} = D_{отмj-1} + \sum_{j=k}^{i} \Delta n_{j-1} P_{крj} \left(1 - \frac{d_{ср}}{d_{крj}}\right),$$

где $D_{отмj}$ – диаметр частиц самоотмостки на $j-1$-м шаге расчета, равный средневзвешенному диаметру в начале расчета;

Δn_j – интервал величины размыва, идущего нормально откосу;

$d_{крj}$ и $P_{крj}$ соответственно средний диаметр и относительное весовое содержание в исходном грунте крупных фракций, накапливающихся в русле при гидравлических условиях, соответствующих j-му шагу расчета.

В качестве диаметра, определяющего высоту выступов шероховатости в начале расчета, принимается диаметр частиц d_{95}, а на последующих шагах расчета – $D_{отм}$, а не d_{95} на всех шагах расчета.

В опытах IV и V русло расширилось на уровне середины откоса не более, чем на 3 %, в расчетах расширение составило 12 %. Диаметр частиц самоотмостки, образовавшейся в результате опытов (в нижней части откосов), отличался от рассчитанного менее, чем на 21 %.

При определении времени деформации русла в уравнении баланса деформации дна не учитывались, то есть было принято, что происходит размыв только берегов. Взвешенные наносы также не учитывались, а для определения расхода донных наносов использовалась предложенная В. С. Вербицким и основанная на вероятностной модели К. И. Россинского формула, в которой учтены, как катящиеся, так и сальтирующие, наносы. Эта формула проверена на обширном экспериментальном материале и дает хорошее совпадение с опытными данными. Формулы, в которых использован вероятностный подход, как показано В. С. Вербицким [10], вообще являются наиболее перспективными и универсальными.

Суммарный расход донных наносов неоднородного по крупности несвязного грунта определяется по формуле

$$G=\sum_{i=1}^{n} G_i ,$$

где n – количество фракций грунта;

G_i – расход донных наносов i-ой фракции.

Удельный донный расход i-ой фракции несвязного грунта, находящегося в движении, в объемном выражении равен:

$$G_i = 5(\varphi_i - \varphi_{\text{в}i})\frac{U_*^2}{W_i} d_i n_i \rho_{\text{ч}} ,$$

где φ_i – вероятность отрыва твердой частицы i-ой фракции от дна;

$\varphi_{\text{в}i}$ – вероятность взвешивания частицы i-ой фракции;

d_i – средний диаметр частиц рассматриваемой фракции;

U_* – динамическая скорость потока;

W_i – гидравлическая крупность частицы диаметром d_i;

n_i – процентное содержание частиц рассматриваемой фракции;

$\rho_{\text{ч}}$ – плотность частиц.

При определении коэффициента шероховатости русла, как показано В. С. Вербицким и А. Г. Ходзинской [9, 11], необходимо учитывать формы движения наносов (гладкое дно, рифы, дюны и антидюны), которые можно определить, пользуясь безразмерными параметрами – $U_{\text{ср}}/W$ и W/U_*.

В настоящее время для предотвращения фильтрации из каналов предлагается использовать геомембраны [12]. Для защиты геомембраны ее следует засыпать слоем отсортированного щебня или гравия на глубину 1 м. Такого же эффекта можно достигнуть, если отсыпать защитный слой фактически на всю глубину песком, а верхнюю часть песка покрыть слоем гравия толщиной 2–3 диаметра частиц. Это даст такой же эффект, но значительно дешевле, так как стоимость гравия (щебня гранитного) в среднем, как минимум, в 2,5 раза дороже, чем стоимость строительного песка.

Выводы. Деформации русел в разнородных достаточно крупнозернистых песчаных грунтах при образовании самоотмостки происходят не так, как в однородных песках.

Предложен алгоритм расчета деформаций русла в песчано-гравийных грунтах.

Для оценки времени деформации рекомендуется формула, основанная на вероятностной модели К. И. Россинского.

При отсыпке защитного слоя геомембраны можно использовать гравий или щебень не на всю глубину отсыпки. Достаточно покрытия защитного слоя из песка верхним слоем из гравия толщиной 2–3 диаметра частиц.

Список использованных источников

1 Щербаков, А. О. Разработка новых способов регулирования твердого и жидкого стока на гидромелиоративных системах / А. О Щербаков, С. С. Медведев // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: материалы юбилейной междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ «ВНИИГиМ», 26–27 ноября 2014 г. – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова. – 2014. – Т. 1. – С. 255–263.

2 Вербицкий, В. С. Кинетическая модель движения твердых частиц в придонных турбулентных потоках с малой мутностью / В. С. Вербицкий // Водные ресурсы. – 1974. – № 3. – С. 75–90.

3 Алиев, Т. А. Деформации каналов, проходящих в разнозернистых грунтах / Т. А. Алиев, А. Г. Ходзинская // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1989. – № 1. – С. 42–45.

4 Шарашкина, Н. С. Роль грядообразного движения наносов в формировании речных русел / Н. С. Шарашкина // Гидравлика сооружений и динамика речных русел: сборник. – М.: Изд-во СССР, 1959. – С. 212–223.

5 Михайлова, Н. А. Лабораторные исследования формирования устойчивых русел каналов / Н. А. Михайлова, О. Б. Шевченко, М. М. Селяметов // Гидротехническое строительство. – 1980. – № 7. – С. 40–46.

6 Троицкий, В. П. Результаты экспериментальных исследований на лабораторных песчаных каналах / В. П. Троицкий, А. И. Лаксберг, А. Я. Агаев // Гидравлические исследования в водном хозяйстве: сб. науч. тр. – М.: В/О Союзводпроект, 1982. – С. 89–99.

7 Косиченко, Ю. М. Каналы переброски стока России / Ю. М. Косиченко. – Новочеркасск: НГМА, 2004 – 470 с.

8 Рекомендации по расчету общего размыва русел, сложенных связными и несвязными грунтами при проектировании транспортных гидротехнических сооружений. – М.: ЦНИИС, 1981. – 90 с.

9 Вербицкий, В. С. Учет форм движения наносов при определении гидравлических сопротивлений русловых потоков / В. С. Вербицкий, А. Г. Ходзинская // Гидротехническое строительство. – 2005. – № 8. – С. 46–50.

10 Вербицкий, В. С. Определение расхода донных наносов с помощью характеристик сальтации / В. С. Вербицкий, А. Г. Ходзинская // Гидротехническое строительство. – 1999. – № 6. – С. 24–29.

11 Ходзинская, А. Г. Границы грядовой формы движения наносов / А. Г. Ходзинская // Вестник МГСУ. – 2015. – № 9. – С. 122–129.

12 Рекомендации по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из геомембраны для гидротехнических сооружений в условиях республики Казахстан / ТОО КазГеоСинтетика. – Астана. – 2011. – 48 с.

УДК 633.85:632.51

А. В. Гринько
Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Рассвет, Российская Федерация

ЭФФЕКТИВНЫЙ ГЕРБИЦИД ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Целью проведения исследований явилось изучение биологической эффективности и спектра действия нового гербицида Гоал 2Е в зависимости от норм расхода и сроков применения на посевах подсолнечника в условиях Ростовской области. Наиболее

высокая эффективность (91,9 %) против всего комплекса сорной растительности отмечена при применении гербицида Гоал 2Е в норме расхода 1 л/га в фазе 2 листа подсолнечника. Снижение нормы расхода до 0,8 и 0,5 л/га в фазе 2 листа подсолнечника повлекло за собой незначительное снижение биологической эффективности до 84,1 и 81,3 % соответственно. Урожайность маслосемян подсолнечника значительно отличалась в зависимости от норм расхода и сроков применения гербицида Гоал 2Е. Наиболее высокие показатели продуктивности получены при применении Гоала 2Е в норме расхода 0,8 л/га в фазе 2 листа подсолнечника. В среднем за трехлетний период урожайность на этом варианте опыта на 91,7 % превысила контроль (без гербицидов) и на 18,1 % эталон (Дуал Голд) и составила 17,6 ц/га. Максимальные показатели прибыли получены при применении Гоала 2Е с нормой расхода 0,5 л/га в фазе 2 настоящих листьев подсолнечника. Условно-чистый доход на этом варианте опыта составил 11510 рублей с 1 га, при окупаемости затрат 7,1 рублей на 1 рубль, вложенный в защитные мероприятия.

Ключевые слова: подсолнечник, сорняки, урожайность, гербицид, биологическая эффективность, условно-чистый доход.

Введение. В Ростовской области подсолнечник относится к числу наиболее рентабельных культур, что вызвало в последние годы значительное увеличение его доли в структуре посевных площадей – более 20 %. Однако фитосанитарное состояние культуры в настоящее время оставляет желать лучшего [1].

Серьезным препятствием в получении высоких урожаев подсолнечника является сильная засоренность полей однолетними и многолетними видами сорной растительности. Для условий Ростовской области с ее неустойчивым климатом, когда почвенная влага часто является главным фактором формирования урожая культур, чистота полей имеет определяющее значение. Ситуация осложняется отсутствием эффективных гербицидов в борьбе с многолетними корнеотпрысковыми сорняками и гербицидов, подавляющих двудольные сорняки после всходов подсолнечника. Применение имеющихся почвенных гербицидов не всегда обеспечивает нужный эффект, особенно против таких видов, как: бодяк полевой, амброзия полыннолистная и др. [2].

Кроме того в 2014 году в нашей стране запрещена продажа препаратов на основе Ацетохлора и отозвана регистрация препаратов на его основе, которые занимали 55–60 % среди почвенных гербицидов на подсолнечнике. Запрет привел к увеличению спроса на другие почвенные гербициды для выращивания подсолнечника. Действие последних в настоящие время недостаточно изучено.

В этой связи изучение биологической эффективности и спектра действия новых гербицидов в посевах подсолнечника и разработка регламентов их применения в современных условиях приобретает особую актуальность.

Место проведения, объекты исследования.

В 2014–2016 гг. на опытном поле агрохимии и защиты растений ФГБНУ «ДЗНИИСХ» Аксайского района Ростовской области исследовали эффективность гербицида Гоал 2Е, КЭ (240 г/л оксифлуорфен) в зависимости от норм расхода и сроков применения.

Целью проведения исследований явилось изучение биологической эффективности и спектра действия нового гербицида Гоал 2Е в зависимости от норм расхода и сроков применения на посевах подсолнечника в условиях Ростовской области.

Механизм действия и применение: Гоал 2Е относится к группе препаратов, механизм действия которых основан на нарушении синтеза хлорофилла и разрушении мембран клеток. Препарат действует двумя разными способами:

- при обработке посевов до прорастания сорняков Гоал 2Е практически не перемещается в почве и не смывается водой, образуя при этом на поверхности почвы гербицидный экран. Он ингибирует развитие сорняков до тех пор, пока не нарушится его цело-

стность. Гербицидную активность снижает обработка почвы после применения препарата.

- при обработке посевов после прорастания сорняков Гоал 2Е уничтожает сорняки, действуя одновременно как контактный и почвенный гербицид, попадая на поверхность почвы. Более эффективен при обработке растений в фазе активного роста с нормой расхода рабочей жидкости не менее 300 л/га. Период гербицидной активности экрана до 3 месяцев.

Схема опыта включала в себя применение гербицида Гоал 2Е до всходов подсолнечника и в фазе 2 настоящих листьев культуры в трех нормах расхода – 0,5; 0,8 и 1 л/га, эталоном служил почвенный гербицид Дуал Голд, КЭ в норме расхода 1,6 л/га, контролем – вариант без применения гербицидов. Технология возделывания культуры была обычной для данной зоны. В опыте возделывался гибрид – НК Брио, предшественник – озимая пшеница.

Методы исследований. Исследования проводились полевыми и лабораторными методами с использованием следующих методик: учеты сорняков по видам количественным методом на постоянных учетных площадках, учет урожая методом уборки целых делянок [3], математическая обработка данных по Б. А. Доспехову (1985) [4].

Результаты исследований. Наиболее распространенными сорняками в годы исследований были бодяк полевой (*Cirsium arvense*), амброзия полыннолистная (*Ambrósia artemisiifólia*), марь белая (*Chenopódium álbum*), щирица запрокинутая (*Amaránthus retrofléxus)*, куриное просо (*Echinóchloa crus-gálli*).

Как видно из результатов исследований представленных в таблице 1, наиболее высокая эффективность (91,9 %) против всего комплекса сорной растительности отмечена при применении гербицида Гоал 2Е в норме расхода 1 л/га в фазе 2 листа подсолнечника. Снижение нормы расхода до 0,8 и 0,5 л/га в фазе 2 листа подсолнечника повлекло за собой незначительное снижение биологической эффективности до 84,1 и 81,3 % соответственно.

Таблица 1 – Биологическая эффективность гербицида Гоал 2Е против основных видов сорной растительности в зависимости от нормы расхода и сроков применения

Вариант	Бодяк полевой		Амброзия полыннолистная		Марь белая		Щирица запрокинутая		Куриное просо		Всего	
	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Применение в фазе 2 листа подсолнечника												
1) Гоал 2Е, 0,5 л/га	2	60,0	1,5	88,5	2	81,8	1	88,9	1	87,5	7,5	81,3
2) Гоал 2Е, 0,8 л/га	1,5	70,0	1	92,3	2	81,8	1	88,9	1	87,5	6,5	84,1
3) Гоал 2Е, 1,0 л/га	0,5	90,0	1	92,3	0,5	95,5	0,5	94,4	1	87,5	3,5	91,9
Применение до всходов культуры												
4) Гоал 2Е, 0,5 л/га,	4,5	10,0	11	15,4	3	72,7	2	77,8	6	25,0	26,5	40,2
5) Гоал 2Е, 0,8 л/га	4	20,0	9,5	26,9	2	81,8	1	88,9	5	37,5	21,5	51,0
6) Гоал 2Е, 1 л/га	3	40,0	8	38,5	1,5	86,4	1	88,9	4,5	43,8	18,0	59,5

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7) Дуал голд, 1,6 л/га (эталон)	4	20,0	8,5	34,2	1,5	86,4	1	88,9	5	37,5	20,0	53,4
Контроль	5		13		11		9		8		46	
Примечание – * – шт./м^2; ** – гибель, %.												

При довсходовом применении биологическая эффективность гербицида Гоал 2Е была наивысшей при норме расхода 1 л/га и составила 59,5 %, что превысило эталон (Дуал Голд) на 6,1 %. Менее эффективным оказалось почвенное применение Гоала 2Е в нормах расхода 0,8 и 0,5 л/га – 51,0 и 40,2 % соответственно, что обусловлено низкой эффективностью этих вариантов опыта против бодяка полевого и амброзии полыннолистной.

Урожайность маслосемян подсолнечника значительно отличалась в зависимости от норм расхода и сроков применения гербицида Гоал 2Е. Наиболее высокие показатели продуктивности получены при применении Гоала 2Е в норме расхода 0,8 л/га в фазе 2 листа подсолнечника. В среднем за трехлетний период урожайность на этом варианте опыта на 91,7 % превысила контроль (без гербицидов) и на 18,1 % эталон (Дуал Голд) и составила 17,6 ц/га.

Снижение нормы расхода до 0,5 л/га практически не отразилось на урожайности маслосемян подсолнечника, которая составила 17,4 ц/га. При увеличении нормы расхода гербицида Гоал 2Е до 1 л/га при обработке по вегетации произошло снижение урожайности до 13,6 ц/га. Дополнительные исследования на этом варианте показали наличие фитотоксического эффекта и значительное снижение ростовых процессов у растений подсолнечника.

При довсходовом применении гербицида Гоал 2Е, в среднем за три года исследований, незначительное превышение урожайности по сравнению с эталоном 2,7 % получено на варианте опыта с нормой расхода 1 л/га (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность маслосемян подсолнечника в зависимости от нормы расхода и сроков применения гербицида Гоал 2Е

Вариант	Урожайность в годы исследований, ц/га				Прибавка			
					к контролю		к эталону	
	2014	2015	2016	средняя	ц/га	%	ц/га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1) Гоал 2Е, 0,5 л/га, в фазу 2 листа подсолнечника	17,2	18,1	16,9	17,4	8,2	89,1	2,5	16,8
2) Гоал 2Е, 0,8 л/га, в фазу 2 листа подсолнечника	17,4	18,5	17,0	17,6	8,4	91,7	2,7	18,1
3) Гоал 2Е, 1 л/га, в фазу 2 листа подсолнечника	13,2	14,7	12,9	13,6	4,4	47,8	–1,3	–8,7
4) Гоал 2Е, 0,5 л/га, до всходов подсолнечника	14,1	14,8	12,3	13,7	4,5	49,3	–1,2	–8,1
5) Гоал 2Е, 0,8 л/га, до всходов подсолнечника	14,5	15,3	13,9	14,6	5,4	58,3	–0,3	–2,0
6) Гоал 2Е, 1 л/га, до всходов подсолнечника	15,1	16,2	14,7	15,3	6,1	66,7	0,4	2,7
7) Дуал Голд, 1,6 л/га до всходов подсолнечника (эталон)	14,7	15,7	14,2	14,9	5,7	61,9		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль (без гербицидов)	9,3	9,8	8,5	9,2				
$НСР_{05}$	2,73							

Основной целью любого сельхозпроизводителя является получение наибольшей прибыли при минимальных затратах на получение единицы продукции. Поэтому одним из важнейших показателей при возделывании сельскохозяйственных культур является экономическая целесообразность и окупаемость мер борьбы с вредными объектами.

Рентабельность химических защитных мероприятий зависит, в первую очередь, от материальных затрат на проведение обработок (эксплуатационные затраты на использование опрыскивающего агрегата) и величины сохраненного урожая защищаемой культуры [5]. Именно эти показатели мы и использовали при экономической оценке изучаемых вариантов.

Экономическая оценка применения гербицидов сводится к сравнению затрат на обработку и размера прибыли от сохраненного урожая. Доход определяется только стоимостью сохраненного урожая. Для расходной части учитываются затраты на приобретение гербицидов, расходы по их транспортировке, стоимость эксплуатации опрыскивателей, оплата труда обслуживающего персонала, оплата транспортных средств, необходимых при организации применения гербицидов

Для расчетов используем цены на препараты и сельскохозяйственную продукцию, сложившиеся в среднем за 2014–2016 годы. Цена 1 кг маслосемян подсолнечника – 16 руб./кг. Затраты на применение гербицидов, без учета стоимости препарата, 190 руб./га.

Результаты расчета экономической эффективности защитных мероприятий показали, что чистый доход и рентабельность применения гербицида Гоал 2Е на подсолнечнике напрямую зависит от сроков применения и норм расхода. Максимальные показатели прибыли получены при применении Гоала 2Е с нормой расхода 0,5 л/га в фазе 2 настоящих листьев подсолнечника. Условно-чистый доход на этом варианте опыта составил 11510 рублей с 1 га, при окупаемости затрат 7,1 рублей на 1 рубль, вложенный в защитные мероприятия (таблица 3).

Таблица 3 – Экономическая эффективность применения гербицида Гоал 2Е в зависимости от нормы расхода и сроков применения

Вариант	Сохраненный урожай		Всего дополнительных затрат, руб./га	Условно-чистый доход, руб./га	Окупаемость, руб./руб.
	ц/га	руб./га			
1	2	3	4	5	6
1) Гоал 2Е, 0,5 л/га, в фазу 2 листа подсолнечника	8,2	13120	1610	11510	7,1
2) Гоал 2Е, 0,8 л/га, в фазу 2 листа подсолнечника	8,4	13440	2462	10978	4,5
3) Гоал 2Е, 1 л/га, в фазу 2 листа подсолнечника	4,4	7040	3030	4010	1,3
4) Гоал 2Е, 0,5 л/га, до всходов подсолнечника	4,5	7200	1610	5590	3,5
5) Гоал 2Е, 0,8 л/га, до всходов подсолнечника	5,4	8640	2462	6178	2,5
6) Гоал 2Е, 1 л/га, до всходов подсолнечника	6,1	9760	3030	6730	2,2

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
7) Дуал, Голд, 1,6 л/га до всходов подсолнечника (эталон)	5,7	9120	2350	6770	2,9

При увеличении нормы расхода до 0,8 л/га чистый доход снизился до 10978 рублей с 1 га при окупаемости 4,5 руб./руб. Экономические показатели на остальных вариантах опыта не превышали эталон.

Заключение. Результаты исследований показали, что ввиду сильной засоренности полей получать высокие урожаи подсолнечника без применения гербицидов в условиях Ростовской области практически невозможно. Однако их использование должно иметь научное обоснование.

Результаты трехлетних испытаний гербицида Гоал 2Е показали, что наиболее биологически целесообразным и экономически обоснованным является его применение в фазе 2 настоящих листьев подсолнечника с нормой расхода 0,5 л/га. Данный вариант опыта обеспечивает высокую биологическую эффективность против всего комплекса сорной растительности, в том числе бодяка полевого и амброзии полыннолистной, на которые современные почвенные гербициды воздействуют незначительно. Условно-чистый доход на этом варианте опыта составил 11510 рублей с 1 га, при окупаемости затрат 7,1 рублей на 1 рубль, вложенный в защитные мероприятия.

Список использованных источников

1 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 гг. / под общ. ред. В. Н. Василенко. – Ростов н/Д.: Донской издательский дом, 2013. – Ч. 1. – 240 с.

2 Гринько, А. В. Гербициды на подсолнечнике / А. А. Гринько // Научное обеспечение агропромышленного комплекса на современном этапе: материалы Международной научно-практической конференции, п. Рассвет, 25 сентября 2015 г. – Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерального университета, 2015. – С. 279–283.

3 Методические указания по испытанию гербицидов в растениеводстве / под ред. А. В. Воеводина. – М.: Изд-во «Колос», 1969 – 40 с.

4 Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

5 Методика экономической оценки мероприятий по защите растений / Н. Р. Гончаров, Э. А. Пономарева, В. Г. Зайцева, В. А. Черкасов. – Л., 1985. – 29 с.

УДК 627.15

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

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИКИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Целью исследований являлось изучение особенностей течения в открытых потоках при малых и очень малых значениях уклонов свободной поверхности и средней скорости. Исследования были проведены А. Н. Оспановым в лабораторных условиях, А. В. Лютиковым – в натурных. Результаты исследований показали наличие своеобразных слабых турбулентных течений, в которых при уменьшении соответствующих значений числа Рейнольдса и уклона относительно их предельных значений наблюдалось существенное уменьшение коэффициентов Шези и увеличение коэффициента гидравлического сопротивления. Это привело к необходимости модернизации известной формулы Шези – Маннинга для слабых течений с помощью учета возрастающей

зависимости коэффициента шероховатости от уменьшения уклона. Такая модернизация позволила существенно уточнить гидравлические расчеты оросительных систем.

Ключевые слова: канал, режим, предел, уклон, скорость.

Введение. В течение двадцатого века рядом исследователей было отмечено, что течение турбулентных потоков с малыми и очень малыми уклонами свободной поверхности ($I \sim 10^{-5}$–10^{-4}) и средней скоростью ($U \sim 0{,}1$ м/с), имеет специфические особенности, которые отличают их, например, от турбулентных потоков с квадратичным законом сопротивления. В монографии А. Гибсона приведены результаты исследований Е. Среппа в низовьях р. Темзы при $H = 2{,}3$ м, $U \leq 0{,}2$ м/с, $\mathrm{Re} = UH/\nu \leq 4{,}6 \cdot 10^5$ [1]. С одной стороны, при столь большом числе Рейнольдса это явно турбулентное течение. С другой стороны, коэффициент сопротивления этого явно турбулентного течения аналогичен коэффициенту сопротивления ламинарного течения $\lambda \sim \mathrm{Re}^{-1}$, но числовой множитель в этой формуле много больше аналогичного множителя для «настоящего» ламинарного течения.

Большой объем экспериментальных работ по турбулентным течениям в водохранилищах и Невской губе провел В. А. Знаменский [2]. Для таких течений с малыми уклонами и скоростями, но большими числами Рейнольдса, В. А. Знаменский без ссылки на Е. Среппа нашел, что на отдельных вертикалях и в среднем по сечению коэффициент гидравлического сопротивления:

$$\lambda = \frac{2u_*^2}{U^2} = 2\left(\frac{H}{\Delta}\right)^{0,75} \mathrm{Re}^{-1}, \qquad (1)$$

где $u_* = \sqrt{gHI}$ – динамическая скорость, м/с;

Δ – высота шероховатости, м.

При обычном соотношении $(H/\Delta) >> 1$ эта формула аналогична формуле Е. Среппа.

М. Я. Савельев нашел, что по визуальным наблюдениям в каналах мелкой мелиоративной сети длина окрашенных струек может достигать $10\,H$, после чего они постепенно начинают исчезать [3]. Это свидетельствует о небольшой степени турбулентности, хотя числа Рейнольдса были достаточно велики, до $\mathrm{Re} \approx 60000$–$70000$. При этом гидравлические сопротивления в таких каналах были аналогичны по форме сопротивлениям ламинарных потоков, но с большими числовыми множителями.

Материалы и методы. Основным методом исследований являлось изучение особенностей течения в открытых потоках при малых и очень малых значениях уклонов свободной поверхности и средней скорости по результатам лабораторных исследований, проведенных А. Н. Оспановым в лабораторных условиях и А. В. Лютиковым – в натурных. В статье также проведен анализ работ других зарубежных и отечественных исследователей.

Результаты и обсуждение. Рассматриваемые специфические турбулентные течения автор статьи назвал слабыми турбулентными течениями, с тем чтобы их можно было отличать от обычных сильных турбулентных течений, например, с квадратичным законом сопротивления [4]. В работах вышеуказанных авторов не была определена граница между слабыми и сильными турбулентными течениями. Актуальная необходимость определения такой границы возникла у автора статьи в связи с гидравлическим расчетом проектируемого Главного канала переброски стока сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию (ГКП) на участках с мелкозернистыми несвязными грунтами. В/О «Союзводпроект» предложил принять среднюю глубину потока около 10 м при уклоне дна и свободной поверхности $I \sim 8 \cdot 10^{-6}$. Расчет проводился по формуле Шези – Маннинга с коэффициентом шероховатости $n = 0{,}02$. Принятое сочетание большой глубины и малого уклона характерно больше для слабых течений в водохранилищах, чем для реальных водотоков, рек и крупных каналов. Поэтому в работе автора было

рассмотрено теоретическое определение границы между сильным и слабым турбулентным течениями [4].

В работе В. И. Корня с помощью численного решения уравнения Сен-Венана для скорости движения паводковых волн в широком прямоугольном канале было найдено значение переходного уклона $I_{пр}$, при котором происходит переход от скорости кинематических волн $a \approx (1{,}7-2{,}0)U$ к скорости гравитационных волн $a = \sqrt{gH}$:

$$I_{пр} = 7{,}32 \cdot 10^{-5} n^{0{,}4} H^{0{,}5}, \quad (2)$$

где n – коэффициент шероховатости.

Первоначальное предположение автора состояло в том, что при $I < I_{пр}$ течение слабое, при $I > I_{пр}$ – течение сильное. В первом случае формула Шези – Маннинга неприменима, во втором – применима. Согласно этому предположению, течение Главного канала переброски (ГКП) должно быть слабым, и для того, чтобы это течение стало сильным, потребовалось увеличить уклон канала до значения $I = 3 \cdot 10^{-5}$.

Важность проблемы расчета гидравлики ГКП, возможность неточности предварительной оценки (2) привели к необходимости прямого экспериментального определения границы между слабым и сильным турбулентными течениями. В соответствии с этой необходимостью, по предложению автора, изучение слабых турбулентных течений стало темами диссертационных работ А. Н. Оспанова [5] для лабораторных условий и А. В. Лютикова [6] для натурных. Эти работы были выполнены под руководством доктора технических наук Х. Ш. Шапиро, в соответствии с плановой тематикой института ВНИИГиМ по переброске стока сибирских рек.

Исследования А. Н. Оспанова проводились в гидротехнической лаборатории ВНИИГиМ на уникальном 50-метровом зеркальном лотке с переменным уклоном. Длина призматического лотка с прямоугольным сечением – 4980 см, ширина – 100 см. Измерения проводились в том створе потока, где кривая спада переходила в кривую подпора и обеспечивались условия равномерного течения. Возможность изменения гидравлических параметров потока: уклон свободной поверхности $I = 1{,}8 \cdot 10^{-6}$–$2 \cdot 10^{-4}$, средняя скорость U = (0,63–25) см/с, средняя глубина H = (4–10) см, Re = $1{,}1 \cdot 10^{3}$–$5{,}5 \cdot 10^{4}$, Fr = $4{,}4 \cdot 10^{-5}$–$2{,}5 \cdot 10^{-2}$. Использование часового индикатора уровня для установления уклона дна лотка (точность 0,01 мм) и полуавтоматическая установка свободной поверхности потока (точность 0,1 мм) обеспечивали необходимую надежность полученных данных и результатов.

В точных опытах А. Н. Оспанова была впервые четко экспериментально определена граница между слабым и сильным турбулентным течениями. При малых уклонах ($I \sim 10^{-5}$) было установлено слабое турбулентное течение с наличием пульсаций скорости и законом сопротивления:

$$\lambda = \frac{126}{\mathrm{Re}} \quad (3)$$

и средней скорости:

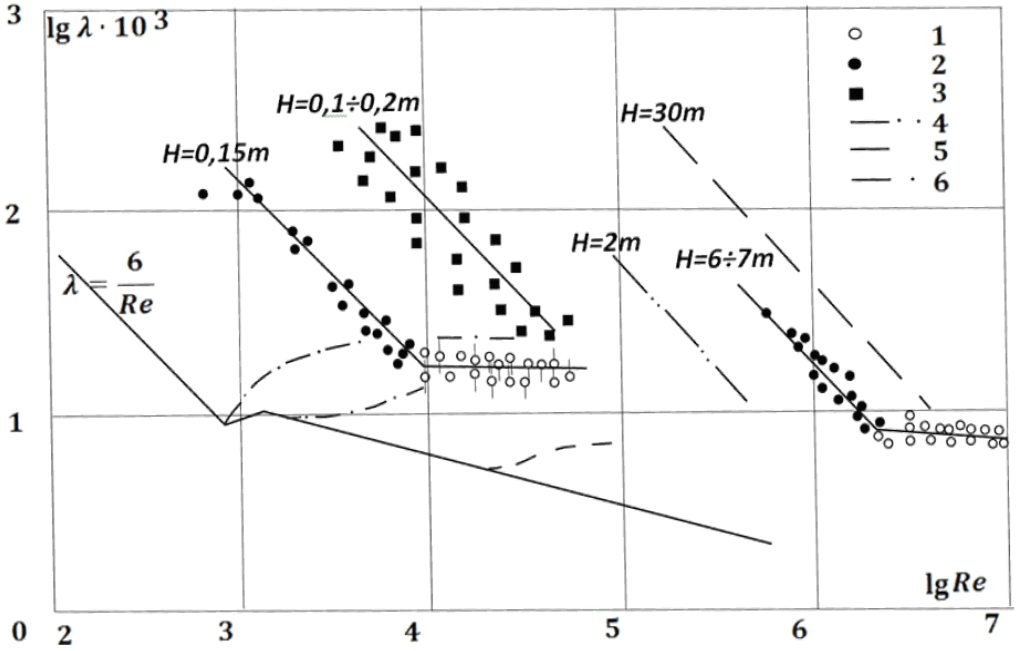
$$U = \frac{gH^2 i}{63\nu}. \quad (4)$$

При увеличении уклона и достижении числом Рейнольдса значений 6000–7000, слабое течение переходило в сильное, с квадратичным законом сопротивления по формуле Шези – Меннинга при n = 0,01.

На рисунке 1 представлены графики зависимости $\lambda = f(\mathrm{Re})$ по данным лабораторных и натурных исследований А. Н. Оспанова и А. В. Лютикова, а также известные графики по данным исследований А. П. Зегжды лабораторных и натурных течений.

Зависимость $\lambda = f(\mathrm{Re})$, полученная А. Н. Оспановым, состоит из двух ветвей,

при Re < 6000–8000 наклонная ветвь соответствует закону (3) и слабому течению, а горизонтальная ветвь соответствует квадратичному закону сильного течения. Резкий перелом при переходе от одной зависимости к другой означает и резкое изменение турбулентной структуры указанных течений.



1 – дельтовые рукава, Бузан, г/с Черемуха; 2 – гидравлический лоток (А. Н. Оспанов); 3 – мелкая мелиоративная сеть (М. Я. Савельев); 4 – р. Темза, (Е. Срепп); 5 – водохранилища (В. А. Знаменский); 6 – результаты исследований А. П. Зегжды; зачерненные обозначения – режим слабого течения, белые – режим сильного турбулентного течения

Рисунок 1 – График зависимости λ = *f* (Re)

По теоретическим результатам и опытным данным А. П. Зегжды, при Re < 800 для ламинарных течений:

$$\lambda = \frac{6}{\mathrm{Re}}, \tag{5}$$

$$U = \frac{gH^2 I}{3\nu}. \tag{6}$$

Общие между слабым турбулентным и ламинарным течениями зависимости $\lambda \sim \mathrm{Re}^{-1}$, $U \sim I$. Различие между течениями, даже в лабораторных условиях, состоит в большой, на порядок, разности между числовыми множителями и критическими числами Рейнольдса. Это отличие также однозначно показывает, что слабое течение не является ламинарным. Направление и результаты исследований А. Н. Оспанова изложены также в совместной работе [7].

Натурные исследования А. В. Лютикова проводились в низовьях р. Волги и р. Дона, а также на Волго-Каспийском канале. На рисунке 1 представлены результаты исследования на дельтовом рукаве Бузан р. Волги в г/с Черемуха. В этом створе I = (0,42–3,94)·10^{-5}, H = 5,6–8,9 м, U = 0,18–1,07 м/с, Re = (0,56–9,15)·10^6, Fr = (0,45–1,31)·10^{-3}.

Натурная зависимость $\lambda = f(\mathrm{Re})$ по форме совершенно аналогична лабораторной зависимости, две ветви – одна для слабого течения $\lambda \sim \mathrm{Re}^{-1}$, другая для сильного, с квадратичным законом сопротивления, с резким переломом между ветвями при Re ≈ 3·10^6 и уклонах I = (1–2)·10^{-5}.

$$\lambda = \frac{(1{,}5 \div 4)\cdot 10^4}{\mathrm{Re}}, \tag{7}$$

$$U = \frac{gH^3 I}{2\cdot 10^4 \nu}. \tag{8}$$

Для натурных условий числовой множитель для коэффициента гидравлического сопротивления намного (на два порядка) больше, чем для лабораторных условий. При использовании формулы Шези – Маннинга для квадратичного сопротивления сильного течения А. В. Лютиков по сумме опытных данных нашел, что предельное значение уклона, которое разделяет сильное и слабое течения:

$$I_{\text{пр}} = 0{,}025 n^2. \tag{9}$$

Для сильного течения:

$$\lambda = \frac{2gn^2}{H^{1/3}}, \tag{10}$$

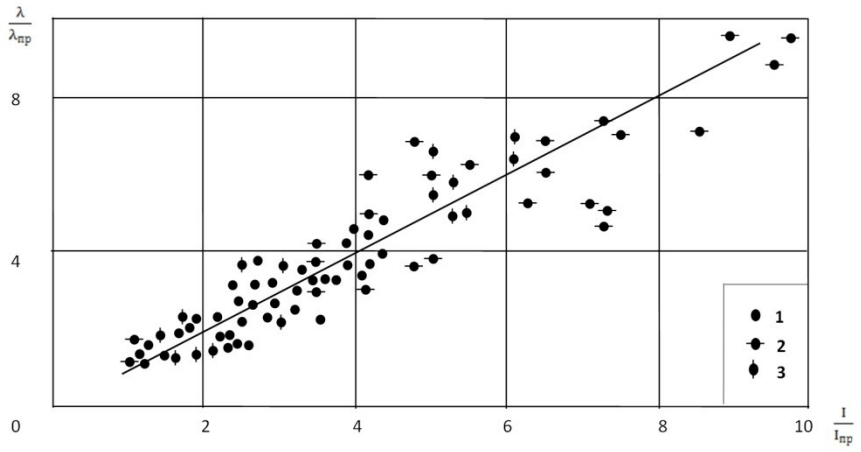
$$U = \frac{1}{n} H^{2/3} I^{1/2}. \tag{11}$$

На основе опытных данных А. В. Лютиков нашел, что коэффициент гидравлического сопротивления слабого течения в натурных условиях при $I \le I_{\text{пр}}$ изменяется по зависимости:

$$\frac{\lambda^{\text{сл}}}{\lambda_{\text{пр}}} = \frac{I_{\text{пр}}}{I}, \tag{12}$$

где $\lambda_{\text{пр}}$ определяется по формуле (10). Хорошее совпадение этой зависимости с опытными данными показано на рисунке 2 в широком диапазоне изменения:

$$\frac{I_{\text{пр}}}{I} = 1 \div 9.$$



1 – рукава дельт рек; 2 – водохранилища (В. А. Знаменский);
3 – гидравлический лоток (А. Н. Оспанов)

Рисунок 2 – График зависимости $\dfrac{\lambda}{\lambda_{\text{пр}}} = f\left(\dfrac{I}{I_{\text{пр}}}\right)$

Для коэффициента шероховатости слабого течения получаем:

$$n^{\text{сл}} = n\left(\frac{I_{\text{пр}}}{I}\right)^{0{,}5} = \frac{0{,}16 n^2}{I^{0{,}5}}, \tag{13}$$

где n определяется по формуле (10).

Соответственно, для слабого течения получаем предельную и среднюю скорости:

$$U_{\text{пр}} = \frac{1}{n} H^{2/3} \left(I_{\text{пр}} \right)^{1/2} = 0{,}16 H^{2/3}, \tag{15}$$

$$U_{\text{сл}} = U_{\text{пр}} \left(\frac{I}{I_{\text{пр}}} \right)^{1/2} = \frac{6{,}25 H^{2/3} I}{n^2} \sim I\,. \tag{16}$$

В мелких каналах оросительной сети n = 0,06–0,08, в магистральных каналах n = 0,0224. Тогда $I_{\text{пр}} = 9 \cdot 10^{-5} – 1{,}6 \cdot 10^{-5}$, $I_{\text{пр}} = 1{,}25 \cdot 10^{-5}$ при H = (1; 0,5) м, $U_{\text{пр}}$ = (0,16; 0,1) м/с. В оросительной системе для малых каналов при $I \le 10^{-4}$, а для больших при $I < 10^{-5}$, U < (0,1; 0,16) м/с будет иметь место слабое течение. В этом течении при уменьшении уклона коэффициенты сопротивления и шероховатости увеличиваются, а средние скорости уменьшаются пропорционально уклону.

При одинаковых значениях глубины и уклона скорости слабого течения меньше скорости сильного течения. Поэтому, если канал рассчитывается по обычной формуле Шези – Маннинга для сильного течения, то в режиме слабого течения скорость и, как следствие, расход в нем будут меньше проектного, а при пропуске расхода, равного проектному, каналы переполняются и происходит перелив воды через бровку.

В учебнике гидравлики Д. В. Штеренлихта показано, что при значении n = 0,14 реки превращаются в реки болотного типа, где есть заросли, кочки, а во многих местах почти стоячая вода [8]. Если исходить из оценок для магистрального канала, то такая река образуется при $I = 2 \cdot 10^{-6}$, что в какой-то мере детализирует описание коэффициента шероховатости. Формула А. В. Лютикова уточняет формулу В. И. Корня. При n = 0,0224 они дают одинаковый результат для H = 0,61 м.

Выводы. На основании полученных рядом авторов лабораторных и натурных данных по слабым турбулентным потокам можно отметить их следующие характерные особенности:

- возможность возникновения в прибрежной (пристенной) области застойных зон и обратных течений;

- возможность транзитного продольного течения только в наиболее глубоких частях поперечных сечений рек и каналов. Однако есть вероятность, что эти транзитные течения могут не достигать дна. Тогда в слабом потоке имеет место движение «воды в воде», в виде колеблющейся струи. Такое явление наблюдается, например, в очень тихих речках. В рамках гидравлического описания все эти эффекты не могут быть учтены и расчет слабых течений проводится только для случая «сплошного» занятия слабым потоком всего поперечного сечения;

- в слабых течениях часто наблюдается своеобразно перемежающийся характер турбулентности. Случайные промежутки времени, в которых имеются существенные колебания скорости, чередуются с другими промежутками, в которых скорость почти постоянна, очень мала и случайна. При этом существенно возрастает влияние молекулярной вязкости на турбулентное движение. Именно это «частичное» влияние и объясняет аналогию слабых турбулентных течений и ламинарных, в которых влияние молекулярной вязкости является «всеобъемлющим».

Из вышесказанного следует категоричный вывод о том, что в больших и малых каналах оросительных систем крайне рискованно и нежелательно появление слабых течений из-за весьма неблагоприятных последствий. Поэтому при проектировании и эксплуатации таких систем необходимо проводить обязательную проверку на возможность появления слабых течений. Настоящая работа является дополнением к методике гидравлического расчета открытых потоков, представленных в работе А. О. Щербакова [9].

Список использованных источников

1 Гибсон, А. Гидравлика и ее приложения / А. Гибсон. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1934. – 610 с.

2 Знаменский, В. А. Анализ потерь энергии в водоемах и предложения по моделированию гидравлического режима / В. А. Знаменский // Труды ГГИ. – 1968. – Вып. 155. – С. 88–108.

3 Савельев, М. Я. О движении воды во временных оросителях и их гидравлическом расчете / М. Я. Савельев // Гидротехника и мелиорация. – 1952. – № 1. – С. 17–23.

4 Вербицкий, В. С. Некоторые прогностические оценки гидравлического Главного канала переброски / В. С. Вербицкий, О. М. Иванова // Сб. науч. тр. ВНИИГиМ. – М., 1980. – С. 69–76.

5 Оспанов, А. Н. Пропускная способность мелиоративных каналов с малыми уклонами: автореф. дис. … канд. техн. наук / Оспанов А. Н. – М., 1985.

6 Лютиков, А. В. Пропускная способность и устойчивость русел крупных каналов при малых уклонах: автореф. дис. … канд. техн. наук / Лютиков А. В. – М., 1987.

7 Вербицкий, В. С. Исследования движения жидкости с очень малыми уклонами / В. С. Вербицкий, А. И. Оспанов, Х. Ш. Шапиро // Гидротехническое строительство. – 1986. – № 4. – С. 23–26.

8 Штеренлихт, Д. В. Гидравлика: учебник для вузов / Д. В. Штеренлихт. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 640 с.

9 Щербаков, А. О. Разработка новых способов регулирования твердого и жидкого стока на гидромелиоративных системах / А. О. Щербаков, С. С. Медведев // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: материалы юбилейной междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 26–27 ноября 2014 г. – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова. – 2014. – Т. 1. – С. 255–263.

УДК 627.881:626.83

Н. Р. Насырова
Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан
Ф. Ж. Носиров
Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Республика Узбекистан
Н. И. Юсупов
Ташкентский архитектурно-строительный институт, Ташкент, Республика Узбекистан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ СИСТЕМ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА

Целью исследований является изучение процесса отложения наносов в водоприемном устройстве насосных станций и разработка на этой основе эффективных технических решений, позволяющих предотвратить заиление сооружений систем машинного водоподъема и использовать их в расчетах режимов орошения. Разработан ряд новых конструкций всасывающей трубы, позволяющий предотвратить заиление на 85–98 % площади аванкамеры, занимаемой отложениями. На основе анализа процесса осаждения частиц наносов получено новое уравнение в виде степенной функции, описывающее траекторию падения частицы наносов для аванкамеры с трапецеидальным поперечным сечением.

Ключевые слова: система машинного водоподъема, русло, режимы орошения, аванкамера, насосные станции.

Рядом авторов ранее проанализировано современное состояние эксплуатации и режимов работы оросительных насосных станций (НС), подающих взвесенесущую воду и влияние этих факторов на режимы орошения [1, 2]. В странах Центральной Азии до 50 % орошаемых земель обеспечиваются системами машинного водоподъема (СМВ). Узбекистан является наиболее насыщенной насосами Республикой, где сосредоточено более половины насосных мощностей всего Центрально-азиатского региона. Здесь эксплуатируются 43 крупных НС, около 1400 средних и более 30000 мелких НС и установок.

Машинный водоподъем осуществляется лопастными насосами, количество типоразмеров которых превышает 120.

В последние годы в связи с резким увеличением стоимости электроэнергии и других эксплуатационных затрат, а также структуризацией сельского и водного хозяйства, в том числе СМВ, появились целевые задачи по совершенствованию технической эксплуатации:

- повышение надежности НС за счет внедрения специальных сооружений и устройств непосредственно на НС;
- совершенствование организационно-технологических вопросов эксплуатации на базе информационно-советующих компьютерных систем;
- снижение удельных энергозатрат на водоподъем, повышение среднеэксплуатационных КПД НС;
- разработка новых конструкций элементов гидротехнического узла НС с целью увязки их с режимами орошения.

Особенно важными аспектами являются оптимизация процессов заиления, режимов работы водоприемных сооружений, при которых наблюдаются наибольшие отложения наносов. Транспортирующая способность потока должна предотвращать заиление сооружений, но обеспечивать вынос оптимального количества фракций на поля в качестве удобрений.

Морфометрические характеристики в основном используются в гидравлических расчетах. Если они достаточно хорошо отражают основные параметры русел, то на основе этих данных можно получить сведения о состоянии расчетного участка орошения.

Основные поверхностные водоисточники Центральной Азии несут большое количество наносов. Гидравлическая крупность наносов в перекачиваемой НС Бухарского региона отражена в таблице 1.

Таблица 1 – Гидравлическая крупность наносов НС «Кую-Мазар»

Место взятия пробы	Макс. гидравл. крупность, мм/с	Гидравлическая крупность, мм/с							
		54	54–26	26–20	20–12	12–2	2–0,2	0,2–0,02	0,02
		Фракционный состав, %							
Аванкамера	94,50	0,20	0,73	46,95	21,80	16,96	9,30	2,40	1,75

По таблицам и графику ВНИИГ фракционный состав был пересчитан до диаметров выпавших частиц (таблица 2).

Таблица 2 – Фракционный состав насосов по диаметрам частиц

Место взятия пробы	Макс. гидравл. крупность, мм/с	Диаметр частиц, мм							
		0,5	0,50–0,25	0,25–0,20	0,20–0,14	0,14–0,05	0,050–0,016	0,016–0,005	0,005
		Фракционный состав, %							
Аванкамера	0,99	0,20	0,73	46,95	21,80	16,86	9,30	2,40	1,75

Уравнение траектории взвешенной частицы, которая двигается со скоростью υ_x и опускается со скоростью υ_z в условиях отсутствия пульсационных составляющих скоростей в аванкамере НС, имеет следующий вид:

$$dx\upsilon_z = \upsilon_x dz. \quad (1)$$

Величину υ_x в произвольном сечении с площадью ω можем выразить через расход воды Q [1]:

$$\upsilon_x = \frac{Q}{bh+mh^2} = \frac{Q}{b_1h_1+b_1x\text{tg}\alpha+h_1x\text{tg}\beta+x^2\text{tg}\alpha\cdot\text{tg}\beta+mh^2+2x\text{tg}\alpha\cdot h_1m+x^2\text{tg}^2\alpha\cdot m}, \quad (2)$$

где b – ширина по дну;

h – глубина воды в аванкамере;

m – коэффициент откоса;

b_1, h_1 – параметры площади живого сечения в начале аванкамеры.

Подставляя (2) в (1), имеем:

$$(b_1h_1+b_1x\text{tg}\alpha+h_1x\cdot\text{tg}\beta+x^2\text{tg}\alpha\cdot\text{tg}\beta+mh^2+2x\cdot\text{tg}\alpha\cdot h_1m+x^2\text{tg}\alpha\cdot m)dx = \frac{Q}{\upsilon_z}dz.$$

Проинтегрировав полученное значение, получаем:

$$\left[\frac{x^3}{3}\text{tg}\alpha(m\text{tg}\alpha+\text{tg}\beta)+x^2\text{tg}\alpha\left(h_1m+\frac{1}{2}b_1\text{tg}\alpha\right)+\frac{x^2}{2}h_1\text{tg}\beta+mh_1^2x+b_1h\cdot x\right] = \frac{Q}{\upsilon_z}z+C.$$

Значение C определяем с учетом начальных условий. При $x = 0$ и $z = 0$ получаем $C = 0$. Таким образом, искомое уравнение движения падающей частицы принимает вид

$$z = \frac{\upsilon_z}{Q}\left[\frac{x^3}{3}\text{tg}\alpha(m\cdot\text{tg}\alpha+\text{tg}\beta)+x^2\text{tg}\alpha\left(h_1m+\frac{1}{2}b_1\text{tg}\alpha\right)+\frac{x^2}{2}h_1\text{tg}\beta+\omega_1\cdot x\right], \quad (3)$$

где ω_1 – площадь живого сечения в начале аванкамеры.

