

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 1(69)/2018

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(69)/2018

Январь – март 2018 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

Ответственный секретарь – Л. И. Юрина

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

Технический редактор, выпускающий – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – А. И. Литовченко

Переводчик – В. В. Кульгавюк

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

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

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

Подписано в печать 16.03.2018. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 26,4. Тираж 500 экз. Заказ № 9

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 30.03.2018
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

Петров В. И., Кулик А. К., Власенко М. В. Природный потенциал песчаных земель Терско-Кумского междуречья	6
Юрченко И. Ф. Требования к агротехнологиям растениеводства на поливе.....	11
Турко С. Ю. Особенности роста и развития травосмесей на моделях разных категорий пастбищ	15
Чембарисов Э. И., Рахимова М., Мирзакобулов Ж. Проблемы мелиорации орошаемых земель Джизакской области Республики Узбекистан	20
Власенко М. В., Варакин А. Т. Ведение животноводства в степной и полупустынной зонах европейской территории России на различных по степени задернованности песках	25
Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Некоторые вопросы оптимизации распределения ресурсов при создании пастбищного хозяйства	30
Иванютин Н. М., Подовалова С. В. Результаты комплексного экологического мониторинга реки Славянки	34
Власенко М. В. Пастбищное природопользование на песчаных землях европейской территории России	42
Голобородько С. П., Тищенко Е. Д., Погинайко Е. А., Сергиенко С. В. Агробиологические основы выращивания семян люцерны в условиях регионального изменения климата в южной Степи Украины	47
Капустян А. С. Определение границ зон подтопления населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий в результате подпора грунтовых вод.....	54
Насырова Н. Р., Гловацкий О. Я., Сапаров А. Б. К вопросу реконструкции оросительных систем с машинным водоподъемом.....	58
Чураев А. А., Снопич Ю. Ф., Вайнберг М. В., Юченко Л. В. Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения.....	64
Гостищев В. Д., Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Анализ водохозяйственного комплекса р. Сал	67
Кременской В. И., Джапарова А. М. Интенсивное садоводство в Крыму на микроорошении	71
Тищенко А. П. Результаты исследований возможности выращивания хлопчатника в Крыму	76
Пунинский В. С. Совершенствование системы машин для освоения залежных, деградированных земель и восстановления функционирования мелиоративных сетей.....	82
Белых Д. В., Роскошная А. С., Медведева Л. Н. Использование умных технологий в сельском хозяйстве на конвергентной платформе Smart Agriculture	89
Лобанов Г. Л., Бондаренко В. Л., Школьная В. М. Устройство гидроэлектростанции на Веселовском водохранилище для внутрисистемного обеспечения электроэнергией оросительных систем	95
Сейтумеров Э. Э. Вопросы усовершенствования водохозяйственного комплекса Республики Крым в условиях дефицита водных ресурсов.....	99

Медведева Л. Н., Манжина С. А. Зарубежный опыт внедрения инноваций в мелиорацию.....	104
Рулева О. В., Овечко Н. Н. Агролесомелиоративные особенности орошаемых фитоценозов Волгоградской области.....	113
Полуэктов Е. В., Пляко В. В., Балакай Г. Т. Влияние состояния защитных лесных насаждений на урожайность озимой пшеницы.....	119
Ляшков М. А., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Обоснование распределения дождевальных аппаратов с учетом характеристик дождя.....	122
Роскошная А. С., Белых Д. В., Медведева Л. Н. Использование возобновляемых источников энергии (ветрогенераторных установок) при орошении сельскохозяйственных угодий в мелиоративных парках.....	126
Найденев С. В., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Оптимизация водораспределения на оросительных системах при дефиците водных ресурсов.....	132