При использовании этого уравнения ранее предложено принимать вместо υ_z гидравлическую крупность наносов w. Однако, как показывает сравнение результатов расчетов движения наносов с их измеренными величинами, при этом наблюдаются некоторые отклонения, связанные с разностью значений υ_z и w. Действительно, скорость падения частиц зависит не только от их размеров, но и от их удельного веса и степени мутности потока. В связи с этим величину υ_z можем определить по следующей зависимости, предложенной Н. Т. Кавешниковым [3]:

$$\upsilon_z = \frac{a_0 - a_к}{a_0}\overline{w}_0, \quad (4)$$

где a_0 – мутность потока в начале аванкамеры, кг/м^3;

$a_к$ – критическая мутность потока, кг/м^3:

$$a_к = 0{,}25a_0^{0{,}7}\frac{\upsilon}{\sqrt[3]{H\cdot\overline{w}_0}}; \quad (5)$$

$\overline{w}_0$ – средневзвешенная гидравлическая крупность, мм/с:

$$\overline{w}_0 = 0{,}01\sum w_i p_i,$$

где w_i – гидравлическая крупность отдельных фракций частиц;

p_i – процентное содержание отдельных фракций.

Сравнительно полную информацию об оросительных комплексах как объектах ирригационных работ можно получить, если объекты по функциональному признаку разбить на группы, каждый вид сооружений в группе классифицировать по типоразмерам.

В этом случае элементы системы можно разбить на пять функциональных групп: первая группа – сооружения, осуществляющие забор воды из источника; вто-

рая – сооружения, в задачу которых входит транспортирование, распределение и подвод воды к поливному полю; третья – устройства для понижения уровня и отвода за пределы орошаемой территории сильноминерализованных грунтовых вод; четвертая – поливной участок с устройствами и сооружениями, создающими при помощи поливов и промывок благоприятные условия для выращивания культур. Все прочие объекты, устройства и сооружения системы отнесены к пятой группе.

Проблема классификации элементов систем остро встала лишь после постановки на научную основу вопросов планирования режимов орошения, так как параметрические показатели определяют тип, мощность, рабочее, силовое и ходовое оборудование и другие эксплуатационные характеристики СМВ.

Обследование оросительных систем, проведенное Научно-исследовательским институтом ирригации и водных проблем, позволило авторам предложить типоразмерную классификацию каналов СМВ по их поперечным сечениям.

Максимальные скорости течения воды в оросительных каналах не должны превышать размывающих, а минимальные – быть не ниже допустимых на заиление и зарастание. Скорость воды в каналах, проходящих в земляном русле, равна 0,6–1,0 м/с; в облицованных – 2–3 м/с и более.

На основе результатов исследований авторами предлагались различные зависимости по определению степени и состава мутности потока, условий транспортирования наносов, траектории движения частиц, а также был предложен ряд конструктивных элементов, позволяющих уменьшить отложения наносов на дне водоприемных сооружений НС. Однако вопросы осаждения взвешенных частиц в условиях расширения поперечной площади потока за счет одновременного увеличения его ширины и глубины, т. е. в условиях аванкамеры, недостаточно изучены.

Анализ выполненных исследований показывает, что основным фактором, приводящим к заилению водоприемных сооружений, является снижение скорости потока в аванкамере, зачастую с водоворотами в боковых частях сооружения. При этом величина пульсационных составляющих скорости в придонном слое ничтожно мала, вследствие этого происходит падение частиц на дно, а искусственное увеличение поперечных и радиальных скоростей придает дополнительную силу воздействия на частицы наносов, что заставляет их двигаться и не дает возможности оседать на дне.

Авторами создан ряд принципиально новых технических средств для повышения надежности эксплуатации и режимов орошения при исключении потерь воды: вертикальные насосные агрегаты с замкнутой системой смазки, сокращающие количество уплотнений, сброс воды с примесями масла в дренажные потерны, устройства для изменения структуры потока, имеющих комплексные функции растекателей, наносо-, соро- и рыбозащиты, конструкции водоприемного сооружения и всасывающей трубы, которые имеют дополнительные устройства, позволяющие предотвратить оседание наносов на дно аванкамеры [1].

Рассматривая наши исследования с точки зрения повышения эффективности бассейнового метода управления водными ресурсами и режимами орошения в техническом, технологическом и организационном аспектах для повышения ответственности за сверхнормативное нерациональное потребление воды, кроме общего потребления воды из поверхностных источников с данными об удельных расходах воды Q следует ввести показатели:

- на единицу урожайности культивируемых сельхозкультур, м^3/т;
- на орошаемый гектар, м^3/га;
- на единицу выпускаемой сельхозпродукции, м^3/ед.

С целью экономии воды и предотвращения вторичного засоления мелиоративно неподготовленных земель, сельскохозяйственное производство на которых малоэффективно, но на рассоление и промывку их расходуется большое количество воды, следует

постепенно ограничивать подачу воды НС на орошение таких земель, что будет стимулировать работы по реконструкции староорошаемых земель.

Выводы.

1 Проведенный анализ состояния рассматриваемой проблемы позволяет сделать выводы, что морфометрические, гидравлические характеристики СМВ являются одними из основных составляющих в расчетах режимов орошения.

2 На основе анализа процесса осаждения частиц наносов получено новое уравнение в виде степенной функции, описывающее траекторию падения частицы наносов для аванкамеры с трапецеидальным поперечным сечением.

Список использованных источников

1 Носиров, Ф. Ж. Совершенствование условий эксплуатации НС горизонтальными агрегатами / Ф. Ж. Носиров, Ш. М. Шарипов // Материалы междунар. науч.-техн. конф. – Ташкент, 2008. – С. 280–282.

2 Гловацкий, О. Я. Особенности расчетов реконструкции и модернизации объектов систем машинного водоподъема / О. Я. Гловацкий, Р. Р. Эргашев // Экономический вестник Узбекистана. – 2009. – № 6. – С. 110–111.

3 Кавешников, Н. Т. Методы расчета осаждения наносов и параметров мутности потока в отстойниках / Н. Т. Кавешников // Гидротехническое строительство. – 1997. – № 10. – С. 26–30.

УДК 631.674.6:631.4

Л. А. Воеводина, Л. М. Докучаева
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ПОЧВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

В статье рассмотрено воздействие капельного орошения донской водой на почвенные процессы в черноземах обыкновенных, а именно, структурообразование, засоление, осолонцевание и агроистощение. Установлено, что использование капельного орошения водой с минерализацией от 0,468 до 0,646 г/дм^3 имело определенное влияние, которое проявилось в ухудшении структурного состояния по сравнению с необрабатываемой почвой, подтверждаемое увеличением глыбистой фракции и снижением агрономически ценных агрегатов с 68 до 49 %, что свидетельствует о присутствии процесса переуплотнения при капельном орошении. Капельное орошение не оказало влияния ни на изменение содержания солей в почве, ни на состав ППК, то есть процессы вторичного засоления и осолонцевания при данном способе полива и используемой воде отсутствуют. Обеспеченность почвы нитратами, подвижным фосфором и обменным калием при капельном орошении к концу поливного сезона остается очень высокой, средней и высокой соответственно. Следовательно, при капельном орошении и применявшейся технологии внесения минеральных удобрений процесс агроистощения не проявляется.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный, капельное орошение, структурообразование, засоление, осолонцевание, агроистощение.

Введение. Капельное орошение является одним из наиболее рациональных способов полива, который позволяет наиболее эффективно по сравнению с другими способами орошения использовать оросительную воду [1, 2]. Площади под капельным орошением в мире и Российской Федерации постоянно расширяются, так, по данным Экспертно-аналитического центра агробизнеса, в 2014 году составляли порядка 51 тыс. га [3].

В орошаемых почвах протекают разнообразные почвенные процессы, однако наиболее значимыми по воздействию на почву являются такие как структурообразование, засоление, осолонцевание, агроистощение.

Основное отличие капельного орошения от других способов орошения состоит в том, что вода по полю распределяется очагами. При капельном орошении наиболее сильное воздействие, особенно на структурное состояние, оказывается на почву, находящуюся, непосредственно под капельницами, где интенсивность поступления воды превышает интенсивность дождя при тропическом ливне. Так, по данным D. R. Currie, при расходе капельницы 4 л/ч увлажняется почвенный круг около 30 см^2, что соответствует интенсивности дождя около 60 мм/ч [4].

Процессы засоления и осолонцевания наиболее часто проявляются при использовании воды неблагоприятного состава [5, 6]. Использование воды хорошего качества либо не приводит к существенным изменениям, либо вызывает выщелачивание и рассоление [7, 8].

Процесс агроистощения, т. е. потеря почвенного плодородия в результате обеднения почв элементами минерального питания, неблагоприятных изменений почвенного поглощающего комплекса, реакции среды, обеднения минералогического состава, избыточного облегчения или утяжеления гранулометрического состава, уменьшения содержания и ухудшения качества органического вещества, развития неблагоприятного комплекса почвенной биоты, в основном обусловлен нарушением системы земледелия при возделывании культур в сельскохозяйственном производстве [9].

Указанные почвенные процессы при капельном орошении черноземов обыкновенных изучались мало, тем более, что в последние годы распространение получило оборудование, обеспечивающее поступление воды малыми расходами, поэтому целью исследований было изучение влияния капельного орошения на почвенные процессы с помощью определения физических, физико-химических и агрохимических свойств черноземов обыкновенных.

Материалы и методы. Местом проведения опытов по установлению влияния капельного орошения на черноземные почвы было ЗАО «Нива» Весёловского района Ростовской области, расположенное в 90 км восточнее г. Ростова-на-Дону, в центральной орошаемой природно-сельскохозяйственной зоне.

Отбор проб поливной воды проводился осенью и весной. Химический состав поливной воды представлен в таблице 1. В начале поливного сезона вода имела гидрокарбонатно-натриевый состав, в конце – сульфатно-натриевый. Вода по минерализации представляет собой воду второго класса для почв тяжелого гранулометрического состава. Электропроводность поливной воды в начале поливного сезона составляла 0,582 дСм/м, в конце – 0,483 дСм/м.

Таблица 1 – Химический состав поливной воды на опытном участке в ЗАО «Нива»

Срок отбора пробы	pH	Единицы измерения	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+ и K^+	Сумма ионов
НПС	7,72	ммоль(экв)/дм^3	2,065	2,925	4,300	2,700	2,500	3,770	18,260
		г/дм^3	0,073	0,141	0,262	0,054	0,030	0,087	0,646
КПС	7,60	ммоль(экв)/дм^3	1,125	4,060	1,680	2,010	2,030	2,765	13,730
		г/дм^3	0,040	0,195	0,103	0,040	0,025	0,064	0,468
Примечание – НПС – начало поливного сезона, КПС – конец поливного сезона.									

Отбор проб почвы проводился в трех точках относительно расположения капельной линии: непосредственно под капельницей (О); в зоне максимального накопления солей (примерно 20 см от капельной линии) (М) и в середине междурядья, в точке наиболее удаленной от капельной линии (Д). Отбор проб почвы для анализов был произведен в начале лета и осенью по окончанию поливного сезона. Глубина взятия проб до 1,0 м, по слоям через 20 см. Почвы были проанализированы на гранулометрический,

микроагрегатный и агрегатный составы, содержание основных питательных элементов, основных ионов в водной вытяжке (хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, ионы кальция, магния, натрия, калия), содержание обменных катионов (кальция, магния, натрия) [10–19]. Для определения физических и агрохимических свойств была составлена средневзвешенная проба из трех точек О, М и Д.

Капельное орошение использовалось для выращивания лука репчатого. Полив осуществлялся из Багаевско-Садковской оросительной системы. Источник орошения р. Дон. Для полива использовались капельные линии с встроенными капельницами с номинальным расходом 0,65 л/час при давлении 0,65 атм. Расстояние между капельницами 20 см, толщина капельной линии 0,152 мм, внутренний диаметр 16 мм. Схема раскладки капельных линий (90 + 50) см. Оросительная норма составила 2828 $м^3$/га. Поливные нормы колебались от 30 до 100 $м^3$/га в зависимости от периода выращивания и погодных условий. В основном проведение поливов совпадало с проведением фертигаций. При фертигациях использовались такие удобрения как аммиачная селитра, монокалийфосфат и сульфат калия. Нормы удобрений вносились под планируемую хозяйством урожайность лука репчатого 80 т/га и составили $N_{238}P_{67}K_{79}$.

Результаты и обсуждение. Изучение воздействия капельного орошения на физические свойства было проведено в сравнении с почвой необрабатываемого участка, расположенного в непосредственной близости от участка с капельным орошением.

Микроструктура черноземов обыкновенных при капельном орошении характеризуется устойчивостью. Это подтверждают значения фактора дисперсности и степени агрегированности, которые составили на необрабатываемом участке 6,8 % (высокая) и 89,4 % (хорошая) соответственно и в почве под влиянием капельного орошения 6,3 % (высокая) и 96 % (очень высокая). Содержание фракций при микроагрегатном анализе однородно.

Результаты изучения макроструктурного состояния, полученные при сухом (СП) и мокром (МП) просеивании почвы, показали, что почва необрабатываемого участка при СП характеризовалась наименьшим содержанием глыбистой фракции (23 %), при капельном орошении отмечалось повышение содержания глыбистой фракции более чем в 2 раза до 49,2 %. Если при СП преобладающей фракцией была глыбистая (> 10 мм), то при МП наибольшую долю составляла пылеватая фракция (< 0,25 мм). Так, целинная почва содержала (32,4 %), при капельном орошении – на 58 % больше (51,4 %).

Данные об агрегатном состоянии чернозема обыкновенного (таблица 2) свидетельствуют о том, что наилучшими показателями характеризовались почвы необрабатываемых участков. Здесь отмечалось наивысшее содержание агрономически ценных агрегатов (АЦА) при СП (73 %), что соответствует хорошему структурному состоянию. Оно также подтверждается высокими значениями коэффициента структурности, по которому структурное состояние почвы оценивается как отличное. Самые низкие показатели по количеству АЦА при СП и коэффициенту структурности отмечались при капельном орошении, при котором эти показатели составили 49 % и 0,97 соответственно, что ниже, чем на необрабатываемых участках, на 32,8 и 64,0 %. На последних также отмечались наилучшие показатели структурного состояния при МП. Так, содержание АЦА составило 68 %, что соответствует хорошему структурному состоянию. Данный показатель на необрабатываемом участке оказался выше, чем при капельном орошении на 39 %. Водопрочность на необрабатываемом участке характеризовалась как отличная.

Таким образом, исследования по влиянию капельного орошения на физические свойства выявили, что микроструктура черноземов обыкновенных сохраняет устойчивость. Макроструктура подвергается влиянию, что выражается в увеличении глыбистой фракции при СП и снижении агрономически ценных агрегатов до 49 %. При МП количество АЦА в условиях капельного орошения уменьшилось на 28 % по сравнению с показателями для почвы необрабатываемого участка.

Таблица 2 – Показатели агрегатного состояния слоя 0–30 см чернозема обыкновенного

Показатель	Необрабатываемый участок	Капельное орошение
Количество АЦА при СП, %	73	49
Средневзвешенный диаметр агрегатов (СВД) при СП, мм	4,36	6,55
Коэффициент структурности	2,69	0,97
Количество АЦА при МП, %	68	49
СВД при МП, мм	0,75	0,36
Критерий водопрочности агрегатов АФИ	295	360

Так как наибольшую настороженность при использовании капельного орошения вызывают проблемы, связанные с образованием на поверхности почвы зон с повышенным содержанием солей, нами было проанализировано возможное засоление по результатам анализов водных вытяжек из почвы. Образцы почвы анализировали с двух участков: на одном в начале поливного сезона отмечалось близкое расположение грунтовых вод, на втором грунтовые воды находились на глубине более 4 м.

Так, на участке с близким расположением грунтовых вод по окончанию поливного сезона, было отмечено общее снижение содержания солей в водной вытяжке, которое в среднем составило 0,032 г/100 г почвы. Почвы как в начале, так и в конце поливного сезона характеризовались как незасоленные. Тип засоления в основном был нейтральным, за исключением верхнего слоя 0–20 см в начале лета в зоне О, где имел место щелочной тип засоления при сульфатно-содовом химизме. Химизм засоления при нейтральном типе засоления был хлоридно-сульфатным и лишь в слое 0–20 см в зоне М сульфатно-содовым и сульфатным в слое 60–100 см в зоне Д. Наибольшие изменения произошли в содержании гидрокарбонатных ионов, их содержание повысилось в зонах М и Д в слое 0–40 см и в слое 40–100 см во всех зонах. Также произошло повышение содержания натрия в слое 40–100 см в зонах О и Д. Содержание хлоридных и сульфатных анионов в водной вытяжке из почвы чернозема обыкновенного в течение поливного сезона уменьшалось, а содержание гидрокарбонатных ионов повышалось. В основном же среди катионов в водной вытяжке преобладал кальций, среднее его содержание составило 52 % от суммы катионов. На следующий год на поле после капельного орошения были взяты образцы почвы для анализа водной вытяжки. Почва была незасоленная и характеризовалась нейтральным типом засоления в основном хлоридно-сульфатного (в слоях 0–40 и 80–100 см) и сульфатно-хлоридного химизма (в слое 40–80 см).

На втором участке в течение вегетационного периода происходило незначительное изменение содержания солей в зонах О и Д, в то же время в зоне М наблюдалось повышение содержания солей в метровом слое, в среднем составившее 51 %, наибольшее увеличение содержания солей отмечено в слое 20–40 см. По отдельным ионам повышение в конце периода орошения отмечалось по хлоридам (в 2 раза), сульфатам (20 %), натрию (26 %). Содержание гидрокарбонатов и магния, осталось в среднем по всем зонам и слоям на одном уровне. По зонам, накопление солей отмечено в зонах М и Д, что объясняется распространением границы контура увлажнения, которая проходит в пределах этих зон. Химизм засоления соответствовал сульфатно-хлоридному типу. По степени засоления почвы были незасоленными.

Таким образом, капельное орошение донской водой, характеризующейся минерализацией от 0,468 до 0,646 г/дм^3, приводило к незначительному накоплению солей на поверхности почвы, которое наибольшим было в зоне М, где проходила граница контура увлажнения. В отдельные годы в конце периода орошения отмечалось повышение содержания отдельных ионов: сульфатов на 20 %, натрия на 26 %, что объясняется со-

ставом поливной воды, в которой преобладали ионы сульфатов и натрия и применением удобрений, содержащих сульфаты (сульфат калия).

Ввиду того, что поливная вода относится к третьему классу по степени опасности натриевого осолонцевания, нами было проанализировано ее влияние на содержание обменных катионов в почвенном поглощающем комплексе (ППК). Существенного влияния капельного орошения в течение поливного сезона на изменение состава обменных катионов в почве не отмечено.

Для диагностики процесса агроистощения, под которым понимается обеднение почв подвижными формами элементов питания растений [9], нами были проанализированы показатели содержания в почве основных элементов питания растений: азота, фосфора, калия.

Наиболее доступной формой азота для растений являются нитраты. Исследования по влиянию капельного орошения на содержание нитратов показали, что применявшиеся в годы исследований нормы внесения азота (238 кг д. в./га) и стратегия внесения азотных удобрений (рисунок 1), способствовала накоплению нитратов, особенно в верхнем слое 0–40 см (рисунок 2). К концу поливного сезона содержание нитратов в слое 0–40 см составило 33,9 мг/кг, что соответствовало очень высокой обеспеченности, которая сохранилась и на следующий год после капельного орошения.

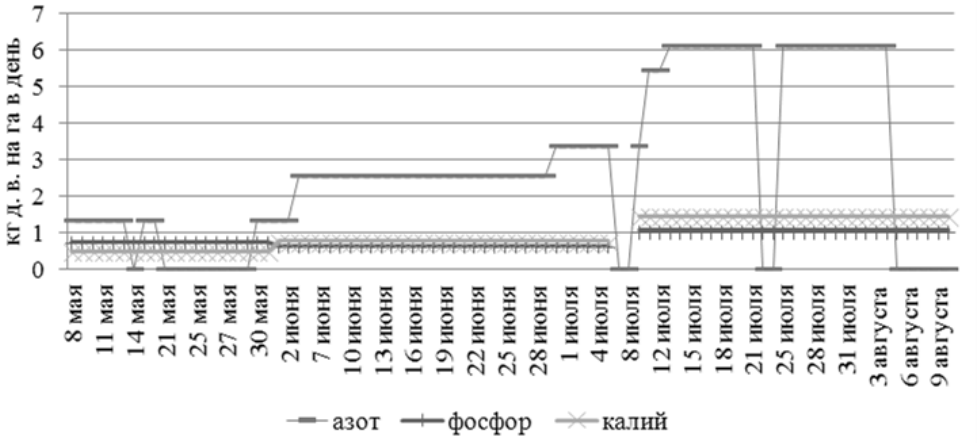


Рисунок 1 – Дозы азота, фосфора и калия при выращивании лука репчатого при капельном орошении

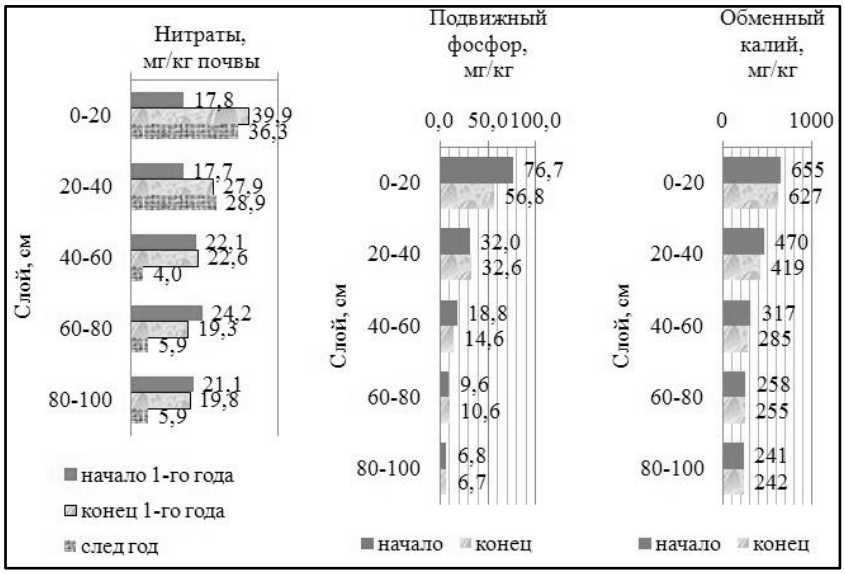


Рисунок 2 – Динамика содержания нитратов, подвижного фосфора и обменного калия при капельном орошении

Подвижный фосфор. При выращивании лука внесение фосфорных удобрений (монокалийфосфат) осуществляли посредством фертигации, дозы внесения представлены на рисунке 1. Норма внесения по фосфору составила 67 кг д. в./га. Исследования по влиянию капельного орошения на содержание подвижного фосфора показало, что в начале поливного сезона отмечалось его высокое содержание (рисунок 2). Максимальные значения были присущи верхним слоям почвы, что объясняется внесением удобрений и недостаточно развитой корневой системой растений лука репчатого, которая была не способна поглотить внесенные при фертигации удобрения. В более глубоких слоях почвы происходило постепенное снижение содержания подвижного фосфора. К концу поливного сезона в верхнем слое 0–20 см отмечено понижение уровня содержания подвижного фосфора на 26 % до 56,8 мг/кг. В слоях расположенных глубже содержание фосфора значительных изменений не претерпело. Таким образом, после использования капельного орошения содержание фосфора находилось на среднем уровне и составило 44,7 мг/кг в слое почвы 0–40 см, что на 18 % меньше, чем в начале поливного сезона.

Обменный калий. При выращивании лука внесение калийных удобрений (монокалийфосфат и сульфат калия) осуществляли посредством фертигации, дозы внесения представлены на рисунке 1. Норма внесения по калию составила 79 кг д. в./га. Изучение динамики калия при использовании капельного орошения в начале и конце поливного сезона показало, что в основном к концу вегетации отмечалось снижение содержания калия, обусловленное поглощением его растениями (рисунок 2). В слое почвы 0–40 см к концу поливного сезона содержание обменного калия составляло 523 мг/кг против 563 мг/кг в начале, что на 7 % меньше.

Полученные результаты по содержанию нитратов, подвижного фосфора и обменного калия свидетельствуют, что при капельном орошении с существующей технологией внесения минеральных удобрений процесс агроистощения не проявляется.

Выводы. Таким образом, использование капельного орошения на черноземных почвах при поливах донской водой с минерализацией от 0,468 до 0,646 г/дм^3 имело определенное влияние на свойства чернозема обыкновенного карбонатного среднемощного и почвенные процессы, которое проявилось в ухудшении структурного состояния по сравнению с необрабатываемой почвой и подтвердилось увеличением глыбистой фракции и снижением агрономически ценных агрегатов с 68 до 49 %, что свидетельствует о присутствии процесса переуплотнения при капельном орошении. Капельное орошение не оказало влияния ни на изменение содержания солей в почве, ни на состав ППК, то есть процессы вторичного засоления и осолонцевания при данном способе полива и используемой воде отсутствуют, это подтверждают результаты исследований названных показателей, определяемые на следующий год после использования участка под орошением. Обеспеченность почвы нитратами, подвижным фосфором и обменным калием при капельном орошении к концу поливного сезона остается очень высокой, средней и высокой соответственно. Следовательно, при капельном орошении и применявшейся технологии внесения минеральных удобрений процесс агроистощения не проявляется.

Список использованных источников

1 Бородычев, В. В. Современные технологии капельного орошения сельскохозяйственных культур: науч. изд. / В. В. Бородычев. – Коломна: ВНИИ «Радуга», 2010. – 241 с.

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

3 Плугов, А. Г. Площади под капельным орошением в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:ab-centre.ru/news/ploschadi-pod-kapelnym-orosheniem-v-rossii-dostigli-51-tys-ga, 2016.

4 Currie, D. R. Soil Physical Degradation due to Drip Irrigation in Vineyards: Evidence

and Implications. Ph. D. Thesis / D. R. Currie. – The University of Adelaide, 2006. – 108 p.

5 Безднина, С. Я. Экологические основы водопользования / С. Я. Безднина. – М.: ВНИИА, 2005. – 224 с.

6 Herrero, J. Soil salinity changes over 24 years in a Mediterranean irrigated district / J. Herrero, O. Perez Covetta // Geoderma. – 2005. – № 125. – P. 287–308.

7 Соколовский, С. П. Водно-солевой режим почв и развитие орошения в Центральном и Восточном Предкавказье: автореф. дис. … д-ра с.-х. наук / Соколовский С. П. – М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 1983. – 21 с.

8 Hanson, B. Drip irrigation increases tomato yields in salt-affected soil of San Joaquin Valley [Электронный ресурс] / B. Hanson, D. May. – Режим доступа: http:ucce.ucdavis.edu/files/repositoryfiles/ca5704p132-70223.pdf, 2017.

9 Отечественные подходы к оценке степени деградации почв и земель / Э. Н. Молчанов [и др.] // Почвоведение. – 2015. – № 11. – С. 1394–1406.

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

11 ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Введ. 1993-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2017.

12 ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введ. 1987-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2017.

13 ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2017.

14 ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2017.

15 ГОСТ 26426-85 Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2017.

16 ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2015.

17 ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2017.

18 ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Введ. 1986-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2017.

19 ГОСТ 26950-86. Метод определения обменного натрия. – Введ. 1987-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2017.

УДК 631.15

О. О. Кисарова
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

СТОХАСТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Целью исследования является проведение наблюдений за урожайностью зерновых культур на основе имеющейся выборки урожайности за ряд лет: статистический

анализ разброса значений урожайности по годам и общая тенденция к временному изменению, учитывая природно-климатические риски в виде вероятностных характеристик (среднеквадратическое отклонение). Рассчитаны основные вероятностные характеристики случайных выборок для Ростовской области: эмпирическое среднее выборки и эмпирическая дисперсия.

Ключевые слова: ретроспективные ряды урожайностей, выборка урожайностей, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, коэффициент детерминации.

Статистические наблюдения за урожайностью зерновых культур проводятся в течение достаточно длительного срока, особенно в Южном регионе Российской Федерации. Однако эти наблюдения, как правило, не дифференцированы по новым технологиям и новым сортам, развиваемым в отрасли. Кроме того контроль урожайности осуществляется на зональных агрометеорологических станциях, которые приступали к наблюдениям в различные сроки, поэтому число наблюдений по станциям различается от 100 лет до десятков лет и даже отдельных лет. Стабильность действия станций не всегда соблюдалась по разным организационно-техническим причинам.

В конце шестидесятых – начале семидесятых годов прошлого столетия в производственных масштабах начали использовать орошение как активную технологию повышения урожайности сельскохозяйственных угодий. Орошение способствовало повышению урожайности зерновых в производственных условиях в 1,5–2,5 раза, но его развитие полностью прекратилось в начале 90-х годов. К этому времени в целом по Российской Федерации общий размер орошаемых земель был доведен до 11 %, и с этого же периода стал существенно сокращаться за счет прекращения финансирования эксплуатационных мероприятий [1]. Тем не менее рост общего урожая зерна на орошаемых землях вошел в статистику общей динамики изменения урожая в Южном регионе [2]. Следует отметить, что орошение таких культур, как рис, развивалось в еще более поздние сроки (Краснодарский край, частично Астраханская область) и, благодаря определенным организационным обстоятельствам, продолжает использоваться до настоящего времени, но с меньшим эффектом.

На колебания урожайности зерновых культур в значительной мере во все годы влияли селекционные работы, которые последовательно внедрялись на сельскохозяйственных землях [3]. Отсюда можно сделать заключение, что любые выборки урожайности зерна, по проведенным наблюдениям, не являются стационарными, здесь явно прослеживается тенденция статистического роста урожайности во времени.

Рассмотрим выборку урожайности зерновых культур (озимая пшеница) для Ростовской области и определим ретроспективный ряд урожайности для этой выборки за последние 47 лет. Этот ряд построен по данным ФГБНУ «РосНИИПМ» (данные отобраны из технологических карт для озимой пшеницы) и представлен на рисунке 1.

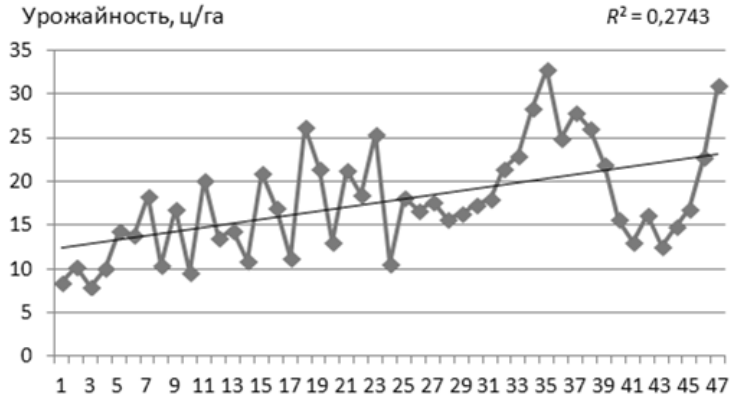


Рисунок 1 – Ретроспективный ряд урожайности озимой пшеницы в Ростовской области

Чтобы оценить нестационарность ряда построим линейный тренд. Анализ полученных данных показывает, что при столь низком коэффициенте детерминации R^2 выделение детерминированной составляющей временного роста не оправдано. Поэтому ряд рассматривается в совокупности как стационарная выборка единого вероятностного пространства. Анализируя разброс значений урожайности по годам и общую тенденцию к временному изменению, представляется целесообразным принять за основу для описания поведения урожайности во времени линейный случайный процесс [4]. Весьма представительная выборка содержится в монографии В. А. Перепелицы «Математическое моделирование экономических и социально-экономических рисков», и там же приведен полный статистический анализ имеющихся данных [5].

Основные вероятностные характеристики случайных выборок: эмпирическое среднее выборки (1) и эмпирическая дисперсия (2):

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \; ; \tag{1}$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \; . \tag{2}$$

Для Ростовской области: $x^2 = 17{,}7$; $s^2 = 37{,}2$.

Помимо селекционных работ на урожайность зерновых культур также влияют природно-климатические риски, тесным образом связанные с производством конечного продукта. Поскольку агроклиматическая ситуация многофакторна и динамична, то реального приема пересчета влияния ее экзогенных факторов на урожай практически не имеется. Значительно продуктивней оценивать по ретроспективным рядам вероятность производства того или иного уровня продукции. Собственно, задолго до появления теории рынков, планирование урожайности в хозяйствах рассчитывалось на среднюю величину, характерную для располагаемого объема ресурсов. Однако в рыночных условиях неизбежен учет финансово-экономических рисков, из которых наиболее существенными являются колебания спроса и обеспеченность оборотными средствами. Если неустойчивость урожаев назвать производственным риском, то суммарный риск складывается из суперпозиции трех рисков: производственного, спроса и финансового (в части оборотных средств).

Общепризнанной оценкой агроклиматического риска является дисперсия σ^2 или среднеквадратическое отклонение σ величины ожидаемого дохода [5]. В рассматриваемом случае используется ряд не дохода, а урожайности, которая является основной составляющей дохода. Прочие элементы дохода не имеют строгих вероятностных выборок (затратные элементы), поэтому их учет в большинстве случаев не представляется возможным.

Список использованных источников

1 Ганькин, А. С. Мелиоративным землям государственную заботу / А. С. Ганькин // Экономика сельского хозяйства России. – 1995. – № 4. – С. 9–16.

2 Программирование технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Северного Кавказа: рекомендации / Н. А. Кан, В. Г. Бурдюгов; под ред. Н. А. Кана. – Ростов н/Д., 1985. – 120 с.

3 Кершанская, О. И. Концепция оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы в оптимизации селекционного процесса / О. И. Кершанская // Вестник Башкирского университета. – 2001. – № 2(1). – С. 39–41.

4 Васильев, С. М. Циклическое орошение и технические средства для его осуществления / С. М. Васильев, А. В. Акопян, Т. Н. Андреева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 34–36.

5 Перепелица, В. А. Математическое моделирование экономических и социально-экономических рисков: монография / В. А. Перепелица, Е. В. Попова. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2001. – 126 с.

УДК 631.432.3

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

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Исследуется связь гранулометрического состава с гидрофизическими свойствами почв аридной зоны в режиме ненасыщенного содержания влаги. Интенсивность влагопроводности измерялась в зоне аэрации при различных значениях влажности. Влагопроводность как гидрофизическая характеристика, отражающая термодинамическое состояние почвы и гранулометрический состав, будет использована в дальнейшем для получения основной гидрофизической характеристики (ОГХ).

Ключевые слова: гидрофизические функции, водный баланс, пористость, гранулометрический состав, основная гидрофизическая характеристика, влагопроводность, гравитационный сток.

Для решения одной из важнейших задач водного орошения и оптимизации водообеспеченности агроценозов необходима пространственно-временная модель, основанная на гидрофизических свойствах почвы. Гидрофизические характеристики почв используются для описания передвижения влаги в зоне аэрации. Они отражают общее состояние почвенной среды и не способны моделировать динамику гидрологических процессов, распределения влаги по глубине, скорости проникновения в грунтовые воды и т. д. Моделирование процессов передвижения воды необходимо для оценки водообеспечения фитоценозов [1, 2]. Эти модели используют, как правило, в виде параметров почвенных характеристик (плотность твердой фазы, дисперсность, пористость, количество физической глины, песка, ила, пыли и т. д.) для получения водоудерживающей способности и влагопроводности.

Лизиметрические измерения гравитационного стока (влагопроводности) позволяют получить ценную информацию о режимах переноса влаги в ненасыщенных средах. Понятие критической влагоемкости применимо в практических целях при орошении сельскохозяйственных культур, где оно вводится для определения границы между «связанной» и «свободной» водой и может измеряться лизиметрически. Учет механизмов перемещения влаги в средах с «защемленным воздухом» имеет большое значение в организации орошаемого земледелия, а также при оптимизации режимов использования водных ресурсов [3–5].

Изучение почв лизиметров было продолжено с целью выявления их водоудерживающей способности – основной гидрофизической характеристики (ОГХ) и влагопроводности. Были получены гранулометрические составы (ГС) почв комплекса по методу Н. А. Качинского. ГС, выраженный в содержаниях фракций гранулометрических элементов является важнейшей физической характеристикой почвы. Определяя основные гидрологические процессы, он является одним из важнейших факторов плодородия, так как распределение элементарных частиц субстрата по размерам отражает способность почв к гумусообразованию, устойчивости к эрозии, что весьма важно в управлении их пользованием. ГС дает также информацию о генезисе, эволюции и истории использования почв. По данным ГС определяется название почвы верхнего горизонта либо по классификационным положениям Н. А. Качинского на основе соотношения

частиц > 0,01 мм (физический песок) и < 0,01 мм (физическая глина), либо по треугольнику Ферре (рисунок 1).

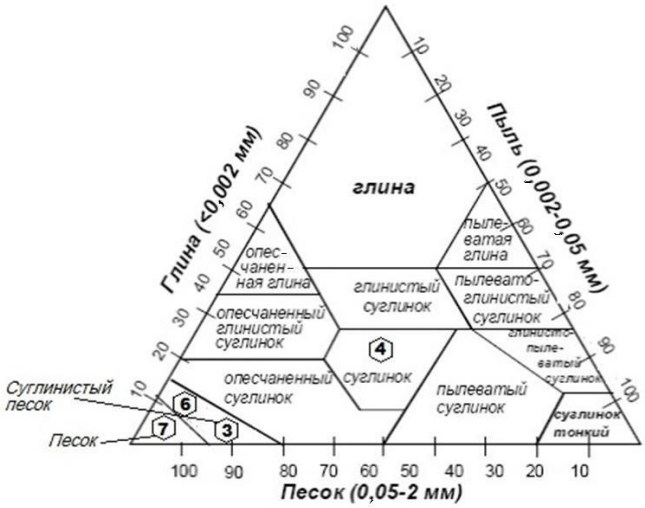


Рисунок 1 – Треугольник Ферре с данными гранулометрического состава лизиметрического комплекса ФНЦ агроэкологии: лизиметры № 2, 5, 7 – Sand (песок) (песок связный); 3, 6 – Loamy sand (суглинистый песок) (супесь); 4 – Loam (суглинок) (суглинок легкий)

Взаимосвязь между ГС и водно-воздушными и гидрофизическими свойствами почв позволяет решать обратную задачу: задавая необходимые свойства почв, составлять соответствующую смесь гранулометрических фракций, обеспечивая наперед заданное плодородие. Важную информацию о гидрофизических свойствах почвы дает ГС, выступая в роли одной из педотрансферных функций. Основная гидрофизическая характеристика почвы может быть «восстановлена» без дорогих лабораторных и/или полевых исследований посредством включения в математическую модель необходимых гидрофизических параметров (интенсивность гравитационного стока, распределение частиц по размерам, плотность, пористость и пр.) с помощью полуэмпирического моделирования [1, 3–4, 6–10]. На первом этапе работы по восстановлению ОГХ для лизиметров ФНЦ был необходим переход от классификации по Качинскому к международной классификации FAO (Ферре).

Гранулометрический состав по Качинскому имеет иные границы дисперсности фракций, что не позволяет напрямую перейти к зарубежной классификации (границы дисперсности в FAO: песок 2,0–0,05; пыль 0,05–0,002; глина < 0,002 мм). Поэтому строилась интегральная кривая распределения гранулометрических частиц по размерам. При этом по оси OX задавался диаметр частиц в логарифмическом масштабе, а по оси ординат – содержание частиц меньше заданного диаметра (в процентах к массе абсолютно сухой почвы). Ось ординат отражает процентные содержания всех частиц меньше заданного диаметра, т. е. интегральное (кумулятивное) содержание < 0,001, < 0,005, < 0,01 и т. д. Полученные таким образом кумулятивные кривые начинаются от значений ила (< 0,001 мм), возрастая и приближаясь к 100 % диаметров самых крупных частиц.

Методически сначала строилась дифференциальная кривая логнормального распределения по гранулометрическим данным Качинского. Затем на этом же графике размещалась интегральная кривая. Для наглядности на графиках интегральных распределений указаны области FAO песок 2,0–0,05, пыль 0,05–0,002 и глина < 0,002 мм (рисунок 2).

По интегральной кривой количество глины равно 6 %, пыли – 10 %, песка − 84 %. Таким образом, отечественная классификация почв, основанная на соотношении физической глины и физического песка в почве, является по сути двухчленной, а международная, учитывающая соотношения фракций (пыль, песок, глина) – трехчленной. Пере-

ход от одной к другой возможен с использованием кумулятивной кривой (рисунок 2), позволяющей определить процентное содержание трех фракций и осуществить классификацию почвы по треугольнику Ферре (рисунок 1).

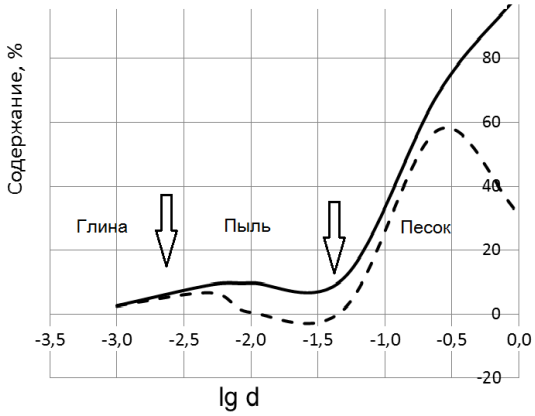


Рисунок 2 – Функции распределения почвенных частиц по размерам, характеризующих гранулометрический состав почвогрунта лизиметра № 3

В нашем случае – это легкие почвы, занимающие левый нижний угол треугольника. Качественное описание может быть сведено к следующему: распределение по размерам во всех лизиметрах близко к логнормальному как для легких, так и для тяжелых фракций. Таким образом, из проведенных исследований следует, что все почвы комплекса разделяются на три типа (рисунок 1).

Особый интерес представляло исследование гидрофизических свойств почвогрунтов по их механическому составу (дисперсности). На рисунке 3 показаны зависимости влагопроводности от весовой влажности. Из рисунка 3 явствует существенное качественное и количественное различие этой гидрофизической характеристики от типов почв и их гранулометрического состава. Аппроксимация данных степенной функцией методом наименьших квадратов показывает адекватность моделей влагопроводности А. Ф. Аверьянова [3] и И. П. Лихоцевича [4]. В нашем случае наблюдается существенный разброс показателя степени функции регрессии (от 4,89 до 10,73). Модель А. Ф. Аверьянова [3] демонстрирует связь влагопроводности с воздушным поровым пространством. Расхождение в показателях связано, по-видимому, с различным характером движения влаги за счет различного содержания илистой фракции в почвогрунтах этих лизиметров.

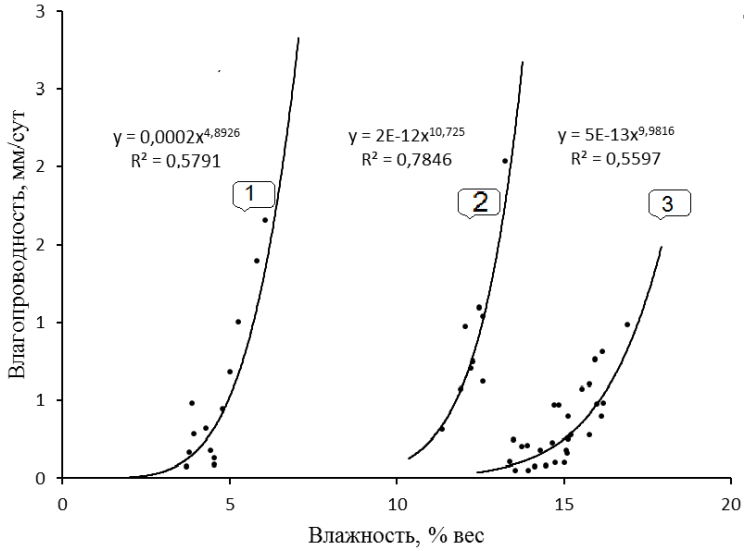


Рисунок 3 – Влагопроницаемость как функция объемной влажности почв: кривые 1, 2, 3 – лизиметры 5, 3 и 4 соответственно

В заключение отметим, что полученные результаты вселяют надежду на то, что данные гранулометрии позволят получать («восстанавливать») гидрофизические характеристики почв без их непосредственного лабораторного, лизиметрического или полевого измерений [7–10]. Полуэмпирический подход к проблеме влагопроводности и влагоудержания, например, в контексте педотрансферных функций Ван Генухтена [10] эффективно используется сейчас учеными России при решении задач почвенной гидрологии и мелиорации.

Список использованных источников

1 Глобус, А. М. Почвенно-гидравлическое обеспечение агроэкологических математических моделей / А. М. Глобус. – Л.: Гидрометиздат, 1987. – 427 с.

2 Салугин, А. Н. Структурная модель водного баланса региона / А. Н. Салугин // Вестник ВолгГАСУ. – Волгоград, 2015. – Вып. 33(52). – С. 216–223.

3 Аверьянов, С. Ф. Зависимость водопроницаемости почвогрунтов от содержания воздуха / С. Ф. Аверьянов // Докл. АН СССР. – 1949. – Т. 69. – № 2. – С. 142–144.

4 Лихацевич, А. П. Исследование гидрофизических свойств почвогрунтов / А. П. Лихацевич // Вести национальной академии наук. – Минск, 2013. – № 4. – С. 40–45.

5 Кулик, К. Н. Водный баланс почв песчаных массивов (на примере Усть-Кундрюченского массива) / К. Н. Кулик, А. К. Кулик, Н. Ф. Кулик // Почвоведение. – 2012. – № 88. – С. 846–854.

6 Качинский, Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1979. – 357 с.

7 Вайчис, М. В. Сравнительные исследования и оценка ГС почвы Литвы методами Н. А. Качинского и ФАО / М. В. Вайчис, И. П. Мажвила // Почвоведение. –2009. – № 3. – С. 318–324

8 Шеин, Е. В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретация результатов и классификаций / Е. В. Шеин // Почвоведение. – 2009. – № 3. – С. 309–317.

9 Simunek, J. Development and Applications of the HYDRUS and STANMOD Software Packages and Related Codes / J. Simunek, M. Th. Van Genuchten, M. Sejna // Vadose Zone Journal. – 2007. – Vol. 7. – no. 2. – pp. 587–600.

10 Van Genuchten, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils / M. Th. Van Genuchten // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1980. – V. 44. – pp. 892–898.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 581.4:633.635:631.6(477.72)

Р. А. Вожегова, И. Н. Беляева, С. В. Коковихин
Институт орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук, Херсон, Украина

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Целью исследований являлось изучение влияния гидротермических факторов на продуктивность сельскохозяйственных культур орошаемого севооборота. Установлено, что наибольшие суммы температур воздуха необходимы при выращивании люцерны второго года использования, а наименьшие – при выращивании люцерны третьего года использования и ячменя ярового. Максимальный температурный индекс (на уровне 50,2–50,5) можно получить при выращивании зерна озимой пшеницы и кукурузы на зерно. Поступления суммарной и фотосинтетически активной радиации тесно связаны с биологическими особенностями культур орошаемого севооборота. Коэффициент полезного действия ФАР позволяет в наибольшей степени отразить взаимосвязь эффективности использования солнечной энергии конкретными сельскохозяйственными культурами. Расчетами доказано, что в условиях орошения юга Украины наибольшие значения КПД ФАР (в пределах 1,42–1,85 %) обеспечивает выращивание озимой пшеницы, кукурузы и люцерны. Использование агрометеорологической информации с ее обработкой современными информационными средствами способствует повышению урожайности на 20–25 %, экономии поливной воды на 15–30 %, максимизации прибыли и улучшению эколого-мелиоративного состояния почв.

Ключевые слова: орошение, погодные условия, ФАР, эвапотранспирация, влагообеспеченность, модели, продуктивность орошения.