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Рыбашлыкова Л. П., Конев С. В. Современное экологическое состояние лугопастбищных экосистем Волго-Ахтубинской поймы	137
Кисиль А. А., Васильев Д. Г., Кисиль А. А. Критерии оценки эффективности работы закрытого горизонтального дренажа и перспективы совершенствования его конструкций.....	140
Якубова Х. М., Усманов И. А. К вопросу внедрения новых водосберегающих технологий в сельском хозяйстве Узбекистана	149
Глущенко Ю. Ю., Штанько А. С., Шкура В. Н. Экспресс-метод определения среднего диаметра контура капельного увлажнения почвы.....	153
Колганов А. В., Штанько А. С. О границах контуров капельного орошения	160
Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Бабичев А. Н. К проблеме водного режима орошаемых почв в Республике Крым	166
Усманов И. А. Показатели загрязнения почвы разных типов землепользования в условиях Узбекистана	172
Дуброва Ю. Н., Савастеева Е. А., Рыбалко Л. Е., Кукреш А. С. Современное состояние и использование мелиорированных земель южной части Республики Беларусь	175
Хожанов Н. Н., Нурабаев Д. М., Естаев К. А., Турсунбаев Х. И. К вопросу совершенствования методики регулирования почвенно-мелиоративных критериев.....	180

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Ашрабова М. А. Совершенствование способов тепловой обработки бетона... ..	184
Тищенко А. И. Предотвращение перелива воды через дамбы деривационных каналов с помощью автоматических устройств.....	187
Муратов А. Р., Муратов С. М., Рахматиллаев Ш. Ф. Использование противофильтрационных покрытий на каналах в земляном русле.....	191

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Набздоров С. В. Анализ производства сахарной свеклы в Республике Беларусь по сравнению со странами СНГ и Европы	196
Лавренко С. О., Максимов Д. А., Лавренко Н. Н. Содержание белка в зерне и его условный сбор при выращивании фасоли обыкновенной (<i>Phaseolus vulgaris</i>) в орошаемых условиях на юге Украины	201

Мосейчук Я. Б. Доочистка хозяйственно-бытовых вторичных вод для их использования в сельской местности 205

ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

Куприянова С. В., Медведев А. В. Определение внешнего контекста мелиоративного сектора АПК с помощью матриц стратегического анализа 212

НАУКА – ПРАКТИКЕ

Кладиев А. К., Радочинская Л. П. Влияние сроков обрезки мелиоративно-кормового насаждения терескена серого на его рост и продуктивность 218

ОСОБОЕ МНЕНИЕ

Рамазанов А. О состоянии и структуре земельных ресурсов в орошаемой зоне Узбекистана 222

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

УДК 556.5:551.4

В. И. Петров, А. К. Кулик, М. В. Власенко

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

ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПЕСЧАНЫХ ЗЕМЕЛЬ ТЕРСКО-КУМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Целью исследований являлась оценка ресурсного потенциала песчаных земель Терско-Кумского междуречья. Познание процессов, протекающих в ландшафтах, их морфологических частях и компонентах, включает систему методических приемов изучения каждого комплекса и методику комплексных физико-географических исследований. В результате работы были рассмотрены вопросы гидрологии, геоморфологии и гидрохимии. Проанализирован режим грунтовых вод Терско-Кумского междуречья, их динамика, глубина залегания, уклон зеркала. Показан химический состав, глубина, средний дебит артезианских вод Бажиганского массива. Определен среднегодовой десукционный расход воды древесными насаждениями, виноградом и степью на Терско-Кумских песках. Установлено, что песчаные массивы междуречья имеют достаточные запасы основных питательных веществ для лесомелиоративного обустройства.

Ключевые слова: пески, почвообразовательный процесс, грунтовые воды, комплексное освоение, типы водного режима, десукционный расход воды.

V. I. Petrov, A. K. Kulik, M. V. Vlasenko

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

NATURAL POTENTIAL OF THE TEREK-KUMA INTERFLUVE SANDY SOILS

The aim of the research was to assess the resource potential of the sandy soils of the Terek-Kuma interfluve. The cognition of the processes occurring in landscapes, their morphological parts and components includes a system of procedures for studying each complex and the method of complex physical and geographical studies. As a result of the work, issues of hydrology, geomorphology and hydrochemistry were considered. The Terek-Kuma interfluve groundwater regime dynamics, groundwater depth, and the sloping water table were analyzed. The chemical content, depth, average artesian waters yield of the Bazhigan Massif is shown. The average annual desiccation water discharge by wood plantations, grapes and steppe on the Terek-Kuma sands was determined. It is found that sandy interfluve massifs have sufficient reserves of basic nutrients for forest reclamation.