Введение. В результате изучения материалов метеорологических наблюдений, проведенных на различный континентах Земли, установлено, что климат нашей планеты постоянно изменяется под влиянием космических и антропогенных факторов как в направлении похолодания, так и потепления. Так, из-за космических факторов в конце XIX в. начался очередной этап потепления, которое существенно усилилось в 20–30-е гг. XX в. В дальнейшем было отмечено медленное похолодание, которое прекратилось в 1960–1963 гг. Вместе с этими факторами на глобальные климатические условия оказывает существенное влияние хозяйственная деятельность человека. За последние 10 тыс. лет распространение земледелия обусловило резкое сокращение площадей лесов, что также вызывало изменения климата. Во второй половине XX в. в связи с быстрым развитием промышленности и ростом энергозатрат возникли угрозы изменения климата с проявлением следующих тенденций: увеличение количества атмосферного углекислого газа, а также других газов, поступающих в атмосферу в ходе хозяйственной деятельности, с усилением парниковых эффектов в атмосфере; возрастание массы атмосферных аэрозолей; рост количества тепловой энергии, вырабатываемой в процессе хозяйственной деятельности человека и др. [1]. Такие изменения оказывают непосредственное влияние на сельское хозяйство, в том числе на продуктивность орошения в засушливых регионах планеты.

Большое значение для эффективного использования поливной воды имеет согласование взаимодействия всех уровней водопользования: от магистрального канала до орошаемого поля. Перспективным является совершенствование оросительных сис-

тем, организационных структур по управлению и эксплуатации этих структур как на уровне речных бассейнов, крупных каналов, так и на уровне межхозяйственной сети с учетом природных и хозяйственно-экономических условий. Современные оросительные системы должны в полной мере удовлетворять потребности агропроизводителей, учитывать структуру посевных площадей на уровне каждого хозяйства, быть направлены на получение максимальной продуктивности орошаемого земледелия, экономической эффективности и экологической безопасности на уровне хозяйства [2, 3]. При планировании режимов орошения существует необходимость комплексного учета влияния погодных условий на продуктивность использования оросительной воды и других ресурсов, поскольку такое воздействие может быть решающим с точки зрения формирования искусственного увлажнения [4]. Поэтому важное научное и практическое значение имеют исследования по прогнозированию продуктивности сельскохозяйственных культур в зависимости от влияния метеорологических условий с точки зрения нормирования ресурсов и повышения прибыльности орошаемого земледелия.

В разных странах мира с успехом применяют агрометеорологическое прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, основанное на моделировании входящей информации или результатах дистанционных исследований. Кроме того, используют биометрические системы, основанные на измеренных индексах растений (сроки посева, густота стояния растений, площадь листовой поверхности, размер кукурузного початка и т. п.). Агрометеорологический подход обеспечивает лучшие результаты на территориях с существенным дефицитом природной влагообеспеченности, когда количество осадков и температурный режим являются основными ограничивающими факторами формирования высокой урожайности. Напротив, агрометеорологические методы прогнозирования урожайности практически непригодны в регионах с высоким уровнем влагообеспеченности и на некоторых гористых территориях, поскольку при таких условиях главными ограничивающими факторами выступают возбудители болезней и вредители, а в отдельных случаях – избыток атмосферных осадков [5].

Материалы и методы. Цель исследований – изучить влияние агрометеорологических факторов на эффективность применения орошения при выращивании разных культур в системах севооборотов. Также были рассмотрены возможности использования специальных компьютерных программ для моделирования режимов орошения, оптимизации агропроизводственных систем на поливных землях, минимизации затрат ресурсов на уровне хозяйств разной площади и специализации в условиях юга Украины. Исследования проведены на основе базы знаний в мелиорации и орошаемом земледелии, которые предоставляют специалистам возможность оптимизировать процесс принятия управленческих решений при выращивании сельскохозяйственных культур за счет стратегического планирования и оперативной корректировки элементов технологий выращивания с учетом природных и хозяйственно-экономических факторов [6, 7].

Результаты и обсуждение. Производство сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях представляет собой сложный и взаимосвязанный процесс, который состоит из природных (погодные условия: температура и относительная влажность воздуха, количество осадков, долгота дня, поступления фотосинтетически активной радиации – ФАР; агромелиоративные характеристики почвы: содержание гумуса, макро- и микроэлементов, степень засоления и т. д.), агротехнических (набор культур в севооборотах, степень интенсификации технологий выращивания, объемы применения пестицидов и агрохимикатов и др.) и хозяйственно-экономических (наличие или отсутствие агроресурсов, показатели чистой прибыли, рентабельности и т. д.) факторов. Все показатели и факторы, влияющие на продуктивность на уровне отдельных агропредприятий, очень тесно связаны между собой. Современное состояние орошаемого земледелия Украины требует повышения продуктивности орошения путем разработки и внедрения комплекса организационно-хозяйственных, агротехнических, мелиоратив-

ных и других мероприятий, в том числе широкого использования информационных технологий для планирования затрат поливной воды на уровне насосных станций, севооборотов и каждого отдельного поля орошаемого массива.

Повышение продуктивности орошения требует учета большого количества взаимосвязанных факторов. Для формирования моделей продуктивности орошения следует использовать анализ природных, агротехнических и хозяйственно-экономических факторов с последующей обработкой экспериментальных данных, установление степени их взаимосвязей и точности разработанных моделей. Проведенный комплексный анализ влияния показателей гидротермического режима и продуктивность орошения при выращивании различных сельскохозяйственных культур свидетельствует о необходимости совершенствования технологий выращивания для повышения рациональности орошения в условиях Южной Степи Украины.

В настоящее время существует много простых методов для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. Распространены агрометеорологические методы, которые позволяют прогнозировать продуктивность отдельных культур на основе моделирования погодных условий за различные промежутки времени. Наиболее распространенными в настоящее время являются методы, основанные на многокомпонентных данных агрометеорологических условий: осадки, фенология, фотосинтетическая деятельность и др.

Поступления суммарной радиации и ФАР тесно связаны с биологическими особенностями культур орошаемого севооборота и, в первую очередь, с продолжительностью вегетационного периода, который был максимальным при выращивании озимых культур и, наоборот, существенно сокращался при выращивании кукурузы на силос. Коэффициент полезного действия ФАР позволяет в наибольшей степени отразить взаимосвязь эффективности использования солнечной энергии конкретными сельскохозяйственными культурами (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность сельскохозяйственных культур в орошаемой севообороте, показатели гидротермического режима и продуктивности орошения

Сельскохозяйственная культура	Показатель									
	У	ΣT	$\Sigma T_{5\,°C}$	$\Sigma T_{10\,°C}$	$T_и$	$E_В$	Q	$Q_Ф$	$\eta_ф$	P_W
Ячмень яровой	3,57	1546	1067	625	43,7	101	19624	10009	1,05	2,6
Люцерна второго года использования	23,35	3614	2623	1714	15,6	174	40737	20753	0,85	8,2
Люцерна третьего года использования	31,50	1099	611	241	3,6	180	17085	8714	1,85	12,4
Пшеница озимая	4,67	2326	1460	778	50,5	204	28383	14646	1,42	2,5
Кукуруза на зерно	8,07	2749	2084	1419	50,2	261	29480	15035	1,75	2,9
Кукуруза на силос	54,40	2113	1568	1021	4,1	179	10719	9777	1,72	30,1

Примечание – У – урожайность сельскохозяйственных культур севооборота, т/га; ΣT – сумма температур воздуха за период вегетации, °С; $\Sigma T_{5\,°C}$ – сумма положительных температур воздуха более 5 °С за период вегетации, °С; $\Sigma T_{10\,°C}$ – сумма температур воздуха более 10 °С за период вегетации, °С; $T_и$ – температурный индекс; $E_В$ – общая валовая энергия, полученная с урожаем основной и побочной продукции, ГДж/га; Q – суммарная солнечная радиация, поступившая за вегетационный период, ГДж/га; $Q_Ф$ – ФАР, поступившая за вегетацию, ГДж/га; $\eta_ф$ – коэффициент полезного действия ФАР, %; P_W – окупаемость поливной воды, кг/м^3.

Нашими расчетами доказано, что в условиях орошения юга Украины наибольшие значения $\eta_ф$ (в пределах 1,42–1,85 %) обеспечивает выращивание озимой пшеницы, кукурузы и люцерны, но потенциальные возможности увеличения ФАР могут со-

ставлять до 3,00 % и более. Наименьшая эффективность использования ФАР (на уровне 1,05 %) наблюдалась при выращивании ячменя ярового.

Окупаемость поливной воды была наименьшей при выращивании зерновых культур (ячменя ярового, пшеницы озимой и кукурузы на зерно), этот показатель колебался в пределах 2,5–2,9 кг/м^3. Максимальную отдачу обеспечило возделывание кукурузы на силос – 30,1 кг/м^3.

При моделировании влияния агрометеорологических условий большое значение имеет учет такого важного фактора как плодородие почвы, которую можно определить с помощью лабораторных или дистанционных методов. Для моделирования целесообразно применение инструментария сельскохозяйственной статистики путем создания эмпирических функций продуктивности растений и метеорологических показателей, анализа входящей и исходящей информации для каждого из компонентов моделей. Если не учитывать влияние основных факторов на урожайность полевых культур, то может проявиться резкое снижение точности прогнозов, иногда составляющее до 10–30 % от фактических показателей. Разработка агрометеорологических моделей для определенной полевой культуры требует установки корреляционно-регрессионных связей между параметрами продукционного процесса, погодными условиями, динамикой влагозапасов и плодородием почвы для конкретных локальных участков [7].

Для моделирования продуктивности сельскохозяйственных культур можно использовать специальные компьютерные программы с модульной структурой, которые состоят из различных элементов систем прогнозирования: от ввода данных до конечного расчета программируемой продуктивности. Следует заметить, что с точки зрения исходных условий системы прогнозирования урожая состоят из двух этапов: во-первых, установление региональной операционной структуры, во-вторых, формирование мониторинговых систем с соответствующими калибровками и уточнениями (фенология, биометрия, фотосинтетическая деятельность, урожайность, качество, экономические и энергетические показатели). Важно, чтобы пользователи получали только те продукты, которые устойчивы в пространстве и времени, а также, чтобы эти продукты (инструменты) имели низкую стоимость или были бесплатными. Для использования в практических условиях можно рекомендовать продукты Всемирной сельскохозяйственной организации (FAO), которая функционирует под эгидой ООН [5].

Реализация мероприятий агрометеорологического обеспечения орошаемого земледелия Украины осуществляется областными гидрометеорологическими центрами с привлечением агрометеорологических и метеорологических станций, а также агрометеопостов. На станциях проводятся наблюдения за испарением почв, поступлением солнечной радиации, количеством осадков, температурным режимом и т. п. Такая информация позволяет отслеживать изменения, делать обобщения, использовать орошаемые системы агропредприятий и управлять ими на уровне области и локальном уровне.

Режимная информация включает: областные и районные агроклиматические справочники; агрометеорологические рекомендации по районированию новых и перспективных сельскохозяйственных культур в зоне орошения и рекомендации по учету агрометеорологических условий, которые можно использовать при программировании урожая основных сельскохозяйственных культур. Информация второй категории предназначена для агрометеорологического обеспечения управления оросительными системами и сельским хозяйством областного и районного уровня. Она готовится и предоставляется агрометеорологическими и метеорологическими станциями. Информация третьей категории предназначена для агрометеорологического обеспечения отдельных хозяйств в зоне действия метеостанции или агрометеопоста. Она включает сбор и обработку данных, формирование соответствующих рекомендаций для корректировки технологий выращивания сельскохозяйственных культур с учетом ежедневных данных об атмосферных осадках; динамики запасов продуктивной влаги под различными куль-

турами на отдельных полях севооборотов; среднесуточного испарения (эвапотранспирации), влажности почвы на полях севооборотов; фаз развития основных культур на полях и севооборотах хозяйства.

Все метеорологические данные могут быть использованы научно-исследовательскими учреждениями и агропредприятиями для оценки пространственной изменчивости влажности почвы, ее запасов и обоснования оптимальной эксплуатации водных ресурсов, разработки природоохранных мероприятий, расчета экономической эффективности применяемых удобрений, программирования урожаев сельскохозяйственных культур, определения оптимальных норм поливов культур при разных способах искусственного увлажнения, разработки мер по борьбе с эрозией почвы и т. д. Эти материалы позволяют решать различные технологические и организационные вопросы, связанные с выбором сроков проведения технологических операций, уточнением расходов ресурсов, обоснованием систем земледелия с экономической и экологической точек зрения.

Для моделирования режимов орошения перспективным является использование специальной компьютерной программы CropWat 8.0 для Windows, которая позволяет с помощью агрометеорологических показателей производить расчеты потребности поливной воды для определенных сельскохозяйственных культур (в том числе и риса) на уровне каждого поля и севооборота [4]. Программа позволяет осуществлять моделирование и корректировку графиков режимов орошения для различных природных и агрономических условий (рисунок 1).

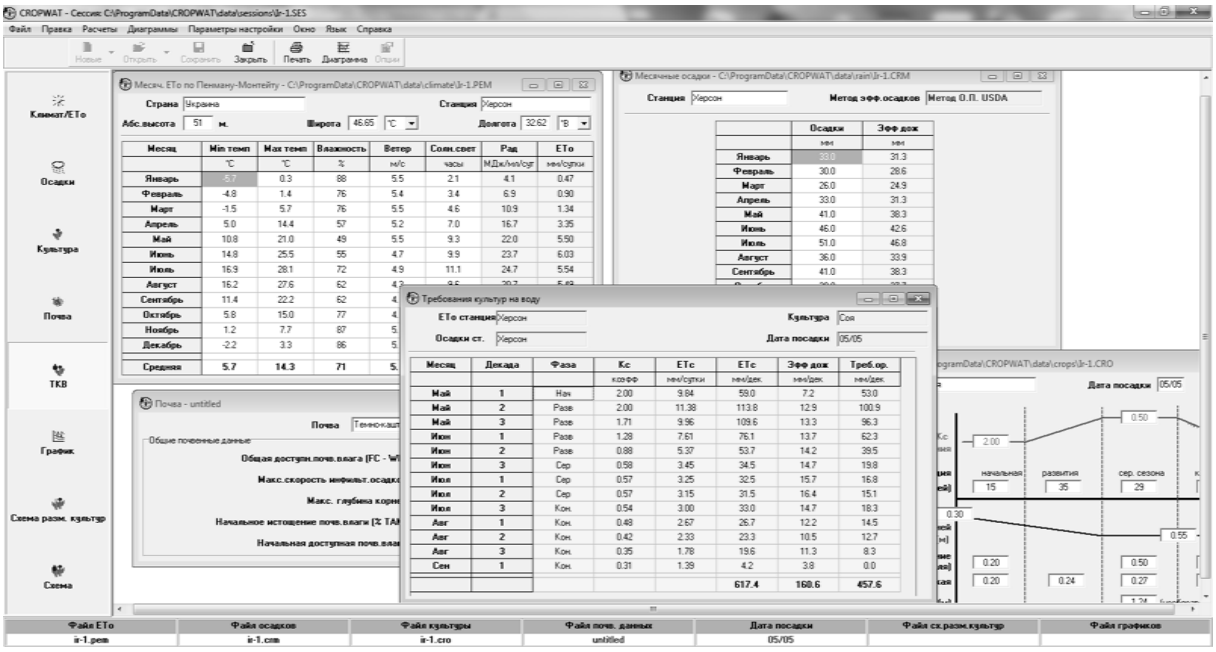


Рисунок 1 – Рабочие окна программы CropWat 8.0 для Windows с моделированием режима орошения сои для условий опытного поля Института орошаемого земледелия НААН

С помощью этой программы и на основе введения климатических данных с шагом в один месяц, декаду и сутки есть возможность установки среднесуточного испарения (эвапотранспирации – ET_0) с оценкой подекадных и суточных потребностей каждой культуры севооборота в воде на базе совершенствованных алгоритмов расчета, включая подбор значений коэффициентов культур, расчетов водопотребности с составлением графиков поливов и т. д.

За счет использования среднемноголетних метеорологических показателей можно планировать расходы поливной воды на отдельных полях севооборотов, а также проводить их корректировку с введением текущих параметров погодных условий. Сра-

зу после формирования базовых показателей моделируется водопотребление сельскохозяйственных культур, формируются графики поливов с потребностью влагообеспеченности растений в разные фазы их роста и развития. Также есть возможность трансформировать базы данных метеорологических и агротехнических показателей из других компьютерных программ и данных из сети Интернет. Расчетами доказано, что использование агрометеорологической информации для корректировки режимов орошения на уровне хозяйства обеспечивает повышение урожайности на 20–25 %, экономию поливной воды на 15–30 %, улучшает мелиоративное состояние почв по сравнению с полями, где нормы и сроки проведения поливов назначаются без учета вышерассмотренных факторов.

Выводы. Выращивание сельскохозяйственных культур на орошаемых землях юга Украины тесно связано с влиянием метеорологических факторов, которые оказывают непосредственное воздействие на продуктивность сельскохозяйственных культур, урожайность и качество растениеводческой продукции, экономические и энергетические показатели орошаемого земледелия. С помощью учета особенностей погодных условий на уровне конкретного хозяйства, севооборота и поля можно исследовать пространственную изменчивость влагозапасов почвы, установить оптимальные поливные и оросительные нормы, научно обосновать элементы технологии выращивания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях. Использование агрометеорологической информации с обработкой современными информационными средствами обеспечивает повышение урожайности, экономию поливной воды, способствует максимизации прибыли и улучшает мелиоративное состояние почв.

Список использованных источников

1 Irrigation and food security [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:fao.org/focus/e/speclpr/SPro11-e.htm, 2017.

2 CROPWAT 8.0 for Windows [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html, 2017.

3 Сохранить и приумножить на практике «кукуруза – рис – пшеница». Практическое руководство по устойчивому производству зерновых [Электронный ресурс] // ФАО ООН. – Режим доступа: http:fao.org/3/a-i5318r.pdf, 2017.

4 Снеговой, В. С. Орошение: от древнего искусства до современной науки / В. С. Снеговой, А. О. Гаврилица.– Кишинев: Штиинца,1989. – 135 с.

5 Richard, J. Soffe. The Agricultural Notebook 20th Edition. Seale-Hayne University of Plymouth UK. Blackwell / J. Richard // Science. – 2003. – P. 100–102.

6 Егоршин, А. О. Методика статистической обработки экспериментальной информации долгосрочных стационарных полевых опытов / А. О. Егоршин, М. В. Лесовой. – Харьков: Изд-во № 14, 2007. – 45 с.

7 Дисперсионный и корреляционный анализ в земледелии и растениеводстве: учеб. пособие / В. А. Ушкаренко, В. Л. Никишенко, С. П. Голобородко, С. В. Коковихин – Херсон: Айлант, 2008. – 272 с.

УДК 633.15:631.85:631.674.6

Л. А. Воеводина
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ПРИЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ СНАБЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ ФОСФОРОМ ПРИ ФЕРТИГАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

В статье рассмотрены современное состояние производства кукурузы на зерно в мире и РФ, особенности капельного орошения, фертигации и фосфорного питания

кукурузы, представлены возможные приемы улучшения фосфорного питания при фертигации на основе применения фосфорной кислоты и препаратов, содержащих эндомикоризные грибы.

Ключевые слова: кукуруза, капельное орошение, фосфорные удобрения, чернозем, арбускулярная микориза.

Кукуруза является одной из важнейших зерновых культур. По данным ФАО в 2013 г. производство зерна кукурузы в мире составило более 1 млрд т при средней урожайности около 5,5 т/га [1]. Столь широкое распространение культуры обусловлено ее высокими кормовыми достоинствами, продуктивностью и разносторонностью использования: из продуктов переработки зерна кукурузы можно изготовить более 500 основных и побочных продуктов. Приблизительно 20 % зерен кукурузы идет на продовольственные цели, 15 % – на техническую переработку, около двух третей зерна – на производство комбикорма для животных. Зерно кукурузы является одним из наиболее питательных, в 1 кг сухого зерна кукурузы содержится 1,34 к. е.

В мире посевная площадь кукурузы составляет около 180 млн га. Наибольшие площади кукурузы сосредоточены в Китае и США (в сумме около 40 % всех площадей под кукурузой) [2]. По данным Минсельхоза России посевная площадь кукурузы в 2016 г. в целом по РФ составила 2,9 млн га, в том числе 976,3 тыс. га – в ЮФО и 218,8 тыс. га – Ростовской области [3]. Таким образом, в Ростовской области сосредоточено 7,6 % посевных площадей кукурузы от всей площади, занятой этой культурой в РФ. По данным Донского Минсельхозпрода средняя урожайность в Ростовской области в 2015 г. – 2,30 т/га, что ниже, чем средняя урожайность по России, составившая в 2015 г. 5,15 т/га. Однако эта урожайность ниже, чем в таких странах, как США, и значительно ниже, чем в Объединенных Арабских Эмиратах, Катаре и Израиле, где урожайность в отдельные годы составляет более 30 т/га [1].

Одним из ограничивающих факторов роста урожайности кукурузы в Ростовской области является недостаточное увлажнение. Применение орошения может решить эту проблему, о чем свидетельствуют данные из жарких стран. Однако следует учитывать, что запасы качественной воды, пригодной для орошения уменьшаются, на Европейской части РФ водные запасы составляют лишь 8 % от всех водных запасов страны, здесь наблюдается дефицит воды, который диктует необходимость рационального использования водных ресурсов при возделывании сельхозкультур. Одним из рациональных способов полива является капельное орошение, которое позволяет наиболее эффективно, по сравнению с другими способами орошения, использовать оросительную воду. В Российской Федерации площади под капельным орошением, по данным Экспертно-аналитического центра агробизнеса, в 2014 г. составляли порядка 51 тыс. га [4].

В странах с наивысшей урожайностью кукурузы (Израиле и Катаре) кукурузу выращивают в основном с использованием капельного орошения, которое позволяет поддерживать оптимальный водный и питательный режимы посредством фертигации. Как известно, фертигация – это внесение в почву растворимых в воде удобрений. При капельном орошении – это наиболее эффективный метод удобрения растений в период вегетации, так как внесение сухих удобрений является малоэффективным. Поэтому при использовании систем капельного орошения фертигация является обязательным приемом агротехники.

Целесообразность применения капельного орошения при возделывании кукурузы в Ростовской области была доказана при выращивании в ООО «Рассвет» Куйбышевского района, где в 2015 г. получили урожайность зерна кукурузы 16 т/га [5].

Использование капельного орошения на кукурузе имеет преимущества перед такими способами орошения, как дождевание и полив по бороздам. В отличие от полива по бороздам при капельном орошении происходит существенная экономия воды, а в отличие от дождевания капельное орошение позволяет проводить поливы и осущест-

влять фертигацию даже тогда, когда растения достигают наибольшей высоты, и им требуется максимальное количество воды. К тому же проведение поливов при использовании капельного орошения может обеспечить постоянную влажность почвы без стрессовых снижений влажности, присущих как поливам по бороздам, так и дождеванию.

Одной из проблем адекватного снабжения растений питательными элементами является удовлетворение потребностей кукурузы в фосфоре. Достаточное обеспечение растений кукурузы фосфором стимулирует развитие корней, повышает устойчивость к засухе, ускоряет образование початков и созревание урожая. Усвоение фосфора резко замедляется в холодную погоду, позднее, при повышении температуры признаки голодания могут исчезнуть, но задержка в развитии на начальном этапе может сказаться на урожайности кукурузы. Максимальное потребление фосфора приходится на период формирования зерна и продолжается почти до его созревания [6].

Однако большинство почв Ростовской области характеризуются низким содержанием подвижной фосфорной кислоты в пахотном слое. Так, по данным О. С. Безугловой [7] содержание подвижной фосфорной кислоты в пахотном слое южных черноземов и большинстве карбонатных обыкновенных черноземов низкое (таблица 1), поэтому внесение удобрений, особенно фосфорных, является крупным резервом для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. В то же время наиболее известные фосфорные удобрения малорастворимы, а распространение питательного вещества не превышает 5 см от гранулы удобрения. Поэтому подвижность фосфора в карбонатных почвах с повышенными значениями pH, таких как черноземы Ростовской области, существенно ограничена.

Таблица 1 – Содержание подвижного фосфора и pH черноземов Ростовской области

Почва	Содержание подвижного фосфора, мг на 100 г почвы	pH
Черноземы южные среднемощные глинистые и тяжелосуглинистые на желто-бурых глинах и суглинках	1,0–1,5	7,6–8,1 (гор. А, В1) 8,2–8,5 (гор. В2 и ВС) Карбонатные воды (2,3–3,4 % $CaCO_3$) 8,0–8,1, (в горизонте А) 8,2 (в гор. В1)
Черноземы южные среднемощные глинистые и тяжелосуглинистые на лессовидных глинах и суглинках	0,6–2,7	
Легкосуглинистые разновидности черноземов южных среднемощных	0,9–1,0	
Супесчаные и песчаные разновидности черноземов южных мощных, реже среднемощных на песках и супесях	0,7–0,9	
Черноземовидные супесчаные и песчаные почвы – серопески	0,8	
Черноземы обыкновенные среднемощные глинистые, сформированные на эолово-делювиальных лессовидных глинах, и несколько реже – на элювиально-делювиальных желто-бурых глинах	2,0–3,0 0,5–1,5 (карбонатные)	7,0–8,1 8,0

Для фосфорного питания растений доступным является ион $H_2PO_4^-$, при повышении pH в растворе начинает преобладать ион HPO_4^{2-} (рисунок 1). Ион $H_2PO_4^-$ остается стабильным в растворе внутри капельной линии пока уровень pH низкий. Как только он попадает в щелочную почву, он очень быстро взаимодействует с глинистыми

минералами, такими как монтмориллонит и иллит, а также известью ($CaCO_3$) [8]. Доступность фосфора для растений снижается, тем более что у кукурузы отсутствует механизм активного подкисления почвенного раствора корневыми выделениями, который, например, имеется у нута. Поэтому на щелочных почвах эффективным является применение фосфорной кислоты в качестве удобрения. При использовании капельного орошения и фертигации это не представляет особенных сложностей. Фосфорная кислота подкисляет почвенный раствор и способствует присутствию в нем большего количества доступных для растений ионов $H_2PO_4^-$.

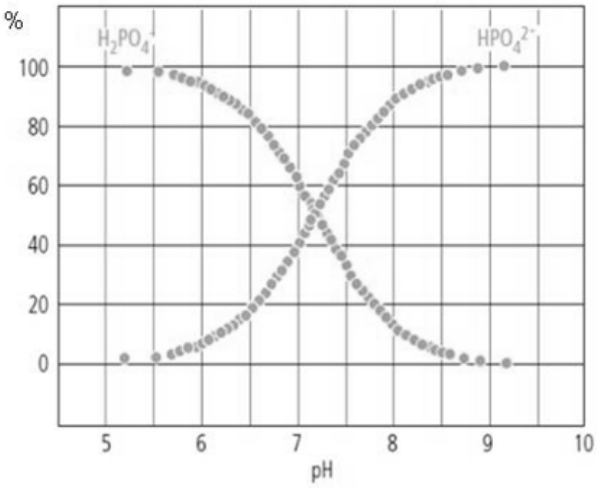


Рисунок 1 – Относительные концентрации одно- и двухвалентных ионов фосфорной кислоты в зависимости от pH раствора [8]

В то же время имеются данные, что при внесении органических удобрений, таких как птичий помет и навоз, фосфор образует органические комплексные соединения, которые не реагируют с почвенными частицами и могут передвигаться в почве на большие расстояния, чем неорганические соединения фосфора [8].

В США и Канаде для улучшения фосфорного питания растений кукурузы рекомендуется использовать приемы, способствующие созданию условий колонизации корней кукурузы арбускулярными микоризными грибами (АМГ) [9]. Симбиоз между растением и микоризными грибами оказывает на растение благоприятное воздействие: за счет развития мицелия увеличивается поглощающая поверхность корня, и усиливается поступление в растение воды и питательных веществ [10]. У нас в стране такими учеными, как А. П. Юрков, Л. М. Якоби, И. Л. Ефимова, Е. Г. Юрченко и др. также проводятся исследования по изучению эффективности арбускулярной микоризы на различных культурах (озимой пшенице, саженцах винограда, яблони и др.) [11–13]. Однако данных о применении в России препаратов арбускулярной микоризы на кукурузе обнаружить не удалось.

Процесс микоризообразования включает 5 этапов [14]:

- 1 – прединфекционное развитие: этап узнавания растением эндофитов, обмен сигналами между растением и эндомироизным грибом. Споры АМГ не имеют длительной фазы покоя. Прорастание спор в основном зависит от условий внешней среды (влажности и температуры почвы);

- 2 – формирование апрессориев: этап ветвления гифы гриба у поверхности корня и закрепления его на поверхности путем образования апрессория;

- 3 – рост межклеточного мицелия: эндофит проникает в корень, проходя через внешние ризодермальные клетки (эпидермис) растения-хозяина, и формирует внутриклеточные кольца;

- 4 – дифференцировка арбускул: во внутреннем кортексе гифы дифференциру-

ются на арбускулы. Гриб окружен плазмалеммой растения. Одновременно с образованием арбускул идет процесс формирования внутриклеточных образований – везикул, которые накапливают запасные энергетические вещества (липиды и пр.). Согласно некоторым данным везикулы являются начальной стадией развития спор;

- 5 – стабильность микобионта: формирование внекорневого мицелия, внутри- и внекорневых спор эндомикоризного гриба, а также скоплений внекорневых спор на поверхности почвы – спорокарпов.

Большинство растений способны образовывать симбиоз с грибами. К культурам, не способным образовывать микоризу, относятся в основном растения из семейства капустных (87 % от всех видов), осоковых (74 %), маревых (61 %), ситниковых (56 %), гвоздичных (50 %), гречишных (37 %) и амарантовых, такие как канола (разновидность рапса, выведенная в Канаде), гречиха, дайкон, горчица, сахарная свекла, шпинат, брокколи, белокочанная капуста [11]. Поэтому в севообороте следует избегать размещения кукурузы (как культуры сильно зависимой от микоризных грибов) после вышеперечисленных культур. Одним из наилучших предшественников кукурузы является озимая пшеница, которая также может образовывать микоризу. Отрицательно на микоризообразование влияет содержание почвы под паром, так как для поддержания в активном состоянии микоризообразующим грибам требуется живое растение, многочисленные почвенные обработки разрушают микоризу и создают неблагоприятные условия для жизнедеятельности микоризообразущих грибов.

Чтобы восстановить деятельность микоризообразующих грибов в почве, разрабатываются специальные препараты. Название и состав некоторых представлен в таблице 2. Эти препараты представляют собой жидкости и порошки. Анализ информации позволил установить, что выпускаемый в РФ препарат «Суперкорень» представляет собой порошок (носитель тальк), который может применяться для обработки семян [15], но неприемлем для капельного орошения. В то же время в мире имеются жидкие препараты, например, «MycoApply® Liquid Endo» [10].

Таблица 2 – Препараты, содержащие микоризообразующие грибы

Наименование препарата (изготовитель)	Компонент			
	Эктомикоризные грибы	Эндомикоризные грибы	Азотобактеры	Триходермины (биофунгициды)
1	2	3	4	5
«Суперкорень» (Россия); «Great White» (Plant Success, США)	*Pisolithus tinctorious, Rhizopogon luteolus, Rhizopogon fulvigleba, Rhizopogon villosullus, Rhizopogon amylopogon, Scleroderma citrinum, Scleroderma cepa*	*Glomus aggregatum, Glomus intraradices, Glomus mosseae, Glomus etunicatum, Glomus clarum, Glomus monosporum, Glomus brazilianum, Gigaspora margarita*	*Bacillus subtillus, Bacillus licheniformis, Bacillus azotoformanas, Bacillus megaterium, Bacillus coagulans, Bacillus pumlis, Paenibacillus polymyxa, Streptomices griseues, Streptomices lydicus, Psuedomonas aureofaceans, Psuedomonas florescence*	*Trichoderma konigii, Trichoderma harzianum*
«MycorMix Bioshark» (Aptus Plant Tech, Нидерланды)		Штаммы грибов *Glomus LPA VAL 1*		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
«Микоризный» (ООО «Микобакс», Россия)	*Suillus sibiricus*			
«MycoApply® Liquid Endo» (Mycorrhizal Applications, Inc. США)		*Glomus intraradices, Glomus mosseae, Glomus aggregatum, Glomus etunicatum*		

Производители в качестве преимуществ указывают:

- увеличение урожайности в среднем на 30–40 %;
- снижение потребности в применении химических удобрений до 40 % от рекомендованной дозы;
- увеличение способности растений к водопоглощению и накоплению влаги, что повышает устойчивость к засухе;
- фиксация и уничтожение патогенных почвенных микробов.

Однако эти данные требуют проверки на конкретных культурах и в определенных условиях выращивания растений.

Выводы. Таким образом, анализ материалов показал, что для повышения урожайности кукурузы следует применять фосфорные удобрения при посеве и во второй половине вегетационного периода. На щелочных черноземных почвах более целесообразно использовать в качестве фосфорного удобрения для фертигации фосфорную кислоту. Следует вносить органические удобрения, которые повышают подвижность фосфорных соединений в почве. Для кукурузы важно обеспечить формирование микоризы на корнях, что может быть обеспечено севооборотом, в котором посевам кукурузы предшествуют культуры, образующие микоризу: соя, озимая пшеница, тритикале и др., и не использовать в качестве предшественников пар, культуры из семейства амарантовых и капустных: гречиху, рапс, сахарную свеклу, капусту. Проводить обработки семян кукурузы и предшествующих культур препаратами, содержащими микоризообразующие организмы.

Список использованных источников

1 Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Production. Crops [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E, 2016.

2 Corn Production by Country [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:indexmundi.com/agriculture/?commodity=corn, 2016.

3 О ходе уборочных работ в 2016 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:mcx.ru/documents/document/show/35815.htm, 2016.

4 Плугов, А. Г. Площади под капельным орошением в России [Электронный ресурс] / А. Г. Плугов. – Режим доступа: http:ab-centre.ru/news/ploschadi-pod-kapelnym-orosheniem-v-rossii-dostigli-51-tys-ga, 2016.

5 Ананян, М. В. Донские власти и аграрии обсудили проблемы мелиорации и возможности капельного орошения [Электронный ресурс] / М. В. Ананян. – Режим доступа: http:don-agro.ru/index.php?id=2004, 2016.

6 Andre, M. Daily pattern under the life cycle of a maize crop II. Mineral nutrition, root respiration and root excretion / M. Andre, D. Massimino, A. Daguenet. – Physiol. Plant. – 1978. – № 44. – P. 197–204.

7 Безуглова, О. С. Почвы Ростовской области / О. С. Безуглова, М. М. Хырхырова. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2008. – 352 с.

8 Kafkafi, U. Fertigation: A Tool for Efficient Fertilizer and Water Management / U. Kafkafi, J. Tarchitzky; IFA, Paris, France, IPI, Horgen, Switzerland. – Paris, 2011. – 139 p.

9 Sweet Corn (Western Oregon) / J. M. Hart, D. M. Sullivan, J. R. Myers, R. E. Peachey // Nutrient Management Guide. – Oregon State University, 2010. – 21 p.

10 Amaranthus, M. Corn Grower's Fungus That Pays Big Dividends [Электронный ресурс] / M. Amaranthus. – Режим доступа: http:mycorrhizae.com/wpcontent/uploads/Corn-Growers-Fungus.pdf, 2016.

11 Юрков, А. П. Создание растительно-микробных систем для повышения экологической эффективности арбускулярной микоризы / А. П. Юрков, А. А. Куренков, Л. М. Якоби // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 1(3). – С. 12–17.

12 Ефимова, И. Л. Новые приемы агроэкологии для повышения качества посадочного материала яблони / И. Л. Ефимова, А. П. Юрков // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 55. – С. 73–77.

13 Растительно-микробные ассоциации виноградных растений / Е. Г. Юрченко, Н. П. Грачева, З. С. Политова, А. П. Юрков, Л. М. Якоби // Проблемы агрогенной трансформации почв в условиях монокультуры: материалы симпозиума «Развитие фундаментальных исследований по проблемам агрогенной трансформации почв в условиях монокультуры». – 2013. – С. 103–108.

14 Plant genes involved in arbuscular mycorrhizal formation and functioning / A. Gollotte, L. Bechenmacher, S. Wiedmann, P. Franken, V. Gianinazzi-Pearson // Mycorrhizal Technology in Agriculture. From Genes to Bioproducts. – Birkhäuser Basel, 2002. – P. 87–102.

15 Геронина, Е. А. Перспективы использования искусственной микоризации при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой / Е. А. Геронина // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2014. – № 4. – С. 49–58.

УДК 631.432

Д. Э. Махмудова, Д. Х. Кучкарова
Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

В статье представлены математические модели водного режима почв, процессов миграции и трансформации ее ионно-питательного комплекса и методы регулирования водного и пищевого режимов почв.

Ключевые слова: вода, почва, водный режим, хлопчатник, питательные элементы, режим орошения, режим питания, моделирование, ирригационные системы.

Водный и питательный режимы почв являются существенными факторами, определяющими рост и развитие растений, влияющими на почвенное плодородие. Существуют различные методы и технологии регулирования этих режимов в зависимости от почвенных, климатических, гидрогеологических и других условий для их поддержания в оптимальных пределах.

Основой при планировании полива хлопчатника и других сельскохозяйственных культур в Узбекистане является водно-балансовый метод, при котором нехватка влаги – до 60 % наименьшей влагоемкости (НВ) обеспечивается подачей оросительной воды. В существующих применяемых методах при определении режима орошения хлоп-

чатника наличие в почве питательных элементов не принимается во внимание.

Известно, что детерминантное математическое моделирование основывается на объективных законах поведения моделируемого объекта и некоторых научно обоснованных и действующих в заранее определенных границах допущениях и упрощениях.

Так как имеется несколько теорий движения влаги в почве, существуют и различные методы его моделирования. Одна из простых моделей базируется на решении уравнения водного баланса почвенного профиля с помощью уравнения Дарси и уравнения неразрывности. Упрощение моделируемого объекта в такой модели заключается в том, что не рассматривается движение влаги по капиллярам различного размера, распределение которых уникально для каждой почвенной разности, а применяются функции влагопроводности и основная гидрофизическая характеристика (ОГХ).

Следующее упрощение состоит в представлении почв орошаемого (осушаемого) поля однородными (гомогенными), то есть не имеющими горизонтальных различий. Почвенный профиль рассматривается как вертикальная, одномерная колонка, характерная для любой точки моделируемого поля. Такая модель называется одномерной или точечной. Модели, учитывающие пространственную неоднородность поля, например, борозды при поверхностном поливе, междурядья у пропашных культур, называются двумерными и являются гораздо более сложными (рисунок 1).

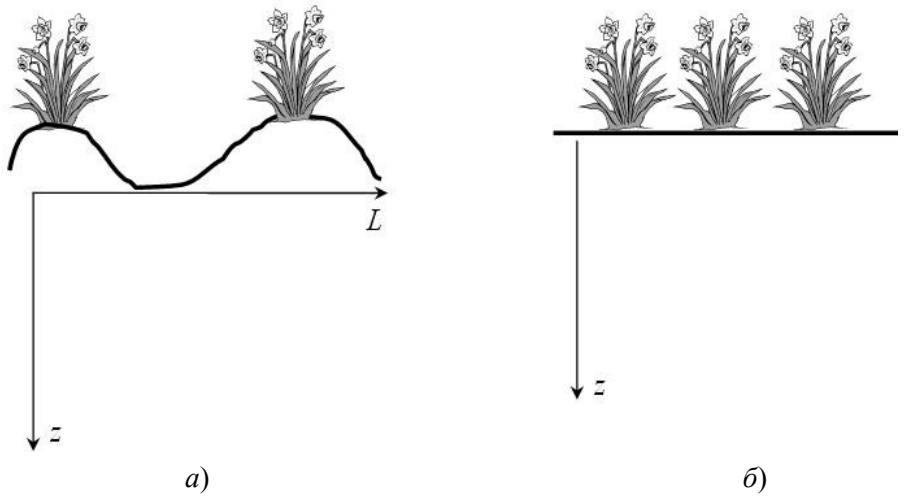


Рисунок 1 – Двумерная (*а*) и одномерная (*б*) модели орошаемого поля

Важным приемом упрощения является разбиение одномерной почвенной колонки на элементарные слои (compartments), для которых с требуемой точностью можно предположить неизменность необходимых нам параметров внутри этого слоя. К примеру, градиент давления почвенной влаги в ненасыщенной зоне постоянно изменяется, однако для небольших расстояний его изменение несущественно.

Проведенное разбиение и позволяет решать для каждого элементарного слоя уравнение водного баланса на базе законов Дарси и неразрывности, а затем суммировать эти водные балансы для получения общих значений для всего почвенного профиля [1–7].

Итак, мы будем изучать моделирование влагопереноса на примере простой воднобалансовой одномерной модели SWAP. Это достаточно сложно осуществимо.

Модель SWAP («soil – water – atmosphere – plant» – «почва – вода – атмосфера – урожай») была разработана нидерландскими учеными Вагенингенского университета под руководством профессора Рейндера Феддеса на основе ранее существовавших гидрологических моделей SWATRE и SWACROP и некоторых из их многочисленных разновидностей, например SWASALT для моделирования транспорта солей и FLOCR для усадки и набухания глинистой почвы. Она объединила моделирование переноса

влаги, растворенных веществ, тепла в почвенном профиле и прогнозирование урожайности в общей системе согласно текущим концепциям и методам моделирования.

Программное обеспечение SWAP написано на языке программирования Фортран 77. Оно может использоваться на IBM-PC-совместимых с процессором Intel 486 или выше, а также компьютерах VAX. Модульная структура программы и большое количество комментариев позволяют исследователям приспосабливать программу к их потребностям.

Важным этапом в развитии SWAP стала разработка графического пользовательского интерфейса – SWAPGUI, существенно облегчившего применение моделей, то есть ввод и модификацию данных, интерпретацию результатов.

Уравнение водного баланса, используемое в модели SWAP, является модификацией уравнения А. Н. Костякова:

$$(M+P_{ef}+\Delta W \pm W_{\text{гр}})-E=0,$$

где M – количество оросительной воды, необходимое для достижения бездефицитного водного баланса, м^3/га;

P_{ef} – осадки, используемые растениями за вегетационный период, м^3/га;

ΔW – количество воды, потребляемое растениями из расчетного слоя почвы, м^3/га;

$W_{\text{гр}}$ – поступление влаги из грунтовых вод в расчетный слой почвы или фильтрация воды из расчетного слоя в грунтовые воды, м^3/га;

E − суммарное водопотребление сельскохозяйственной культуры, м^3/га.

Водный баланс в модели SWAP с нашими дополнениями представлен на рисунке 2. Во-первых, в связи с тем, что модель ведет расчет не на сезон вегетации, а посуточно, оросительная норма заменяется поливными, привязанными к датам поливов. Во-вторых, в качестве расходной статьи баланса предусмотрен поверхностный сток, так как модель может использоваться и для богарных условий. Водопотребление делится на транспирацию и почвенное испарение, то есть эвапорацию. В баланс включены также дренажный сток и перехват осадков листьями растений.

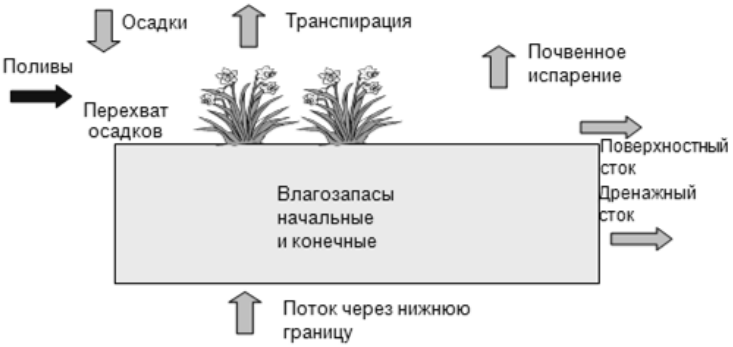


Рисунок 2 – Элементы водного баланса модели SWAP с дополнениями

В общем водный баланс модели SWAP содержит следующие статьи:

- приходные – поливы, осадки, поток через нижнюю границу;
- расходные – транспирация, эвапорация, перехват осадков, поверхностный и дренажный стоки.

При этом поток через нижнюю границу может быть как положительным (подпитка), так и отрицательным (инфильтрация).

Уравнение водного баланса решается для каждого элементарного слоя почвенного профиля, при этом некоторые статьи для отдельных слоев оказываются равными нулю.

Модели миграции растворенных веществ нами рассматриваются в трещиноватых и нетрещиноватых почвогрунтах. Движение растворенных солей в почве описывается

уравнением конвективной диффузии, которое в безразмерных переменных (модель I) имеет следующий вид:

$$R\frac{\partial u_1}{\partial \tau}=\frac{1}{Pe}\frac{\partial^2 u_1}{\partial \xi^2}-\frac{\partial u_1}{\partial \xi}. \quad (1)$$

В то же время трещиноватые почвы можно рассматривать как системы с «двойной пористостью», в которых миграция растворенных веществ происходит преимущественно по сквозным транзитным порам и описывается модифицированным уравнением конвективной диффузии (модель II):

$$Rb\frac{\partial u_1}{\partial \tau}+R(1-b)\frac{\partial u_2}{\partial \tau}=\frac{1}{Pe}\frac{\partial^2 u_1}{\partial \xi^2}-\frac{\partial u_1}{\partial \xi},\ R(1-b)\frac{\partial u_2}{\partial \tau}=\omega(u_1-u_2). \quad (2)$$

Второе уравнение описывает обмен солями между транзитными порами и остальной частью порового пространства. В уравнениях введены следующие безразмерные переменные:

$$\xi=\frac{x}{L},\ \tau=\frac{vt}{\theta L},\ Pe=\frac{vL}{\theta D},\ R=\frac{\theta_1+\theta_2}{\theta},\ b=\frac{\theta}{\theta_1+\theta_2},\ \omega=\frac{LK}{v},\ u_i=\frac{c_i-c_0}{\bar{c}-c_0}, \quad (3)$$

где L – длина пути миграции;

v – скорость фильтрации;

θ – пористость;

D – коэффициент конвективной диффузии;

θ_1 и θ_2 – бъемы проточной и застойной зон в единице объема грунта;

K – константа скорости массообмена застойной и проточной зон;

c_i – концентрации хлор-иона в проточной (i = 1) и застойной (i = 2) зонах;

c_0 – начальная концентрация хлор-иона в поровом растворе исследуемого образца грунта;

$\bar{c}$ – концентрация вытесняющего раствора.

Для учета влияния вносимых доз минеральных удобрений и оросительной нормы предложена следующая статическая модель, полученная путем преобразования уравнения водно-питательного баланса для сельскохозяйственных культур [1–3]:

$$\Delta y_i=\left(y_{oj}^{\max}-y_j^{\phi}\right)\cdot\left[1-D\left[\left(k_1-\left[(q_w+0{,}1)\cdot(q_m+0{,}1)^{k_3}\right]\right)\right]^{k_2}\cdot(1{,}1-q_m\cdot q_w)\left(\frac{\bar{y}_{bj}^{\max}}{y_{oj}^{\max}}\right)\right], \quad (4)$$

где q_w – оросительная норма, выраженная в долях от зональной оросительной нормы;

q_m – доза вносимых минеральных удобрений, выраженная в долях от максимальной при выращивании сельскохозяйственной культуры на орошаемых землях;

$\bar{y}_{bj}^{\max}$ – максимальная урожайность j-й культуры на богаре;

$y_{oj}^{\max}$ – максимальная урожайность j-й культуры, выращиваемой при орошении;

y_j^{ϕ} – средняя фактическая урожайность j-й культуры.

Из уравнения (4) можно установить прирост урожайности сельскохозяйственных культур при различных сценариях оросительной нормы и нормы подачи питательных элементов растениям.

Таким образом, моделирование водного режима почв, миграции солей и питательных элементов позволит своевременно принимать управленческие решения по регулированию водно-солевого и питательного режимов почв, что сократит непроизводительные потери оросительной воды и дозы вносимых удобрений для получения планируемой урожайности возделываемой культуры.

Список использованных источников

1 Лактаев, Н. Т. Полив хлопчатника / Н. Т. Лактаев. – М.: Колос, 1978. – 175 с.

2 Матвеев, А. В. Информационные технологии управления агромелиоративными режимами почв / А. В. Матвеев. – М.: ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2013.

3 Makhmudov, Kh. Interpolation of Climatic Parameters By Using Barycentric Coordinates / Kh. Makhmudov, Y. Mitani, T. Kusuda // World Journal of Environmental Engineering. – 2015. – V. 3. – № 1. – P. 1–6.