Key words: sands, soil-forming process, groundwater, complex development, types of water regime, desiccation water discharge.

Введение. Наиболее полно природные богатства Терско-Кумских песков раскрываются при их комплексном освоении, которое, в свою очередь, требует изученности условий среды и знания эдафических факторов. Тепло- и светообеспеченность,

относительно высокое естественное почвенное плодородие позволяют выращивать здесь сады, виноградники, различные сельскохозяйственные культуры, создавать продуктивные пастбищные угодья.

Материалы и методы. Исследованиями вскрывается генетическая природа геологических явлений, условия происхождения и взаимозависимость современных и древних процессов. Изучения проводились по общепринятым методикам с использованием методов полевых физико-географических исследований. Применялись техники геологических, геоморфологических, гидрологических и почвенных исследований, использовались методические рекомендации и указания, в т. ч. разработанные по материалам исследований ВНИАЛМИ (в настоящее время ФНЦ агроэкологии РАН) [1, 2].

Результаты и обсуждение. Терско-Кумское междуречье – это аккумулятивная равнина со слабым уклоном к Каспийскому морю, где расположены четыре основных песчаных массива, вытянутые с северо-запада на восток. Терский массив (565 тыс. га) располагается по левобережью р. Терек. Бажиганский (50 тыс. га) и Тереклинский (60 тыс. га) массивы лежат в центре Терско-Кумского междуречья. Кумский массив – обособленный участок (80 тыс. га). Эти территории представлены на востоке комплексом слабозаросших бугристых песков с заросшими глубокими котловинами выдувания. Встречаются барханы высотой 50–60 м. Рельеф южной и юго-западной части массива представлен грядовыми, холмисто-грядовыми и среднебугристыми заросшими и полужаросшими песками. Голые пески встречаются вокруг кошар и водопоев.

Основные территории Бажиганского массива – заросшие и полужаросшие пески с холмисто-грядовыми и мелкобугристыми формами рельефа. Сохранились очаги голых мелкобарханных песков [3].

Основная форма рельефа заросших песков Тереклинского массива – мелко- и среднебугристые. Открытые пески имеют вид барханов высотой до 2–3 м. Рельеф Кумских заросших и полужаросших песков – гряды и мелкие бугры с незначительными заросшими котловинами выдувания. Встречаются кучевые пески.

Грунты зоны аэрации сложены различными литологическими разностями от песков до суглинков и глин. Обогащение пород глинистой фракции происходит по направлению на восток, в сторону Каспийского моря.

Терские серо-желтые средне-мелкозернистые пески характеризуются высокими фильтрационными свойствами и малой влагоемкостью. Содержание физической глины в них не превышает 1–2 %.

В Тереклинских и Бажиганских серо-желтых, а также в Кумских розовато-желтых мелкозернисто-пылеватых песках содержание глинистых частиц достигает 3 % и более. Гранулометрический состав пород зоны аэрации мозаичен и в горизонтальной, и в вертикальной плоскости. На Бажиганском, Тереклинском и Кумском массивах наблюдается переслаивание песчаных горизонтов супесями и суглинками.

Озерно-аллювиальные равнины, окружающие арены и частично вклинивающиеся в них, в верхней части сложены супесями и суглинками, а в нижней – песками. Породы зоны аэрации – полиминеральные, обогащенные карбонатами.

Высокое потенциальное плодородие Терско-Кумских песков обуславливает их минералогическое богатство, так как многие первичные минералы являются поставщиками элементов зольного питания для растений. Терские пески представлены совокупностью более 30 минералов. Тяжелые минералы (амфиболы, гидроокислы железа, пироксены, биотит, мусковит, доломит плюс кальцит) скапливаются во фракции < 0,25 мм в количестве 1–10 %. Легкие минералы (кварц, глинисто-слюдистые агрегаты, полевые шпаты) составляют 100 % от веса фракции > 0,25 мм и 90–99 % – от веса фракции 0,25–0,01 мм.