4 MIKE SHE User Manual. Volume 1: Reference guide. – DHI, 2012. – 370 p.

5 MIKE SHE User Manual. Volume 2: Reference guide. – DHI, 2012. – 444 p.

6 Makhmudov, Kh. Integrated River Basin Management in Chirchik River Basin / Kh. Makhmudov // Master's Thesis. – Japan: The University of Kitakyushu, 2012.

7 Почвы Узбекистана. – Ташкент, 1975. – 222 с.

УДК 631.67:633.11

А. П. Тищенко
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ ПРИ НИСХОДЯЩЕМ ДВИЖЕНИИ ВОДЫ

В статье приводятся результаты исследований фильтрационных свойств почвы при глубоком и близком залегании уровня грунтовых вод. Была использована установка для изучения впитывания и фильтрации воды в почву при глубоком залегании грунтовых вод. При близком залегании грунтовых вод процесс фильтрации измерялся с помощью батареи переоборудованных испарителей-лизиметров ГР-80 с различной глубиной залегания грунтовых вод. Выявлено, что за период от начала опыта до установившейся фильтрации (5 ч 20 мин) на поверхность поля было подано 570 м^3/га поливной воды, которая просочилась (фронт промачивания) на глубину 1,2 м при увлажнении почвы перед началом опыта 74 % НВ. Величина 570 м^3/га, соответствующая величине впитывания и инфильтрации, близка к расчетной поливной норме при глубине промачивания 1,2 м. Установлено, что при оптимальном увлажнении корнеобитаемого слоя почвы суммарное испарение не зависит от глубины залегания уровня грунтовых вод. Для получения точных величин участия грунтовых вод в суммарном испарении необходимо переходить на прямые измерения с помощью гидравлических почвенных балансомеров, дооборудованных водорегулирующим устройством, с помощью которого в монолите балансомера удерживается уровень грунтовых вод на заданной глубине.

Ключевые слова: суммарное испарение, впитывание, установившаяся фильтрация, грунтовые воды, уровень залегания грунтовых вод, водный баланс.

Фильтрационные свойства почвы исследовались с помощью фильтрационной установки, представляющей собой значительно усовершенствованный прибор ПВН Нестерова. Эта установка заменяет также метод залива площадок, чаще всего применяемый при определении наименьшей влагоемкости [1–4].

К фильтрационным свойствам почвы относятся впитывание, инфильтрация и установившаяся фильтрация [5].

Впитывание влаги почвой происходит в начальный период полива или начала дождя, когда впитывающая капиллярная способность почвы преобладает над интенсивностью полива или дождя.

Инфильтрация – это нисходящее движение влаги в почву, когда не все поры заполнены фильтрующейся водой, и часть пор остается еще заполненной воздухом.

Установившаяся фильтрация – нисходящее движение влаги в почву, когда

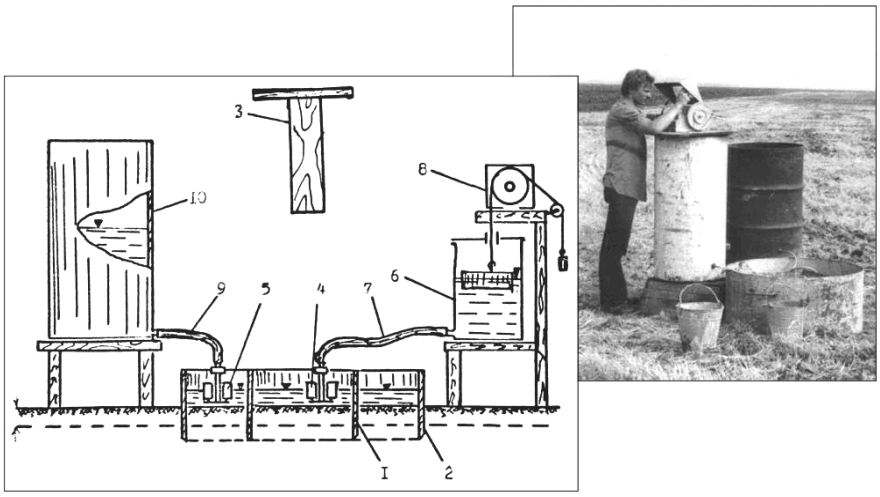
из фильтрующей почвы весь воздух вытеснен фильтрующейся водой, то есть все поры в почве заполнены водой.

Процесс установившейся фильтрации через определенный слой почвы осуществляется, когда количество воды, фильтрующейся через горизонтальную плоскость почвенного профиля, равно количеству воды, поступающей на поверхность почвы. Под коэффициентом фильтрации понимается скорость просачивания воды за единицу времени.

Фильтрационные процессы в почве происходят как при полном, так и неполном насыщении почвы фильтрующейся водой, а также свободном и в капиллярно-подпертом от грунтовых вод режиме.

Зная фильтрационные свойства почвы и допустимую для данной почвы интенсивность дождя, можно определить оптимальную величину поливной нормы и тип дождевальной машины, при поливе которой не будет допущено образование луж на поверхности почвы, что предотвратит поверхностную эрозию и локальную фильтрацию поливной воды за пределы расчетного почвенного слоя.

Фильтрационная установка (рисунок 1) состоит из двух колец, изготовленных из листовой стали, высотой 0,6 м каждое. Учетное (внутреннее) кольцо *1* имеет площадь 0,2 м^2, защитное (внешнее) кольцо *2* – 1,0 м^2. Нижние кромки колец заострены. Кольца в почву забиваются с помощью ударника *3* на глубину пахотного слоя плюс 10 см. Уровень воды в кольцах удерживается на одной отметке автоматически с помощью водозапорных устройств *4* и *5*. На протяжении всего опыта слой воды в кольцах удерживается в пределах 1–2 см. Вода в учетное кольцо поступает из бака *6* посредством резинового шланга *7*, соединяющего бак с водозапорным устройством *4*. Учет воды на фильтрацию регистрируется самописцем уровня воды *8*, установленным на крышке бака *6*. В защитное кольцо *2* вода поступает через шланг *9* из бака *10*. Удобство шлангового соединения баков с кольцами заключается в том, что баки могут располагаться около источников воды (канал, временный оросритель), а кольца в почву забиваются в необходимой точке поля. Кроме того, при проведении опытов исключается вытаптывание посевов, так как баки можно установить на краю поля.



1 – учетное кольцо; *2* – защитное кольцо; *3* – ударник; *4* – водозапорное устройство учетного кольца; *5* – водозапорное устройство защитного кольца; *6* – мерный бак; *7* – соединительный шланг; *8* – самописец уровня воды; *9* – соединительный шланг; *10* – емкость для запаса воды, расходуемой защитным кольцом

Рисунок 1 – Схема устройства установки для изучения впитывания и фильтрации воды в почву

Описанный выше прибор позволяет проводить опыты в непрерывном режиме, при этом процесс фильтрации воды в почву записывается на ленте самописца в виде графика зависимости фильтрации от времени. На этом графике по оси абсцисс отсчи-

тывается время, а по оси ординат – сначала величина скорости впитывания (начальная фаза опыта), а затем установившаяся фильтрация (конечная фаза). Процесс впитывания вычерчивается в виде кривой линии, которая в начальный период имеет большую интенсивность, затем она уменьшается и переходит в постоянную наклонную линию. Чем круче наклон линии, тем больше значение установившейся фильтрации.

После окончания опыта по определению впитывания и фильтрации, спустя сутки после прекращения подачи воды в учетное (внутреннее) кольцо в середине внутреннего кольца объемным буром в четырехкратной повторности через 10 см отбирается почва для определения влажности, соответствующей величине наименьшей влагоемкости. Одновременно определяется и плотность сложения почвы.

Для наглядности на рисунке 2 (кривая 1) приведен график интенсивности впитывания, инфильтрации и установившейся фильтрации при глубоком залегании грунтовых вод, когда исключена капиллярно-подпертая влага от грунтовых вод. Кривая 2 характеризует объем воды (м^3/га), поступающей на поле на различных стадиях фильтрации.

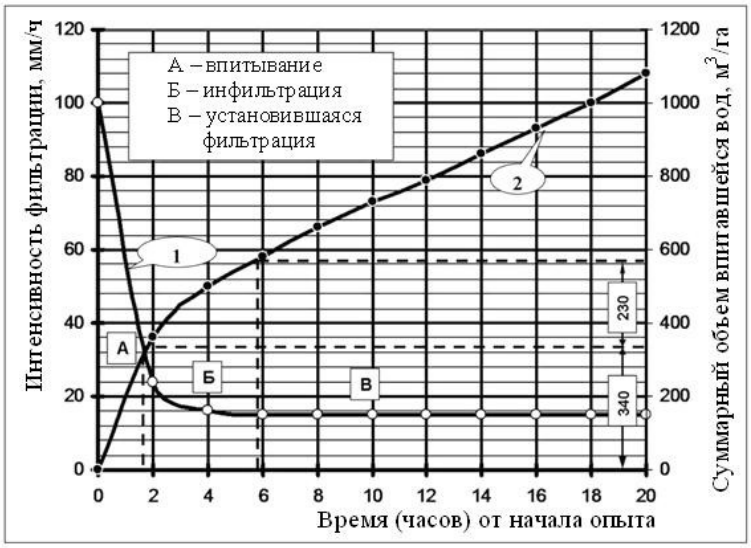


Рисунок 2 – График интенсивности впитывания (А), инфильтрации (Б) и установившейся фильтрации (В) воды в почву

Анализируя процесс фильтрации, можно увидеть, что впитывание продолжалось 1 ч 20 мин (участок А), за это время на поверхность почвы поступило 34 мм (340 м^3/га) воды. Средняя скорость впитывания составила 67,0 мм/ч. Затем процесс впитывания перешел в фильтрацию (участок Б), которая длилась 4 ч. За этот период на поверхность почвы поступило еще 23 мм (230 м^3/га) воды. Средняя интенсивность инфильтрации равна 10,5 мм/ч.

После окончания инфильтрации началась установившаяся фильтрация (участок В), средняя интенсивность которой 7,0 мм/ч (70 м^3/га).

Таким образом, за период от начала опыта до установившейся фильтрации (5 ч 20 мин) на поверхность поля было подано 570 м^3/га поливной воды, которая просочилась (фронт промачивания) на глубину 1,2 м при увлажнении почвы перед началом опыта 74 % НВ (наименьшая влагоемкость). Величина 570 м^3/га, соответствующая величине впитывания и инфильтрации, близка к расчетной поливной норме при глубине промачивания 1,2 м.

Следует отметить, что величина впитывания (участок А) будет разной при разном иссушении поверхностного слоя почвы перед началом опыта, а инфильтрация и установившаяся фильтрация будут величинами постоянными для исследуемой разновидности почвы.

При близком залегании грунтовых вод процесс фильтрации измерялся с помо-

щью батареи переоборудованных испарителей-лизиметров ГР-80 с различной глубиной залегания грунтовых вод.

Изучение процессов впитывания, фильтрации и водоотдачи в почвогрунтах зоны аэрации проводилось после некоторой модернизации с помощью батареи лизиметров с постоянными уровнями грунтовых вод, глубина которых составляла 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 м.

На рисунке 3 показана схема испарителя-лизиметра, переоборудованного в установку для измерения указанных выше водно-физических характеристик. Переоборудование лизиметра заключается в следующем: вместо водорегулирующего устройства был установлен самописец уровня воды «Валдай» *1*, с помощью которого регистрировался ход уровня грунтовых вод. Подача воды на поверхность монолита осуществлялась посредством бака долива *2* с запирающим устройством *3*, а регистрация подачи воды осуществлялась самописцем фильтрации *4*, установленным на крышке бака долива. Просочившаяся через почвенный монолит вода откачивалась на поверхность вакуумным насосам посредством трубки *5*.

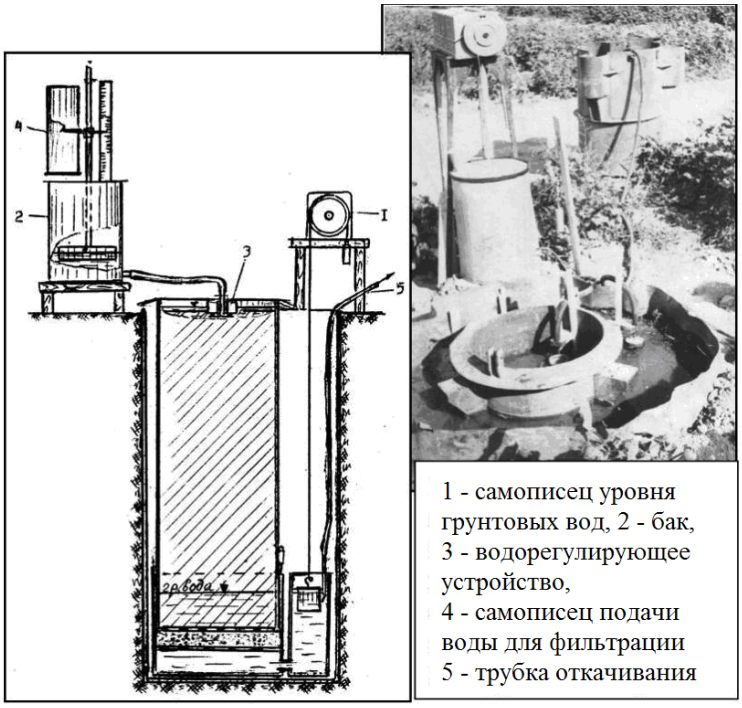


Рисунок 3 – Полевая установка для изучения скорости фронта промачивания, установившейся фильтрации и водоотдачи из зоны аэрации почвогрунтов (модернизированный лизиметр ГР-80)

Следует отметить, что исследование процессов впитывания, фильтрации и водоотдачи необходимо проводить только на почвенных монолитах.

На основании записи самописца *1* устанавливалась продолжительность интервала от начала впитывания до момента подъема уровня грунтовых, вод, то есть скорость прохождения фронта промачивания. Фиксировался момент заполнения почвенной влагой зоны аэрации, определялась установившаяся фильтрация, а также величина водоотдачи из монолита.

На поверхности почвенного монолита поддерживался постоянный уровень воды, что обеспечивалось работой запирающего устройства *3*. Расход воды из питающего бачка *2* регистрировался другим самописцем *4*, смонтированным на крышке бачка. Подача воды на поверхность монолита прекращалась по достижении установившегося режима фильтрации, чему соответствовала прямая наклонная линия на ленте самописца *4*.

После удаления непрофильтровавшейся воды с поверхности монолита начиналось изучение водоотдачи, для этого уровень грунтовых вод в лизиметре удерживался в пре-

делах ±1 см от заданного. Стекающая из монолита вода периодически откачивалась вакуумным насосом посредством трубки *5*. Интенсивность, величина и продолжительность водоотдачи записывались на ленте самописца «Валдай». Окончание водоотдачи устанавливалось по горизонтальной записи уровня грунтовых вод на ленте самописца *1*.

По результатам наблюдений за испарителями-лизиметрами составляются таблицы, по которым рассчитывается участие грунтовых вод в суммарном испарении при различной глубине их залегания. Однако в естественных условиях глубина залегания грунтовых вод все время находится в динамике, то есть поднимается или опускается.

Поэтому, пользуясь коэффициентами, определяющими участие грунтовых вод при расчете суммарного испарения, вводятся большие погрешности и, кроме того, сам вычислительный математический аппарат очень громоздкий.

На основании экспериментальных исследований установлено, что при оптимальном увлажнении почвы (НВ – ВРК, где ВРК – влажность разрыва капиллярных связей) суммарное испарение не зависит от глубины залегания грунтовых вод, то есть растению все равно, откуда потреблять воду: из верхнего слоя почвы с переменной влажностью или макрокапиллярной каймы (грунтовых вод), главное – перекрыть затраты воды, расходуемые на транспирацию. Ниже, в таблице 1, приведены величины суммарного испарения, измеренные с помощью испарителей-лизиметров ГР-80, в которых уровень грунтовых вод поддерживался на протяжении вегетационного периода кукурузы на глубинах 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 м, а также с помощью гидравлического почвенного балансомера без грунтовых вод. Высота почвенного монолита балансомера составляла 3,0 м. Результаты исследований (таблица 1) дают возможность утверждать, что при оптимальном увлажнении корнеобитаемого слоя почвы суммарное испарение не зависит от глубины залегания уровней грунтовых вод.

Таблица 1 – Величины суммарного испарения с кукурузы с июня по август, измеренные с помощью испарителей-лизиметров ГР-80 с различной глубиной залегания грунтовых вод и гидравлического почвенного балансомера без грунтовых вод

Показатель	Лизиметр ГР-80				Балансомер без грунтовых вод
Глубина уровня грунтовых вод, м	1,0	1,5	2,0	2,5	
Суммарное испарение, $м^3$/га	4340	4590	4520	4480	4500

При неглубоком залегании грунтовых вод измеряемая термостатно-весовым методом влажность почвы не является достаточной характеристикой влагообеспеченности и водопотребления растений, поскольку в данном случае растения питаются не столько за счет влагозапасов в почве, сколько за счет капиллярной влаги, поднимающейся от грунтовых вод и транзитом проходящей через зону аэрации [6].

Особое значение этот вид водного питания имеет при высокой влагопроводности почвы, когда при отсутствии атмосферных осадков или поливов растения питаются главным образом за счет капиллярной влаги. При этом влагозапасы в зоне аэрации остаются практически постоянными на протяжении длительного периода.

Из сказанного выше следует, что при изучении участия грунтовых вод в суммарном испарении при различной глубине их залегания с помощью обычных испарителей-лизиметров для целей управления режимами орошения сельскохозяйственных культур допускаются большие погрешности. В данном случае большие погрешности вносятся в конечный результат (величину участия грунтовых вод в суммарном испарении), во-первых, за счет довольно значимых ошибок при измерении влажности почвы в лизиметре, так как в настоящее время пока нет приборов, с помощью которых можно было бы точно измерять влагозапасы в монолите лизиметра и, во-вторых, интервал времени расчетных периодов, за которые определяется суммарное испарение, очень

велик. Этот интервал для глубины залегания грунтовых вод 1,0 м составляет 10 сут, а с увеличением глубины он также возрастает и для глубины 2,5 м равен периоду вегетации, то есть 80–90 дней. Поэтому для получения точных величин участия грунтовых вод в суммарном испарении необходимо переходить к прямым измерениям с применением гидравлических почвенных балансомеров, дооборудованных водорегулирующим устройством, с помощью которого в монолите балансомера удерживается уровень грунтовых вод на заданной глубине.

Выводы.

1 При проведении опыта по изучению впитывания и фильтрации воды в почву при глубоком залегании грунтовых вод за период от начала опыта до установившейся фильтрации (5 ч 20 мин) на поверхность поля было подано 570 м^3/га поливной воды, которая просочилась (фронт промачивания) на глубину 1,2 м при увлажнении почвы перед началом опыта 74 % НВ. Величина 570 м^3/га, соответствующая величине впитывания и инфильтрации, близка к расчетной поливной норме при глубине промачивания 1,2 м.

2 На основании экспериментальных исследований установлено, что при оптимальном увлажнении корнеобитаемого слоя почвы (НВ – ВРК) суммарное испарение не зависит от глубины залегания грунтовых вод.

Список использованных источников

1 Садовников, И. Ф. Руководство по производству почвенных исследований / И. Ф. Садовников. – М.: Изд-во главного управления землеустройства, 1946. – 104 с.

2 Никольский, Н. Н. Практикум по почвоведению / Н. Н. Никольский. – М.: Просвещение, 1965. – 199 с.

3 Карпинский, А. А. Определение коэффициента фильтрации рыхлых пород / А. А. Карпинский. – М.: ОНТИ, 1932. – 27 с.

4 Тищенко, А. П. Управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу: монография / А. П. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 2003. – 240 с.

5 Чеботарев, А. И. Гидрологический словарь / А. И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 539 с.

6 Аверьянов, С. Ф. Практикум по сельскохозяйственным мелиорациям / С. Ф. Аверьянов. – М.: Колос, 1970. – 263 с.

УДК 631.587(575)

А. Рамазанов
Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан
М. Н. Файзуллаева
Ташкентский областной комитет по охране природы, Ташкент, Республика Узбекистан

ВАЖНЕЙШИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ И ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РАВНИННОЙ ЧАСТИ УЗБЕКИСТАНА

В статье рассматриваются важнейшие проблемы мелиорации и орошаемого земледелия в равнинной части Узбекистана. На основе ретроспективного анализа обширного материала проектно-изыскательских, научно-исследовательских и эксплуатационных организаций, результатов многолетних территориальных опытно-производственных исследований и наблюдений определены приоритетные и неотложные задачи по модернизации приемов повышения продуктивности располагаемых водно-земельных ресурсов, сохранения благоприятной эколого-мелиоративной обстановки в орошаемой зоне республики, обеспечивающие устойчивое развитие аграрного сектора экономики. Создание специализированных и многопрофильных фермерских хозяйств с современными организационно-управленческими и правовыми формами функциониро-

вания указывают на необходимость внедрения в широкую производственную практику мирового опыта организации землепользования, высокотехнологичных приемов планировки поливных участков, оптимизации их площади, обеспечивающих высокую продуктивность располагаемых земельных и водных ресурсов в разрезе отдельных хозяйств, ассоциаций потребителей воды.

Ключевые слова: коэффициент земельного использования, коллекторно-дренажная сеть, глубина залегания грунтовых вод, гидромодульный район, режим орошения, сроки полива, коэффициент полезного действия технологии полива, модернизация.

Производительная способность располагаемых водно-земельных ресурсов является основой обеспечения потребностей внутреннего и внешнего рынка продовольственными товарами, многих отраслей производства сырьем. В условиях расширяющегося мирового финансового кризиса стратегия планирования и использования, повышения их продуктивности при дефицитном водопользовании должна опираться на адекватные организационно-управленческие структуры и технолого-производственные циклы, обеспечивающие сохранение стабильной эколого-мелиоративной обстановки в орошаемой зоне республики в ближайшей и отдаленной перспективе. В рамках этих требований необходимо сосредоточить и направить интеллектуальные, финансовые, материально-технические, трудовые ресурсы, затрачиваемые на мелиорацию и орошаемое земледелие, на решение следующих неотложных задач современности:

- в существующих формах и условиях организации территории одной из причин сравнительно низкой продуктивности земельных ресурсов, особенно в пустынной зоне республики, являются ненормированные отчуждения пригодных к использованию земель под трассы имеющихся ирригационных и гидромелиоративных систем различного уровня, внутрихозяйственных дорог и других нужд. Так, в настоящее время около 260 тыс. га ирригационно подготовленных земель находятся под «ращами», образовавшимися при строительстве коллекторно-дренажной сети (КДС) и их периодической очистки в процессе эксплуатации. Коэффициент земельного использования (КЗИ) введенных в сельскохозяйственный оборот целинных и залежных массивов (1960–1980 гг.) с соответствующей сельской инфраструктурой составляет 0,56–0,61, что на 1/3 ниже староорошаемых земель. Кроме того, на значительной части зоны «нового» орошения степень спланированности поливных участков из-за наличия контуров микроповышений и микропонижений (так называемых «плешней») при прочих равных условиях агротехники не достигается равномерное увлажнение корнеобитаемого слоя при вегетационных поливах, нормальный рост и развитие возделываемых культур хлопкового комплекса. В силу этого урожайность, продуктивность воды и вносимых на поле удобрений органического, особенно минерального происхождения, сравнительно низкие. Отрицательные последствия такой ситуации наиболее ощутимы на территории хозяйств, где средний размер поливных участков составляет от 12–14 га (Каршинская степь) до 17–21 га (Голодная, Джизакская степи). К сожалению, в принятых при проектировании элементах техники полива по бороздам не всегда учитывались особенности пространственного различия в гранулометрическом составе и литологическом строении корнеобитаемого слоя почвы. Размеры поливных участков с соответствующими элементами техники полива в основном выбирались с точки зрения обеспечения высокой производительности мощных и сверхмощных планировочных и пахотных механизмов. Создание специализированных (хлопководство, зерноводство, садоводство и др.) и многопрофильных фермерских хозяйств с современными организационно-управленческими и правовыми формами функционирования указывает на необходимость внедрения в широкую производственную практику мирового опыта организации землепользования, высокотехнологичных приемов планировки поливных участков, оптимизации их площади, обеспечивающих высокую продуктивность располагаемых земельных и водных ресурсов в разрезе отдельных хозяйств, ассоциаций потребителей воды;

- в республике существуют различные точки зрения о возможности смягчения последствий дефицита воды: за счет повсеместного водосбережения, полного регулирования стока рек, совершенствования эксплуатации и технического оснащения оросительных систем, внедрения водосберегающих технологий полива, возделывания и интродукции засухоустойчивых культур. Не умаляя значимость этих мероприятий, в первую очередь следует изыскать нетрадиционные источники увеличения водных ресурсов и широко внедрять в производственную практику организационно-технологические приемы повышения продуктивности воды, поступающей на орошаемые поля.

В орошаемой зоне при возделывании пропашных культур в основном (99 %) применяется поверхностный способ – полив по бороздам. Коэффициент полезного действия (КПД) технологии полива по бороздам колеблется в пределах от 0,53 до 0,67, т. е. 47–33 % поданной на поливной участок воды теряется безвозвратно в виде поверхностного сброса и нисходящей фильтрации. При существующей практике организации территории и полива возделываемых культур часто имеет место сброс воды в концевой части поливного участка в КДС. Объем отведенной КДС с орошаемой территории воды составляет: в бассейне реки Сырдарьи (среднее течение) – 30–54 %; реки Амударьи – 39–54 % (среднее течение) и 30–67 % (нижнее течение) от удельной водоподачи [1, 2]. Этим и объясняется сравнительно низкая минерализация коллекторно-дренажного стока в верхней, местами также средней и нижней части орошаемых массивов, расположенных по стволу рек Сырдарьи и Амударьи. Кроме этого, из-за отсутствия измерительных приборов и гидропостов на распределительных каналах весьма затруднительно установить объем воды, выделяемой потребителям по лимиту. По данным эксплуатационных организаций в каждой Ассоциации водопотребителей (АВП) ежегодно 100–150 л/с воды теряется бесполезно и безвозвратно. Кроме того, в большинстве случаев выделенная хозяйству по лимиту вода распределяется без учета биологических потребностей возделываемых культур по основным фазам их развития и, самое главное, без учета необходимости равномерного увлажнения корнеобитаемого слоя почвы по длине борозды (расход в борозду, скорость поступления воды до конца борозды, продолжительность полива и др.). В силу этого и других организационно-технологических причин часть поливной воды, поступившей на поле, безвозвратно теряется и не участвует в формировании урожая.

В мировой практике при ведении орошаемого земледелия основным критерием оценки качества полива являются равномерность увлажнения корнеобитаемого слоя почвы и эффективность использования (затраты) воды при выращивании единицы урожая. Поэтому необходимо широкое внедрение в производственную практику ирригационных технологий и способов подачи воды на поле (встречный, дискретный, полив по тупым бороздам, полосам, чекам) с высокой точностью их планировки лазерной управляемой системой контроля, обеспечивающих высокий уровень водопользования и предотвращающих безвозвратные потери в системе «вода – поле – растение»;

- известно, что величина водопотребления сельскохозяйственных культур – эвапотранспирация является основой при планировании использования располагаемых водных ресурсов и обосновании мощности искусственного дренажа. Их количественные показатели должны быть дифференцированы с учетом литолого-геоморфологического, гидрогеологического и других условий территории.

В периодической печати и специальной литературе Центральной Азии в 50–60-е гг. XX в. достаточно широко освещалось представление о зависимости водопотребления сельскохозяйственных культур от уровня залегания грунтовых вод (УГВ). Это представление основывается на лизиметрических наблюдениях. Сопоставление и анализ результатов выполненных исследований свидетельствуют о достаточно широком изменении величины эвапотранспирации. Во всех опытах, проведенных на опытно-мелиоративных станциях Узбекистана, не была получена хотя бы примерно одинаковая

урожайность в зависимости от глубины залегания УГВ, коэффициент водопотребления зависит в основном от урожайности хлопчатника. Это означает, что на лизиметрах с различной глубиной залегания УГВ поддерживался неодинаковый режим влажности в корнеобитаемом слое почвы, уменьшающийся с глубиной. Почти аналогичные данные получены в опытах, проведенных в течение ряда лет в Туркменистане и Таджикистане.

Лизиметрические исследования, проведенные в разные годы, из-за несоответствия режима увлажнения, контроля запасов влаги по фазам развития хлопчатника и урожайности не позволяют сделать однозначные обобщения о зависимости водопотребления от глубины грунтовых вод и водопотреблении сельскохозяйственных культур при оптимальном увлажнении и высокой урожайности [3].

Следует отметить, что в принципе существующие представления о зависимости эвапотранспирации от УГВ противоречат многолетней теории и практике определения водопотребления сельскохозяйственных культур, являющихся основой требований на воду при планировании орошения в общемировой практике.

До настоящего времени существует мнение об увеличении забора воды на орошение по мере понижения УГВ. Все опытные и расчетные данные (СоюзНИХИ, институт «Средазгипроводхлопок») свидетельствуют об уменьшении числа поливов и оросительных норм по мере уменьшения глубин залегания грунтовых вод. В годовом разрезе затраты оросительной воды с учетом промывок в осенне-зимний период не зависят от глубины грунтовых вод при хорошем дренаже, требований влажности и практически одинаковы.

В современных условиях ведения орошаемого земледелия водоподача на поля осуществляется плановыми и расчетными режимами орошения, которые в большинстве случаев неадекватны нормам водопотребления культур хлопкового комплекса в сложившейся водохозяйственной обстановке в регионе. В этой связи в регионе совершенно очевидна необходимость определения водопотребления сельскохозяйственных культур (величины эвапотранспирации) с использованием опытных данных и расчетных методов на базе климатических факторов, обычно применяемых в мировой практике;

- сдерживающим фактором ведения стабильного и рентабельного сельскохозяйственного производства в равнинной части республики является засоленность и устойчивый во времени прогрессирующий процесс осолонцевания почв. Под засоленностью почвы подразумевается наличие в корнеобитаемом и нижележащих горизонтах водорастворимых токсичных солей, отрицательно влияющих на рост, развитие и урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур. При прочих равных условиях агротехники урожайность культур хлопкового комплекса снижается от 20–30 до 85–90 % в зависимости от степени засоления почв. В настоящее время две трети площади орошаемых земель засолено в различной степени, из-за чего сельскохозяйственное производство ежегодно терпит колоссальный ущерб.

Из-за высокой динамичности миграционных процессов в толще активного водо- и солеобмена почв пустынной зоны полностью исключить отрицательное влияние водорастворимых солей на рост и развитие сельскохозяйственных культур практически невозможно. Независимо от мощности первичных дрен, норм и сроков ежегодных эксплуатационных промывок и режима орошения возделываемых культур происходит реставрация засоления в корнеобитаемой толще почвы. «Коэффициент сезонной аккумуляции солей» (по В. А. Ковда) в орошаемой зоне колеблется в пределах 1,23–1,52 [4].

Сопоставительный анализ результатов многолетних опытно-производственных исследований свидетельствует о том, что в условиях дефицитного водопользования нет необходимости снижения УГВ до глубин 1,9–2,7 м путем строительства первичных (в отдельных случаях собирательных) горизонтальных дрен глубиной 2,5–3,5 м, обычно предлагаемых проектными институтами до настоящего времени. Это не приводит к снижению годовых затрат водных ресурсов, а увеличивает потребность в воде в веге-

тационный период, что недопустимо в наступивший период устойчивого дефицита водных ресурсов в бассейне Аральского моря (БАМ). Задачей дренажа в сложившейся ситуации является не понижение УГВ до «критических» глубин, а опреснение их поверхностного слоя за счет промывного режима орошения возделываемых культур, благодаря чему резко снижаются миграционные процессы в корнеобитаемой толще и затраты воды на промывку в не вегетационный период. Грунтовые воды должны поддерживаться на уровне полугидроморфного режима увлажнения, обеспечивающего их участие в подпитывании корнеобитаемого слоя почвы [5].

Кстати, в странах с аридным и субаридным климатом, где распространены лугово-сероземные, лугово-пустынные почвы, регулирование водно-солевого режима мелиоративно неблагополучных староорошаемых земель осуществляется путем поддержания полугидроморфного режима увлажнения зоны аэрации на фоне горизонтального дренажа глубиной от 1,3–1,5 м (Узбекистан, Азербайджан, Египет) до 1,5–2,0 м (Индия, Пакистан, Китай). Сток в этих дренах в основном формируется за счет инфильтрационного потока с полей орошения и верхнего слоя грунтовых вод.

Одной из причин сравнительно низкой производительной способности используемых в сельскохозяйственном обороте земель в пустынной зоне является процесс осолонцевания орошаемых почв. Солонцеватые почвы – род почв различных типов, содержащих в почвенно-поглощающем комплексе (ППК) более 5 % от емкости поглощения катиона натрия или магния, обусловливающих диспергирование коллоидов, появление неблагоприятной структуры, низкое плодородие [6]. В отличие от засоленных почв в их профиле легкорастворимые соли находятся в подпахотном слое. В контуре распространения засоленных гидроморфных почв процесс осолонцевания обусловлен следующими условиями:

а) широкомасштабное освоение целинных и залежных земель в равнинной части Узбекистана и сопредельных государств Центральной Азии коренным образом изменило гидрогеологомелиоративную обстановку. Сложившийся в течение длительного периода автоморфный режим увлажнения почвы вследствие интенсивного орошения возделываемых культур трансформировался в полугидроморфный и гидроморфный режимы с активным участием грунтовых вод с различной минерализацией в формировании и направленности почвенных процессов. В силу обменных реакций между солями хлористого (NaCl) и сернокислого натрия (Na_2SO_4), содержащихся в грунтовых водах, и основаниями ППК происходило вытеснение катиона кальция и насыщение катионами натрия и магния;

б) регулярное орошение возделываемых культур, эксплуатационные промывки и влагозарядковые поливы речной и коллекторно-дренажной водой с тем или иным содержанием водорастворимых солей оказали определенное влияние на химические процессы, протекающие в системе «вода – почва – почвенный раствор». В силу этого происходят обменные реакции между водорастворимыми солями почвы и основаниями ППК, сопровождаемые вытеснением катиона кальция и замещения его катионами натрия или магния.

На массивах, находящихся в сельскохозяйственном обороте в пустынной зоне, состав агромелиоративных и технологических приемов восстановления производительной способности засоленных и солонцеватых почв существенно различается по физико-химической сущности их влияния на процессы, протекающие в корнеобитаемой толще при их реализации.

На засоленных или подверженных вторичному засолению почвах такие агро- и гидромелиоративные приемы, как капитальные, эксплуатационные промывки, промывной режим орошения возделываемых культур, соответствующая мощность искусственного дренажа, разновидности фитомелиораций направлены на уменьшение содержания токсичных водорастворимых солей в корнеобитаемой толще до оптимальных пределов.

На солонцеватых почвах рассолительным мероприятиям должны предшествовать приемы, создающие условия для обменных реакций (вытеснения из ППК катионов натрия или магния) путем внесения различных мелиорантов химического или органо-минерального происхождения. Для восстановления их производительной способности требуется гораздо больше времени, материально-технических и трудовых ресурсов;

- основой режима орошения является суммарное водопотребление растений – эвапотранспирация и гидромодульные районы – территории с одинаковыми почвенно-гидрогеологическими (гранулометрический состав почвы, глубина залегания грунтовых вод) условиями. При планировании водопользования (распределение воды АВП по лимиту) до настоящего времени в основном учитывается режим орошения культур хлопкового комплекса, составленный с учетом почвенно-мелиоративных условий гидромодульных районов. Принципы и методика составления разработаны учеными «СоюзНИХИ» в 40-е гг. XX в. для староорошаемой зоны республики с относительно сложившимися стабильными почвенно-мелиоративными, гидрогеологическими условиями при достаточно высоком уровне водообеспеченности территории и удельным весом хлопчатника в структуре посевных площадей.

В связи с расширением площадей орошаемых земель за счет освоения целинных и залежных массивов пустынной зоны с различным почвенным покровом, определенными водно-физическими, химическими свойствами и гидрогеологическими условиями научные и проектные организации разработали методику гидромодульного районирования (агроландшафтное – «ТИИМСХ»; с учетом мелиоративного и промывного режимов – «САНИИРИ»; с учетом условий формирования грунтовых вод и промывного режима орошения – «Средазгипроводхлопок») с целью стабилизации почвенно-мелиоративной и гидрогелогической обстановки на введенных в сельскохозяйственный оборот массивах.

Следует отметить, что широко практикующееся планирование водопользования на основе режима орошения сельскохозяйственных культур с учетом соответствующего гидромодульного района, составленное для периода с достаточно обеспеченным и стабильным уровнем водообеспеченности территории и большого удельного веса хлопчатника в структуре посевных площадей не адекватно требованиям дефицитного водопользования – распределения располагаемых водных ресурсов потребителям по лимиту. В этой связи совершенно очевидна необходимость совершенствования основополагающих принципов оперативного планирования и распределения располагаемых водных ресурсов с учетом водности года, структуры посевных площадей многопрофильных фермерских хозяйств;

- важнейшим условием продуктивного использования подаваемой на поле воды и исключения стрессовых явлений в период развития растений является установление оптимального срока полива. Растение начинает испытывать недостаток влаги при влажности почвы несколько выше нижнего предела, находящегося в интервале между влажностью при наименьшей влагоемкости и влажностью устойчивого увядания. В силу высокой динамичности движения влаги в корнеобитаемой толще установить оптимальный предел влажности, соответствующей отношению имеющейся в почве продуктивной влаги к ее запасу при наименьшей влажности весьма сложно. Существующие методы определения сроков полива культур хлопкового комплекса и других одно- и многолетних растений, основанные на величине так называемой «предельно полевой влагоемкости» (термостатно-весовой, нейтронный, кондуктометрический и др.), не позволяют оперативно назначать сроки полива из-за организационно-технических условий и недостаточной надежности.

Выводы.

1 Провозглашенная по инициативе Первого Президента И. А. Каримова модернизация организационно-управленческих, технолого-строительных и эксплуатацион-

ных основ использования располагаемых водно-земельных ресурсов, реализуемая согласно Постановлению Кабинета Министров Республики Узбекистан (октябрь 2007 г., февраль 2014 г.), предусматривает в основном последовательный и дифференцированный подход при выборе комплекса гидротехнических и гидромелиоративных мероприятий с учетом сложившейся в равнинной части республики водохозяйственной обстановки.

2 В условиях дефицитного водопользования работы, выполняемые по Государственной Программе, необходимо направить на разработку концептуальных основ и принципов мелиорации и организации ведения орошаемого земледелия на территориях стран, расположенных в аридной, субаридной зонах, с учетом мирового опыта интенсивного использования природных ресурсов без отрицательных последствий в системе «общество – окружающая среда».

Список использованных источников

1 Рамазанов, А. Орошаемое земледелие Узбекистана: проблемы и суждения / А. Рамазанов, М. Н. Файзуллаева // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 1(61). – С. 231–235.

2 Рамазанов, А. О продуктивности воды в орошаемой зоне Узбекистана / А. Рамазанов, М. Н. Файзуллаева // Экологичекий вестник. – Ташкент, 2016. – № 5. – С. 21–25.

3 Рамазанов, А. О величение водопотребления сельскохозяйственных культур на орошаемых землях / А. Рамазанов, В. О. Насонов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 2(58). – С. 149–153.

4 Рамазанов, А. Современное состояние эколого-мелиоративной обстановки в орошаемой зоне Узбекистана / А. Рамазанов, В. Г. Насонов, М. Н. Файзуллаева // Роль мелиорации и водного хозяйства в инновационном развитии АПК: материалы междунар. конф. – М., 2012. – Ч. 2. – С. 159–167.

5 Рамазанов, А. Совершенствование дренажа – залог повышения производительной способности засоленных почв / А. Рамазанов, В. Насонов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 2(58). – С. 153–157.

6 Рамазанов, А. Процесс осолонцевания орошаемых почв пустынной зоны Узбекистана / А. Рамазанов, А. Ахатов, М. Н. Файзуллаева // Ирригация и мелиорация. – 2016. – № 3(5). – С. 37–39.

УДК 628.161.2

А. М. Васильев, А. С. Капнинов
Новочеркаский инженерно-мелиоративный институт Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС В ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И СФЕРЕ ВОДООЧИСТКИ

В статье представлены результаты теоретических, лабораторных исследований, эколого-экономический анализ использования золошлаковых отходов как кондиционного заполнителя для бетонной смеси, а также как фильтрующего сорбента в сооружениях водоочистки поверхностного стока с территорий энерговырабатывающих предприятий.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, кондиционный заполнитель, ливнеотвод, гидравлический пресс, фракция, сорбент, химически инертный материал.

На основании результатов проведенных исследований осуществлен эколого-экономический анализ целесообразности использования золошлаковых отходов НчГРЭС

(таблицы 1 и 2) в качестве замены кондиционных заполнителей для бетонной смеси, а также как фильтрующего сорбента в сооружениях водоочистки поверхностного стока с урбанизированных территорий (системы ливнеотвода муниципальных образований). Годовой выход золошлаков составляет в среднем 900 тыс. т. Следует отметить, что содержащиеся в порах золошлаков легкорастворимые соединения удаляются транспортируемой водой (при их удалении из котельных помещений гидравлическим способом).

Таблица 1 – Примерные затраты ресурсов на 1 м^3 бетона в ценах 2017 г.

Наименование исходного материала	Стоимость единицы измерения, руб.	Базовый вариант		Предлагаемый вариант	
		кол-во	стоимость, руб.	кол-во	стоимость, руб.
Цемент (М 500), т	3500	0,349	1221,50	0,360	1260,00
Щебень (5–10 мм), т	450	1,290	580,50	–	–
Песок, т	180	0,697	125,46	–	–
Вода, м^3	31	0,170	5,27	0,185	5,73
Золошлаковая смесь НчГРЭС (5–10 мм), т	235	–	–	1,720	404,20
Итого	–	–	1936,23	–	1669,93

Таблица 2 – Исходные данные к расчету

Наименование показателя	Условные обозначения	Значение показателей по вариантам	
		базовый	предлагаемый
Объем работ в расчетном году, примерная мощность КСМ, м^3	А1,2	10000	10000
Себестоимость, руб.	С1,2	1936,23	1669,93

Расчет экономического эффекта (*S*), в рамках примера на базе комбината строительных материалов (КСМ), выполнен в соответствии с исследованиями А. М. Васильева в ценах 2017 г. по формуле:

$$S = (C1 - C2) \cdot A1,2, \quad (1)$$

где С1, С2 – удельная себестоимость по сравниваемым вариантам;

А1,2 – объем работ в расчетном году [1].

Для принятых исходных данных годовой экономический эффект составляет:

$$S = (1936,23 - 1669,93) \cdot 10000 = 2,663 \text{ млн руб./год.}$$

Из строительной смеси с золошлаками получены опытные изделия по существующей технологии аналогично с базовым вариантом [2]. Далее изготовлены контрольные образцы-кубы с ребром 100 мм для прочностных испытаний при помощи лабораторного гидравлического пресса (рисунок 1).

Рисунок 1 – Лабораторный гидравлический пресс для определения прочности образцов бетона

Итоги лабораторных испытаний, представленные в таблице 3, являются осредненным значением трех серий опытов. Эта методика применялась и для остальных испытаний образцов бетона.

Таблица 3 – Результаты опытно-производственных испытаний

Сравниваемые технологические варианты	Прочность при сжатии			
	после пропаривания		в возрасте 28 сут	
	МПа	%	МПа	%
Базовый	15,5	57,4	27,0	100,0
Предлагаемый	12,7	47,03	25,5	94,44

Установлено, что предложенная технология утилизации золошлаковой смеси позволяет получать золошлакобетонные изделия для строительных целей, практически не уступающие по прочностным показателям аналогичных изделий из кондиционных материалов. При этом золошлакобетонные изделия обладают меньшей массой: наблюдается ее снижение на 9,6 % за счет более легких крупного и мелкого заполнителей бетонной смеси. Имеет место и экономия природных сырьевых ресурсов (при ориентировочной мощности производства 10 тыс. $м^3$ бетона в год): песка – 1,25 млн руб./год; щебня – 5,80 млн руб./год. Следует отметить, что при указанной мощности производства уже можно утилизировать около 2 % годового объема образования золошлаковых отходов НчГРЭС.

Помимо этого проведены исследования эффективности применения минеральной расширяющей добавки «ИР-1» на свойства образцов бетона, полученного с использованием некондиционных золошлаковых заполнителей [3]. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты испытаний образцов бетона в возрасте 28 сут, полученного по разработанной рецептурной схеме

Сравниваемые варианты	Прочность при сжатии, МПа	Класс бетона	Прочность при сжатии после замораживания, МПа
С добавкой 10 % «ИР-1»	21,5	В15	21,0
С добавкой 20 % «ИР-1»	20,8	В15	19,7
С добавкой 30 % «ИР-1»	15,9	В12,5	14,2

Процентное содержание добавки при проведении лабораторных экспериментов составило 10, 20 и 30 % от массы цемента, а ее среднерыночная стоимость – 17,0 руб./кг. Анализ результатов позволяет сделать вывод, что образцы бетона с 20%-ной добавкой «ИР-1» выдержали испытания на прочность, водонепроницаемость и морозостойкость соответствующими показателям В15, W8, F150 и $К_{мрз}$ = 0,97 (рисунок 2). Для испытаний на водонепроницаемость изготавливались цилиндрические образцы диаметром 150 мм и высотой 150 мм.

Рисунок 2 – Лабораторная установка для определения водонепроницаемости образцов бетона со ступенчатым подъемом давления воды по 0,2 МПа

Также отмечено «самозалечивание» сквозных трещин в образцах бетона шириной раскрытия до 0,5 мм в течение 4–5 суток с момента их образования. Однако следует отметить, что снижение содержания добавки «ИР-1» ниже 20 % уменьшает данный эффект. На предлагаемый рецептурный состав зарегистрирована заявка № 2015134625 на выдачу патента на изобретение РФ.

Проведенными исследованиями доказано, что золошлаковые отходы целесообразно использовать в качестве замены кондиционных заполнителей для бетонной смеси, а также как фильтрующего сорбента в сооружениях водоочистки поверхностного стока с территорий энерговырабатывающих предприятий. Лабораторные испытания полученных образцов показали их соответствие классу бетона В15, W8, F150 и $К_{мрз}$ = 0,97. Кроме того отмечено «самозалечивание» сквозных трещин в бетоне шириной раскрытия до 0,5 мм в течение 4–5 суток с момента их образования, при условии применения минеральной расширяющей добавки «ИР-1» в количестве 20 % от массы портландцемента М 500.

Следующее предлагаемое направление использования золошлаковых отходов ТЭС – в качестве сорбента. Данный сорбент, при корректном подборе фракционного состава, обладает высокой поглощающей и удерживающей способностью по извлечению из воды различных примесей, а также достаточно прочен, что позволяет применять его повторно. Это использовано при разработке патентов на изобретение РФ (таблица 5).

Таблица 5 – Примерные характеристики золошлакового фильтрующего сорбента

Размер гранул		Насыпная плотность, г/дм^3	Соотношение мезопор и макропор	Суммарный объем пор по воде, см^3/г, не менее
мм	%			
> 5,0	1,0	750,0	3,7:1	0,55
2,5–5,0	85,0			
1,0–2,5	13,0			
< 1,0	1,0			

Золошлаковые материалы, пригодные для применения в качестве фильтрующего заполнителя, образуются в результате сжигания каменных углей на ТЭС. Зола и шлак являются продуктами высокотемпературной (до 1700 °С) обработки минеральной несгорающей части углей. Золошлаковые материалы относятся к химически инертным материалам и содержат незначительное количество легкорастворимых соединений, большая часть которых удаляется транспортируемой водой. Применение золошлаковых отходов фракции 5–10 мм в качестве фильтрующего сорбента для систем ливнеотвода показало высокое качество очистки стока.

Список использованных источников

1 Васильев, А. М. Многопрофильное производство на базе энерговырабатывающих предприятий с целью интенсификации развития АПК региона, ресурсосбережения и экологизации: монография / А. М. Васильев, И. А. Денисова, В. В. Денисов. – Новочеркасск, 2012. – 203 с. – Деп. в ВИНИТИ РАН 10.08.12, № 336-В2012.

2 Васильев, А. М. Использование золошлаковых отходов в мелиоративном и водохозяйственном строительстве / А. М. Васильев, В. В. Денисов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 44–46.