Длительный (в геологическом масштабе) почвообразовательный процесс сопровождается на песках разложением первичных и образованием вторичных минералов, а также накоплением глинистых частиц и органического вещества.

Чередование трансгрессий и регрессий Каспийского бассейна приводило к соответствующим перестройкам рельефа и давало направление почвообразовательному процессу.

Почвы всех массивов Терско-Кумского междуречья существенно различаются в климатическом отношении, по механическому составу и физическим свойствам. Терский и частично Тереклинский массив сложен полиминеральными, карбонатными, среднезернистыми песками. Бажиганские пески мелкозернисто-пылеватые, полиминеральные, карбонатные, более влагоемкие. Пески Кумского массива мелкозернистые и по водно-физическим свойствам близки к Бажиганским пескам.

Значительная часть Терского песчаного массива характеризуется промывным и периодически промывным типом водного режима, Бажиганский и Тереклинский – периодически промывным и непромывным, а Кумский массив – непромывным.

Климатические факторы и водно-физические свойства определили и солевой режим песчаных почвогрунтов. Преобладание промывного типа водного режима на Терских песках привело к формированию почвогрунтов с промытым профилем и пресными грунтовыми водами. Бажиганский и Тереклинский массивы имеют более сложный и более обогащенный солями профиль и в различной степени минерализованные воды. Почвогрунты Кумского песчаного массива осолены в еще большей степени.

В песчаных эоловых наносах содержится до 0,1–0,2 % гумуса. Опыт лесоразведения на Бажиганских песках показал, что эоловые наносы мощностью свыше 50 см обеспечивают питательные потребности основных древесных пород.

Наблюдается также погребение солевых горизонтов предшествовавших почвенных образований. К их числу относятся сульфатные горизонты. Расположенные в глубоких влажных, супесчаных и суглинистых частях зоны аэрации, эти горизонты мало затрагивались процессами дефляции. Там, где поверхность зоны аэрации достаточно продолжительное время находилась в свободном от растительности состоянии, произошло вымывание легкорастворимых солей в грунтовые воды.

По содержанию подвижного азота, фосфора и калия наиболее богатыми являются каштановые и светло-каштановые почвы супесчаной и супесчано-суглинистой равнины, окаймляющей песчаные арены. Содержание гумуса в этих почвах доходит до 5 % и более.

Заросшие пески имеют почвенный покров различного возраста, различной мощности и питательного достоинства.

Основную роль в формировании режима грунтовых вод Терско-Кумского междуречья играют морфологическое состояние дневной поверхности, литология и мощность зоны аэрации. Основным источником питания грунтовых вод междуречья – атмосферные осадки. Наиболее значительный фактор разгрузки – испарение [4].

Грунтовые воды движутся с запада на восток в сторону моря. Глубина залегания грунтовых вод в пределах песчаных массивов 1–10 м, может быть больше. Уклон зеркала грунтовых вод колеблется от 0,00008 до 0,0003, что свидетельствует о медленном их движении (0,05–3,0 м/год).

Водоупором для грунтовых вод служат расположенные в виде чаши глинистые морские и континентальные отложения хазарского возраста. Наиболее близко, на глубине до 25 м, водоупор залегает по периферии междуречья. В центральной части он расположен на глубине 100 м и более. Мощность водоупора в северной и юго-западной части территории составляет около 25 м, а в центральной части она сокращается, в глинистой толще появляются прослойки песков. Это создает условия для проникновения напорных артезианских вод в грунтовые.

Наиболее пресные гидрокарбонатные воды (минерализация до 1 г/дм³) распространены в центральной части Терского массива. В северном и северо-восточном направлении минерализация грунтовых вод увеличивается, а состав меняется на сульфатный, хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный. Для Кумских песков характер-

ны хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные воды с минерализацией $> 10\text{--}15 \text{ г/дм}^3$, встречаются воды с минерализацией 100 г/дм^3 и выше. На Бажиганском массиве преобладают сульфатные и хлоридно-сульфатные воды с минерализацией $3\text{--}5 \text{ г/дм}^3$.