3 Пат. 2085527 Российская Федерация, МПК^{95} С 04В 7/345, С 04В 22/00. Расширяющая добавка к цементу / Базоев О. К.; патентообладатель Базоев Олег Казбекович. – № 94 94034236; заявл. 16.09.94; опубл. 27.07.97.

4 Диверсификация угольно-газовой и атомной энергетики в интересах развития АПК / В. В. Денисов, А. И. Ажгиревич, А. П. Москаленко, М. А. Стрежкова, С. А. Москаленко, А. В. Денисова, А. М. Васильев // Проблемы региональной экологии. – М.: Издат. дом «Камертон», 2012. – № 1. – С. 70–76.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 626.823.9

А. И. Тищенко, О. А. Баев
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЯ БЫСТРОТОКОВ С УСТУПОМ НА КУРСКОЙ ОБВОДНИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Целью исследований является изучение состояния нижних бьефов сопрягающих гидротехнических сооружений в виде быстротока с уступом и выработка рекомендаций по определению глубины воронки размыва за сооружениями, чтобы данные рекомендации были учтены при проектировании таких сооружений для вновь строящихся оросительных систем с применением новых материалов и конструкций на их основе для защиты нижних бьефов от размывов русла.

Ключевые слова: быстроток с уступом, воронка местного размыва, натурные исследования, крепление нижнего бьефа.

Введение. Одним из основных требований к гидротехническим сооружениям мелиоративных систем, работающим сезонно, является надежность. Причиной образования местных размывов за гидротехническими сооружениями (в частности за быстротоками с уступом) является несовершенство конструкций, что способствует образованию неудовлетворительного гидравлического режима в нижнем бьефе [1–4]. Проблема длительного срока службы и надежности гидротехнических сооружений различного назначения с незапамятных времен являлась достаточно актуальной.

Проведенный анализ литературных источников [2–8] свидетельствуют о том, что исследования в области надежности сооружений мелиоративных систем и разработанные рекомендации по совершенствованию расчетов параметров местных размывов являются незавершенными. Значительное количество публикаций по данному направлению, в которых отмечается сложность расчета этого гидравлического явления, подтверждает необходимость изучения местных размывов за сооружениями, разработки и применения новых научно-технических решений для защиты нижнего бьефа от различного рода деформаций, это будет способствовать продлению срока службы мелиоративных гидротехнических сооружений [9].

Целью исследований является разработка рекомендаций по совершенствованию расчета параметров местных размывов за быстротоками с уступом на основании натурных исследований, а также комплекса мероприятий для защиты нижнего бьефа от размыва.

Материалы и методы. В статье рассмотрены программа и методика натурных исследований с использованием геодезических и гидрометрических приборов и оборудования. Для определения высотных и плановых характеристик сооружений и начальной части отводящих русел применялся нивелир НВ-1 с прилежащим к нему оборудованием, для измерения скоростной структуры потока применялась гидрометрическая вертушка с соответствующим к ней оборудованием.

На небольших оросительных каналах с пропускной способностью до 10 м^3/с направление створа определялось визуально: его разбивали перпендикулярно к общему направлению русла канала. На одном из берегов канала трассировался базис, от которого начинался отсчет расстояний в каждом створе. Створ закреплялся кольями на обоих берегах канала.

Положение створов по длине отводящего русла выбиралось с учетом характера размыва откосов канала. Обычно створы назначаются в конце водобойной части сооружения; монолитного железобетонного крепления или крепления из плит; крепления из каменной наброски; в начале, середине и конце воронки размыва, и два-три створа назначаются в русле за ямой размыва. Последний створ выбирался в том месте, где визуально наблюдалось равномерное распределение скоростей потока по ширине отводящего русла.

Нивелирные работы проводились с целью определения отметок элементов сооружения и отводящего русла, а также для контроля результатов промерных работ. Привязка отметок всех точек нивелирной съемки приводилась к бетонным устоям сооружения, а определение отметок в намеченных точках сооружения и ямы размыва проводилось с точностью технического нивелирования. Промерные работы выполнялись для составления поперечных профилей русла канала и вычисления площадей живых сечений.

Для измерения глубин использовались водомерные рейки, при этом погрешность в измерении глубины допускается (по рекомендациям О. Д. Климова) не более 3–5 см, что в условиях данных исследований вполне соблюдалось.

Перед началом промерных работ зафиксирована отметка уровня воды в нижнем бьефе по рейке временного гидропоста и с помощью нивелира. По окончанию промерных работ отсчет уровня воды производился повторно с тем, чтобы убедиться в неизменности положения уровня воды. В случае изменения отметки уровня воды за период работ более чем на 2 см, в результаты измерений глубины вносились поправки.

Скорость воды в нижнем бьефе сооружения в разных его местах различна, измерение скоростей течения производится с целью выяснения их распределения по живому сечению и по длине отводящего русла.

Широко применяемыми в условиях полевых исследований средствами и методами измерения скоростей являются поверхностные поплавки, поплавки – интеграторы и гидрометрические вертушки.

При выполнении работ по исследованию местных размывов авторы руководствовались детальным способом измерения скоростей и расходов воды, т. к. он предусматривает многоточечное измерение скоростей на большом числе вертикалей и позволяет изучить особенности скоростного поля потока. При детальном способе расстояние между скоростными вертикалями назначалось через равные промежутки по ширине канала (таблица 1).

Таблица 1 – Назначение расстояний между скоростными вертикалями

Ширина русла, м	Менее 20	20–30	30–40	40–60	60–80	80–100
Расстояние между вертикалями, м	0,5–2,0	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0

Величина средней скорости на вертикали определяется по эмпирическим формулам подстановкой в них скоростей, измеренных в отдельных точках вертикали. Выбор той или иной формулы зависит от числа точек на вертикали, в которых измеряются скорости, и от состояния русла. Наиболее полное распределение скоростей по глубине потока (по скоростной вертикали) можно получить при измерении скорости в пяти точках: у поверхности; на глубине 0,2 Н, 0,6 Н; 0,8 Н и у дна. Такое количество точек на вертикали принимают при детальном способе измерения скоростей. В этом случае среднюю скорость по вертикали (υ_{CP}) получают по формуле:

$$\upsilon_{CP} = 0{,}1(\upsilon_0 + 3\upsilon_{0,2H} + 3\upsilon_{0,6H} + \upsilon_{0,8H} + \upsilon_{1,0H}) \cdot \quad (1)$$

Длительность замера скорости в каждой точке должна быть не менее 100–120 с. В связи с этим, для способа измерения скоростей в пяти точках минимальная продолжительность должна соответствовать следующим величинам (таблица 2).

Для каждого профиля также необходимо вычислить морфометрические характе-

ристики, которые могут оказаться нужными в дальнейшем (для построения графиков, вывода эмпирических формул, вычисления расходов воды и прочее).

Таблица 2 – Продолжительность измерения скорости в точке

Глубина воды, м	У поверхности	0,2 Н	0,6 Н	0,8 Н	Дно
Минимальная продолжительность работы вертушки, мин	2	2	3	4	5

К морфометрическим характеристикам русла относятся: площадь водного (живого) сечения ω, м^2; ширина канала поверху B, м; длина смоченного периметра χ, в м; наибольшая глубина воды $h_{макс}$, м; средняя глубина $h_{ср}$, м; гидравлический радиус R, м.

Площадь живого сечения определяется с помощью планиметра или аналитическим способом. Общая площадь водного сечения находится как сумма площадей между промерными вертикалями и урезами воды. Смоченный периметр χ – длина линии дна канала на профиле, заключенная между урезами воды, определяется простым измерением этой линии на профиле.

Гидравлический радиус R и среднюю глубину $h_{ср}$ вычисляют по формулам:

$$R=\frac{\omega}{\chi},\ h_{ср}=\frac{\omega}{B}, \qquad (2)$$

где ω – площадь водного сечения;

B – ширина канала между урезами воды, м.

Результаты и обсуждение.

Исследования на сооружениях Курской обводнительно-оросительной системы выполнялись в летние периоды, согласно вышеприведенной методологии. Обработка результатов, поиск конструктивных решений по улучшению работы сооружений производились в камеральных условиях.

Необходимо также отметить, что некоторые сооружения Курской обводнительно-оросительной системы построены и эксплуатируются еще с 40-х годов XX столетия (сооружения 1 Сухопадинского канала) и при проведении обследований были обнаружены размывы, повреждения крепления нижнего бьефа, оголение арматуры. С вводом в эксплуатацию за многими сооружениями стал наблюдаться размыв дна и откосов канала.

Геометрические размеры сооружения как плановые, так и высотные соответствуют проектным размерам по разработкам проектного института «Севкавгипроводхоз». Данные о состоянии сооружений распределителя «Советский» приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сведения о сооружениях на распределителе «Советский»

Местоположение (пикет)	Длина быстротока, м	Длина водобоя, м	Высота вертикального уступа, м	Геодезический перепад, м	Характеристика дефектов и повреждений на сооружении
1	2	3	4	5	6
7,0	7,5	11,4	0,65	1,05	На быстротоке $\upsilon_{СР}$ = 2,96 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 2,78 м/с; в водобое $\upsilon_{СР}$ = 0,89 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,16 м/с
19,0	19,6 (с переездом)	10,8	1,00	1,30	На быстротоке $\upsilon_{СР}$ = 2,5 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 2,38 м/с; в водобое $\upsilon_{СР}$ = 0,54 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,86 м/с; нарушен стык конца быстротока с портальной стенкой

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
40,0	8,3	12,0	0,86	1,54	На быстротоке $\upsilon_{СР}$ = 2,75 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 2,62 м/с; в водобое $\upsilon_{СР}$ = 0,82 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,76 м/с; подмыв плит
50,5	10,6 (с шандорами)	11,6	0,89	1,75	На быстротоке $\upsilon_{СР}$ = 2,82м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 2,43 м/с; в водобое $\upsilon_{СР}$ = 1,15 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,46 м/с; плиты крепления с трещинами шириной от 0,5 до 5,0 мм
91,5	12,0 (с переездом)	12,8	0,90	1,61	На быстротоке $\upsilon_{СР}$ = 2,95 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 2,18 м/с; в водобое $\upsilon_{СР}$ = 1,19 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,78 м/с; нарушение стыков между плитами крепления
102,0	11,8	12,4	1,20	1,82	На быстротоке $\upsilon_{СР}$ = 2,42 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,98 м/с; в водобое $\upsilon_{СР}$ = 1,04 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,56 м/с; нарушение стыков между плитами крепления
120,0	9,6	11,8	0,70	1,59	На быстротоке $\upsilon_{СР}$ = 1,87 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,43 м/с; в водобое $\upsilon_{СР}$ = 1,08 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,34 м/с
128,0	7,0	11,7	0,96	1,21	На быстротоке $\upsilon_{СР}$ = 1,57 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,29 м/с; в водобое $\upsilon_{СР}$ = 1,09 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,37 м/с
137,5	8,9	11,2	1,00	2,00	На быстротоке $\upsilon_{СР}$ = 1,68 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,15 м/с; в водобое $\upsilon_{СР}$ = 1,21 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,52 м/с
147,0	9,4	11,9	0,86	1,83	На быстротоке $\upsilon_{СР}$ = 1,28 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 0,87 м/с; в водобое $\upsilon_{СР}$ = 1,19 м/с, $\upsilon_{ПР}$ = 1,47 м/с; вода просачивается через стыки стенок лотка быстротока

Необходимость экспериментальных исследований быстротоков была вызвана тем, что в результате эксплуатации этих сооружений в их нижнем бьефе возникли опасные размывы. Это объясняется тем, что в водобойной части сооружения образуются большие водоворотные зоны из-за неудовлетворительного сопряжения струи, поступающей с лотка быстротока, с объемом воды в нижнем бьефе сооружения.

На основании данных выполненных исследований был построен график зависимости уменьшения придонных скоростей по длине отводящего русла (рисунок 1).

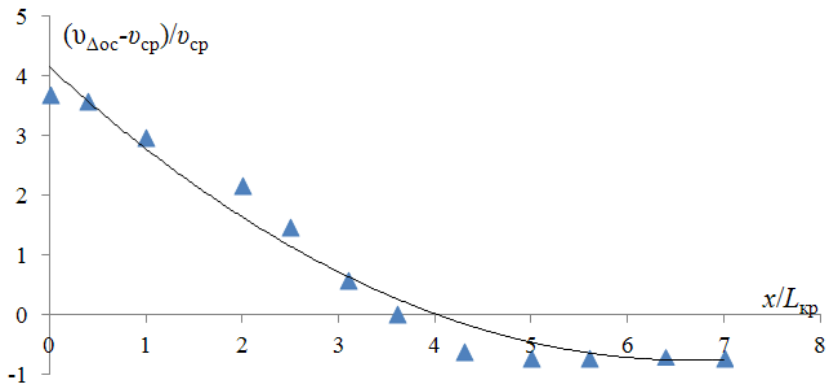


Рисунок 1 – График функции $\bar{\upsilon}_{Дос} = f(\upsilon_{СР}, x, L_{кр})$

На рисунке 1 видно, что в первом октанте опытные точки натурных данных расположились по обе стороны прямой, наклоненной к оси абсцисс под углом, близким к 45°.

В связи с этим приближенное решение поставленной задачи получено уравнением вида:

$$\overline{\upsilon}_{\Delta oc} = \upsilon_{CP}\left(4{,}6 - 0{,}95\frac{x}{L_{кр}}\right), \tag{3}$$

где $\overline{\upsilon}_{\Delta oc}$ – придонная осредненная скорость по динамической оси потока, м/с;

υ_{CP} – средняя скорость в живом сечении, соответствующая по модулю допускаемой (неразмывающей) скорости для грунта ложа канала при глубине воды $h = 1$ м;

x – расстояние до рассматриваемого створа от конца водобойной части сооружения;

$L_{кр}$ – длина бетонного крепления за водобойной частью сооружения, м.

Следует отметить, что формула (1) справедлива до отношения $x/L_{кр} = 4{,}8$. При этом $L_{кр}$ принимается в пределах 9–11 м, как принято в проектах.

На основании опытных данных был построен график, выражающий функциональную зависимость глубины размыва от критерия бурности в отводящем русле (рисунок 2).

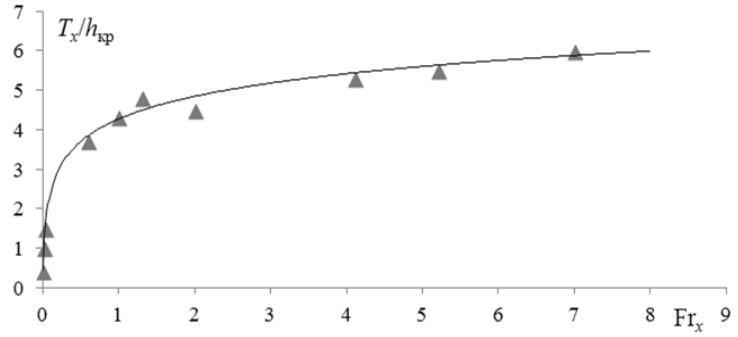


Рисунок 2 – График зависимости $T_x f(h_{кр}, Fr_x)$

Аналитическое выражение зависимости было получено в виде показательной функции:

$$T_x = 3{,}7 h_{кр} Fr_x^{0,2}, \tag{4}$$

где T_x – глубина размыва в рассматриваемом створе, м;

$h_{кр}$ – критическая глубина, отнесенная к створу в конце водобойной части сооружения, м;

Fr_x – число Фруда в рассматриваемом створе, при этом:

$$Fr_x = \frac{\alpha \upsilon_{\Delta oc.x}^2}{g h_x}, \tag{5}$$

где $\upsilon_{\Delta oc.x}$ – придонная осредненная скорость в рассматриваемом створе по динамической оси потока;

h_x – глубина потока в этом створе по динамической оси, м.

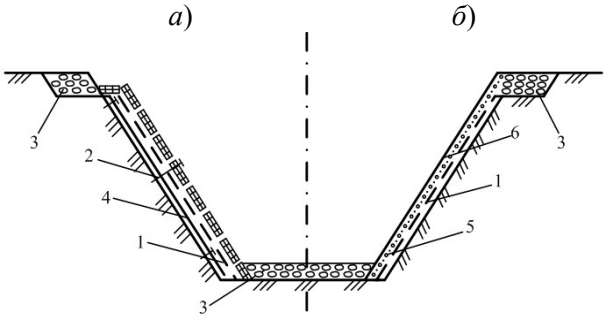
При этом параметр $\upsilon_{\Delta oc.x}$ определяется по формуле (3).

Зависимость (4) справедлива для прогнозирования глубины размыва за быстротоками с уступом, построенными на суглинистых грунтах с объемным весом в естественно-влажном состоянии 18–19 кН/м^3.

Кроме этого, для защиты нижнего бьефа от различного рода деформаций

(в том числе от размывов), при проведении реконструкции авторами рекомендуется применение современных строительных материалов и конструкций противофильтрационных и берегоукрепительных покрытий на их основе.

Надежная противофильтрационная защита и одновременно берегоукрепление может быть достигнуто благодаря использованию комбинированных конструкций покрытий, включающих противофильтрационный элемент и защитный слой [10]. Для таких целей (как по отдельности, так и комбинированно) могут быть применены композит из полимерной геомембраны и геотекстиля с защитным покрытием из георешетки, заполненной гравийно-галечниковым материалов, либо с защитным покрытием из коробчатого габионного тюфяка (рисунок 3).



а – композит с защитным покрытием из коробчатых габионов; *б* – композит с защитным покрытием из георешетки; 1 – геотекстиль: 2 – шпилька; 3 – крепление камнем; 4 – геомембрана; 5 – гравийно-галечниковый заполнитель; 6 – георешетка

Рисунок 3 – Варианты крепления нижнего бьефа от различного рода деформаций

Крепление противофильтрационного элемента на бермах откосов (если они имеются) может быть осуществлено камнем или габионом, а покрытия к основанию – металлическими или полимерными шпильками.

Выводы.

1 Полученные на основании экспериментальных данных эмпирические зависимости (3) и (4) позволят проектировщикам заранее предусмотреть возможные мероприятия по предупреждению аварийного состояния нижнего бьефа сооружения исследованной конструкции.

2 Применение геосинтетических материалов и конструкций на их основе для крепления нижнего бьефа позволит полностью исключить различного рода деформации, а также существенно повысить статическую устойчивость откосов против размывов и оползания. Преимуществом таких технических решений крепления нижнего бьефа (в том числе откосов) является простота и технологичность производства работ, отсутствие объемных земляных и бетонных работ.

Список использованных источников

1 Бабаджанова, Ш. А. Местный размыв за сооружениями на каналах с горизонтальным креплением: автореф. дис. … канд. техн. наук / Бабаджанова Ш. А. – Ташкент, 1972. – 28 с.

2 Вызго, М. С. Эксплуатационные мероприятия, прогнозы и способы уменьшения местных размывов за гидротехническими сооружениями / М. С. Вызго. – Ташкент, 1966. – 292 с.

3 Дмитриев, А. Ф. Определение глубины воронки размыва в нижнем бьефе лесосплавных плотин / А. Ф. Дмитриев // Первоначальный сплав древесины. Труды ВНИИлесосплава. – М.: Леспромиздат, 1972. – С. 134–140.

4 Тищенко, А. И. Усовершенствование конструкций сопрягающих сооружений мелиоративных систем: автореф. дис. … канд. техн. наук / Тищенко А. И. – Новочеркасск, 1985. – 25 с.

5 Быков, В. Д. Гидрометрия / В. Д. Быков, А. В. Васильев – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 448 с.

6 Орлова, В. В. Гидрометрия / В. В. Орлова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 416 с.

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

8 Духовный, В. А. Водохозяйственный комплекс в зоне орошения. Формирование, развитие / В. А. Духовный. – М.: Колос, 1982. – 152 с.

9 Обеспечение надежности и безопасности низконапорных гидротехнических сооружений: монография / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова, О. А. Баев [и др.]. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 283 с.

10 Косиченко, Ю. М. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов: монография / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 239 с.

УДК 626.8:627.512

А. А. Бубер, Н. М. Попова, Ю. А. Хомутов
Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

РАСЧЕТ ПРОРЫВНОЙ ВОЛНЫ И ВЕРОЯТНОГО ВРЕДА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АВАРИИ НА ГИДРОУЗЛЕ

В статье представлен технологический цикл расчета вероятного вреда при гидродинамической аварии на напорных сооружениях канала имени Москвы: формирование исходных данных, методика расчета прорывной волны, численное моделирование параметров гидродинамической аварии, расчет вероятного вреда. В качестве примера аналога взят реальный объект Гидроузел № 2 (северный склон канала имени Москвы, Талдомский район Московской области). В состав объекта исследования был включен участок канала имени Москвы, содержащий: исток канала № 282 (Иваньковское водохранилище), канал № 282, шлюз № 2, насосная станция № 182, отводящий канал насосной станции № 182, каналы № 283–288.

Ключевые слова: гидродинамическое моделирование, MIKE 11, авария на ГТС, вероятный вред при аварии на ГТС, зона затопления, волна прорыва.

С учетом чертежей сооружений гидроузла, космических снимков и подробных топографических данных в настоящей работе была создана компьютерная квазидвумерная (без «перекосов» уровней в поперечных сечениях) гидродинамическая модель. Проведены модельные расчеты волны прорыва и нанесены зоны затопления по сценариям гидродинамической аварии на шлюзе, насосной станции и дамбах канала. В расчетах параметров волны прорыва получены максимальные уровни и зоны затопления, максимальные скорости течения, исследована динамика прохождения прорывной волны, определено время добегания волны до заданных створов, результаты отображены на картах, космических снимках, в табличной и графической форме.

Для решения поставленной задачи были собраны, обработаны и проанализированы исходные топографические и гидрологические данные, а также данные о наличии, составе и количестве шлюзований судов на рассматриваемой акватории; разработана цифровая модель рельефа (ЦМР); оцифрованы исходные поперечные сечения и поперечные сечения для пойменной части вдоль дамб каналов, созданные на основе ЦМР; разработаны сценарии возможных гидродинамических аварий; разработана компьютерная гидродинамическая модель распространения волны прорыва с применением квази-двумерных уравнений Сен-Венана на поперечных сечениях; рассчитаны параметры волны прорыва и представлены результаты.

Гидродинамическая модель (ГДМ) разрабатывалась в среде программного комплекса MIKE 11 Датского Гидравлического института. MIKE 11 предназначен для разработки имитационных компьютерных моделей гидродинамических процессов, включая разрушение плотин, прорывные и паводковые волны и транспорт наносов, позволяющий рассчитывать размыв земляной плотины и определять основные гидравлические параметры (время добегания волны, время и площади затопления, скорость и глубину и т. д.) гидродинамической волны в нижнем бьефе. Математическая модель реализует квази-двумерную неявную разностную схему решения уравнений Сен-Венана, описывающих неустановившееся движение воды в речных сетях [1, 2].

Для создания гидродинамической модели была разработана координатная привязка карты – топоосновы для моделирования в среде MIKE 11.

С шагом 1 км по ЦМР построены поперечные сечения (87). В среде MIKE 11 с помощью редактора поперечных сечений введены координаты *X*, *Z* и плановое положение поперечных сечений привязано к карте-подложке. Сформирована конфигурация поперечных сечений и рассчитаны обработанные данные гидравлических параметров сечений в зависимости от уровней воды (площадь сечения, гидравлический радиус, ширина по урезу воды, присоединенная площадь для водохранилища и т. д.). В среде MIKE 11 построена трасса расчетного участка.

На основе сформированной и введенной в редактор речной сети MIKE 11 таблицы технических характеристик гидроузла была разработана ГДМ для 4 сценариев возможного разрушения элементов гидроузла. Исходя из результатов гидравлических расчетов, полученных в табличном и графическом виде, с помощью ГИС системы сформированы карты с зонами затопления возможного разрушения напорного фронта.

Назначение сценариев гидродинамических аварий выполнялись на основании рекомендаций, изложенных в Приказе МЧС РФ № 528, Минтранса РФ № 143 от 2 октября 2007 г. «Об утверждении Методики определения размера вреда …» [3].

Предварительный перечень сценариев возможных аварий составлялся исходя из особенностей конструкции, условий эксплуатации, оценки риска аварий, предварительной оценки потенциальных зон затопления, последствий аварий [4].

Поражающие факторы, возникающие при авариях на гидротехнических сооружениях, определялись в соответствии с составом этих сооружений и особенностями их работы. Из предварительного перечня были выделены сценарии с наиболее тяжелыми и наиболее вероятными авариями.

Из четырех рассмотренных в работе сценариев наиболее тяжелыми аварийными ситуациями являются сценарии 1 и 3.

Сценарий 1 (Авария на шлюзе № 2). Аварийное разрушение нижних двустворчатых ворот шлюза при открытом сегментном затворе верхней головы во время шлюзования пассажирского судна класса Карл Маркс.

Сценарий 3 (Авария на восточной дамбе отводящего канала насосной станции № 182). Снижение фильтрационной прочности грунта обратной засыпки восточной дамбы, повышение градиента напора в нижний бьеф до критического значения, незатухающий суффозионный вынос грунта обратной засыпки, образование сквозного хода из ВБ в НБ глубиной 2,02 м от бечевника ниже уровня НПУ (130 м БС) на 0,02 м, шириной 0,2 м, с вымыванием обратной засыпки, прорыв напорного фронта. Через 3 дня проран ликвидирован и авария устранена.

Исходные данные для моделирования формировались на основе Акта преддекларационного обследования гидроузла и Декларации безопасности по гидроузлу [5, 6].

Коэффициенты шероховатости для уравнений Сен-Венана (Маннинга) назначались в соответствии с рекомендациями [3]. Коэффициенты шероховатости были приняты равными 0,024 для всего расчетного участка (Малые водотоки с хорошим состоянием русла, чистые прямолинейные без перекатов или глубоких омутов, без растительно-

сти, берега обычно крутые, дно сложено из гравия, булыжника и редких валунов, состояние русла нормальное). Для задамбовых пойменных территорий коэффициенты шероховатости были приняты равными 0,08.

Результаты моделирования представлялись за весь расчетный интервал времени в табличном и графическом виде. Расчет выполнялся при следующих условиях: на участке от НБ Гидроузла № 3 до нижних ворот шлюза № 2 (верхние ворота открыты) задавался уровень НПУ = 130,00 м, на участке от нижних ворот шлюза, включая Иваньковское водохранилище НПУ = 124 м.

На рисунке 1 представлен продольный профиль расчетного участка канала имени Москвы от истока канала № 282 (Иваньковское водохранилище) до гидроузла № 6 в среде MIKE 11.

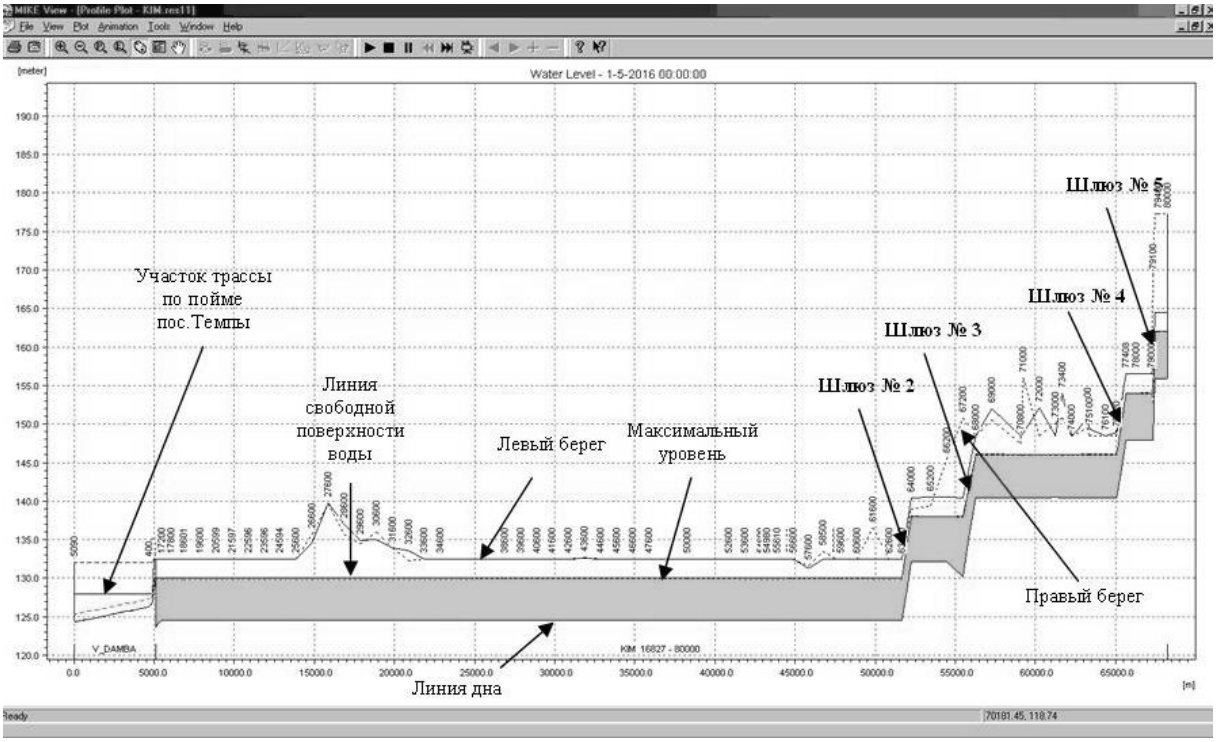


Рисунок 1 – Продольный профиль участка ГУ № 2–6 и участка трассы движения воды по пойме пос. Темпы при разрушении восточной дамбы

При возникновении аварии по сценарию 1 максимальный расход в створе составит 542,4 м^3/с через 43 с после начала аварии, через 18 ч после аварии расход излива снижается до 1,6 м^3/с. Пик волны прорыва и дальнейшие колебания на протяжении первых минут после аварии обуславливаются истечением объема воды, находящимся в камере шлюза перед аварией.

Максимальные значения скоростей течения в створе разрушенных нижних ворот шлюза составят 0,6 м/с, в районе нижних ворот – 5,5 м/с, вблизи шлюза в нижнем бьефе гидроузла № 2 скорости падают до 0,6 м/с и далее по всей области канала находятся в пределах 0,5–0,7 м/с.

Уровень ВБ снижается через 1 ч 30 мин после начала аварии на 3,5 м от НПУ, через 51 час – на 4 м. Максимальные уровни воды в НБ достигаются через 0,18 ч.

При сценарии 1 волна прорыва проходит в бровках дамб обвалования (ниже бечевника более чем на 1 м) канала, поэтому затоплений в нижнем бьефе не происходит. Скорости прохождения волны – не размывающие. В зону сильных разрушений попадает пассажирское судно Карл Маркс, находящееся в момент аварии в шлюзе. В зону слабых разрушений попадает грузовое судно Окский-45, находящееся в нижнем бьефе шлюза.

При возникновении аварии по сценарию 3 максимальный расход в проране составит 4 $м^3/с$ через 9 ч после начала аварии. Максимальные расходы воды в НБ дамбы – 3,6 $м^3/с$, на нижних участках – 3,0–3,5 $м^3/с$.

Уровень ВБ снижается через 8 часов после начала аварии на 0,02 м от НПУ, через 72 ч – на 0,11 м. Максимальное затопление участка поймы пос. Темпы происходит через 8,5 ч.

При развитии аварии в соответствии со сценарием 3 происходит затопление жилых домов, расположенных на ул. Московская (2 дома, № 5 и № 7) и ул. Дмитровское шоссе (2 дома, нумерация отсутствует), улица Ленина (2 дома, нумерация отсутствует). Зоны затопления при аварии по сценарию 3 представлены на рисунке 2.

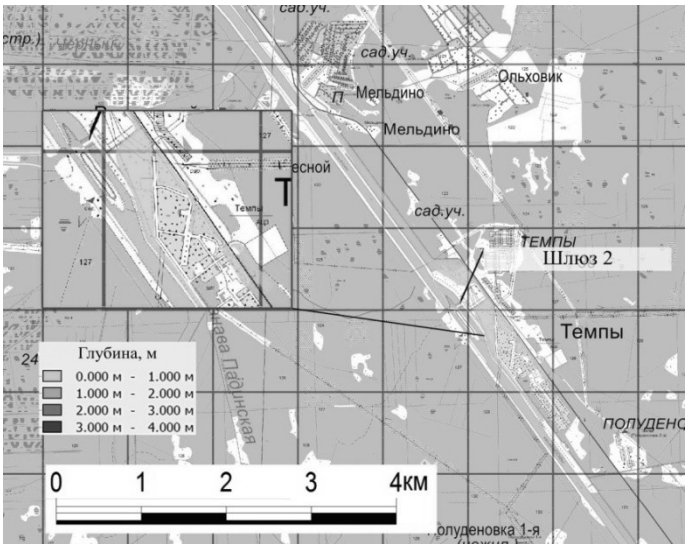


Рисунок 2 – Зоны затопления на карте при прохождении волны прорыва по пойме участка трассы пос. Темпы (сценарий 3)

Основными документами, регламентирующими размер вреда от возможных гидродинамических аварий гидроузлов, являются: «Методика определения размера вреда …» утверждена Приказом МЧС России и Минтранса России от 02.10.2007 № 528/143; «Порядок определения размера вреда …», утвержденного совместным приказом МЧС России, Минэнерго России, МПР России, Минтранса России, Госгортехнадзора России от 18.05.02 № 243/150/270/68/89 [3]. Расчет вреда проводился с учетом Федерального закона от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ, который увязывает страховые суммы и предельные размеры страховой выплаты потерпевшему [7].

Стоимостная оценка ущерба от аварии СГТС состоит из следующих расчетов: ущербы основным и оборотным фондам; ущербы готовой продукции предприятий; ущербы элементам транспорта и связи; ущербы жилому фонду и имуществу граждан; определение числа погибших и пострадавших при возникновении аварии; расходы на ликвидацию последствий аварии; ущерб сельскому, лесному и рыбному хозяйству, а также экологический ущерб; ущербы по верхнему бьефу; прочие виды реального ущерба; социальный ущерб следует определять в натуральном выражении (в виде возможного числа погибших и пострадавших при аварии СГТС).

Расчет ущерба проводится с использованием комбинации методов: метода укрупненных показателей и планшетного метода. На основе параметров прорывной волны (уровень, скорость, продолжительность затопления), среднестатистических характеристик субъекта РФ (из ежегодных статистических сборников), а также картографических материалов по зонам затопления выполняется приближенная оценка величины ущерба.

Оценка вреда от возможной гидродинамической аварии гидротехнических сооружений судоходства проводилась с использованием рекомендаций «Особенности оп-

ределения размера вреда жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии судоходных гидротехнических сооружений» [8].

Особенностью возможных аварий ворот шлюзов является то, что все виды вреда от гидродинамических аварий связаны с повреждением судов и их груза и с нанесением ущерба здоровью пассажиров, а не с затоплением местности.

При оценке расходов на ликвидацию последствий аварии и прочих ущербов учитываются: ущерб судам (по аналогии с ущербом элементам транспорта и связи), перевозимым грузам (по аналогии с ущербом готовой продукции предприятий, хранящейся на складах), ущерб личной собственности экипажа (по аналогии с ущербом жилому фонду и личной собственности граждан).

При рассмотрении сценариев гидродинамических аварий были проанализированы данные о работе шлюза № 2 по судопропуску за навигации 2001–2010 гг. Особенностью возможных аварий шлюза № 2 и насосной станции № 182 является то, что они не приведут к затоплениям объектов, расположенных на берегу (кроме сценария 4). Ущерб будет связан исключительно с разрушением судов, которые могут попасть в зону воздействия аварии. При прорыве напорного фронта шлюза № 2 суда, находящиеся в шлюзе, могут получить сильные разрушения; суда, находящиеся у причальной стенки в нижнем бьефе, – слабые повреждения; другие суда, находящиеся в нижнем бьефе (НБ), повреждений не получат.

Было принято допущение, что при гидродинамической аварии, при прорыве шлюза № 2 (*сценарий 1*), в зоне аварии будет располагаться пассажирское судно Карл Маркс (154 пассажира и 63 экипаж), находясь в шлюзовой камере, попадает в зону сильных разрушений; грузовое судно Окский-45 (6 человек экипажа), находящееся в НБ, попадает в зону слабых разрушений. Пассажирское судно по сценарию 1, находящееся в момент гидродинамической аварии в шлюзовой камере, подвергается воздействию волны прорыва высотой до 6 м. Это приведет к значительному разрушению корпуса судна, из-за контактов с защитными стенками шлюза, а в дальнейшем к его полному разрушению и гибели пассажиров (нормативная высота волны для речных судов 1,2 м) [8].

При аварии, развивающейся по сценарию 1, предполагается, что при сильных повреждениях судов происходит утечка в водную среду топлива и машинного масла, при слабых повреждениях утечка не происходит. При аварии, развивающейся по сценариям 2, 4, суда, проходящие шлюзование или расположенные в нижнем бьефе не получат повреждения, в зону затопления населенные пункты не попадают.

Методика разделяет ущербы элементам транспорта и связи ($И_3$) и объекты водного транспорта в верхнем бьефе ($И_{10}$). При аварии, развивающейся по сценарию 1, суда, проходящие шлюзование или расположенные в нижнем бьефе, отнесены к элементам транспорта и связи, суда же, расположенные в верхнем бьефе, – к объектам водного транспорта в верхнем бьефе. При оценке расходов на ликвидацию последствий аварии и прочих ущербов учитывается ущерб судам $И_{1с}$, который рассчитывается, как ущерб основных фондов предприятий [8].

При прорыве восточной дамбы № 283 (сценарий 3) падение уровня воды в канале происходит медленно; суда в бьефе между гидроузлами № 2 и № 3 успеют уйти в другие бьефы и не получат повреждений. В зоне возможных разрушений оказывается 6 жилых дома в населенном пункте Темпы (24 чел.) (сценарий 3). Эти дома попадают в зону слабых разрушений по фактору скорости 0,5–0,6 м/с при глубине затопления до 1 м. При подсчете количества домов (сценарий 3), попавших в зону затопления, используется метод наложения слоев, далее полученная информация подвергается дополнительному редактированию вручную, уточняется при помощи снимков, опубликованных в сети Интернет, и по космоснимку (определяются жилые или нежилые строения и этажность).

Денежные оценки вероятного вреда, сгруппированные согласно показателям социально-экономических последствий аварий, сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Денежные оценки вероятного вреда, сгруппированные согласно показателям социально-экономических последствий аварий судоходных гидротехнических сооружений

В млн руб.

Вид ущерба	И	Вар. 1	Вар 2	Вар 3	Вар. 4
Основным фондам предприятий	$И_1$	0,00	0,00	0,00	0,00
Оборотным фондам предприятий	$И_{об}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Готовой продукции предприятий, хранящейся на складах	$И_2$	0,00	0,00	0,00	0,00
Элементам транспорта и связи	$И_3$	243,00	0,00	0,00	0,00
Жилому фонду и личной собственности граждан	$И_4$	21,14	0,00	1,22	0,00
Расходы на ликвидацию последствий аварии	$И_5$	52,83	0,00	0,24	0,00
Сельскохозяйственному производству	$И_6$	0,00	0,00	0,00	0,00
От потери леса как сырья промышленности	$И_{7с}$	0,00	0,00	0,00	0,49
От затопления лесов (экологический)	$И_{7э}$	0,00	0,00	0,00	3,45
Окружающей природной среде	$И_8$	0,83	0,00	0,00	0,00
Водоснабжению населенных пунктов	$И_9$	0,00	0,00	0,00	0,00
Объектам водного транспорта	$И_{10}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Рыбному хозяйству	$И_{11}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Прочие виды реального ущерба	$И_{12}$	31,70	0,00	0,15	0,05
Общий реальный ущерб	$И_{общ}$	349,50	0,00	1,61	3,99
Социальный вред при аварии, днем	$И_{соц}$	31,23	0,00	2,03	0,00
Социальный вред при аварии, ночью		66,03	0,00	3,52	0,00
Общий реальный ущерб с учетом соц. вреда	день	380,73	0,00	3,64	3,99
Общий реальный ущерб с учетом соц. вреда	ночь	415,53	0,00	5,13	3,99

Список использованных источников

1 Компьютерное моделирование речных потоков. Теоретические основы. – М.: Научная консалтинговая фирма «Волга», 2013. – С. 7–79.

2 Компьютерное моделирование систем рек и каналов Mike11. – М.: Научная консалтинговая фирма «Волга», 2013. – С.13–47.

3 Об утверждении Методики определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии судоходных гидротехнических сооружений: Приказ МЧС РФ и Минтранса РФ от 2 октября 2007 г. № 528/143: по состоянию на 23 июня 2016 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

4 Прудовский, А. М. Образование прорана при прорыве земляной плотины / А. М. Прудовский // Безопасность энергетических сооружений: сборник. – М.: НИИЭС, 1998. – Вып. 2. – С. 67–79.

5 Декларация безопасности гидроузла № 2. Отчет / ФГУП «Канал имени Москвы». – М., 2014. – С. 9–25.

6 Акт преддекларационного обследования гидротехнических сооружений гидроузла № 2. Акт / ФГУП «Канал имени Москвы». – М., 2013. – С. 205–232.

7 Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте: Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

8 Особенности определения размера вреда жизни, здоровью, имуществу физических и юридических лиц в результате аварий судоходных гидротехнических сооружений / В. А. Есиновский [и др.] // Гидротехническое строительство. – 2009. – № 6. – С. 4–10.

УДК 532.54

Ф. Х. Нишонов
Ташкентский архитектурно-строительный институт, Ташкент,Республика Узбекистан

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ, ПРИВОДЯЩЕГО К ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ УДАРУ В ТРУБОПРОВОДАХ И ТУРБИНАХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

В данной статье вопрос о гидравлическом ударе в водопроводных трубах поясняется приведением к дифференциальному уравнению неустановившегося движения вязкой сжимаемой жидкости. Определено, что полное изменение высоты напора и изменение скорости движения жидкости могут распространяться как в направлении движения жидкости в трубопроводах гидросооружений, так и против него, но скорости распространения в этих направлениях будут разными. Кроме того, скорость распространения ударной волны в направлении течения жидкости больше, а против течения – меньше, чем аналогичная скорость c_0, при этом трение во всех случаях действует в сторону уменьшения скорости c^* и практически не сказывается на скорости распространения ударной волны.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, трубопровод, турбина, изотермический процесс, гидросиловые установки, гидравлические потери, гидравлический удар.

Значительная часть аварий на трубопроводах гидротехнических сооружений является следствием гидравлического удара, выявить причину возникновения которого возможно только при проведении специальных (систематических) наблюдений над работой трубопроводов гидросооружений.

Большое количество аварий на гидротехнических сооружениях, вызываемых гидравлическими ударами, влечет за собой огромные убытки, наносимые народному хозяйству. Особое значение имеет не сколько стоимость ликвидации самой аварии, столько стоимость ликвидации ее последствий, которые связаны с остановкой подачи воды на производственные и другие цели.

Вопрос о гидравлическом ударе в настоящее время достаточно хорошо проработан, но проведенные исследования только частично могут быть использованы в водоснабжении или в гидротехническом строительстве, так как работа гидросиловых водоводов сильно отличается от работы напорных и разводящих трубопроводов систем водоснабжения; например, в первых гидравлические потери на трение составляют всего несколько процентов от действующего напора, а во вторых подавляющая часть действующего напора расходуется на преодоление трения в трубах [1–3].

В данной статье вопрос о гидравлическом ударе в водопроводных трубах поясняется приведением к дифференциальному уравнению неустановившегося движения вязкой сжимаемой жидкости.

Дифференциальное уравнение неустановившегося движения вязкой сжимаемой жидкости в напорных трубопроводах или уравнение неустановившегося движения вязкой жидкости в момент гидравлического удара имеет вид [1]:

$$\frac{1}{\gamma}\frac{\partial P}{\partial l}+\frac{\partial z}{\partial l}+J+\frac{1}{g}\frac{\partial V}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial l}\left(\frac{V^2}{2g}\right)=0, \qquad (1)$$

где $P=\int\frac{dp}{\rho}$, $p=p(\rho)$.

В процессе политропии:

$$\frac{p}{p_1}=\left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^n,$$

где $n=1, T=\text{const}$ – изотермический процесс;

$n=0$ – изобарический процесс;

$n=\infty$ – изохорический процесс, т. е. $\rho=\text{const}$ (несжимаемая среда);

$n=\frac{c_p}{c_V}$ – адиабатический процесс или энтропический процесс.

А уравнение неразрывности можем написать в виде:

$$\frac{\partial\rho Q}{\partial l}+\frac{\partial\rho\omega}{\partial t}=0\cdot \qquad (2)$$

После дифференцирования уравнение неразрывности имеет вид:

$$\rho\frac{\partial Q}{\partial l}+Q\frac{\partial\rho}{\partial l}+\rho\frac{\partial\omega}{\partial t}+\omega\frac{\partial\rho}{\partial t}=0.$$

Далее после переноса подобных членов и с учетом свойства рассматриваемых процессов уравнение Бернулли можем написать в виде:

$$\frac{\partial}{\partial l}\left(z+\frac{n}{n-1}\frac{p}{\rho g}+\frac{V^2}{2g}\right)=-\frac{1}{g}\frac{\partial V}{\partial t}-J.$$

Если перенесем инерционный член в левую часть, уравнение примет вид:

$$\frac{\partial}{\partial l}\left(z+\frac{n}{n-1}\frac{p}{\rho g}+\frac{V^2}{2g}\right)+J=-\frac{1}{g}\frac{\partial V}{\partial t}. \qquad (3)$$

Предполагая, что длина разбега жидкости мала или площадь поперечного сечения трубы постоянна ($\rho=\text{const}$), из уравнения неразрывности (1), (3) получим:

$$\rho\frac{\partial Q}{\partial l}=\frac{\partial\omega V}{\partial l}=\rho\omega\frac{\partial V}{\partial l}+\rho V\frac{\partial\omega}{\partial l}\approx\rho\omega\frac{\partial V}{\partial l}.$$

Основываясь на физические свойства, можем утверждать, что ускорение жидкости в трубопроводах намного больше, чем изменение площади поперечного сечения, значит имеет смысл неравенство, представленное в исследованиях И. К. Баркова и И. Н. Смирнова [2, 4]:

$$\omega\frac{\partial V}{\partial l}\succ\succ V\frac{\partial\omega}{\partial l}.$$

Теперь определим из уравнения неразрывности (3) второе равенство:

$$\rho\frac{\partial Q}{\partial l}\approx\rho\omega\frac{\partial V}{\partial l}.$$

Так как поперечное сечение трубопровода – круг, то:

$$\rho\frac{\partial\omega}{\partial t}=\rho\frac{\partial(\pi r^2)}{\partial t}=2\pi\rho r\frac{\partial r}{\partial t}.$$

Как известно, растяжение радиуса трубы зависит от модуля упругости E, поэтому согласно закону Гука и формулы Мариотта [4, 5] будем иметь:

$$\frac{\partial r}{\partial t}=\frac{r}{E}\frac{\partial\sigma}{\partial t},$$

где $\sigma=P\frac{D}{2l}$.

Из курса теоретической механики известно, что:

$$\frac{d\rho}{\rho}=\frac{dp}{E_0}. \quad (4)$$

Из этого равенства можем написать выражение упругости через скорость звукового распространения:

$$\frac{E_0}{\rho}=\frac{dp}{d\rho}=a^2,$$

отсюда имеем выражение для упругости:

$$E_0=a^2\rho.$$

Выражение для производной от плотности по времени имеет вид:

$$\frac{\partial p}{\partial t}=a^2\frac{\partial\rho}{\partial t}, \quad (5)$$

а выражение для производной от плотности по длине:

$$\frac{\partial p}{\partial l}=a^2\frac{\partial\rho}{\partial l}. \quad (6)$$

Умножая равенства (5) и (6) на ω, имеем:

$$\omega\frac{\partial\rho}{\partial t}=\omega\frac{\rho}{E_0}\frac{\partial p}{\partial t}=\frac{\omega}{a^2}\frac{\partial p}{\partial t}. \quad (7)$$

Значения формул (4), (5) подставим в (3) формулу и получим выражение:

$$\rho\frac{\partial\omega}{\partial l}+\frac{\rho}{E_0}\frac{\partial P}{\partial t}\left(\frac{D}{l}\frac{E_0}{E}+1\right)=0.$$

Учитывая, что распространение скорости звука в воздухе определяется формулой [5]:

$$c^2=\frac{E_0}{\rho}\frac{1}{1+\frac{D}{l}\frac{E_0}{E}}, \quad (8)$$

пьезометрический напор равен:

$$H=z+\frac{n}{n-1}\frac{p}{\rho g}.$$

Из этой формулы определяем давление жидкости в точке z:

$$p=\frac{n-1}{n}\rho g(H-z).$$

Частное произведение этого равенства указывает на изменение давление в момент удара:

$$\frac{\partial p}{\partial t}=\frac{n-1}{n}\rho g\frac{\partial H}{\partial t}\left[1-\frac{n-1}{n}\frac{g(H-z)}{c^2{}_0}\right]^{-1}.$$

Отсюда выражение можно представить в виде [2]:

$$\frac{\partial p}{\partial t}=g(H-z)\frac{n-1}{n}\frac{\partial\rho}{\partial t}+\rho g\frac{n-1}{n}\frac{\partial H}{\partial t}. \quad (9)$$

Используя выражения (4), (5), можем записать формулу (9) через изменение плотности во времени:

$$\frac{n}{n-1}\frac{\partial p}{\partial t}=\rho\frac{\partial V}{\partial t}+\frac{1}{c^2}\frac{\partial p}{\partial t}$$

и изменение скорости от длины трубы [2]:

$$\frac{\partial p}{\partial l}=\rho c^2\frac{\partial V}{\partial l}\frac{n-1}{n}.$$

Из уравнения (9) получим:

- изменение напора во время гидравлического удара:

$$\frac{\partial H}{\partial t}=-\frac{c^2}{g}\frac{\partial V}{\partial l};$$

- изменение напора по длине:

$$\frac{\partial H}{\partial l}=-\frac{1}{g}\frac{\partial V}{\partial t};$$

- изменение давления во времени:

$$\frac{\partial p}{\partial t}=\rho g\frac{n-1}{n}\frac{\partial H}{\partial t}\frac{1}{1-\frac{g(H-z)}{c^2}}; \quad (10)$$

- ускоренное изменение напора во времени:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial t^2}=-\frac{c_0{}^2}{g}\frac{\partial^2 V}{\partial t\partial l}; \quad (11)$$

- ускоренное изменение напора по длине:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial l^2}=-\frac{1}{g}\frac{\partial^2 V}{\partial t\partial l}. \quad (12)$$

Из формулы (11) и (12) получим частное дифференциальное уравнению второго порядка для закономерности изменения напора в момент гидравлического удара [5]:

$$g\frac{\partial^2 H}{\partial t^2}-c_0{}^2\frac{\partial^2 H}{\partial l^2}=0,$$

изменение напора в момент гидравлического удара:

$$g\frac{\partial^2 V}{\partial t^2}-\frac{n}{n-1}c_0{}^2\frac{\partial^2 V}{\partial l^2}=0.$$

Запишем изменение напора в виде приращений [1]:

$$H-H_0=F_1\left(t-\frac{l}{c}\right)+F_2\left(t+\frac{l}{c}\right) \quad (13)$$

и изменение скорости в виде приращений:

$$V-V_0=f_1\left(t-\frac{l}{c^*}\right)+f_2\left(t+\frac{l}{c^*}\right),$$

где $c^*=\sqrt{\frac{n}{n-1}}c_0$.

Из формулы Н. Е. Жуковского $\Delta p=\rho c V_0$, $\Delta H=H-H_0$ найдем полное изменение высоты напора (изменение давления) при возникновении разрывной силы давления в трубе стационарного движения жидкости [4]:

$$\Delta p_{\text{р.сп.}}=\rho c^* V_0+(1-\frac{D_0}{2})p_0, \quad (14)$$

$$\Delta p_{\text{р.сп.}}=\rho c^* V_0+(1-\frac{d_0}{2})p_0. \quad (15)$$

Выводы.

1 Полное изменение высоты напора $\Delta p_{\text{р.сп.}}$ и изменение скорости $V-V_0$ может распространяться как в направлении движения жидкости в трубопроводах гидросооружений, так и против него, но скорости распространения по обоим этим направлениям не будут равны между собой.

2 Скорость распространения ударной волны в направлении течения жидкости больше, а против течения меньше, чем аналогичная скорость c_0, при этом трение

во всех случаях действует в сторону уменьшения скорости c^* и практически не сказывается на скорости распространения ударной волны.

3 В первом приближении закон изменения давления при течении жидкости без потерь на трение (для малых интервалов времени) может быть использован как при течении с потерями, но при этом надо исходить не от статического, а от динамического уровня жидкости, соответствующего начальному положению затвора.

Список использованных источников

1 Андреевская, А. В. Задачник по гидравлике / А. В. Андреевская, Н. Н. Кременецкий, М. В. Панова. – М., 1970. – 566 с.

2 Барков, И. К. Автоматические устройства гидротурбин / И. К. Барков. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1954. – 255 с.

3 Нишонов, Ф. Х. Влияние физических свойств жидкости на характер параметров гидравлического удара и импульса / Ф. Х. Нишонов, К. А. Якубов, А. Х. Джураев // Перспективы применения инновационных технологий в сфере архитектуры и строительства: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвященной 50-летию Самаркандского государственного архитектурно-строительного института, 27–28 мая 2016 г. – Самарканд, 2016. – С. 6–9.

4 Смирнов, И. Н. Гидравлические турбины и насосы / И. Н. Смирнов. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1969. – 400 с.

5 Сурин, А. А. Зависимость между величиной утечки и давлением в деревянных клёпочных трубах / А. А. Сурин // Сборник ЛИИЖТ. – Вып. 131. – 1988.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

УДК 626/627

А. К. Носов
Северо-Кавказский институт по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства, Пятигорск, Российская Федерация
В. В. Трунин
Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

ЗАЩИТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

С целью адаптации существующих в отечественной и зарубежной практике современных инновационных защитных технологий гидротехнических сооружений к различным условиям использования мелиоративных объектов и конструкционным особенностям мелиоративной техники разработаны рекомендации по применению методов и способов защиты бетонных конструкций при эксплуатации мелиоративных сооружений. Объект исследований – система безопасности ГТС, предмет – технические решения, приемы и способы, связанные с выполнением бетонных работ, защитой бетона, его гидроизоляцией. Методология исследований базируется на изучении, анализе, обобщении литературных, фондовых и нормативно-методических материалов; наблюдениях и собственном опыте авторов. Установлено наличие на зарубежном и отечественном рынке услуг по предоставлению защитных материалов, методов продления сроков эксплуатации и технологий обеспечения безопасной эксплуатации ГТС. Систематизированы и представлены в формате рекомендаций теория и практика реализации защитных материалов, методов и способов защиты бетонных конструкций для использования при строительстве, реконструкции и ремонте ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса. Подготовлены и переданы Минсельхозу России предложения по усилению теоретического, экспериментального и производственного изучения свойств новых материалов и эффективности новых технологий защиты от разрушения сооружений мелиоративных систем и отдельно расположенных ГТС.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, безопасность, защитные технологии, рекомендации, бетонные конструкции, строительство, ремонт, реконструкция.

Введение. Общие принципы обеспечения безопасности гидротехнических сооружений (ГТС), базирующиеся на исполнении требований к самим объектам технического регулирования, т. е. основным конструктивным элементам сооружения, закладываются еще на стадии его проектирования [1]. Обеспечение безопасности ГТС в период строительства направлено на предотвращение образований скрытых дефектов ГТС, допущенных в результате некачественного производства строительных работ и влияющих на безвредность сооружений, а также требует дополнительного проведения натурных наблюдений как в период строительства, так и при эксплуатации [2].

Важной задачей защиты и повышения безопасности при эксплуатации мелиоративных объектов становится применение современных защитных технологий, адаптированных к различным условиям использования мелиоративных систем и конструкционным особенностям мелиоративной техники, обеспечивающих долгосрочную надеж-

ную защиту при сокращении экономических и энергоресурсных затрат, отличающихся отсутствием токсичности для биоценозов почвы и водоемов, технологичностью [3].

Технические решения, приемы и способы, применяемые при эксплуатации ГТС, связаны в первую очередь с выполнением бетонных работ, защитой бетона, его гидроизоляцией и предохранением от воздействия агрессивных сред [4]. Анализ наличия на зарубежном и отечественном рынке услуг по предоставлению защитных материалов, методов продления сроков эксплуатации и технологий обеспечения безопасного функционирования ГТС показал активное развитие перспективных технологий ремонта и реконструкции бетонных конструкций сооружений, технологических швов и стыков; защиты объекта от воздействия грунтовых вод; гидроизоляции, инъектирования железобетонных конструкций [5–21].

Вместе с тем практический опыт применения указанных способов, методов и материалов для повышения долговечности и защиты бетонных сооружений от разрушения в области мелиорации представляется недостаточным [22–25].

Далее приводятся рекомендации по использованию защитных технологий бетонных конструкций при эксплуатации мелиоративных сооружений, разработанные в комплексе исследований ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», выполненные по Государственному контракту с Минсельхозом России.

Методология. Рекомендации по обеспечению безопасной эксплуатации ГТС мелиоративного комплекса в части обоснования защитных технологий бетонных конструкций основаны на изучении, анализе, обобщении литературных, фондовых и нормативно-методических материалов [1–26]; наблюдениях и собственном опыте авторов [27–30].

Результаты и обсуждение. Производство бетона требует контроля качества заполнителя; соответствия стандартам водоцементного отношения, модифицирующих добавок и их высокого качества, обеспечивающих необходимые технические показатели. Особое значение имеет учет специфики используемых добавок (воздухововлекающих, уплотняющих, пластифицирующих и суперпластифицирующих, гидроизолирующих и гидрофобизирующих), преимущественно новых зарубежных, относительно недавно появившихся на отечественном рынке [12–14]. Неправомерное применение и (или) передозировка модифицирующих материалов приводит к результату, прямо противоположному ожидаемому – снижению прочностных характеристик и увеличению водопроницаемости бетона, образованию высолов, биоразлагаемости армирующих материалов [14].

Важную роль играет качество герметизации соединения конструктивных элементов сооружения, часто являющееся первопричиной несанкционированного проникновения воды [5]. В конструкциях из монолитного бетона нередко встречаются разрывы и пробоины, как правило, из-за неверного подбора состава бетонной смеси; отклонений от методов и способов укладки и уплотнения, а также отсутствия должного ухода за бетоном.

Ключевая позиция в устранении протечек принадлежит свойствам герметизирующих составов. Широкое распространение получают материалы, сохраняющие упругость и гибкость после отверждения (силиконовые, акриловые, битумные, тиоколовые); расширяющиеся профили, ленты, шнуры; гидроизоляционные шпонки, замоноличивающиеся в бетон, обеспечивая полную непроницаемость швов. Особое внимание уделяется совместимости герметика с действующим покрытием или покрытием после обновления гидроизоляции. В целом подбор герметика выполняется на общих основаниях определения параметров гидроизоляционной системы по результатам изучения причины образования трещин и их характеристик, степени адгезии герметика и пр. [8].

В ограждающих конструкциях сооружений часто наблюдаются разрывы и пробоины, устранение которых осуществляется поверхностными и полными инъекционными ме-

тодами на основе герметиков разных составов. Поверхностная герметизация повреждений при воздействии на бетон агрессивной среды выполняется с использованием композиций сухих смесей: антиусадочных и проникающей капиллярной. Для полной водонепроницаемости используются инъекционные сухие смеси: на цементной вяжущей основе или двухкомпонентная полиуретановая гидроактивная смола. Полная эластичная герметизация выполняется с применением эластичных двухкомпонентных полиуретановых смол.

Методам и способам гидроизоляции уделяется особое внимание при ремонте ГТС. Приоритетные требования к гидроизоляции сооружений: водонепроницаемость, химическая стойкость, сопротивляемость механическим повреждениям, долговечность и простота ремонта. Обобщенная структурная схема рекомендуемых при реконструкции и ремонте бетонных и железобетонных конструкций ГТС защитных технологий представлена на рисунке 1.

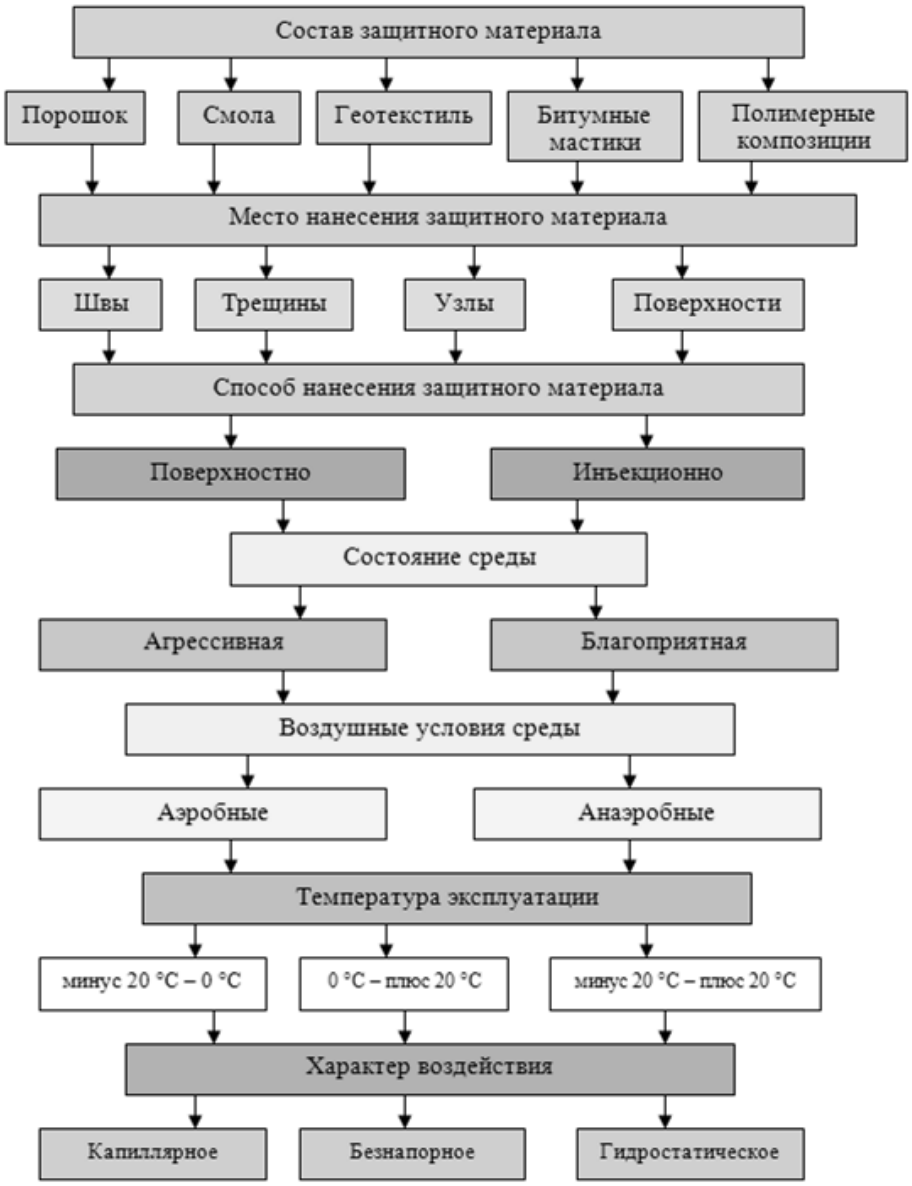


Рисунок 1 – Структурная схема защитных технологий при реконструкции бетонных и железобетонных конструкций ГТС

Различаются выборочный или полный ремонт всей гидроизоляционной системы сооружения. Последний – более дорогой, но и более надежный в части предотвращения повторного ремонта. Возможны как пассивные, так и активные ремонтные технологии

защиты, классифицируемые по способам взаимодействия с бетонными конструкциями [10]. Активные технологии используют составы, влияющие на структуру и физико-механические свойства конструкций ГТС при химическом взаимодействии применяемых материалов с бетоном ремонтируемых сооружений. Для пассивных методов характерно использование мастик, рулонных и листовых материалов, жестких мембран.

Гидроизоляция подбирается в соответствии с требованиями хорошей адгезии субстрата, позволяющей создавать материалы с высокими гидро- и газоизоляционными свойствами [9], низкого водопоглощения, сопоставимых значений коэффициента термического расширения ремонтного состава и материала сооружения.

В России ремонт гидроизоляции железобетонных конструкций ГТС выполняется с использованием составов для обмазывания и штукатурки жестких покрытий без трещинообразования, покрытий с пенетрирующим (проникающим) эффектом, полимерцементных эластичных покрытий, цементосодержащих растворов с полимерными добавками, антикоррозионных, выравнивающих и защитных покрытий [5, 9, 10].

Дальнейшая работоспособность и надежность гидроизоляции более успешно достигаются активными технологиями на основе герметиков проникающего действия и (или) инъекционных способов.

Выводы. Высокое качество ремонта обеспечивается при обследовании конструкций ГТС, их водонепроницаемости, изучении свойств грунтов, грунтовых вод и других параметров. Программа обследования разрабатывается согласно техническому заданию в соответствии с требованиями функционирующей нормативно-методической базы, регулирующей данные вопросы, и проектно-сметной документации реконструируемого или ремонтируемого ГТС и выполняется силами высококвалифицированных специалистов.

Учитывая значительные затраты на ремонт бетонных конструкций ГТС, обусловленные дорогостоящими, как правило, импортными материалами, сложность подготовительных процедур и трудоемкость процессов покрытия конструкций ремонтным составом, проект должен отличаться профессиональным подбором защитных материалов, методов и способов их выполнения, а также технологий контроля качества выполняемых мероприятий.

При затратах на ремонтные материалы, достигающих до 70 % от общих затрат на ремонт ГТС, действующие нормативы не определяют требования к качеству выполняемых работ по сохранению и модернизации гидроизоляции бетонных сооружений [10]. Исключением являются в настоящее время не действующие «Указания по проектированию гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений» [10], положения которых характеризуют допустимый остаточный водопроток.

В связи с этим разработаны и направлены в департамент Мелиорации Минсельхоза России предложения по усилению теоретического, экспериментального и производственного изучения свойств новых материалов и эффективности новых технологий защиты от разрушения мелиоративных систем и отдельно расположенных сооружений с целью повышения действенности их адаптации к специфике эксплуатационных условий мелиорации [22–30].

Список использованных источников

1 Добромыслов, А. Ошибки проектирования строительных конструкций / А. Добромыслов. – Litres, 2015. – 237 с.

2 Стаценко, А. Технология бетонных работ / А. Стаценко. – Litres, 2016. – 134 с.

3 Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами / под ред. Л. В. Кирейчевой. – М.: ВНИИА, 2010. – 240 с.

4 Стукач, В. Н. Ремонт, защита бетонных и железобетонных конструкций при

реконструкции зданий и сооружений / В. Н. Стукач, И. В. Шарапов // Приволжский научный вестник. – 2016. – № 3(55). – С. 60–62.

5 Мордвина, Е. А. Комплексное решение гидроизоляционной защиты при ремонте конструкций подземных сооружений из бетона и железобетона / Е. А. Мордвина, А. А. Яворский // Современные наукоемкие технологии: материалы конф. – Пенза: Издат. дом «Академия естествознания», 2013. – № 8–2. – С. 287–289.

6 Бородянская, М. В. Эффективные гидроизоляционные материалы от компании «Маст» / М. В. Бородянская // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2011. – № 2. – С. 19–21.

7 Михайловский, В. С. Гидроизоляция объемного действия для бетонных, железобетонных и каменных конструкций / В. С. Михайловский, М. Г. Арефьева // Кровельные и изоляционные материалы. – 2011. – № 1. – С. 18–20.

8 Балакин, Д. В. Инъекционные методы герметизации статичных и подвижных трещин в строительных конструкциях / Д. В. Балакин // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2011. – № 9. – С. 47–49.

9 Шульженко, Ю. П. Гидроизоляция. Проблемы надежности и долговечности в условиях мегаполиса / Ю. П. Шульженко, А. Ф. Левин // Жилищное строительство. – 2010. – № 5. – С. 51–56.

10 Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте: учеб. пособие для студентов вузов / А. А. Шилин [и др.]. – Тверь: Русская торговая марка, 2003. – 396 с.

11 Мангушева, Т. А. Гидроизоляционные материалы на основе водных дисперсий эпоксидных смол / Т. А. Мангушев // Строительные материалы. – 2005. – № 3. – С. 43–44.

12 Коваленко, А. В. Влияние модифицирующих добавок на свойства ремонтно-защитных сухих строительных смесей / А. В. Коваленко // Научные труды SWorld. – М.: Изд-во «Научный мир», 2015. – Т. 6. – № 1(38). – С. 95–101.

13 Железнякова, А. А. Защитные композиции на основе алкоксиланов для строительства / А. А. Железнякова, Ю. Г. Киреева // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 7. – Ч. 3. – С. 59–62.

14 Степанова, В. Ф. Влияние наномодифицированой добавки componoplast на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре / В. Ф. Степанова, Н. В. Бегунова // Интеллектуальные системы в производстве. – 2015. – № 2. – С. 109–111.

15 Орлова, С. С. Оптимальные способы гидроизоляции фундамента в индивидуальном строительстве / С. С. Орлова, А. А. Орлов // Инновационные технологии нового тысячелетия: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии нового тысячелетия», г. Киров, 5 мая 2016 г. – Уфа: Аэтерна, 2016. – С. 137–141.

16 Перехоженцев, А. Г. Влияние климатических воздействий на температурно-влажностное состояние поверхностных слоев многослойных наружных ограждающих конструкций зданий / А. Г. Перехоженцев, И. Ю. Груздо // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 4(46). – Ч. 2. – С. 143–149.

17 Eisenkrein, H. Continuous measuring of moving crack width of severing meridian cracks in cooling tower shells caused by external influences / H. Eisenkrein // Stroitel'stvo Unikal'nyh Zdanij i Sooruzenij. – 2015. – № 5. – P. 84.

18 Савченкова, Г. А. Технические указания по герметизации стыков полносборных зданий полимерами / Г. А. Савченкова, О. А. Лукинский. – М., 2006. – 51 с.

19 Таран, В. В. Инновационные решения возведения монолитных перекрытий при реконструкции зданий / В. В. Таран, Р. А. Таран // Межотраслевой институт «Наука и образование. – 2015. – № 1(8). – С. 20–24.

20 Massalimov, I. A. Strength and durability of concrete modified by sulfur-based impregnating compounds / I. A. Massalimov, M. R. Yanakhmetov, A. E. Chuykin // Nanotechnologies in Construction. – 2015. – V. 7. – № 3. – P. 46.

21 Терняк, В. В. Новые конструктивные решения усиления сжатых железобетонных элементов обоймами с применением жидкого стекла / В. В. Терняк, А. О. Жемчуев // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. – 2015. – № 2. – С. 7–10.

22 Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений / Г. Т. Балакай, И. Ф. Юрченко, Е. А. Лентяева, Г. Х. Ялалова. – Германия: LAP Lambert, 2016. – 85 с.

23 Юрченко, И. Ф. Нормативно-правовая база обеспечения безопасности гидротехнических сооружений / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 4(20). – С. 262–277. – Режим доступа: http:rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec385-field6.pdf.

24 Юрченко, И. Ф. Оценка рисков мелиоративных инвестиционных проектов / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 6–10.

25 Юрченко, И. Ф. Водосберегающая технология планирования технической эксплуатации мелиоративных систем / И. Ф. Юрченко // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2016. – № 5. – С. 53–66.

26 Юрченко, И. Ф. Информационные системы управления водохозяйственным мелиоративным комплексом / И. Ф. Юрченко // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 12–15.

27 Юрченко, И. Ф. Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Агрохимический вестник. – 2013. – № 1. – С. 25–27.

28 Юрченко, И. Ф. Методология и компьютерная технология поддержки решений при оперативном управлении водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2012. – № 2. – С. 6–10.

29 Юрченко, И. Ф. Автоматизированное управление водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2. – С. 178–184.

30 Юрченко, И. Ф. Исследование, создание, и использование управленческих информационных технологий в сфере мелиораций / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов, В. В. Трунин // Евразийский союз ученых. – 2014. – № 4. – Ч. 13. – С. 67–69.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 633.854.54:631.5

О. Л. Томашова, С. В. Томашов
Академия биоресурсов и природопользования Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СРОКОВ СЕВА И СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Целью исследований являлось изучение влияния различных сроков сева и способов основной обработки почвы на продуктивность льна масличного сорта Водограй. Установлено, что максимальная урожайность льна масличного получена в варианте первого срока сева при температуре почвы 4–6 ºС. При посеве в более поздние сроки (на 10 и 20 дней позже первого срока) отмечалось снижение урожая на 17–30 %. Применение отвальной и безотвальной обработки почвы на 20–22 см приводило к снижению урожая семян льна на 23–31 % в сравнении с вариантом мелкой обработки. В результате проведенных исследований было доказано, что в суходольных условиях Крыма для получения максимального урожая семян льна масличного почву достаточно обработать на глубину 8–10 см, а к севу приступать при достижении температуры почвы 4–6 ºС.

Ключевые слова: лен масличный, срок сева, обработка почвы, урожайность, обработка почвы.

Введение. Мировыми лидерами по производству и экспорту семян льна считаются Канада, Китай, США, Россия и Казахстан. В России его выращивают в Ставропольском и Алтайском крае, Ростовской и Самарской областях и в Крыму. Основными покупателями и потребителями льна и продукции его переработки являются страны Европейского Союза. Потенциал продуктивности этой культуры очень высокий, однако средняя урожайность по России колеблется в пределах 8–12 ц/га, тогда как в США этот показатель достигает 14–15 ц/га, в Канаде – 12–15 ц/га [1]. Селекционерами масличных культур были созданы сорта, которые характеризуются высокой масличностью и потенциальной урожайностью до 25 ц/га [2]. Но эффективность выращивания льна в Крыму значительно ниже, чем у мировых лидеров. Высокие температуры, отсутствие осадков в период от цветения до налива семян, неудовлетворительный питательный режим почвы – все это оказывает негативное влияние на формирование урожайности льна, которая не превышает уровня 8–10 ц/га. Поэтому изучение потенциальных возможностей льна масличного и адаптация технологии его выращивания к конкретным почвенно-климатическим условиям всегда будут актуальными и являются главными условиями получения устойчивых и высоких урожаев этой культуры.

Правильный выбор системы обработки почвы и срока сева льна масличного является одним из важных вопросов технологии выращивания. Правильно выбранный срок сева позволит обеспечить растение в течение всей жизни или хотя бы в критические для формирования урожая периоды более благоприятными условиями [3]. Исследованиями М. Д. Сафонова установлено, что ранний сев приводит к изреженности посевов и снижению урожайности, потому что проросшие семена и всходы льна до фазы образования 2–4-го листа чувствительны к температурам ниже минус 4–5 °С [4].

Д. И. Никитчин утверждал, что лен масличный – это холодостойкая культура, поэтому ее посев следует проводить при первой возможности выхода в поле [5]. Однако результаты других исследований показывают, что оптимальным сроком сева является конец второй – начало третьей декады марта [6]. Величина урожайности льна мас-

личного в значительной степени зависит от количества растений на единице площади (густоты). Так, в загущенных посевах стебли вытягиваются, растения вырастают высокие и тонкие, с небольшим количеством семенных коробочек. В изреженных посевах стебли в поперечном разрезе имеют больший диаметр, ветвистые, хорошо осеменены. Поэтому морфологическое строение стеблей в первую очередь зависит от условий выращивания, в том числе от срока сева и обработки почвы [7, 8]. Вопрос правильного выбора системы обработки почвы как основного метода контроля сорной растительности в посевах льна и сочетание его с таким элементом, как срок сева выстраивает основу агротехнологии его выращивания, что до сих пор не изучено в природно-климатических условиях Республики Крым.

Материалы и методы. Задача исследований состояла в выяснении особенностей влияния сроков сева и обработки почвы на урожайность семян льна масличного. Исследования проводились на полях Института сельского хозяйства Крыма в течение 2011–2013 гг. Почва опытного участка – чернозем южный слабогумусный [9]. Мощность гумусового слоя составляет 24–36 см. Исследования проводились в двухфакторном полевом опыте с изучением трех систем обработки почвы (фактор А): 1) отвальная (на 20–22 см), 2) плоскорезная (на 20–22 см), 3) мелкая (на 8–10 см); и трех сроков сева (фактор Б): 1-й срок – при температуре почвы 4–6 °С; 2-й срок – через 10 дней после первого; 3-й срок – через 20 дней после первого срока сева. Делянки фактора Б размещались в пределах варианта обработки почвы взаимно перпендикулярными полосами. Повторность опыта трехкратная. Сорт льна масличного – Водограй селекции Института масличных культур.

Погодные условия в годы проведения исследований были настолько разнообразными, что дали возможность рассмотреть все возможные вариации условий увлажнения и температурного режима в различные периоды роста и развития льна масличного. Так, температурный режим 2011 г. был близким к многолетним показателям и наиболее благоприятным для роста, развития и формирования урожая семян льна масличного. Метеорологические условия 2012 и 2013 гг. значительно отличались от предыдущего и были неблагоприятными, что негативно сказалось на формировании в эти годы урожая культуры, он был более низким.

Результаты и обсуждение. Как показали результаты наших исследований, срок сева оказывал влияние на продолжительность межфазных периодов растений льна масличного. Лен – культура длинного дня, и смещение срока сева на более позднее время приводит к тому, что вегетация растений приходится на период более интенсивного освещения, это ускоряет их развитие и переходы к последующим фазам. Таким образом, продолжительность светового дня является одним из главных экологических (абиотических) факторов, которые приводят к сокращению межфазных периодов и периода вегетации в целом. В результате при задержке сроков сева в наших опытах период вегетации уменьшился на 4–5 дней, при этом продуктивность льна масличного также снижалась на 10–20 %.

Смещение срока сева на 20 дней (третий срок) привело к сокращению продолжительности периода всходы – бутонизация в среднем на 3 дня. Как известно, именно в этот период у льна происходит интенсивное нарастание как стебля, так и корней, и в конце этого периода накапливается около 60 % сухого вещества от максимального веса надземной части растения. Поэтому сокращение этого периода и привело к образованию более слабых растений, что, в свою очередь, повлияло на продуктивность.

Анализ густоты всходов показал, что в среднем за годы исследований в посевах первого срока насчитывалось максимальное количество растений – 326 шт./м^2 (таблица 1). При более поздних сроках (на 10 и 20 дней позже первого) отмечено снижение этого показателя на 19 и 31 % соответственно. Применение мелкой обработки почвы обеспечило лучший контакт семян с почвой во время сева, более дружное появление всходов и, как следствие, формирование наибольшей густоты стояния растений льна

как в фазу всходов (270 шт./м^2), так и в фазу уборки (214 шт./м^2). Следует отметить, что разница густоты растений от всходов до уборки в течение вегетации нивелировалась (то есть по вариантам опыта в фазу всходов интервал составил 2,6–5,0 %, а при уборке – 1,0–3,0 %). Перед уборкой льна масличного самыми плотными оказались посевы первого срока – густота растений составляла 242 шт./м^2. При смещении сева на 10 и 20 дней позже первого срока количество растений на единице площади уменьшилось на 9,7 и 29,4 %, соответственно. При этом выживаемость растений льна масличного сорта Водограй в среднем за три года зависела от сроков сева, показывая максимальные значения при севе в первый и второй сроки – 89,8–90,1 %.

Таблица 1 – Влияние обработки почвы и сроков сева на густоту и выживаемость растений льна масличного, 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Густота, шт./м^2		Выживаемость, %
	по всходам	при уборке	
Обработка почвы			
Отвальная	266	209	89,8
Безотвальная	279	212	89,3
Мелкая	270	214	87,5
Срок сева			
1-й срок	326	242	89,8
2-й срок	264	221	90,1
3-й срок	224	171	86,7

Уровень урожайности определялся индивидуальной производительностью растений, которая зависит от изменения количества ветвей, коробочек на растении и абсолютного веса семян. В среднем за три года количество ветвей на одном растении льна, в зависимости от сроков сева, варьировалась в пределах 1,9–2,4 шт. (таблица 2). Посевы второго и третьего срока позволили сформировать на 21–26 % ветвей больше по сравнению с первым сроком. Обработка почвы как в отдельные годы, так и в среднем по эксперименту не оказывала влияния на изменение показателя количества ветвей на одном растении. Однако число коробочек имело позитивную реакцию на обработку почвы. Так, при отвальной обработке на каждом растении в среднем было сформировано 8,1 шт. коробочек, в то время как применение безотвальной и мелкой обработки привело к увеличению этого показателя на 14–18 % соответственно.

Таблица 2 – Влияние обработки почвы и сроков сева на биометрические показатели льна масличного, 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Количество, шт.		Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га
	веток	коробочек		
Обработка почвы				
Отвальная	2,1	8,1	5,41	0,35
Безотвальная	2,3	9,2	5,47	0,43
Мелкая	2,2	9,6	5,43	0,46
Срок сева				
1-й срок	1,9	7,9	5,80	0,49
2-й срок	2,3	9,2	5,58	0,41
3-й срок	2,4	9,8	4,93	0,34

Количество коробочек льна напрямую зависело от сроков сева и было минимальным у растений первого срока (7,9 шт.). Более поздние сроки обеспечили увеличение их числа на 16–24 %.

Однако масса 1000 семян имела обратную зависимость от сроков сева и была максимальной в первом сроке – 5,8 г. При смещении сроков сева льна масличного на 10 и 20 дней происходило снижение массы 1000 семян на 4–15 %.

Исследованиями установлено, что урожайность льна масличного зависела от срока сева и обработки почвы. Так, в нормальном по условиям увлажнения 2011 г. лен масличный сформировал высокую продуктивность при раннем севе. Следует отметить, что рост урожайности произошел не только за счет лучшей полевой всхожести и, соответственно, большого количества растений перед уборкой, но и за счет роста индивидуальной продуктивности растений. В нетипичные по влажности годы ранний сев не имеет преимуществ над более поздними сроками. Наибольший урожай (на уровне 0,49 т/га) был сформирован при посеве в ранний срок при условии прогревания посевного слоя почвы на 4–6 °С. Запоздание с севом на 10 дней уменьшило урожайность на 17 %. Последний срок сева по урожайности уступал первому на 0,15 т/га.

Одним из важных факторов оптимизации условий выращивания льна масличного с целью получения максимального количества продукции является регулирование уровня почвенной активности с помощью обработки почвы. В условиях проведенной обработки почвы (вспашки) семенная продуктивность льна в наших опытах была минимальной – 0,35 т/га, что на 23 % меньше безотвальной и 31 % мелкой обработки почвы.

Выводы. Урожайность льна масличного зависела как от срока сева, так и обработки почвы. При раннем севе (при условии прогревания слоя почвы в 10 см до температуры 4–6 °С) растения льна масличного в период от цветения до желтой спелости попадали в условия с более благоприятными температурным режимом и влагообеспеченностью, что способствовало максимальной выживаемости (на уровне 89–90 %) и урожайности (0,4 т/га). Смещение срока сева на 20 дней приводило к тому, что в критический период (формирование репродуктивных органов и налив семян) растения попадали в остро засушливые условия, и в результате на дополнительных боковых стеблях коробочки вообще не образовывались, или семена в них оказывались дегенеративными. Поэтому в условиях третьего срока сева урожай формировался на 30 % ниже, чем первого. При взаимодействии двух изучаемых факторов: сроков сева и систем обработки почвы, наибольшая урожайность была получена в варианте мелкой обработки почвы в первый срок сева при температуре почвы 4–6 °С.

Список использованных источников

1 Рынок льна масличного: отмена экспортных пошлин необходима [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1012961#.VNmjMmisV9U, 2017.

2 Поляков, А. И. Влияние условий выращивания на продуктивность льна масличного / А. И. Поляков, В. А. Ручка, О. В. Никитенко // Научно-технический бюллетень ИОК УААН. – 2005. – Вып. 10. – С. 179–183.

3 Сущевский, М. Г. Возделывание льна-кудряша / М. Г. Сущевский. – М.: Из-во Мин-во сел. хоз-ва СССР, 1946. – 15 с.

4 Сафонов, М. Д. Лен масличный / М. Д. Сафонов. – М., 1954. – 32 с.

5 Влияние некоторых приемов агротехники на урожайность мелкосемянных масличных культур / Д. И. Никитчин [и др.] // Технические культуры. – 1994. – № 3–4. – С. 16–17.

6 Андрейчук, В. Г. Эффективность деятельности аграрних предприятий: теория, методика, анализ: монография / В. Г. Андрейчук. – Киев: КНЕУ, 2005. – 292 с.

7 Ковалев, Н. М. Проблемы научного обеспечения льнопроизводства / Н. М. Ковалев // Технические культуры. – 1991. – № 6. – С. 35–40.

8 Скорченко, А. Ф. Лубяные культуры – культуры будущего / А. Ф. Скорченко // Сб. науч. тр. института земледелия УААН. – Киев, 1998. – Вып. 1. – С. 23–25.

9 Половицкий, И. Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия: справ. изд. / И. Я. Половицкий, П. Г. Гусев. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.

УДК 633.853.494:631.5

С. В. Томашов, О. Л. Томашова
Академия биоресурсов и природопользования Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО РАПСА ОЗИМОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ КРЫМА

Целью исследований являлось определение влияния сроков сева и применения регулятора роста на продуктивность и качественные показатели семян рапса озимого, а именно: на содержание масла и его жирнокислотный состав. Установлено, что в суходольных условиях Крыма по предшественнику чистый пар сроки сева и условия увлажнения в период от формирования стручков до созревания семян существенно влияли на продуктивность рапса озимого. Технологические показатели качества семян по всем вариантам опыта находились в пределах допустимых для использования масла на пищевые цели. По содержанию эруковой кислоты выращенные семена рапса озимого относились к высшему классу (ее массовая доля находилась в пределах 0,06–0,59 %), применение ретарданта увеличивало количество эруковой кислоты на 0,36 %. Содержание глюкозинолатов в целом в ходе эксперимента находилось на уровне 22,7 мкмоль/г, что соответствовало первому классу качества семян. Доказано, что наибольшая урожайность (4,43 т/га) и выход масла с 1 га посева (1745 кг) были получены во втором сроке сева (5 сентября) с применением в фазу 3–4 листа ретарданта «Фоликур».

Ключевые слова: озимый рапс, сроки сева, ретардант, урожайность, содержание масла, жирнокислотный состав.

Введение. Семена масличных культур – перспективное сырье для производства высококачественных растительных масел, пищевых и кормовых растительных белков. Универсальность применения продуктов переработки семян, их ценность главным образом обусловлены их химическим составом. В зависимости от условий выращивания семена озимого рапса в среднем содержат 40–50 % масла, которое имеет повышенную биологическую ценность, является высококалорийным и имеет большую энергоемкость. Особенностью масла из рапса является то, что по составу жирных кислот оно генетически более разнообразно по сравнению с другими растительными маслами. В нем содержится много физиологически необходимых организму человека кислот в оптимальном соотношении [1].

Глицериды ненасыщенных жирных кислот, которые имеются в составе рапсового масла, обладают лечебными свойствами. В отличие от животных жиров они противодействуют тромбообразованию, снижают содержание холестерина в крови, предотвращая, таким образом, сердечно-сосудистые заболевания [2]. Кроме того, рапсовое масло содержит витамин Е и каротиноиды, защищающие организм от возникновения опухолей. Благодаря этому рапсовое масло по своей ценности в рационе человека занимает сегодня первое место среди растительных масел, оставив на втором месте оливковое [3].

Материалы и методы. На опытном поле НИИСХ Крыма с 2006 по 2010 г. проводились исследования по совершенствованию адаптированной к условиям Крыма технологии выращивания озимого рапса, направленные на изучение влияния сроков сева и использования ретарданта на урожайность и качество семян. Определение содержания масла и его жирнокислотный состав проводили в лаборатории биохимии Института масличных культур.

Почва опытного участка – чернозем южный слабогумусный, с глубоким залеганием грунтовых вод (20–30 м и более). В пахотном слое содержится: 2,4–2,6 % гумуса, 1,0–2,5 мг/100 г почвы подвижного фосфора, 18,0–28,0 мг/100 г почвы обменного ка-

лия. Климат района степной, умеренно холодный, полусухой, континентальный. Среднегодовая температура воздуха составляет 10,3°С с колебаниями плюс 9,0–2,2 °С.

В зоне проведения исследований в разные периоды роста и развития рапса озимого погодные условия складывались таким образом, что обеспечивали максимально возможные вариации увлажнения и температурного режима. Колебания как температуры, так и осадков в определенной степени оказывали воздействие на формирование урожая озимого рапса и его качество и позволяли проявиться влиянию сроков сева и применения ретарданта на эти показатели при различных погодных условиях.

Опыт был заложен на выровненных по плодородию суходольных землях опытного поля. Предшественник – чистый пар, основная обработка – вспашка на 20–22 см. Посев проводили сеялкой СН-16 в четыре срока (фактор А): 1) 25 августа; 2) 5 сентября; 3) 15 сентября; 4) 25 сентября. Сорт озимого рапса – Атлант, норма высева – 2,0 млн всхожих семян на 1 га. Ширина междурядья – 15 см. Глубина посева – 3–5 см. Повторность четырехкратная, размещение делянок – рендомизированное. В качестве ретарданта применяли препарат «Фоликур» (фактор Б) нормой 0,4 л/га в фазу 3–4-х настоящих листьев рапса. Цель исследований – определить влияние сроков сева и применения регулятора роста на основные биометрические показатели продуктивности и качественные показатели семян рапса озимого, а именно: на содержание масла и его качество.

Результаты и обсуждение. Анализ полученных данных указывает на то, что урожайность семян, содержание масла и его жирнокислотный состав в большей степени зависели от сроков сева, чем от применения регулятора роста. Так, урожайность рапса озимого, высеянного в первый и второй сроки сева не имела существенной разницы и была на уровне 3,54 и 4,28 т/га соответственно (таблица 1). Посевы последних двух сроков из-за недостаточного развития растений с осени дали существенное снижение урожайности – на 1,87 и 2,63 т/га, (при $НСР_{05}$ = 1,72 т/га). Применение ретарданта в среднем за годы исследований не способствовало увеличению урожайности озимого рапса ($F < F_{05}$).

Таблица 1 – Влияние сроков сева и регулятора роста на урожайность и масличность озимого рапса, 2006–2010 гг.

Срок сева, А	Обработка ретардантом, Б	Масличность, %	Урожайность, т/га	Выход масла, кг/га
25 августа (К)	–	43,0	3,70	1439
	Фоликур	44,9	3,38	1382
5 сентября	–	44,2	4,14	1665
	Фоликур	43,5	4,43	1745
15 сентября	–	43,6	2,50	1012
	Фоликур	43,3	2,33	944
25 сентября	–	45,2	1,48	610
	Фоликур	44,0	1,82	734
Средняя по Б	–	44,0	2,96	1181
	Фоликур	43,9	2,99	1201
$НСР_{05}$	А	$F < F_{05}$	1,72	863
	Б	$F < F_{05}$	$F < F_{05}$	$F < F_{05}$
	АБ	$F < F_{05}$	$F < F_{05}$	$F < F_{05}$

Для накопления масла в семенах рапса особенно важна обеспеченность растений влагой в период формирования стручков. Поэтому на содержание масла и его качество погода оказывает большое влияние. Доказано, что высокая температура воздуха в период созревания (при достаточной обеспеченности влагой) способствует повышению содержания масла в семенах [4].

Ежегодно в наших опытах период от формирования стручков до созревания семян продолжался с середины мая до второй декады июня и проходил при повышенном температурном режиме, поэтому погодные условия (осадки) оказывали значительное влияние на урожай и его качество. Так, в 2007 г. в период налива семян стояла сухая и жаркая погода, и содержание масла находилось в пределах 41,5–43,9 %. В 2010 г. на момент налива и созревания семян количество влаги в почве было достаточным, и этот показатель увеличился на 0,7–2,4 %, причем наибольшее (46,1 %) накопление масла было отмечено при условии сева в срок 5 сентября. В среднем по опыту масличность была на уровне 43,0–44,9 % и не зависела от применения ретарданта.

Выход масла с одного гектара зависит от масличности семян и уровня урожая. В наших опытах максимальный сбор масла (1745 кг/га) обеспечил вариант второго срока сева (5 сентября) с применением ретарданта. На участках первого (25 августа) и третьего (15 сентября) сроков сева выход масла находился почти на том же уровне – 1410 и 978 кг/га при $НСР_{05}$ = 863. Сбор масла в четвертом сроке сева снижался в среднем на 1033 кг/га и был минимальным на фоне без применения ретарданта (610 кг/га).

Семена озимого рапса в зависимости от качества масла могут являться сырьем для пищевых или технических целей. По стандартам в пищевом масле содержание эруковой кислоты в семенах рапса должно находиться в пределах 0–5 %, доля глюкозинолатов не должно превышать 45,0 мкмоль/г [5]. В наших опытах по содержанию эруковой кислоты полученные семена рапса озимого относятся к высшему классу – ее массовая доля находилась в пределах 0,06–0,59 %, что не превышает 1,50 % предусмотренные стандартом (таблица 2). Меньше всего ее было накоплено при посеве 5 сентября (второй срок). Применение ретарданта в среднем по опыту увеличивало количество эруковой кислоты на 0,36 %.

Таблица 2 – Влияние сроков сева и ретарданта на жирнокислотный состав рапсового масла

Жирнокислотный состав	Ретардант	Срок посева			
		1-й срок	2-й срок	3-й срок	4-й срок
Пальмитиновая, %	–	4,910	4,810	4,910	4,780
	Фоликур	4,950	4,970	4,990	4,890
Стеариновая, %	–	0,097	0,438	0,169	0,239
	Фоликур	0,195	0,200	0,154	0,241
Олеиновая, %	–	64,200	64,600	66,100	65,000
	Фоликур	65,800	63,500	64,800	65,300
Линолевая, %	–	22,000	20,800	20,000	20,700
	Фоликур	18,900	20,300	20,300	20,300
Линоленовая, %	–	7,200	9,500	8,800	9,100
	Фоликур	9,500	10,600	10,000	9,100
Эруковая, %	–	0,070	0,120	0,060	0,330
	Фоликур	0,590	0,000	1,130	0,350
Содержание глюкозинолатов, мкмоль/г	–	22,300	22,800	21,800	20,100
	Фоликур	23,400	24,800	24,700	22,000

Содержание глюкозинолатов в целом по эксперименту находилось на уровне 22,7 мкмоль/г, что соответствует первому классу качества семян. При анализе сроков сева было установлено, что как ежегодно, так и в среднем по опыту наименьший его показатель получен в варианте четвертого срока сева (25 сентября). Следует отметить, что в 2010 г. содержание глюкозинолатов в семенах рапса озимого четвертого срока (19,5 мкмоль/г) соответствовало высшему классу пищевого масла (до 20,0 мкмоль/г).

Все растительные жиры не содержат холестерина и состоят из трех основных видов жирных кислот: насыщенные, полиненасыщенные, мононенасыщенные. Поли-

ненасыщенные и мононенасыщенные жирные кислоты известны своей способностью понижать уровень холестерина крови, а насыщенные жирные кислоты – повышать его, поэтому важно уменьшать их потребление [6]. Рапсовому маслу характерно низкое содержание насыщенных (пальмитиновая и стеариновая) жирных кислот < 7 %. В наших опытах сумма насыщенных кислот не превышала 5,12 %, как видно из таблицы 2.

Пальмитиновой кислоты больше содержалось в третьем сроке сева в варианте с применением ретарданта 4,99 %. Стеариновая кислота была в среднем на уровне 0,22 %.

К полиненасыщенным жирным кислотам относятся линолевая (15–30 %) и линоленовая (5–14 %) кислоты. В рапсовом масле существует очень благоприятный баланс (примерно 2 : 1) линолевой (омега-6) и линоленовой кислот (омега-3). Полиненасыщенные жирные кислоты отличаются от насыщенных эффективностью в понижении плазменного уровня холестерина. Животные, включая человека, способны синтезировать линолевую кислоту (по данным А. Моисеенко «Зачем нам рапсовое масло»). При анализе влияния сроков сева было установлено, что наибольшее содержание этой незаменимой кислоты (20,6 %) было получено во втором сроке. При сочетании сроков сева и применения регулятора роста максимальные показатели содержания линолевой кислоты были получены в варианте первого срока сева без применения ретарданта – 22,0 %. Линоленовая также является ценной жирной кислотой, но она легко окисляется и снижает качество пищевых продуктов при хранении. В наших опытах содержание линоленовой кислоты находится в пределах 7,2–10,6 %. Применение ретарданта приводило к повышению содержания линоленовой кислоты на 1,1 %. Меньшее ее значение (8,4 %) было отмечено при севе в первый срок (25 августа).