Небольшая сумма годовых осадков при значительной испаряемости создают неблагоприятные условия для питания грунтовых вод. Открытые пески пополняют запасы грунтовых вод за счет атмосферных осадков. Заращение открытых песков травами исключает пополнение грунтовых вод пресными атмосферными осадками, пресные линзы расходуются растениями-фреатофитами, минерализация грунтовых вод возрастает. Очень быстро происходит засоление воды под полнотными кулисными древостоями.

Артезианские воды пресные (таблица 1), пригодны для орошения питомников, огородов, древесных зонтов, озеленительных посадок.

Таблица 1 – Химический состав артезианских вод Бажиганских песков

В г/дм^3						
Сумма ионов	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$
Западная часть массива						
0,475	0,244	0,043	0,069	0,039	0,037	0,043
Северо-восточная часть массива						
0,490	–	0,029	–	0,007	0,007	–
0,800	–	0,036	–	0,004	0,007	–

Артезианские воды, приуроченные к апшеронским отложениям, являются основой водоснабжения значительной части песчаной территории междуречья. Толщи, имеющие напорные воды, представлены переслаиванием песков и глин. Глинистые горизонты делят водовмещающую толщу на отдельные, различные по водообеспеченности, горизонты. Глубина артезианских скважин $100\text{--}400 \text{ м}$. Средний дебит их $1\text{--}5 \text{ л/с}$, может достигать 10 л/с и более.

В зависимости от физических свойств зоны аэрации, состояния растительности и глубины залегания грунтовых вод, на территории междуречья формируется пять типов водного режима: непромывной, периодически промывной, промывной, периодически выпотной, выпотной [4].

Терские заросшие средне-мелкозернистые пески, содержащие физической глины около $1\text{--}2 \%$, обладают влагоемкостью $3\text{--}4 \%$. Здесь при глубине грунтовых вод 110 см формируется выпотной тип водного режима, при глубине $110\text{--}260 \text{ см}$ – промывной и при глубине 260 см и более – непромывной.

Бажиганские мелкозернистые пылеватые пески содержат физической глины $3\text{--}7 \%$, их наименьшая влагоемкость – $6\text{--}9 \%$. Выпотной тип водного режима формируется при глубине грунтовых вод до 250 см , промывной – $250\text{--}400 \text{ см}$, а непромывной – свыше 400 см . Такие особенности вызваны высотой капиллярного поднятия грунтовых вод. На Терских песках она составляет в среднем 110 см , а на Бажиганских – $250\text{--}300 \text{ см}$.

На Терских, Тереклинских и Бажиганских открытых песках формируется промывной тип водного режима. Из осадков, выпадающих на песках, лишь осадки холодного периода года в количестве $110\text{--}130 \text{ мм}$ оказываются «активными». На открытых песках $50\text{--}60 \text{ мм}$ из них ежегодно уходит в грунтовые воды. Остальная часть расходуется на смачивание высушенных верхних горизонтов и на испарение.

Кумские пески лишены возможности пополнять запасы грунтовых вод за счет атмосферных осадков. Почти все годовое количество осадков расходуется здесь на смачивание иссушенных горизонтов и на испарение.

Динамика уровня грунтовых вод под открытыми песками отражает основную особенность их водного режима. Весной после оттаивания грунтов наблюдается интенсивный водоподъем за счет инфильтрации атмосферных осадков. В первую половину лета десукция древесных насаждений и трав-фреатофитов, окаймляющих пески, приво-

дит к образованию депрессии в зеркале грунтовых вод под открытыми песками и окаймляющими ландшафтами. Это приводит к снижению уровня грунтовых вод под открытыми песками, которое порой продолжается до середины зимы. Сезонные колебания уровня грунтовых вод под открытыми песками достигают 25–30 см.

Заращение открытых песков, в особенности на глубоких грунтовых водах, вызывает постепенную смену промывного типа водного режима через периодически промывной на непромывной. Даже единичные экземпляры псаммофитов создают значительные горизонты песка с пониженной влажностью. Дальнейшее заращение приводит к образованию иссушенных горизонтов такой мощности, когда активных осадков оказывается недостаточно для промачивания [5, 6].