Особую ценность представляет собой олеиновая мононенасыщенная жирная кислота, которая составляет 51–70 % от содержания всех жирных кислот. Учеными доказано, что эта кислота также эффективна (как и полиненасыщенные жирные кислоты) в снижении плазменного холестерина, регулирует кровяное давление и положительно влияет на человеческий организм больных сахарным диабетом [6]. Результаты наших исследований показали, что содержание олеиновой кислоты в семенах озимого рапса находилось на уровне 64,9 % (таблица 2). Самый высокий ее уровень (65,4 %) был получен при посеве 15 сентября. Следует отметить, что в засушливый год наибольшее количество этой кислоты (68,5 %) было получено в варианте первого срока сева (25 августа) на фоне с применением ретарданта. В других сроках содержание олеиновой кислоты уменьшалось до 65,1–66,8 %.

Выводы. В условиях Республики Крым сроки сева и увлажнение в период от формирования стручков до созревания семян существенно влияли на продуктивность рапса озимого сорта Атлант. Наибольшая урожайность (4,43 т/га) и выход масла с 1 га посева (1745 кг) получены во втором сроке сева (5 сентября) с применением ретарданта «Фоликур» в фазу 3–4-го листа. Технологические показатели качества семян во всех вариантах опыта находились в пределах допустимых для использования масла в пищевых целях.

Список использованных источников

1 Смирнов, П. М. Агрохимия / П. М. Смирнов, Э. А. Муравин. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 23–24.

2 Александров, А. И. Агропромышленная интеграция / А. И. Александров. – Иваново, 1995. – 205 с.

3 Пащенко, В. Рапс, совершивший революцию в мировой экономике, не прижился ко двору в Крыму [Электронный ресурс] / В. Пащенко // Крымская правда. – 6 сентября 2001 г. – № 162(22815). – Режим доступа: http:c-pravda.ru/newspapers/archive/2001/09/06, 2017.

4 Рапс / В. Д. Гайдаш [и др.]; под ред. В. Д. Гайдаша. – Ивано-Франковск: Сиверсия ЛТД, 1998. – 224 с.

5 ГОСТ 10583-76. Рапс для промышленной переработки. Технические условия. – взамен ГОСТ 10583-63; введ. 1977-06-01. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 8 с.

6 Продукты, созданные природой. Рапсовое масло [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://prodgid.ru/poleznye-svoystva/masla/rapsovoe-maslo/, 2017.

УДК 635.67:631.5

П. В. Лиховид
Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОТЕХНИКИ

Целью исследований являлось изучение продолжительности вегетационного периода кукурузы сахарной в зависимости от агротехники в орошаемых условиях Сухой Степи Украины. Полевые опыты проводились в период 2014–2016 гг. на орошаемых землях сельскохозяйственного кооператива "Радянська земля" Белозерского района Херсонской области в соответствии с современными требованиями и стандартами методики опытного дела в агрономии. Изучались такие агротехнические факторы, как: глубина основной обработки почвы (отвальной вспашки), фон питания, густота посевов культуры. Установлено, что продолжительность вегетации кукурузы сахарной существенно зависит от агротехнического комплекса. Максимальная длительность периода "посев – техническая спелость" культуры наблюдалась при вспашке на глубину 28–30 см, внесении минеральных удобрений нормой $N_{120}P_{120}$, густоте посевов 80 тыс./га и составила, в среднем, 80,9 суток. Наименьшая продолжительность вегетационного периода кукурузы сахарной установлена при вспашке на глубину 20–22 см, неудобренном агрофоне, изреженных до 35 тыс./га посевах – 72,4 суток.

Ключевые слова: глубина вспашки, минеральные удобрения, густота посевов, кукуруза сахарная, капельное орошение, период вегетации.

Введение. Изучение и анализ влияния элементов технологии выращивания на прохождение ростовых процессов растений культуры дает возможность установить оптимальные параметры агротехнологии для обеспечения рационального использования и перераспределения факторов производства (питательных веществ, влаги, света, тепла, воздуха) в агрофитоценозе с целью получения желаемого уровня его продуктивности.

Ранее изучению продолжительности вегетации кукурузы сахарной в зависимости от реализации технологических факторов уделялось недостаточное внимание. Значительные пробелы в этой области подвигнули нас к исследованию данного вопроса в условиях Сухой Степи Украины в рамках полевых опытов по усовершенствованию агротехнологии культуры на капельном орошении.

Продолжительность вегетационного периода культуры – это признак, который в основном обусловлен генетическими особенностями сорта или гибрида. Кроме того, скорость развития растений существенно зависит и от температурных условий, в частности, для наступления каждой фенологической фазы кукуруза сахарная требует определенной суммы эффективных температур. Так, для достижения технической спелости, она равна 700–1100 °С [1–5]. Однако, агротехнология также в определенной степени способна оказывать влияние на продолжительность вегетационного периода.

Материалы и методы. Полевые опыты по изучению и усовершенствованию технологии выращивания кукурузы сахарной проводили на орошаемых землях СК «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области в 2014–2016 гг. согласно современным стандартам и требованиям методики опытного дела в агрономии [6]. Тема-

тика работы предусматривала изучение таких факторов и их взаимодействия, как: фактор А – глубина основной обработки почвы (отвальная вспашка на глубину 20–22 см и 28–30 см); фактор В – фон питания (без удобрений, $N_{60}P_{60}$, $N_{120}P_{120}$); фактор С – густота посевов культуры (35, 50, 65 и 80 тыс./га). Полевые опыты проводили в 4-кратной повторности, варианты размещали методом рендомизированных расщепленных блоков. Учетная площадь опытной делянки составляла 30,24 м^2. Агротехника выращивания кукурузы сахарной была общепринятой для орошаемых условий Сухой Степи Украины, кроме реализации исследуемых факторов. После уборки предшественника (пшеница озимая на зерно) выполняли лущение стерни на глубину 10–12 см. Под основную обработку почвы сеялкой СЗ-3,6 вносили минеральные удобрения в соответствии к схеме опыта. Основную обработку почвы (отвальную вспашку) выполняли на глубину 20–22 и 28–30 см. Ранней весной выполняли боронование. До посева проводили две культивации на глубину 8–10 и 5–6 см. Под передпосевную культивацию вносили гербицид Харнес нормой 2,0 л/га. Посев кукурузы сахарной осуществляли сеялкой УПС-8 с междурядьем 70 см на глубину 5–6 см. Неоднородные агропроизводственные условия годов исследований определили различие в сроках посева кукурузы сахарной. Так, в 2014 г. посев культуры совершали 1 мая; в 2015 г. – 22 мая; в 2016 г. – 21 мая. Норму высева устанавливали согласно схеме опыта, конечную густоту посевов формировали в фазу 3–5 листьев культуры. Уход за посевами состоял в химической защите от вредоносных организмов, сорняков. Проводили опрыскивание посевов инсектицидом Карате Зеон нормой 0,2 л/га в фазу 3–5 листьев культуы, гербицидом Мастер Пауер в фазу 7–8 листьев нормой 1,25 л/га, инсектицидом Кораген нормой 0,1 л/га в начале выметывания метелки. Предполивную влажность в активном слое почвы (0–30 см до фазы 7–8 листьев и 0–50 см в оставшийся период вегетации культуры) поддерживали на уровне 80 % НВ с помощью капельного орошения.

Фенологические наблюдения за культурой проводили в двух несмежных повторностях. Началом фазы считали ее наступление у 10 %, а за полную фазу – у 75 % растений. Во время фенологических наблюдений определяли наступление следующих фаз роста и развития кукурузы сахарной: всходы, 3–5 листьев, выбрасывание метелки, цветение метелки, начало молочно-восковой спелости зерна (техническая спелость) [6, 7].

Результаты и обсуждение. По результатам наших исследований установлено, что влияние на скорость прохождения фенологических фаз и продолжительность вегетационного периода вцелом имели все изучаемые факторы агротехнологии. Замечена тенденция к увеличению продолжительности вегетационного периода при глубокой вспашке, больших нормах внесения минеральных удобрений и загущении посевов культуры. Стоит отметить, что продолжительность периодов: «посев – всходы», «всходы – 3–5 листьев», «выбрасывание – цветение метелки» были наименее подвержены агротехническому влиянию, а максимальные флуктуации наблюдались в периоды: «3–5 листьев – выбрасывание метелки» и «цветение – начало молочно-восковой спелости (МВС) зерна». Минимальная продолжительность вегетационного периода зафиксирована на вариантах с отвальной вспашкой на глубину 20–22 см на неудобренном агрофоне при густоте посевов кукурузы сахарной 35 тыс./га и составила, в среднем, 72,4 суток. Наибольшей продолжительностью периода от всходов до технической спелости характеризовались посевы культуры, возделанной в условиях глубокой (на 28–30 см) вспашки, двойного агрофона и максимального загущения посевов культуры 80 тыс./га. При таком агротехническом комплексе вегетационный период культуры продолжался, в среднем, 80,9 суток. Таким образом, исследованные агротехнические факторы способны в определенной степени регулировать скорость прохождения отдельных фенологических фаз растениями кукурузы сахарной, ускоряя или задерживая время наступления технической спелости культуры. В наших исследованиях амплитуда колебания продолжительности вегетационного периода по различным вариантам агротехнического комплекса выращивания культуры составила 8,5 суток (таблица 1).

Таблица 1 – Продолжительность межфазных и вегетационного периодов кукурузы сахарной (среднее за 2014–2016 гг.)

В сутках

Фон питания	Густота посевов, тыс./га	Посев – всходы	Всходы – 3–5 листьев	3–5 листьев – выбрасывание метелки	Выбрасывание – цветение метелки	Цветение метелки – начало МВС зерна	Посев – начало МВС зерна
Основная обработка почвы на глубину 20–22 см							
Без удобрений	35	11,0	11,0	25,7	4,0	20,7	72,4
	50	11,0	11,7	25,7	4,0	20,7	73,1
	65	11,0	11,7	26,0	4,0	21,0	73,7
	80	11,0	11,7	27,0	4,0	21,3	75,0
$N_{60}P_{60}$	35	11,0	11,7	28,0	4,0	21,0	75,7
	50	11,0	11,7	28,3	4,0	21,3	76,3
	65	11,0	12,0	29,0	4,0	22,0	78,0
	80	11,0	12,0	29,3	4,3	22,0	78,6
$N_{120}P_{120}$	35	11,0	11,7	29,0	4,0	21,0	76,7
	50	11,0	12,0	29,3	4,0	21,7	78,0
	65	11,0	12,0	29,7	4,3	21,7	78,7
	80	11,0	12,3	30,3	4,3	22,3	80,2
Основная обработка почвы на глубину 28–30 см							
Без удобрений	35	11,0	11,7	26,3	4,0	20,3	73,3
	50	11,0	11,7	26,7	4,0	20,3	73,7
	65	11,0	11,7	27,0	4,0	20,7	74,4
	80	11,0	11,7	28,0	4,0	20,7	75,4
$N_{60}P_{60}$	35	11,0	11,7	28,3	4,0	21,0	76,0
	50	11,0	11,7	28,7	4,0	21,3	76,7
	65	11,0	12,0	29,3	4,0	22,0	78,3
	80	11,0	12,0	29,7	4,3	22,3	79,3
$N_{120}P_{120}$	35	11,0	11,7	29,3	4,0	21,7	77,7
	50	11,0	12,0	30,0	4,0	21,7	78,7
	65	11,0	12,0	30,3	4,3	22,0	79,6
	80	11,0	12,0	31,3	4,3	22,3	80,9

Выводы. В экстремальных условиях (нехватка элементов питания) растения кукурузы сахарной стремятся к наиболее раннему осеменению, поэтому период вегетации культуры здесь сокращается. Высокий агрофон, а также сильное загущение посевов затягивают вегетацию культуры, что часто является негативным явлением, особенно в условиях конвеерного производства и в промежуточных посевах.

Список использованных источников

1 Адиняев, Э. Д. Возделывание кукурузы при орошении / Э. Д. Адиняев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 173 с.

2 Домашнев, П. П. Селекция кукурузы / П. П. Домашнев, Б. В. Дзюбецкий, В. И. Костюченко. – М.: Агропромиздат, 1992. – 202 с.

3 Куперман, Ф. М. Закономерности индивидуального развития растений в зависимости от условий выращивания и внешней среды / Ф. М. Куперман. – М.: МГУ, 1963. – 240 с.

4 Справочник кукурузовода / под ред. Д. Ф. Филева, П. П. Сусидко. – Днепропетровск: Проминь, 1973. – 260 с.

5 Циков, В. С. Интенсивная технология возделывания кукурузы / В. С. Циков, Л. А. Матюха. – М.: Агропромиздат, 1989. – 173 с.

6 Методика полевого опыта (орошаемое земледелие): учеб. пособие / В. О. Ушкаренко, С. В. Коковихин, С. П. Голобородько, Р. А. Вожегова. – Херсон: Гринь Д. С., 2014. – 448 с.

7 Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. — М.: РАСХН ВНИИО, 2011. – 650 с.

УДК 631.6:631.37

И. А. Авдеенко, А. А. Григорьев, С. С. Авдеенко
Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Российская Федерация

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ ЛУКА

Целью исследования стали различные способы орошения лука репчатого для определения наиболее перспективного и результативного способа для условий Ростовской области. Оценивались технологии полива по бороздам, капельное орошение и дождевание.

Ключевые слова: орошение, лук репчатый, технологии полива, борозды, капельное орошение, дождевание.

Лук репчатый занимает одно из ведущих мест среди овощных культур как по посевным площадям, так и по валовым сборам. Общая сумма площадей посевов лука занимает 180 млн/га. На долю Российской Федерации приходится 2,2 % от этого числа. Основное производство лука в Российской Федерации расположено в трех округах: Центральном, Приволжском и Южном. В них сосредоточено более 80 % всей посевной площади этой культурой [1].

Содержание в луке химических и биологически активных веществ весьма разнообразно. В химический состав луковицы входит 7 незаменимых аминокислот. Лук содержит никотиновую кислоту, витамин С, сложные сахара, а зеленые листья содержат большое количество минеральных солей [2, 3].

Для получений хороших урожаев необходимо поддерживать высокий процент влажности почвы, т. к. лук является влаголюбивым растением. Зачастую лук могут выращивать и в засушливых районах, которые сталкиваются с вопросом о трудности проведения орошения. Влажность почвы в массе корней должна равняться 80 %, а при формировании луковицы 70 % НВ. Но не стоит забывать, что при всех своих плюсах, орошение, в зависимости от способа проведения, может иметь свои недостатки, например: разрушение и деградация структуры почвы, образование корки (ухудшается воздушный и пищевой режимы), смывы и размывы почвы [1].

Для орошения лука репчатого используют три основных способа [3].

Капельное орошение – локальный способ орошения почвы, с подачей воды по пластмассовым трубопроводам через капельницы, безнапорно на поверхность или под поверхность почвы, в зону основного залегания корней каждого отдельного растения. Капельное орошение зарекомендовало себя с положительной стороны в условиях Нижнего Поволжья и Российского Прикаспия и т. д. В частности, данный способ полива обеспечивает урожаи репчатого лука до 50 т/га и выше, при значительной экономии воды, применяемой для орошения [4].

Дождевание – способ орошения сельскохозяйственных культур, при котором вода разбрызгивается в виде дождя над поверхностью почвы и растений. Качество дождевания зависит от применяемой поливной техники. Современную дождевальную технику классифицируют в зависимости от типа насадок или аппаратов, с помощью которых создается искусственный дождь, а также от того, где установлены эти насадки и аппараты на поливном трубопроводе, консольной ферме или тракторе. Б. М. Лебедев разделяет оборудование для дождевания на 6 типов: дождевальные установки, дожде-

вальные машины, стационарные насосные станции, передвижные насосные станции, стационарные трубопроводы, разборные передвижные трубопроводы. В Российской Федерации имеются следующие дождевальные машины: «Кубань», «Фрегат», «Днепр», «Волжанка», ДДА-100МА» и др. [5].

Полив по бороздам – способ самотечного орошения по поверхности почвы. Вода подается в борозду направленным потоком и под действием сил гравитации стекает по ней. По мере продвижения по борозде от начала к концу борозды вода впитывается под действием сил гравитации и капиллярного впитывания. В зависимости от глубины борозды подразделяют на мелкие – 8–12, средние – 12–16, глубокие – 16–22 см, очень глубокие – более 22 см; по проточности – проточные и тупые; по длине – короткие и длинные. Для нарезки борозд используют тракторные культиваторы, которые оборудованы лапами-бороздорезами [6].

Все способы имеют как плюсы, так и минусы, основные свойства и различия отображены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика способов орошения

Показатель	Способ орошения		
	Капельное	Дождевание	По бороздам
Автоматизация системы поливов	+	+	–
Физические трудозатраты	–	–	±
Экономия воды	+	±	–
Оптимальное увлажнение корней	+	±	±
Повышение урожайности	+	±	±
Борьба с сорняками и паразитами	+	+	–
Затраты	+	±	–
Деградация почвы	–	+	±
Равномерность полива	+	–	±
Орошение на сложных рельефах	±	+	–

Проанализировав таблицу 1, можно сделать вывод, что одним из самых оптимальных способов орошения является капельное орошение. Оно имеет множество положительных моментов и, несмотря на свою высокую стоимость, самое перспективное из представленных способов. Дождевание же весьма удобно на участках со сложным рельефом, а высокие затраты обусловлены только техническими средствами, используемыми для орошения. Но при дождевании почва деградирует, нередки смывы и размывы. Основным плюсом полива по бороздам является относительная экономия средств на применение системы орошения, но при этом почва в бороздах засаливается, к концевым участкам доходит меньше воды, а перемещение техники и оборудования при этом способе затрудняется.

Выбор способа полива для лука репчатого зависит от ряда факторов, в числе которых: наличие источника орошения, его качество и удаленность от поля, уровень плановой урожайности, плановое качество продукции, которое, в свою очередь, зависит от назначения, и, конечно, финансовые возможности хозяйства.

Так, большинство производителей лука репчатого в Ростовской области ориентируются не на сравнительную характеристику способов полива, а на имеющуюся в хозяйстве инфраструктуру. И, чаще всего, эта инфраструктура уже налажена и требует в основном небольшой корректировки или обновления. Обновления в основном затрагивают приобретение ремонтных материалов или, например, новых элементов установок. Сейчас все большую популярность приобретают дождевальные установки катушечного типа. При использовании таких установок не обязательно обновление всего комплекса машин, а вполне достаточно заменить или обновить только устройство, которое подает воду непосредственно на поле. Такие установки исключают вредное воз-

действие на почву, растения, дают возможность эффективно использовать воду, а вода, подаваемая на поле, по консистенции напоминает естественный дождь – а это самые полезные для растений осадки.

Список использованных источников

1 Обилов, Н. С. Качество лука репчатого в условиях Республики Башкортостан / Н. С. Обилов, Л. М. Ахиярова // Аграрная наука сельскому хозяйству: сб. ст. – Барнаул, 2017. – С. 226–227

2 Авдеенко, С. С. Комплекс агроприемов повышает урожай и качество лука репчатого / С. С. Авдеенко, И. И. Бондарев // Картофель и овощи. – 2013. – № 1. – С. 5–7.

3 Авдеенко, С. С. Эффективность действия агроприемов при выращивании лука репчатого в условиях Ростовской области // Научные инновации – аграрному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летнему юбилею агрономического факультета (20–21 февраля 2013 года). – Омск: Изд-во ОмГАУ им П. А. Столыпина, 2013. – С. 224–227.

4 Безопасные системы и технологии капельного орошения / Г. Т. Балакай [и др.]; под ред. Г. Т. Балакай. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 52 с.

5 Снипич, Ю. Ф. Совершенствование технических средств орошения дождеванием / Ю. Ф. Снипич. – Новочеркасск: Геликон, 2007. – С. 14–17.

6 Герчук, И. Системы орошения для плодоовощных культур: рекомендации / И. Герчук. – Кишинёв: Аурел Оверченко, 2008. – 32 с.

ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

УДК 338.436.33(476)

Ю. Н. Дуброва
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки,
Республика Беларусь

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Целью исследования являлось изучение и анализ фактических производственных данных в агропромышленном комплексе Республики Беларусь. Нынешнее положение сельского хозяйства свидетельствует о том, что существует ряд проблем, которые не позволяют аграрным организациям работать эффективно. Численность населения, занятого в сельскохозяйственном производстве, сократилась с 369,0 тыс. в 2010 г. до 314,3 тыс. в 2015 г. Финансовые результаты отрасли на фоне постоянной господдержки свидетельствуют об увеличении убыточных сельскохозяйственных организаций с 2,4 % в 2011 г. до 34,9 % в 2015 г., крестьянских (фермерских) хозяйств – с 6,4 до 11,9 % соответственно. Чистая прибыль сократилась с 0,440 млрд долл. в 2010 г. до минус 0,029 млрд долл. в 2015 г. Рентабельность сельскохозяйственных предприятий по реализации продукции растениеводства и животноводства уменьшилась с 14,5 % в 2011 г. до минус 0,3 % в 2015 г. В стране создана необходимая правовая база по решению проблемных вопросов сельскохозяйственных организаций.

Ключевые слова: численность работающих в сельском хозяйстве, среднемесячная заработная плата, убыточность сельскохозяйственных организаций, рентабельность, чистая прибыль.

Введение. Аграрная отрасль Беларуси характеризуется устойчивым ростом производства сельскохозяйственной продукции. Многие предприятия работают уже на высоком европейском уровне. Обеспечивается продовольственная безопасность страны, миллиардами долларов США измеряется внешнеэкономическая деятельность отечественного агропромышленного комплекса. Вместе с тем остается высокой затратность производства, вследствие чего увеличение валовых показателей не сопровождается укреплением аграрной экономики, задолженность сельскохозяйственных организаций ежегодно возрастает.

Нынешнее положение сельского хозяйства свидетельствует о том, что существует ряд проблем, которые не позволяют сельскохозяйственным организациям работать эффективно. Как показывают результаты опроса, проведенного Научно-исследовательским экономическим институтом Минэкономики, люди, занятые бизнесом на селе, далеко не всегда считают его прибыльным.

Материалы и методы. Данная статья базируется на анализе фактических производственных данных, содержащихся в сборнике Национального статистического комитета Республики Беларусь (сельское хозяйство Республики Беларусь) за 2016 г. Показатели приведены в белорусских рублях (Br).

Результаты и обсуждение. Отвечая на вопрос о мотивации ведения сельскохозяйственного бизнеса, большинство опрошенных руководителей сельскохозяйственных организаций (60,8 %) отметили, что занимаются им из-за привязанности к сельскому образу жизни. В то же время 32,1 % опрошенных указали, что для них сельское хозяйство – это способ выживания, а найти работу в другой сфере деятельности им трудно. Только для 8,7 % сельское хозяйство – прибыльный бизнес, причем в сельскохозяйст-

венных организациях с хорошим финансовым положением этот показатель существенно выше, но все равно составляет только 17 % [1].

В экономике любая динамично развивающаяся отрасль создает приток наиболее активной части населения. По данным Национального статистического комитета, доля сельского населения в Беларуси уменьшается. С 1 января 2010 по 1 января 2015 г. она сократилась с 24,9 до 22,4 %. Причем сокращение сельского населения наблюдается и в абсолютных цифрах: с 2,36 млн чел. в 2010 г. до 2,13 млн чел. в 2015 г. Численность населения, занятого в сельскохозяйственном производстве, уменьшилась с 369,0 тыс. в 2010 г. до 314,3 тыс. в 2015 г. [2, 3].

Отток населения из отрасли вполне объясним. Средние зарплаты в сельском хозяйстве намного отстают от зарплат по стране в целом (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика основных показателей сельскохозяйственного производства

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Валовая продукция сельского хозяйства, млрд руб.	36131	55642	96696	105770	131204	136760
Инвестиции, млрд руб.	9157,9	11651,2	22863,1	27280,9	20472,9	21259,6
Инвестиции*, млрд долл.	3,05	1,38	2,67	2,87	1,88	1,15
В процентах к общим инвестициям	16,5	11,8	14,8	13,0	9,1	10,1
Численность работающих в сельском хозяйстве, тыс. чел.	369,0	358,5	349,8	334,3	320,6	314,3
Среднемесячная заработная плата, тыс. руб.	803,9	1275,9	2694,3	3784,7	4511,6	4845,5
Среднемесячная заработная плата, долл. США	268	151	315	399	414	261
Примечание – * – курс американского доллара к белорусскому рублю принимался на конец года.						

Таким образом, максимум начисленной среднемесячной заработной платы был достигнут в 2014 г., в 2015 г. уровень зарплат в сельском хозяйстве не достиг показателей 2010 г.

Общий объем инвестиций, направленных на развитие сельского хозяйства за 6 лет, составил 13 млрд долл. США. Из общего ежегодного объема инвестиций в основном капитале на долю сельского хозяйства в 2010 г. приходилось 16,5 %, а в 2015 г. – 10,1 % [3].

Ситуация в сельском хозяйстве ухудшается, суммы долгов превышают выручку от реализации продукции. Число убыточных организаций с каждым годом неуклонно растет. Одной из объективных причин увеличения убыточных организаций является систематическое нарушение требований технических регламентов в животноводстве, растениеводстве и других отраслях. В результате (по подсчетам Минсельхозпрода) только в прошлом году от животноводства отечественный АПК недополучил около 10 трлн руб.

Немалые потери отрасли связаны и с неэффективным использованием государственной поддержки. Однако при предоставлении господдержки не всегда проводится должный анализ целесообразности ее оказания. Как следствие, нередко закупленное оборудование и техника не соответствуют предусмотренным целям, либо используются неэффективно, простаивают.

Почти 50 % бюджетных расходов на национальную экономику по итогам 2016 г. (с января по сентябрь) направлено в Беларуси на поддержку и развитие сельского хозяйства. Такая информация содержится в докладе «О состоянии государственных финансов Республики Беларусь», опубликованном на сайте Министерства финансов.

Государственная поддержка организаций реального сектора экономики осуществлялась главным образом в виде возмещения части процентов за пользование банковскими кредитами, а также компенсации потерь банков по льготным кредитам, предоставленным субъектам хозяйствования. В целом расходы бюджета на национальную экономику с января по сентябрь 2016 г. составили (Вг) 2,8 млрд бел. руб., или 14,8 % всех бюджетных расходов [4].

Важнейшее значение в решении продовольственной проблемы и развитии агропромышленного производства страны имели Государственная программа возрождения и развития села на 2005–2010 гг., а также Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 гг., которые позволили существенно увеличить валовую продукцию сельского хозяйства, повысить уровень самообеспеченности республики основными видами сельскохозяйственного сырья и сформировать экспортный потенциал [5].

Финансовые результаты отрасли на фоне постоянной господдержки свидетельствуют об увеличении удельного веса убыточных сельскохозяйственных организаций с 2,4 % в 2011 г. до 34,9 % в 2015 г., крестьянских (фермерских) хозяйств – с 6,4 до 11,9 % соответственно (таблица 2).

Таблица 2 –Удельный вес убыточных сельскохозяйственных организаций

Год	2011	2012	2013	2014	2015
Удельный вес убыточных организаций (всего по сельскому хозяйству), %	4,3	5,4	10,6	11,0	22,0
В том числе:					
- сельскохозяйственные организации, %	2,4	3,5	12,7	12,9	34,9
- крестьянские (фермерские) хозяйства, %	6,4	7,3	8,7	9,5	11,9

Такая же тенденция наблюдается и в главной экономической характеристике деятельности организации – рентабельности. Рентабельность сельскохозяйственных предприятий по реализации продукции растениеводства и животноводства (таблица 3) уменьшилась с 14,5 % в 2011 г. до минус 0,3 % в 2015 г. [2].

Таблица 3 – Рентабельность реализованной сельскохозяйственной продукции

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Рентабельность реализованной продукции растениеводства и животноводства, %	–1,7	14,5	19,0	3,4	5,7	–0,3
Рентабельность реализованной продукции растениеводства, %	–1,9	21,6	23,8	14,9	15,0	6,3
Рентабельность реализованной продукции животноводства, %	–2,5	14,5	19,2	0,4	3,5	–2,2
Чистая прибыль, млрд руб.	1313,4	4309,3	9281,2	3494,1	4969,5	–540,5
Чистая прибыль*, млрд долл.	0,440	0,510	1,100	0,370	0,460	–0,029
Примечание – * – курс американского доллара к белорусскому рублю принимался на конец года.						

Немаловажным показателем является объем чистой прибыли, генерируемый отраслью на протяжении последних шести лет. За последние годы вся сельскохозяйственная отрасль получила 2,85 млрд долл. чистой прибыли, при общих инвестициях в 13 млрд долл. Однако, как следует из таблицы 3, чистая прибыль сократилась с 0,440 млрд долл. в 2010 г. до минус 0,029 млрд долл. в 2015 г.

В то же время не стоит забывать, что в связке с сельским хозяйством идет пищевая промышленность. Высокая кредитная нагрузка на перерабатывающую отрасль – отличительная особенность современного АПК. Молочные заводы и мясокомбинаты брали кредиты на текущую деятельность под высокие проценты, авансировали продукцию сельхозпредприятий, что позволяло им выплачивать зарплаты, приобретать ГСМ и

другие необходимые ресурсы. Денежный поток, который она генерирует, особенно от экспортных поставок, позволяет частично компенсировать убытки сельскохозяйственных предприятий.

В стране создана необходимая правовая база по решению проблемных вопросов сельскохозяйственных организаций и восстановлению платежеспособности организаций АПК в Республике Беларусь. По словам министра сельского хозяйства Леонида Зайца, сформированы соответствующие перечни сельскохозяйственных организаций, которые пройдут через досудебное оздоровление и антикризисное управление: 102 предприятия приобрели антикризисное управление и 323 производства пройдут досудебное оздоровление. Большое внимание уделено разработке и реализации соответствующих бизнес-планов развития предприятий, в основу которых положено экономическое развитие холдингов [1, 6]. В рамках решения вопроса по выходу на высокую конкурентоспособность за счет более низкой себестоимости продукции на базе Оршанского и Полоцкого комбинатов хлебопродуктов, Витебского мясокомбината и Глубокского комбикормового завода создали интегрированные структуры (холдинги), объединяющие в одну производственную цепочку производителей, переработчиков и торговую сеть. В их состав включили большинство свинокомплексов области, все комплексы по выращиванию крупного рогатого скота, птицефабрики, все зерноперерабатывающие и большинство молоко- и мясоперерабатывающих предприятий [7, 8].

Выводы. Все вышеперечисленное требует разработки новых программных мероприятий и законодательных актов, направленных на улучшение социально-экономического положения организаций, повышения конкурентоспособности агропромышленного производства, устойчивости развития сельских территорий.

В рамках реализации политики государства в области сельскохозяйственного производства основными направлениями должны стать: повышение экономической эффективности всех реализуемых мероприятий; наращивание объемов экономически целесообразного экспорта.

Список использованных источников

1 Почему сельское хозяйство в Беларуси никак не станет прибыльным бизнесом? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https:news.tut.by/economics/317076.html, 2017.

2 Статистический сборник: сельское хозяйство Республики Беларусь / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2016. – 230 с.

3 Статистический сборник: регионы Республики Беларусь. Социально-экономические показатели / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2016. – Т. 1. – 774 с.

4 О состоянии государственных финансов Республики Беларусь: доклад за январь – сентябрь 2016 г. [Электронный ресурс] / Министерство финансов Республики Беларусь. – Режим доступа: http:minfin.gov.by/upload/bp/doklad/2016/ys2016.pdf, 2017.

5 Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 годы: Указ Президента Республики Беларусь от 1 августа 2011 г. № 342. – Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь, 2011. – №1/12739.

6 Германович, И. Рискованный эксперимент: поможет ли Указ № 320 витебским аграриям меньше работать на банк? [Электронный ресурс] / И. Германович. – Режим доступа: http:agrolive.by/selwest/article1267, 2017.

7 Холдинги, антикризисное управление и пармезан. Заяц рассказал, как будут оздоравливать АПК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https:news.tut.by/economics/525895.html, 2017.

8 Совмин утвердил перечень сельхозорганизаций, подлежащих досудебному оздоровлению [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:belta.by/economics/view/sovmin-utverdil-perechen-selhozorganizatsij-podlezhaschih-dosudebnomu-ozdorovleniju-217377-2016, 2017.

УДК 631.582:631.67

А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗВЕНЬЕВ ОРОШАЕМОГО СЕВООБОРОТА С СИДЕРАЛЬНЫМИ И ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Целью исследований являлось изучить звенья орошаемого севооборота, включающие в себя сидеральные и промежуточные культуры, и определить их экономическую эффективность. Звенья севооборота изучались по методике В. Ф. Моисейченко. В результате исследований установлено, что наибольшее суммарное количество зерновых единиц (37,4 т/га з. е. или в среднем за один год по 12,5 т/га з. е.) получено в первом варианте опыта, который был взят в качестве контрольного: сахарная кукуруза – сидерат + картофель летней посадки – лук. Анализ экономической эффективности звеньев севооборота показал, что наибольшая выручка (676,2 тыс. руб./га) и условный чистый доход (416,8 тыс. руб./га) также были получены при контроле. Таким образом, использование сидеральных и промежуточных культур в звеньях орошаемого севооборота позволяют повысить не только продуктивность орошаемого клина, но и его экономическую эффективность.

Ключевые слова: звенья орошаемого севооборота, продуктивность, экономическая эффективность, сидеральные культуры, промежуточные культуры, зерновая единица.

Введение. Эффективность земледелия в значительной степени зависит от правильного подбора и соотношения возделываемых культур, которые позволяют получить максимальную продуктивность и сохранить плодородие почв.

Севообороты являются основой для всех агрономических мероприятий, в частности, системы обработки почвы и системы удобрения, защиты почвы от эрозии, а посевов – от сорняков, вредителей и болезней. Влияние севооборота распространяется как на все стороны жизни растений, так и на все процессы, происходящие в почве. Как следствие, правильный севооборот оказывает положительное влияние на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур [1–3].

Материалы и методы. Почвы – чернозем обыкновенный со средним содержанием легкогидролизуемого азота в пахотном слое 0,0–0,3 м (2,1–5,3 мг на 100 г почвы). По подвижным формам фосфора в пахотном слое почвы являются среднеобеспеченными (1,6–3,3 мг на 100 г почвы); содержание калия в почвах повышенное (32,0–51,0 мг на 100 г почвы); pH – 6,5–7,0.

Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3–4 %, мощность гумусового горизонта – до 0,7 м, его постепенно убывающее вглубь профильное распределение – до 1,3–1,9 %. В пахотном слое почва не уплотнена, плотность сложения в слое 0,6 м – 1,30 г/см^3, в слое 0,4 м – 1,27 г/см^3, скважность – 51,3 %. Максимальная гигроскопичность в слое 0,6 м – 11,02 %, в слое 0,4 м – 11,35 %. Гранулометрический состав почвы – тяжелый суглинок, характеризуется высокой водоудерживающей способностью: наименьшая влагоемкость в слое 0,6 м составляет 27,2 % от веса сухой почвы.

Опытные участки расположены в центральной орошаемой зоне Ростовской области. Данная территория относится к зоне с жарким, очень засушливым климатом. ГТК – менее 0,7, коэффициент увлажнения территории по Н. Н. Иванову составляет 0,33–0,44.

Главными климатическими факторами, влияющими на рост и развитие растений, являются тепло- и влагообеспеченность, которые в условиях Ростовской области характеризуются следующими показателями. Сумма положительных температур колеблется от 3200 до 3400 °С. Безморозный период длится 165–175 дней. Переход тем-

пературы через 10 °С наступает в апреле. Наиболее жарким является июль, среднемесячная температура месяца составляет 22–25 °С. Самым холодным месяцем является январь, его средняя температура – минус 5–8 °С. За год выпадает до 500 мм осадков, около половины их количества приходится на вегетационный период. В течение года осадки выпадают неравномерно и носят ливневый характер. Малое количество осадков в сочетании с высокими температурами определяет сухость воздуха и почвы, высокую вероятность засух и суховеев [4].

Агротехника в опытах разрабатывалась на основе действующих зональных систем земледелия в зависимости от предшественника и состояния поля [5].

Для решения поставленных задач были заложены полевые опыты по нескольким направлениям.

По первому направлению были изучены и обоснованы звенья орошаемых севооборотов с высокой продуктивностью, способствующие сохранению плодородия почвы.

Схема опыта. Изучить влияние звеньев севооборота на плодородие почвы и биопродуктивность орошаемых черноземов:

- вариант 1 – сахарная кукуруза – сидерат + картофель летней посадки – лук;
- вариант 2 – сахарная кукуруза – овощной горох + картофель летней посадки – лук;
- вариант 3 – сорго зерновое – сидерат + картофель летней посадки – лук;
- вариант 4 – сорго зерновое – овощной горох + картофель летней посадки – лук;
- вариант 5 – сахарная кукуруза – картофель летней посадки – лук;
- вариант 6 – сорго зерновое – картофель летней посадки – лук.

При изучении звеньев севооборота по методике В. Ф. Моисейченко и др. [6] определяли продуктивность севооборотных звеньев по таким общепринятым показателям, как выход с 1 га разного вида продукции в абсолютном (зерно, клубни и др.) и относительном (зерновые, кормовые или кормопротеиновые единицы) выражении.

Для сравнения продуктивности звеньев орошаемых севооборотов необходимо урожайность сельскохозяйственных культур привести к одному показателю. В настоящее время широко используется такой показатель, как зерновые единицы. Коэффициенты перевода представлены в приказе Минсельхоза РФ от 11 января 2013 г. № 6 «Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур» [7].

Результаты и обсуждения. Исследования показали, что в первый год ротации звена севооборота с сахарной кукурузой на первом поле (варианты 1–3) урожайность в среднем составила 11,3 т/га з. е. У зернового сорго (варианты 4–6) урожайность была выше и составила в среднем 12,3 т/га з. е. (таблица 1).

Таблица 1 – Продуктивность изучаемых звеньев орошаемого севооборота, 2009–2014 гг. [8]

Вариант опыта	Урожайность, т/га з. е.			Урожайность, т/га з. е.	
	1-й год	2-й год	3-й год	суммарная	в среднем за один год
1	2	3	4	5	6
1 Сахарная кукуруза – сидерат + картофель летней посадки – лук (к)	11,3 – –	– 8,3 + 10,9 –	– – 6,9	37,4	12,5
2 Сахарная кукуруза – овощной горох + картофель летней посадки – лук	11,3 – –	– 5,0 + 10,5 –	– – 6,8	33,6	11,2

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
3 Сахарная кукуруза – картофель летней посадки – лук	11,3 – –	– 8,8 –	– – 6,5	28,2	9,4
4 Сорго зерновое – сидерат + картофель летней посадки – лук	12,3 – –	– 7,9 + 10,6 –	– – 6,8	36,4	12,1
5 Сорго зерновое – овощной горох + картофель летней посадки – лук	12,3 – –	– 4,7 + 10,3 –	– – 6,6	32,7	10,9
6 Сорго зерновое – картофель летней посадки – лук	12,3 – –	– 8,4 –	– – 6,3	27,0	9,0
$НСР_{05}$, т	0,54–0,76				

Во второй год ротации во всех звеньях возделывался картофель летней посадки: после сидератов в вариантах 1 и 4; после овощного гороха в вариантах 2 и 5; после кукурузы в варианте 3 и после сорго сахарного в варианте 6.

Установлено, что наибольшее суммарное количество зерновых единиц получено в варианте 1 – 37,4 т/га з. е. (или в среднем за один год по 12,5 т/га з. е.). В варианте 4, в котором в первый год возделывалось сорго зерновое вместо сахарной кукурузы, продуктивность звена севооборота снизилась на 1 т з. е. (или на 2,7 %).

В вариантах 2 и 5 опыта, когда вместо сидерата возделывался овощной горох, продуктивность составила 33,6 и 32,7 т з. е. соответственно. В вариантах 3 и 6, в которых во второй год исследований проводилась обработка под картофель летней посадки по типу полупара, продуктивность одного гектара пашни была наименьшей и составила 28,2 и 27,0 т з. е.

Проведенными исследованиями доказана высокая эффективность сидеральных и промежуточных культур при возделывании овощей. Преимущество полупара под картофель летней посадки с точки зрения влияния на урожайность неоспоримо, в то же время необходимо рассматривать его эффективность в звене севооборота.

Экономическая эффективность звеньев севооборота нами определялась на основании фактических данных ЗАО «Нива» Весёловского района Ростовской области. Прямые затраты складываются из затрат на проведение всего агрокомплекса: стоимости семян, ГСМ, удобрений, пестицидов, заработной платы с начислениями, амортизационных отчислений и отчислений на текущий ремонт техники.

Стоимость валовой продукции сорго зернового и овощей рассчитывалась по фактическим ценам, сложившимся на 1 ноября 2014 г. Стоимость сахарной кукурузы, сидеральных и промежуточных культур рассчитывалась как произведение полученных зерновых единиц на стоимость пшеницы 3 класса. Исходя из сложившихся цен, на 1 октября 2014 г. рассчитана стоимость полученной продукции, а затем определен доход как разность выручки от реализации и прямых затрат.

Необходимо отметить, что во всех вариантах опыта при изучении основные агротехнические мероприятия одинаковы, различие было только в возделываемых сельскохозяйственных культурах. Поэтому при экономических расчетах принято, что по вариантам опытов изменяются только затраты на возделывание сельскохозяйственных культур и связанные с этим величины урожая, на остальные работы затраты были одинаковы.

Расчет экономической эффективности звеньев орошаемых севооборотов приводится в таблице 2.

Таблица 2 – Суммарная экономическая эффективность звеньев орошаемого севооборота

Показатель	Вариант опыта					
	1(к)	2	3	4	5	6
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	676,2	623,8	551,6	662,9	607,3	530,6
Затраты на производство, тыс. руб./га	259,4	274,9	251,1	261,2	276,7	252,9
Условный чистый доход, тыс. руб./га	416,8	348,9	300,5	401,7	330,6	277,7
Рентабельность, %	160,7	126,9	119,7	153,8	119,5	109,8

Анализ экономической эффективности звеньев севооборота показал, что наибольшая выручка (676,2 тыс. руб./га) получена в контрольном варианте. Условный чистый доход в этом варианте был также наивысшим и составил 416,8 тыс. руб./га при урожайности 37,4 т з. е./га. Уровень рентабельности – 160,7 %.

Несколько ниже были получены результаты в варианте 4: выручка составила 662,9 тыс. руб./га, условный чистый доход – 401,7 тыс. руб./га, уровень рентабельности – 153,8 %.

В вариантах опыта, в которых картофель летней посадки возделывался без сидератов и промежуточной культуры, выручка составила 551,6 и 530,6 тыс. руб./га, условный чистый доход – 300,5 и 277,7 тыс. руб./га, рентабельность – 119,7 и 109,8 %.

Таким образом, исходя из данных таблицы 2 видно, что наиболее выгодным является звено севооборота, взятое за контроль, когда были получены наибольший урожай, чистый доход и рентабельность.

Экономически менее выгодными являются звенья севооборота, когда картофель летней посадки возделывался без сидератов и промежуточной культуры.

Выводы. Установлено, что в звеньях севооборота наибольшее количество зерновых единиц в сумме за три года получено в первом варианте опыта, в котором в звене севооборота возделывались: сахарная кукуруза (поле 1); горчица в качестве сидерата под картофель летней посадки (поле 2), лук посевом семенами в грунт (поле 3) и составило 37,4 т з. е. В варианте 4, в котором в первый год возделывалось сорго зерновое вместо сахарной кукурузы, продуктивность звена севооборота снизилась на 1 т з. е. (или на 2,7 %). В вариантах 2 и 5 опыта, когда вместо сидерата возделывался овощной горох, продуктивность составила 33,6 и 32,7 т з. е. соответственно. В вариантах опыта, в которых во второй год исследований проводилась обработка под картофель летней посадки по типу полупара, продуктивность одного гектара пашни была наименьшей – 28,2 и 27,0 т з. е. Таким образом, использование сидеральных и промежуточных культур в звеньях орошаемого севооборота позволяет повысить не только продуктивность орошаемого клина, но и его экономическую эффективность.

Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Набор сельскохозяйственных культур в севообороте при периодическом орошении / С. М. Васильев, Е. С. Корепанова // Совершенствование технологий и техники орошения в современных условиях землепользования: сб. науч. тр.; под ред. В. Н. Щедрина / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2005. – С. 176–180.

2 Турулев, В. В. Севообороты орошаемых земель / В. В. Турулев, М. С. Овчаренко. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2006. – 272 с.

3 Селицкий, С. А. Высокопродуктивные звенья орошаемых севооборотов / С. А. Селицкий // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск: Геликон, 2011. – Вып. 45. – С. 140–143.

4 Агроклиматические ресурсы Ростовской области. – М.: Гидрометеоиздат, 1972. – 251 с.

5 Ресурсовлагосберегающие приемы возделывания полевых культур в орошаемых севооборотах: рекомендации / под ред. П. Д. Шевченко, Г. Т. Балакай. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 92 с.

6 Основы научных исследований в агрономии / В. Ф. Моисейченко [и др.]. – М.: Колос, 1996. – 336 с.

7 Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур: приказ Минсельхоза РФ от 11.01.2013 № 6 // Гарант Эксперт 2015 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2015.

8 Бабичев, А. Н. Влияние сидеральных и промежуточных культур в звене орошаемого севооборота на продуктивность и качество последующих культур и плодородие почвы / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 1(21). – С. 98–112. – Режим доступа: http:rosniipm-sm.ru/archive?n=388&id=396.

УДК 631.16:658.155:332.2

М. М. Мирзоев, И. И. Икрамов
Таджикский аграрный университет имени Ш. Шотемура, Душанбе,
Республика Таджикистан

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ВАХШСКОЙ ДОЛИНЫ

Цель работы – совершенствование методики оценки эффективности мероприятий посредством внедрения в нормативно-методическую базу сферы мелиорации Республики Таджикистан широко используемых и положительно зарекомендовавших себя в деятельности сопредельных отраслей экономики и за рубежом нормативных документов. Представлены рекомендации по адаптации сельскохозяйственного производства к изменению климата и предложена альтернатива запланированному варианту структуры сельскохозяйственных культур на орошении в Вахшской долине. Рекомендуемый вариант состава и структуры орошаемых культур помимо прогноза климатических условий учитывает специфику действующей структуры посевов, а также экспертные оценки специалистов сферы мелиорации и сельского хозяйства Республики Таджикистан о возможности ее изменения. Установлена целесообразность доработки в плане использования для расчетов экономической эффективности инвестиций в мелиорацию отвечающей требованиям современной рыночной экономики соответствующей нормативно-методической базы (РД АПК 3.00.01.003-03. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель), базирующейся на методологии и основополагающих принципах оценки эффективности инвестиций, распространенных в мировой практике. Предложенный вариант структуры агроценоза обеспечивает более высокие значения показателя общественной экономической эффективности от реализации в сравнении с планируемым в настоящее время в республике вариантом.

Ключевые слова: экономическая эффекивность, рекомендации, мероприятия, развитие, методология, требования, рыночная экономика, обоснованность управленческих решений.

Введение. Достижение планируемых целей хозяйственных воздействий во многом определяется достоверностью оценки эффективности инвестирования, что делает особо значимым указанный этап принятия управленческого решения [1–9]. В связи с этим надлежащая обоснованность и прозрачность теории расчета экономической действенности вновь предлагаемых мероприятий является непреходящим фактором успеха мелиоративной деятельности [10–14].

Специалистами Таджикского аграрного университет им. Ш. Шотемура выпол-

нены исследования и разработан проект улучшения мелиоративного состояния орошаемых территорий Вахшской долины в условиях изменяющегося климата [15–17]. Предложенные мероприятия в целом способствуют рациональному использованию водно-земельных ресурсов региона, повышению коэффициента водопользования, КЗИ оросительной системы, КПД сети и улучшению мелиоративного состояния орошаемых и прилегающих к ним земель. С учетом современных реалий, возможностей финансового обеспечения, развития мелиорации в республике на первом этапе запланирована реализация рекомендаций по замене традиционно возделываемых влаголюбивых культур наименее затратными засухоустойчивыми.