Корневые системы основных трав расположены в верхней мертвой части зоны аэрации и экранированы от водоносного горизонта. Поэтому сезонная динамика уровня грунтовых вод под заросшими песками не ярко выражена. Обычно амплитуда колебаний уровня за период весна – лето составляет 16–18 см, в отдельные годы – 25–30 см.

Переход от промывного типа водного режима к непромывному без вмешательства человека осуществляется в течение 20–30 лет [7, 8]. Под высокополнотными древесными насаждениями смена типа водного режима происходит намного быстрее: на Бажиганских песках под кулисными насаждениями тополя импермацидный горизонт формируется в 6–7-летнем возрасте.

Лесные насаждения первые пять лет жизни расходуют запасы почвенной влаги прошлых лет и атмосферные осадки текущих [7]. К этому времени корни основных лесобразующих пород успевают достичь зоны капиллярного увлажнения. Только дополнительное водопитание за счет грунтовых вод позволяет выращивать на Терско-Кумских песках относительно высокополнотные продуктивные насаждения. В возрасте максимального текущего прироста доля грунтовых вод в общем десукционном расходе листовыми породами становится преобладающей (таблица 2).

Таблица 2 – Десукционный расход воды насаждениями и степью на Терско-Кумских песках в среднем за год [4, 9]

Вид насаждения, степь	Источник влаги		
	Атмосферные осадки	Грунтовые воды	Всего
Дуб черешчатый, 30 лет*, полн. 0,8	129,6	209,6	339,2
Тополь, 13 лет*, полн. 0,7	117,6	246,3	363,9
Сосна, 40 лет*, полн. 0,7	128,7	49,9	178,6
Виноград, 40 лет*	122,5	238,8	361,3
Степь	102,6	–	102,6
Примечание – * – возраст.			

Интенсивный отбор грунтовых вод сопровождается характерными сезонными колебаниями их уровня. Весной под насаждениями, где имеется импермацидный горизонт, грунтовые воды поднимаются за счет прилегающих необлесенных пространств с более высоким уровнем. В мае-июне уровень грунтовых вод резко падает – происходит десуктивное снижение уровня, оно продолжается до сентября. Основное пополнение (до 70 %) грунтовых вод под насаждениями происходит во время коррективного осеннего водоподъема с сентября-октября до декабря. Водоподъем идет и зимой, но менее активно.

Заключение. Терско-Кумские пески по сравнению с другими песчаными массивами юга и юго-востока европейской части РФ наиболее богаты. Однако на аренах встречаются и участки песков, лишенные питательных веществ, представляющие собой современные котловины выдувания с обнаженными и выщелоченными материнскими породами. Сложная история формирования песчаных почв, связанная с неоднократной

дефляцией, привела к их многоярусности и территориальной мозаичности. Наиболее интересными в этом отношении являются Бажиганские и Терские пески. Здесь встречаются двух- и трехъярусные почвы, представленные погребением ранних и современных примитивных почвенных образований слоем песчаных наносов соответствующего возраста. Основным источником питания грунтовых вод междуречья – атмосферные осадки. Наиболее значительный фактор разгрузки – испарение. Песчаные земли Терско-Кумского междуречья характеризуются высоким потенциальным плодородием, что обусловлено их минералогическим богатством, так как многие первичные минералы являются поставщиками элементов зольного питания для растений. Глубина залегания грунтовых вод доступна: 1–10 м, может быть больше. Эти условия благоприятны для лесомелиоративного обустройства территории.

Список использованных источников

1 Методика полевых физико-географических исследований: учеб. пособие для ун-тов и педвузов / А. М. Архангельский [и др.]. – М.: Высш. шк., 1972. – 304 с.

2 Кулик, К. Н. Рекомендации по комплексному освоению Терско-Кумских песков / К. Н. Кулик, В. И. Петров, Н. С. Зюзь. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1974. – 41 с.

3 Абумуслимова, А. А. Проблема деградации почвенно-растительного покрова Терско-Кумской низменности / А. А. Абумуслимова // Вестник Академии наук Чеченской Республики. – 2010. – № 2(13). – С. 50–52.