Для стратегического развития орошаемых земель Вахшской долины первоочередным мероприятием должна быть оценка эффективности инвестиций, основанная на узаконенной к применению методологии расчетов действенности мелиоративных проектов, соответствующая современным требованиям рыночной экономики. Это определило использование при оценке эффективности мелиораций руководящего документа Минсельхоза России – РД АПК 3.00.01.003-03 [18], базирующегося на методологии и основополагающих принципах оценки эффективности инвестиций, развитых в мировой практике.

Цель настоящей работы – совершенствование методики оценки действенности внедряемых мероприятий посредством адаптации широко используемых и положительно зарекомендовавших себя в деятельности мелиоративного сообщества нормативных документов. Результаты исследований по оценке целесообразности инвестиций в трансформацию структуры растениеводства на орошаемых землях и успешность применения документа [18] представлены далее.

Методология исследований. Главным в идеологии Методики [18] является: прогнозирование политики финансирования проекта; выявление и контроль технико-экономических показателей состояния хозяйствующего субъекта и макроэкономических показателей рынка, рисков планируемых инвестиций, воздействия мелиоративных мероприятий на экологическую ситуацию; дисконтирование денежных потоков для приведения к сопоставимому виду разновременных показателей, дифференциация форм и нормы дисконта с учетом уровня риска и целей оценки.

Результаты исследований. Состав и структура основных сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Вахшской долины настоящего времени представлены на рисунке 1.

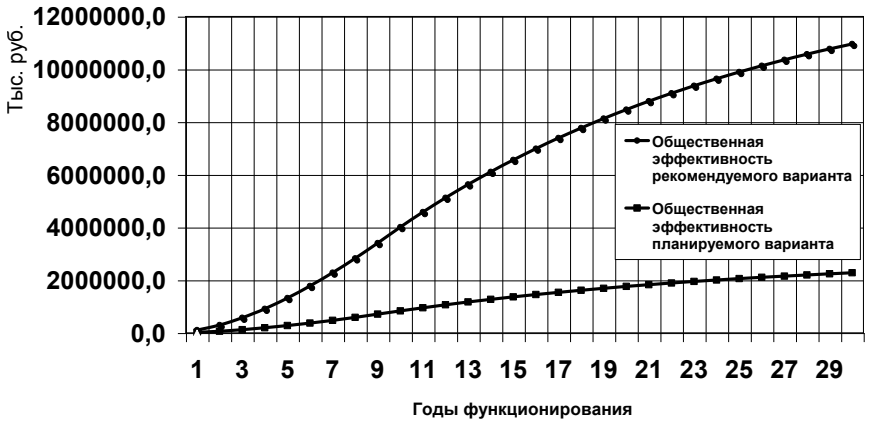
Очевидно, что хлопчатник и овощные культуры возделываются только на орошаемых землях, а доля орошения других культур изменяется от 30–40 до 90 %. Площади хлопчатника, зерновых и зернобобовых, а также овощных культур составляют соответственно 54,00–70,40; 14,00–20,39 и 7,33–11,49 % от орошаемой площади в целом. Необходимо отметить, что за период исследований (2008–2014 гг.) наблюдается увеличение площадей посева картофеля, бахчевых, фруктовых культур и виноградников почти в 1,5–2,0 раза. Вместе с тем их объемы в общей орошаемой площади составляют соответственно 2,45–3,88; 1,66–4,28; 0,18–26,00; 0,18–28,00 %, что представляется совершенно недостаточным для решения государственных задач, стоящих перед сельхозтоваропроизводителями республики. Решения этих задач направлены на повышение производства продуктов питания в аграрном секторе экономики с целью «насыщения внутреннего рынка фруктами и виноградом, увеличения объема экспорта продукции, обеспечения продовольственной безопасности страны, повышения уровня благосостояния населения и на этой основе снижения уровня бедности в республике»[1].

[1] Программа развития садоводства и виноградарства в Республики Таджикистан на 2016–2020 годы: утв. Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 декабря 2015 г. № 793 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=82736, 2017.

Исходные данные

Культура	Урожайность, т/га		Цена реализации, руб./т	Затраты на производство, руб./т
	на орошении	на богаре		
Хлопчатник	1,95		19500	11700
Зерновые и зернобобовые	2,46	1,51	5200	3120
Овощные	22,08		3250	1950
Бахчевые	25,69	16,0	9750	5850
Картофель	23,13	13,0	6500	4090
Фруктовые	3,53	15,0	7800	4680
Виноградники	4,86	24,0	8450	5070
Кормовые	9,0	6,9		

Дисконтированное сальдо приростного потока дополнительного чистого дохода для вариантов стратегического развития орошаемого земледелия в Вахшской долине



Норма дисконта – 6 %.
Период и объем мероприятий по годам реализации – 10 лет в равных объемах по годам.
Период функционирования вариантов в полном объеме – 20 лет.
Дисконтированный прирост дополнительного чистого дохода за расчетный 30 период:
- плановый вариант – 2 млрд 276 млн 900 тыс. руб.;
- рекомендуемый вариант – 10 млрд 956 млн 400 тыс. руб.

Культура	Структура площадей на 2050 г. по вариантам, га					
	плановый		рекомендуемый		действующий	
	орошение	богара	орошение	богара	орошение	богара
Хлопчатник	87120		69696		67299	
Зерновые	22470	5638,4	29211	3608	17364	32247
Овощные	17235		18958		13323	
Бахчевые	3795		10246		2936	4403
Картофель	4740		11874		3659	406
Фруктовые	360		1440		273	506,4
Виноградники	420		1646		330	771
Кормовые	13860	3299	6930	5230,4	10725	4596
Итого	150000	8838,4	150000	8838,4	115909	42929,4

Рисунок 1 – Экономическая эффективность мероприятий стратегического развития орошаемых земель Вахшской долины

В настоящее время Государственным учреждением контроля состояния и использования орошаемых земель при Министерстве мелиорации и охраны водных ресурсов Республики Таджикистан разработан план изменения структуры севооборотов на орошаемых землях, представленный на рисунке 1, который не учитывает в должной мере снижение в перспективе водности рек, связанное с климатом [15]. Рекомендуемый в качестве альтернативы вариант трансформирования сельскохозяйственного производства на орошении, также представленный на рисунке 1, создавался с учетом прогноза климатических условий, специфики действующей структуры посевов в севообороте и экспертных оценок специалистов сферы мелиорации и сельского хозяйства Республики Таджикистан о возможности ее изменения [15–17].

Согласно возможностям водообеспечения региона, прогнозируемым на период до 2050 г., на перспективу предлагается сокращение свыше 20–30 % площадей влаголюбивых культур и замена их более засухоустойчивыми. К успешно возделываемым в настоящее время на орошении и по сравнению с хлопчатником менее влаголюбивым и более устойчивым к потеплению климата, относятся зерновые, фруктовые и виноградники. Эффективное решение задач по становлению стабильного производства продуктов питания и социально-экономического развития населения обеспечивается также увеличением производства бахчевых культур.

Практическая реализация предлагаемой структуры сельскохозяйственного производства обеспечит сокращение затрат воды на орошении на 81,68 млн м^3 по сравнению с планируемым Минсельхозом Республики Таджикистан вариантом. При этом площади орошения, занятые под сады и виноградники, увеличиваются до 3086 га против 789 га в планируемой структуре орошаемых севооборотов и 603 га в действующей. Увеличение площади бахчевых культур, в сравнении с планируемой и действующей структурой севооборота, составляет соответственно 6451 и 7310 га.

Оценка общественной экономической эффективности выполнялась для вариантов структуры размещения сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, планируемого Минсельхозом Республики Таджикистан и разработанного в рамках исследований авторами (таблицы 1, 2).

Критерием целесообразности инвестиций в развитие орошаемого земледелия Вахшской долины принят дисконтированный прирост чистого дохода (ДПЧД), исчисляемый через дисконтированное сальдо приростного чистого денежного потока за период функционирования планируемых мероприятий:

$$\text{ДПЧД} = \sum_m f_m \alpha_m \geq 0\,, \qquad (1)$$

где m – количество лет в рассматриваемом шаге общего расчетного периода;

f_m – дисконтированное сальдо приростного чистого денежного потока на шаге m;

α_m – коэффициент дисконтирования,

$$\alpha_m = 1/(1+E)_m\,,$$

где E – норма дисконта, равная для оценки общественной эффективности 6 % [8].

Сумма $\sum$ распространяется на все шаги расчетного периода, m принимается равным 30 годам, из которых в первые 10 лет осуществляется реализация мероприятий по оптимизации структуры посевов в равных объемах по годам, а в оставшиеся 20 лет выполняется оценка функционирования предусмотренных мероприятий в полном объеме. Сальдо приростного чистого денежного потока на шаге m определялось с учетом результатов и затрат на землях сельскохозяйственного использования, имевших место до реализации предлагаемых вариантов. В качестве результата использовалась стоимость валовой продукции с орошаемых площадей и налоги от операционной деятельности.

Таблица 1 – Оценка общественной экономической эффективности для варианта, планируемого Минсельхозом Республики Таджикистан

Показатель (приростный)	Год функционирования										Итого за период функционирования
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1 Денежный поток от операционной деятельности:	21,3	42,5	63,8	85,1	106,3	127,6	148,9	170,1	191,4	212,7	5422,7
- притоки	55,1	110,2	165,3	220,4	275,5	330,6	385,7	440,8	495,9	551,0	13724,3
- выручка от реализации продукции (всего)	53,8	107,6	161,5	215,3	269,1	322,9	376,7	430,6	484,4	538,2	13724,3
- в том числе сельхозпроизводства	53,8	107,6	161,5	215,3	269,1	322,9	376,7	430,6	484,4	538,2	13724,3
- налоги (всего)	1,3	2,6	3,8	5,1	6,4	7,7	8,9	10,2	11,5	12,8	325,4
- в том числе налоги от сельскохозяйственного производства	1,3	2,6	3,8	5,1	6,4	7,7	8,9	10,2	11,5	12,8	325,4
- оттоки	33,8	67,7	101,5	135,3	169,2	203,0	236,8	270,6	304,5	338,3	249371,1
- издержки производства (всего)	32,6	65,1	97,7	130,2	162,8	195,3	227,9	260,4	293,0	325,6	249045,8
- в том числе издержки сельхозпроизводства	32,6	65,1	97,7	130,2	162,8	195,3	227,9	260,4	293,0	325,6	249045,8
- прибыль от операционной деятельности	20,0	40,0	60,0	80,0	99,9	119,9	139,9	159,9	179,9	199,9	5097,4
2 Сальдо денежного потока:	21,3	42,5	63,8	85,1	106,3	127,6	148,9	170,1	191,4	212,7	5422,7
- то же нарастающим итогом	21,3	63,8	127,6	212,7	319,0	446,6	595,4	765,6	957,0	1169,6	5422,7
- дисконтированное сальдо денежного потока	21,3	40,1	56,8	71,4	84,2	95,3	104,9	113,1	120,1	125,9	2276,9
- дисконтированное сальдо приростного потока	21,3	61,4	118,2	189,6	273,8	369,2	474,1	587,2	707,3	833,2	2276,9

Таблица 2 – Оценка общественной экономической эффективности для варианта, разработанного авторами

Показатель (приростный)	Год функционирования										Итого за период функционирования
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1 Денежный поток от операционной деятельности:	102,3	204,7	307,0	409,3	511,6	614,0	716,3	818,6	921,0	1023,3	26093,9
- притоки	270,5	540,9	811,4	1081,8	1352,3	1622,7	1893,2	2163,7	2434,1	2704,6	68966,7
- выручка от реализации продукции (всего)	264,3	528,6	793,0	1057,3	1321,6	1585,9	1850,2	2114,5	2378,9	2643,2	67401,1
- в том числе сельхозпроизводства	264,3	528,6	793,0	1057,3	1321,6	1585,9	1850,2	2114,5	2378,9	2643,2	67401,1
- налоги (всего)	6,1	12,3	18,4	24,6	30,7	36,8	43,0	49,1	55,3	61,4	1565,6
- в том числе налоги от сельхозпроизводства	6,1	12,3	18,4	24,6	30,7	36,8	43,0	49,1	55,3	61,4	1565,6
- оттоки	168,1	336,3	504,4	672,5	840,6	1008,8	1176,9	1345,0	1513,2	1681,3	1240780,6
- издержки производства (всего)	162,0	324,0	486,0	648,0	809,9	971,9	1133,9	1295,9	1457,9	1619,9	1239215,0
- в том числе издержки сельхозпроизводства	162,0	324,0	486,0	648,0	809,9	971,9	1133,9	1295,9	1457,9	1619,9	1239215,0
- прибыль от операционной деятельности с учетом сопредельных отраслей	96,2	192,4	288,6	384,8	480,9	577,1	673,3	769,5	865,7	961,9	24528,3
2 Сальдо денежного потока:	102,3	204,7	307,0	409,3	511,6	614,0	716,3	818,6	921,0	1023,3	26093,9
- то же нарастающим итогом	102,3	307,0	614,0	1023,3	1534,9	2148,9	2865,2	3683,8	4604,8	5628,1	26093,9
- дисконтированное сальдо денежного потока	102,3	193,1	273,2	343,7	405,3	458,8	505,0	544,4	577,8	605,7	10956,4
- дисконтированное сальдо приростного потока	102,3	295,4	568,6	912,3	1317,6	1776,4	2281,3	2825,8	3403,6	4009,3	10956,4

В затраты включены стоимость производственных расходов сельхозтоваропроизводителя и подачи воды. Исходная информация характеризуется на рисунке данными статистической отчетности по структуре посевов и урожайности на землях сельскохозяйственного использования в Вахшской долине Республики Таджикистан; ценой реализации и затратами на производство продукции растениеводства, полученными в составе настоящих исследований, и другими показателями.

Итоги оценки свидетельствуют об экономической эффективности каждого из рассмотренных вариантов возможной трансформации структуры площадей орошаемых земель. ДПЧД за расчетный 30-летний период для планируемого и рекомендуемого вариантов больше нуля и составляет соответственно 2276,9 и 10956,4 млн руб. Вместе с тем очевидна предпочтительность альтернативного варианта, разработанного авторами, как варианта, обеспечивающего более высокие значения критериального показателя, как видно из графика рисунка 1 и данных таблиц 1, 2.

Выводы. Результаты выполненных исследований позволили сформулировать рекомендации по адаптации сельскохозяйственного производства к изменению климата и предложить альтернативу планируемому варианту занятости орошаемых земель под производство продукции растениеводства в Вахшской долине Республики Таджикистан. Вариант структуры возделываемых сельскохозяйственных культур на орошении в соответствии с представленными в работе рекомендациями обеспечивает водосбережение в объеме 81,68 млн м^3 в сравнении с вариантом плановой структуры агроценозов.

Оценка целесообразности трансформации структуры орошаемых сельскохозяйственных культур осуществлялась согласно методологии и базовым принципам РД АПК 3.00.01.003-03 [18], адекватным требованиям современной рыночной экономики. Обоснование количественных критериев эффективности инвестиционного проекта базируется на дисконтировании финансовых потоков, что повышает надежность результата.

Таким образом, установлена возможность и приемлемость доработки в республике требующейся нормативно-методической базы, регулирующей методические вопросы расчетов эффективности инвестиций, адаптировать к практической мелиоративной деятельности идеологию документа [18]. Вместе с тем следует согласиться с предложением [9–21] о необходимости совершенствования базовой теории оценки эффективности документа [18] в части развития методов учета возможного риска снижения заявленных показателей доходности.

Выявлено, что разработанная на перспективу для Вахшской долины Республики Таджикистан структура орошаемых сельскохозяйственных культур экономически целесообразна. Замена влаголюбивых технических культур на более засухоустойчивые гарантирует наряду со снижением водопотребления увеличение производства продуктов питания, что важно для достижения действенного уровня продовольственной безопасности страны и благосостояния населения, обеспечивает за расчетный период положительную общественную экономическую эффективность предлагаемых мероприятий в объеме 10 млрд 956 млн 400 тыс. руб. Рекомендуемый вариант характеризуется более высокими значениями показателей экономической эффективности в сравнении с экономическими показателями планируемого в Республике Таджикистан варианта стратегического развития орошаемого земледелия.

Список использованных источников

1 Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений / Г. Т. Балакай, И. Ф. Юрченко, Е. А. Лентяева, Г. Х. Ялалова. – Германия: LAP Lambert, 2016. – 85 с.

2 Юрченко, И. Ф. Наукоемкие информационные технологии в мелиоративной деятельности / И. Ф. Юрченко // Управление экономическими системами [Электронный ресурс]. – 2005. – № 3. – С. 9–13. – Режим доступа: http:uecs.ru/uecs-03-32005.

3 Юрченко, И. Ф. Методология и компьютерная технология поддержки решений при оперативном управлении водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2012. – № 2. – С. 6–10.

4 Юрченко, И. Ф. Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Агрохимический вестник. – 2013. – № 1. – С. 25–27.

5 Юрченко, И. Ф. Исследование, создание и использование управленческих информационных технологий в сфере мелиораций / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов, В. В. Трунин // Евразийский союз ученых. – 2014. – № 4. – Ч. 13. – С. 67–69.

6 Юрченко, И. Ф. Система поддержки принятия решений по водораспределению на базе веб-технологий / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 2(14). – С. 87–97. – Режим доступа: http:rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec260-field6.pdf.

7 Юрченко, И. Ф. Нормативно-правовая база обеспечения безопасности гидротехнических сооружений / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 4(20). – С. 262–277. – Режим доступа: http:rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec385-field6.pdf.

8 Юрченко, И. Ф Информационные системы управления водохозяйственным мелиоративным комплексом / И. Ф. Юрченко // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 12–15.

9 Юрченко, И. Ф. Водосберегающая технология планирования технической эксплуатации мелиоративных систем / И. Ф. Юрченко // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2016. – № 5. – С. 53–66.

10 Бирман, Г. Экономический анализ инвестиционных проектов / Г. Бирман, С. Шмидт: [пер. с англ.]; под ред. Л. П. Белых. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 631 с.

11 Дифференциальные удельные показатели стоимости строительства (реконструкции) оросительных систем в зависимости от их технических характеристик. – М.: ГП СНЦ «Госэкомелиовод», 2001. – 45 с.

12 Лившиц, В. Н. Теория и практика оценки инвестиционных проектов в условиях переходной экономики / В. Н. Лившиц, П. А. Виленский, С. А. Смоляк. – М.: Дело, 2000. –245 с.

13 Беренс, В. Руководство по оценке эффективности инвестиций / В. Беренс, П. Хавранек. – М.: Интерэксперт, 1995. – 156 с.

14 Шарп, У. Инвестиции / У. Шарп, Г. Александер, Дж. Бэйли: [пер. с англ.]. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 145 с.

15 Мирзоев, М. М. Прогнозирование мелиоративного состояния орошаемых территорий Вахшской долины Республики Таджикистан в условиях изменения климата: дис. … канд. техн. наук: 06.01.02 / Мирзоев Мирасил Махмадназарович. – М., 2016. – 175 с.

16 Икромов, И. И. Водообеспеченность орошаемых территорий Вахшской долины Республики Таджикистан в условиях изменения климата / И. И. Икромов, М. М. Мирзоев // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения (Костяковские чтения): материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 29–30 марта 2016 г. / ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова». – М.: Изд-во ВНИИА, 2016. – С. 141–144.

17 Икромов, И. И. Водосберегающая и почвозащитная технология и техника поверхностно-бороздкового способа орошения сельскохозяйственных культур на склоновых землях / И. И. Икромов, М. М. Мирзоев // Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология: материалы междунар. науч. конф.,

г. Баку, 8 июня 2012 г., г. Габала, 9–10 июня 2012 г. – Баку – Габала, 2012. – Т. 2. – С. 1053.

18 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель: РД АПК 3.00.01.003-03: утв. 24 января 2003 г. Минсельхозом РФ № 705-2187/14. – М.: ГП СНЦ «Госэкомелиовод». – 65 с.

19 Никитин, И. Д. Учет фактора времени, неопределенности и рисков при расчетах эффективности в мелиорацию / И. Д. Никитин, З. Н. Артемьева, Е. Е. Григорашенко // Агрофизика. – 2014. – № 2(14). – С. 28–35.

20 Санникова, М. О. Теоретические основы процесса оценки рисков мелиоративных инвестиционных проектов / М. О. Санникова, В. А. Ярославский // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2012. – № 5(44). – С. 136–140.

21 Юрченко, И. Ф. Оценка рисков мелиоративных инвестиционных проектов / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 6–10.

УДК 636.084.413(476)

Ю. Н. Дуброва, Л. Е. Рыбалко
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь

СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ ЖИВОТНОВОДСТВА И КОРМОВОЙ БАЗЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Целью исследований являлся анализ состояния отрасли животноводства и кормовой базы в Республике Беларусь. Анализ статистических данных свидетельствует о том, что численность поголовья крупного рогатого скота на сельскохозяйственных предприятиях увеличилась с 3930 тыс. голов в 2011 г. до 4233 тыс. голов в 2016 г. Численность поголовья коров в 2011 г. составляла 1306 тыс. голов, а в 2016 г. – 1422 тыс. голов. В последние годы наблюдается устойчивая тенденция роста поголовья крупного рогатого скота. Однако главным фактором, сдерживающим рост производства продукции крупного рогатого скота, является низкое качество заготавливаемых травяных кормов. Недобор кормовых единиц из-за низкого качества этих кормов составляет 1,5–2,0 млн т. Использование кормов низкого качества (по сравнению с первым классом) резко снижает продуктивность животных. Чтобы компенсировать потери продукции при снижении качества кормов на один класс, требуется дополнительно расходовать 100 г концентратов на 1 кормовую единицу. Согласно данным анализов качества силосованных кормов расчетные потери при силосовании составляют более 40 % от выращенного и убранного урожая. По оценкам РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», использование кормов второго и третьего классов снижает продуктивность молочных коров на 10–27 %. Фактическое качество объемистых кормов по концентрации обменной энергии и сырого протеина (8,5 МДж и 10,5–11,0 % протеина) ниже потенциально возможного при использовании прогрессивных технологий (10 МДж и 11,5–12,0 %). Продукция молочного и мясного животноводства, произведенная на сельскохозяйственных предприятиях, составляет до 60 % от общей выручки. С учетом этого особую актуальность приобретает вопрос повышения рентабельности производства данной продукции на основе оптимизации системы кормопроизводства за счет совершенствования и применения ресурсосберегающих технологий, заготовки и хранения кормов, повышения их энергетической питательности и эффективности кормления животных.

Ключевые слова: животноводство, энергоемкость, удельный расход кормов, себестоимость, кормовые культуры, рентабельность, минеральные удобрения, урожайность, кормовая единица.

Республика Беларусь располагает благоприятными природно-климатическими, производственными условиями для развития животноводства. Энергоемкость производства молока и, особенно мяса говядины, в Республике Беларусь выше, чем в США и ведущих странах Запада. Затраты энергии на производство кормов составляют 55–65 % от всех затрат на материальное производство. Затраты на производство сельскохозяйственной продукции в Беларуси пока в 1,3−1,4 раза выше, чем в Европе, и их необходимо снижать, как заявил министр сельского хозяйства и продовольствия Леонид Заяц.

Большой удельный расход кормов на производство единицы животноводческой продукции и, соответственно, ее высокая себестоимость, в значительной степени является следствием низкого качества заготавливаемых на стойловый период травяных кормов.

В силу изменчивости по отдельным годам природно-климатических нерегулируемых человеком факторов урожайность кормовых культур, как и других, варьируется в достаточно широком диапазоне. В последние годы наблюдается увеличение заготавливаемых на стойловый период кормов, что приводит к увеличению численности поголовья скота.

Анализ статистических данных [1, 2] свидетельствует о том, что численность поголовья крупного рогатого скота в сельскохозяйственных организациях увеличилась с 3930 тыс. голов в 2011 г. до 4233 тыс. голов в 2016 г. Численность поголовья коров в 2011 г. составляла 1306 тыс. голов, а в 2016 г. – 1422 тыс. голов. В последние годы наблюдается устойчивая тенденция роста поголовья крупного рогатого скота.

В целом по Республике Беларусь посевная площадь кормовых культур в сельскохозяйственных организациях увеличилась с 2044,3 тыс. га в 2011 г. до 2571,9 тыс. га в 2015 г., в Витебской области – с 316,5 тыс. га в 2011 г. до 377,8 тыс. га в 2015 г.

Продукция молочного и мясного животноводства, произведенная на сельскохозяйственных предприятиях, составляет до 60 % от общей выручки. С учетом этого особую актуальность приобретает вопрос повышения рентабельности производства данной продукции на основе оптимизации системы кормопроизводства за счет совершенствования и применения ресурсосберегающих технологий, заготовки и хранения кормов, повышения их энергетической питательности и эффективности кормления животных.

Почти 2 млн га, т. е. более 70 % всех осушенных земель (сенокосы, пастбища, многолетние и однолетние травы на пашне) сельскохозяйственных предприятий используются для производства травяных кормов. На площади более 1 млн га построены осушительно-увлажнительные и польдерные системы, которые позволяют управлять водным режимом и были рассчитаны на интенсивное использование осушаемых земель.

Сложившийся уровень агротехники в луговом хозяйстве республики, значительные площади которого представлены осушенными торфяниками, не в полной мере позволяет рационально использовать природный азот этих почв, что особенно важно для уменьшения энергозатрат на производство сельскохозяйственной продукции. Происходит снижение доз внесения минеральных удобрений. Уменьшение внесения минеральных удобрений на один гектар сенокосов и пастбищ произошло с 119 кг д. в. в 2011 г. до 84 кг д. в. в 2015 г. При этом следует отметить, что неблагоприятная ситуация складывается с фосфорными удобрениями [1].

В кормовом балансе республики более 50 % приходится на объемистые корма, которые служат основой рациона жвачных животных в стойловый период.

С учетом сложившейся в Республике Беларусь специализации животноводства исключительно велика роль травяных кормов, которые в общем годовом рационе молочных коров и крупного рогатого скота на выращивании и откорме составляют до 70 %.

Начиная с 2011 г., урожайность сена многолетних трав уменьшилась с 34,5

до 28,3 ц/га в 2015 г., кукурузы на корм – с 320 до 175 ц/га в 2015 г. Аналогичная тенденция снижения урожая наблюдается и на пастбищах [1, 2].

Главным фактором, сдерживающим рост производства продукции крупного рогатого скота, является низкое качество заготавливаемых травяных кормов. На протяжении многих лет качество силоса, сена и сенажа, отнесенных ко II и III классу и не классным, практически не уменьшатся. Недобор кормовых единиц из-за низкого качества этих кормов составляет 1,5–2,0 млн т. Использование кормов низкого качества (по сравнению с I классом) резко снижает продуктивность животных [3–5].

Чтобы компенсировать потери продукции при снижении качества кормов на один класс, требуется дополнительно расходовать 100 г концентратов на 1 к. е. В травяных кормах – самая дешевая кормовая единица. В сравнении с концентрированными кормами стоимость ее ниже в два с лишним раза [6].

По оценкам РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», использование кормов II и III класса (по сравнению с I классом) снижает продуктивность молочных коров на 10–27 %. Фактическое качество объемистых кормов по концентрации обменной энергии (8,5 МДж) и сырого протеина (10,5–11,0 %) ниже потенциально возможного при использовании прогрессивных технологий (10 МДж и 11,5–12,0 % протеина).

В 2015 г. рентабельность от реализации молока при поддержке государства составила 14,6 %, мяса крупного рогатого скота – минус 33,7 %.

Следует отметить, что в 2015 г. в Витебской области наблюдалось увеличение численности поголовья коров по сравнению с 2011 г. на 4,1 тыс. голов. Однако производство молока на сельскохозяйственных предприятиях сократилось с 799,1 тыс. т в 2011 г. до 746,9 тыс. т в 2015 г. При этом средний удой на одну голову сократился с 3982 до 3647 кг соответственно.

Кроме того, в 2016 г. в Витебской области численность коров уменьшилась на 17 тыс. голов. Можно выделить несколько основных причин, повлекших снижение в 2016 г. численности поголовья коров дойного стада [7, 8]:

- обоснованная выбраковка коров, непригодных для дальнейшего эффективного использования (низкопродуктивных и больных, с различной патологией);
- недостоверное отражение в предыдущий период отдельными сельскохозяйственными организациями области данных о численности коров за счет необоснованного перевода телок и нетелей в основное стадо;
- необоснованное и бесконтрольное выбытие 5800 коров, в том числе дойных, в связи с их реализацией населению, крестьянско-фермерским хозяйствам и по прочим каналам сбыта.

Снижение в анализируемом периоде поголовья и продуктивности скота в Витебской области в значительной мере объясняется дефицитом кормовых ресурсов хорошего качества, обеспечивающих биологически полноценное питание животных.

Качество кормов, заготавливаемых по применяемой в настоящее время в области технологии, при послойном заполнении горизонтальных хранилищ в значительной степени зависит от складывающихся погодных условий в период заготовки. Это обстоятельство не позволяет хозяйствам в достаточном количестве получить качественный корм. Это же относится и к хозяйствам других регионов. Согласно усредненным данным анализов качества силосованных кормов, выполненных РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» в различные годы в хозяйствах республики, расчетные потери при силосовании составляют более 40 % от выращенного и убранного урожая.

Экономическая целесообразность увеличения производства полноценных кормов связана с сокращением их затрат на единицу продукции и снижением себестоимости животноводческой продукции. Использование более полноценных кормов в рационе с питательностью 39,4 к. е. против 32,0 к. е. на одну корову обеспечивает

повышение надоя молока на 40 % (на одну корову) и сокращает затраты кормов на 12,5 % (на 1 ц молока).

Тяжелое финансовое состояние более 50 % сельскохозяйственных предприятий Витебской области не позволяет им в должной мере выполнять требования технических регламентов выращивания и содержания животных, возделывания сельскохозяйственных культур.

В сложившихся экономических условиях в республике стратегическим направлением интенсификации кормопроизводства на современном этапе должен стать поиск путей совершенствования технологий, обеспечивающих снижение потерь питательных веществ при заготовке травяных кормов.

Список использованных источников

1 Статистический сборник: сельское хозяйство Республики Беларусь / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2016. – 230 с.

2 Статистический сборник: регионы Республики Беларусь. Социально-экономические показатели / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2016. – Т. 1. – 774 с.

3 Дуброва, Ю. Н. Состояние кормовой базы в Республике Беларусь / Ю. Н. Дуброва // Проблемы мелиорации, водохозяйственного обустройства сельских территорий на современном этапе: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Горки, 2001. – С. 63–65.

4 Бондарев, В. А. Высокопротеиновый силос из бобовых трав / В. А. Бондарев // Животноводство России. – 2004. – № 9. – С. 37–38.

5 Черник, П. К. Анализ качества заготовки сочных кормов в хозяйствах Горецкого района Могилевской области / П. К. Черник, Ю. Н. Дуброва, С. В. Основин // Проблемы мелиорации и водного хозяйства на современном этапе: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Горки, 1999. – Ч. 2. – С. 96–98.

6 Мальчевская, Е. И. Оценка качества и зоотехнический анализ кормов / Е. И. Мальчевская, Г. С. Миленькая. – Минск: Ураджай, 1981. – 143 с.

7 Попков, Н. Рецепт успеха – соблюдение технологических требований [Электронный ресурс] / Н. Попков // Белорусское сельское хозяйство. – Режим доступа: http:agrobelarus.by/articles/zhivotnovodstvo/nikolay_popkov_retsept_uspekha_soblyudenie_tekhnologicheskikh_trebovaniy, 04.01.2017.

8 На коллегии КГК пытались разобраться, куда за год в Витебской области делись почти 20000 дойных коров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://news.vitebsk.cc/2016/12/02/na-kollegii-kgk-pyitalis-razobratsya-kuda-za-god-v-vitebskoy-oblasti-delis-pochti-20-000-doynyih-korov/, 2017.

НАУКА – ПРАКТИКЕ

УДК 626/627.001.25

А. К. Носов
Северо-Кавказский институт по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства, Пятигорск, Российская Федерация
В. В. Трунин
Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА ЮГА РОССИИ

Цель исследований – совершенствование информационной и технологической поддержки процедур оценки безопасности ГТС, разработка эффективных мероприятий устойчивости ГТС и снижения риска их аварий на основе автоматизации управленческих решений эксплуатации мелиоративного водохозяйственного комплекса. По результатам информационно-аналитического обобщения действующих нормативно-методических и нормативно-правовых документов разработаны методические указания по установлению критериев безопасности ГТС, информационная система обоснования превентивных мероприятий по повышению исправности функционирующих ГТС юга России и выполняется их апробация в производственных условиях. Использование компьютерной системы в практике подготовки базовых материалов в институте «Севкавгипроводхоз» обеспечило снижение объемов водозабора за счет оптимизации управленческих решений от 10 до 15 %; рост показателей предотвращенного ущерба до 15 %; повышение уровня автоматизации труда лиц, принимающих решения (ЛПР), на 20 %; увеличение производительности труда на 30 %.

Ключевые слова: безопасность, мелиоративный комплекс, критерии, автоматизация, управление, компьютерная система, технико-экономические показатели.

Действенная оценка безопасности мелиоративного водохозяйственного комплекса требует наличия своевременных, доступных, полных и достоверных данных о количественных и качественных значениях состояния его гидротехнических сооружений (ГТС) [1–5].

Учитывая, что срок эксплуатации большинства ГТС юга России превышает 40–50 лет, проблема обеспечения их безопасности приобретает особую актуальность. Совершенствование системы значений и критериев анализа состояния и степени безопасности ГТС – перманентная и важная задача эксплуатирующей организации, службы надзора, собственника сооружения и прочих хозяйствующих субъектов [1–6]. Это определяет в значительной мере эффективность принимаемых решений при планировании мероприятий технической эксплуатации и выборе первоочередных объектов их реализации, что особенно важно в условиях распределения ограниченных инвестиций [1–6]. Вместе с тем в сфере мелиорации отсутствует нормативно-методическая база, регламентирующая на единой теоретической основе контроль технического состояния и оценку безопасности ГТС. В смежных отраслях актуальны документы [1–5], в должной мере не учитывающие специфику мелиоративной деятельности, основные фонды которой представлены многочисленными объектами, относящимися в большей степени к IV (наиболее маломощному) классу сооружений.

Цель исследований – совершенствование информационной и технологической поддержки процедур оценки безопасности ГТС, разработка эффективных мероприятий устойчивости ГТС и снижения риска их аварий на основе автоматизации управленческих решений эксплуатации мелиоративного водохозяйственного комплекса.

В связи с этим специалистами ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» и ОАО «Севкавгипроводхоз» разработан документ по установлению критериев безопасности ГТС, информационная система обоснования превентивных мероприятий по повышению исправности функционирующих ГТС юга России [7–10] и выполняется производственное функционирование информационной системы [11, 12]. В настоящей статье представлены основные результаты проводимых исследований.

Методология обеспечения безопасности мелиоративного комплекса основана на теории управления эксплуатацией мелиоративных систем, информационно-аналитическом обобщении литературных источников отечественных и зарубежных авторов по теме исследований за 30-летний период, а также положениях фондовых и нормативно-правовых материалов по вопросам создания и внедрения компьютерных технологий управления и собственном опыте использования систем автоматизации управленческих решений [13–31].

Положения методических указаний по установлению критериев безопасности ГТС относятся к любому типу сооружений и разработаны с учетом действующих нормативно-правовых, нормативно-методических документов и определяют [7, 9]:

- формирование контролируемых и диагностических значений состояния ГТС;
- определение пороговых уровней этих показателей;
- использование качественных характеристик для оценки безвредности ГТС.

Для анализа технического состояния эксплуатируемых объектов мелиорации предложены:

- уровни безвредности: нормальный, пониженный, неудовлетворительный, критический;
- показатели состояния объекта: исправно работоспособное, работоспособное, потенциально опасное, аварийное, качественные характеристики которых приведены в указаниях.

Критериями безвредности объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса приняты пороговые значения диагностических показателей их состояния, соответствующие нормативно-методической базе, регулирующей аварийность ГТС. Разработка показателей выбора первоочередных объектов технической эксплуатации ГТС выполнялась в соответствии с условиями:

- возможности формализации этого процесса;
- обеспечения необходимости и достаточности сведений для содействия принимаемому решению;
- достоверности ресурса поступления информации.

Пороговые значения потенциальной опасности ГТС устанавливают критерии первого уровня безвредности диагностических характеристик сооружения (К 1). Второй уровень пороговых значений диагностических характеристик (К 2) свидетельствует о предельном состоянии ГТС.

Анализ безвредности сооружения, требующий знания о положении не только отдельных элементов сооружений, но и ГТС в целом, выполняется с применением обобщенных показателей безопасности сооружения. В качестве интегрального значения, которое учитывает исправность, техническую и экологическую безвредность ГТС и значимость для общества возможных ущербов, рассматривается риск аварии.

Критериальная (пороговая) величина указанного показателя устанавливается лицом, принимающим решение, с учетом действующих нормативов. Интегральное значение состояния ГТС может использоваться при планировании эксплуатационных мероприятий по повышению его безвредности, определяя целесообразность включения конкретного ГТС в первоочередные и (или) перспективные планы капитального ремонта и реконструкции. Показатель также позволяет ранжировать ГТС в пределах степени безвредности эксплуатируемых объектов, определяемой одним из качественных значений: нормальное, пониженное, неудовлетворительное, критическое.

Для повышения востребованности разработанных методических указаний в практике планирования превентивных мероприятий технической эксплуатации ГТС

мелиоративного водохозяйственного комплекса создана компьютерная система, включающая базу данных сооружений Южного и Северо-Кавказского федеральных округов федеральной формы собственности и специализированную программу управления базой данных, реализующих требования указанного документа.

Тестирование компьютерной программы обоснования первоочередных мероприятий по обеспечению безвредности ГТС выполнялось по данным, предоставленным ОАО «Севкавгипроводхоз», территориальными органами по мелиорации и сельскохозяйственному водоснабжению Минсельхоза России о потенциально-опасных сооружениях Южного и Северо-Кавказского федеральных округов [7, 9]. Опытное и производственное функционирование осуществлялось специалистами ОАО «Севкавгипроводхоз» совместно с разработчиком – ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова».

Программный комплекс компьютерной системы предназначен для содействия решению при выборе первоочередных объектов ремонта и (или) реконструкции из общего перечня ГТС. Исходные данные учитываются и обобщаются по хозяйствующим субъектам федерального округа.

Структура программного комплекса включает следующие функциональные блоки:

- формирования, трансформации, хранения и передачи лицу, принимающему решение (ЛПР), требующейся информации;
- ведения мониторинга безвредности ГТС и определения необходимости в планово-предупредительных процедурах для потенциально опасных;
- создания фрагментов решений для планово-предупредительных работ;
- вспомогательный блок, обеспечивающий пользователю получение дополнительных сведений о ГТС и принятие решений в соответствии с собственными предпочтениями.

Результаты опытной и опытно-производственной проверки показали высокую эффективность использования информационной системы в части повышения производительности труда и действенности управляющих воздействий [12] при:

- разработке деклараций безопасности ГТС;
- установлении приоритета потенциально опасных объектов в проведении текущего и капитального ремонтов, реконструкции и других мероприятий по технической эксплуатации;
- аргументации потребности в разработке проектно-сметной документации и проведении научных исследований по оценке безвредности ГТС.

Программный комплекс базы данных не требует от пользователя специальной подготовки и высокого уровня компьютерной грамотности, включает «дружественный» интерфейс, обеспечивает широкий диалог «компьютер – пользователь». Система максимально самодокументирована и содержит описания и сообщения, выполняющие функции руководства.

Перечень потенциально опасных ГТС на территории Южного федерального округа включает 72 водохранилища, 45 плотин, 155 дамб и другие сооружения, из них особо важными для жизнеобеспечения региона являются 40 водохранилищ, 25 плотин, 20 дамб и др. (всего 135 сооружений). Общая площадь оросительных систем по субъектам федерации в ЮФО и СКФО – 1590 тыс. га.

Свод информации о состоянии ГТС Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, выполненный по объектному признаку, содержит данные о:

- ГТС округа, сгруппированных по типу и виду сооружений, дифференцированных по хозяйствующим субъектам, округам, в целом по региону;
- типах сооружений, независимо от административно-территориального деления дифференцированных по каждому округу;
- видах сооружений округа.

В период производственной проверки ГНУ «ВНИИГиМ» Россельхозакадемии совместно с ОАО «Севкавгипроводхоз» выполнили следующие работы:

- обучение специалистов ОАО «Севкавгипроводхоз» первоначальным навыкам работы с программным комплексом;
- наполнение компьютерной базы информацией о технико-экономических и эко-

логических показателях, структуре и стоимости фондов, значениях устойчивости и безвредности, техническом состоянии и системе эксплуатации;

- формирование перечней потребности в планово-предупредительных мероприятиях для отдельно расположенных ГТС и мелиоративных систем федеральной формы собственности ЮФО, дифференцированных (перечней) для субъектов федерации и в целом по округу, а также по типам и видам мелиоративных объектов;
- решение задачи оптимального распределения ограниченных инвестиций для проведения планово-предупредительных мероприятий мелиоративных объектов между субъектами федерации ЮФО и СКФО;
- формирование перечней ГТС, дифференцированных по уровням их безопасности;
- определение объемов ущерба от возможных аварий ГТС;
- формирование перечня потребности в инвестициях для проведения планово-предупредительных мероприятий на ГТС, распределенных согласно предпочтениям ЛПР;
- подготовку выходных отчетов для просмотра и печати.

Технико-экономические показатели внедрения компьютерных программ выбора комплекса мероприятий по повышению безопасности и надежности эксплуатации оросительных систем и ГТС в практику, подготовки обосновывающих материалов в институте «Севкавгипроводхоз» характеризуют:

- повышение коэффициента полезного использования воды за счет снижения объемов водозабора при оптимизации управленческих решений от 10 до 15 % (от 1663,2 до 2494,8 млн м^3);
- рост величины предотвращенного ущерба при оптимизации решений по выбору комплекса мероприятий по повышению безвредности и устойчивости ГТС до 15 % (в целом для ЮФО порядка 28,68 млрд руб.);
- повышение уровня автоматизации труда ЛПР на 20 %;
- рост производительности труда на 30 %.

Выводы. Производственная проверка в ОАО «Севкавгипроводхоз» компьютерной системы выбора комплекса мероприятий по повышению безопасности и надежности эксплуатации оросительных систем и ГТС, обеспечивающих экономию оросительной воды, показала целесообразность ее использования в производственных условиях при подготовке обосновывающих материалов и планировании бюджетного финансирования планово-профилактических мероприятий по технической эксплуатации мелиоративных объектов. Компьютерные программы переданы в производственную эксплуатацию.

Список использованных источников

1 Шестов, Г. Е. Общие принципы определения предельных значений некоторых критериев безопасности СГТС (по итогам доклада на конференции «Обеспечение безопасности и надежности судоходных гидротехнических сооружений», Петрозаводск, 6–8 августа 2013 г.) / Г. Е. Шестов, И. В. Власова, Г. В. Мельник // Гидротехника. – 2013. – № 4. – С. 30–36.

2 Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений: РД 153-34.2-21.342-00: утв. РАО «ЕЭС России» 26.12.00: введ. в действие с 01.01.01 [Электронный ресурс]. – М., 2000. – Режим доступа: http:stroyplan.ru/docs.php?showitem=38943, 2017.

3 Пособие к «Методике определения критериев безопасности гидротехнических сооружений РД 153-34.2-21.342-00»: утв. РАО «ЕЭС России» [Электронный ресурс]. – М.: ЦПТИиТО ОРГРЭС, 2001. – Режим доступа: http://snipov.net/c_4680_snip_111670.html, 2017.

4 Рекомендации по определению предельно допустимых значений показателей состояния и работы гидротехнических сооружений: П-836-85: утв. 24.12.85 инс-том «Гидропроект» [Электронный ресурс]. – М.: Минэнэрго СССР, 1985. – Режим доступа: http:vesnat.ru/nuda/rekomendacii-po-opredeleniyu-predeleno-dopustimih-znachenij-po/main.html, 2017.

5 Методические рекомендации по оценке технического состояния и уровня безопасности СГТС. – М.: Гидротехэкспертиза, 2003. – 104 с.

6 Правила эксплуатационных мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений: утв. Минсельхозпродом РФ 26.05.86. – М.: ГП СНЦ «Госэкомелиовод», 1998. – 40 с.

7 Юрченко, И. Ф. О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2014. – № 53. – С. 158–165.

8 Носов, А. К. Выявление потенциально опасных ГТС сферы мелиораций / А. К. Носов, И. Ф. Юрченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2013. – № 51. – С. 101–110.

9 Юрченко, И. Ф. Нормативно правовая база обеспечения безопасности гидротехнических сооружений / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 4(20). – С. 262–277.

10 Юрченко, И. Ф. Совершенствование оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2014. – № 53. – С. 166–170.

11 Юрченко, И. Ф. Исследование, создание и использование управленческих информационных технологий в сфере мелиораций / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов, В. В. Трунин // Евразийский союз ученых. – 2014. – № 4. – Ч. 13. – С. 67–69.

12 Nosov, A. K. Safety of Hydraulic Structures / A. K. Nosov // Фундаментальные проблемы науки: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., г. Уфа, 1 сентября 2016 г. – В 2 ч. – Уфа: Аэтерна, 2016. – Ч. 2. – С. 47–51.

13 О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ (с изменениями от 03.07.2016) // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

14 О мелиорации земель: Федеральный закон РФ от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ: по состоянию на 5 апреля 2016 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

15 О Федеральном государственном надзоре в области безопасности гидротехнических сооружений: Постановление Правительства РФ от 27 октября 2012 г. № 1108: по состоянию на 21 августа 2014 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

16 Об утверждении Инструкции о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подконтрольных Госгортехнадзору России: Постановление Госгортехнадзора России от 12 января 1998 г. № 2 // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

17 Об утверждении Положения о декларировании безопасности гидротехнических сооружений: Постановление Правительства Российской Федерации от 6 ноября 1998 г. № 1303: по состоянию на 21 августа 2014 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

18 О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий: Постановление Правительства Российской Федерации от 5 марта 2007 г. № 145: по состоянию на 7 декабря 2015 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

19 Об утверждении Положения о принятии на учет бесхозяйных недвижимых вещей: Постановление Правительства Российской Федерации от 17 сентября 2003 г. № 580: по состоянию на 12 ноября 2004 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

20 Об утверждении порядка согласования расчета вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и

юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения: Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края от 25 января 2010 г. № 30 // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

21 Об утверждении Административного регламента исполнения Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по осуществлению государственного контроля и надзора за соблюдением собственниками гидротехнических сооружений и эксплуатирующими организациями норм и правил безопасности гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений, а также гидротехнических сооружений, полномочия по осуществлению надзора за которыми переданы органам местного самоуправления): Приказ Минприроды России от 15 декабря 2009 г. № 413 // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

22 Об утверждении порядка формирования и регламента работы экспертных комиссий по проведению государственной экспертизы деклараций безопасности гидротехнических сооружений: Приказ Минприроды России от 24 июля 2009 г. № 231 // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

23 Об утверждении Порядка проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения на объектах, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору: Приказ Ростехнадзора от 19.08.2011 № 480 (с изменениями от 25.12.14) // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

24 Об утверждении квалификационных требований к специалистам, включаемым в состав экспертных комиссий по проведению государственной экспертизы деклараций безопасности гидротехнических сооружений: Приказ Минприроды России от 30 октября 2009 г. № 358 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:legalacts.ru/doc/prikaz-minprirody-rf-ot-30102009-n-358/, 2017.

25 Инструкция о порядке определения критериев безопасности и оценке состояния гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях: РД 03-443-02: утв. Постановлением Госгортехнадзора России 04.02.02 № 10: введ. в действие с 10.06.02 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:gosthelp.ru/text/RD0344302Instrukciyaopory.html, 2017.

26 Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду: РД 153-34.2-02.409-2003: утв. РАО «ЕЭС России» 24.01.03: введ. в действие 01.01.04. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2003. – 94 с.

27 Юрченко, И. Ф. Наукоемкие информационные технологии в мелиоративной деятельности / И. Ф. Юрченко // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2005. – № 3. – С. 9–13.

28 Юрченко, И. Ф. Автоматизированное управление водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2. – С. 178–184.

29 Юрченко, И. Ф. Оценка рисков мелиоративных инвестиционных проектов / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 6–10.

30 Юрченко, И. Ф. Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Агрохимический вестник. – 2013. – № 1. – С. 25–27.

31 Юрченко, И. Ф. Информационные системы управления водохозяйственным мелиоративным комплексом / И. Ф. Юрченко // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 12–15.