4 Кулик, Н. Ф. Водный режим песков аридной зоны / Н. Ф. Кулик. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 280 с.

5 Роде, А. А. Избранные труды. Т. 3. Основы учения о почвенной влаге / А. А. Роде. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. – 664 с.

6 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, 2005. – 25 с.

7 Кулик, А. К. Эколого-гидрологическая оценка воздействия сельского и лесного хозяйства на песчаные земли Верхнего Дона / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 89.

8 Кулик, А. К. Влияние песчаных массивов на опреснение и повышение водности рек Донского бассейна / А. К. Кулик // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 2. – С. 39–41.

9 Кулик, Н. Ф. Основные закономерности водного режима Терско-Кумских песков в связи с их облесением и хозяйственным освоением / Н. Ф. Кулик // Сборник трудов по освоению Терско-Кумских песков. – Ставрополь: Ставроп. кн. изд-во, 1963. – Вып. 1. – С. 19.

УДК 631.6:631

И. Ф. Юрченко

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

ТРЕБОВАНИЯ К АГРОТЕХНОЛОГИЯМ РАСТЕНИЕВОДСТВА НА ПОЛИВЕ

Цель исследований – определение приоритетных подходов к формированию агротехнологий орошаемого земледелия на основе требований научно обоснованного поливного растениеводства, использующих последние достижения инновационной теории и практики в указанной сфере сельскохозяйственного производства. Представлены результаты анализа используемых в орошаемом земледелии агротехнических операций, выявившего необходимость совершенствования требований к их разработке и использованию. Определена потребность в выполнении исследований, уста-

навливающих и изучающих отличительные свойства агротехнологий возделывания фитоценозов на орошаемых посевных площадях в увязке с технической эксплуатацией оросительных систем, в части предупреждения повторного засоления и проведения влагозарядково-опреснительных поливов, обработки почв, системы удобрения в оросительном севообороте, посева, посадки культур, ухода за ними, их уборки.

Ключевые слова: требования, агротехнологии, полив, земледелие, растениеводство, фитоценозы, энерго- и ресурсосбережение, инновации, приоритеты.

I. F. Yurchenko

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russian Federation

CROP PRODUCTION AGROTECHNOLOGIES REQUIREMENTS DURING IRRIGATION

The aim of the research is to determine the priority approaches to the formation of irrigated land-use agrotechnologies based on the requirements of scientifically based irrigated crop production using the latest achievements of innovative theory and practice in this area of agricultural production. The analysis results of field operations used in irrigated agriculture which revealed the need to improve requirements for their development and use are presented. The need in carrying out research that determines and studies the distinctive properties of agrotechnologies for phytocenoses cultivation on irrigated acreages together with the technical operation of irrigation systems, with regard to preventing resalinization and conducting water recharge and desalination irrigation, tillage, fertilizer system in irrigated crop rotation, sowing, planting, care and harvesting has been defined.

Key words: requirements, agrotechnology, irrigation, agriculture, plant growing, phytocenosis, energy and resource saving, innovations, priorities.

К важнейшим проблемам орошаемого земледелия относятся действенное использование природных ресурсов и поливной воды, исключение вторичного засоления и заболачивания почв, подбор агрофитоценозов, соответствующих требованиям полива, применение инновационных технологий сельскохозяйственного производства для достижения гарантированных урожаев соответствующего качества. Полив изменяет условия выполнения и оптимальность всего спектра агротехнических операций, оказывающих большое воздействие на использование фитоценозом поливной воды, что определяет необходимость учета в системе производства продукции на мелиорируемых землях всех звеньев комплекса агротехнологий, сочетающихся со способами и режимами полива [1–7].

Результаты анализа действующих подходов к разработке и использованию агротехнических операций в орошаемом земледелии обусловили формирование представленных ниже по тексту требований к агротехнологиям на поливе, отвечающих уровню совершенных почвозащитных систем мелиоративного растениеводства настоящего периода.

Научно обоснованное поливное растениеводство должно внедрять достижения инновационной теории и практики в сфере агротехнологий, землепользования, агрохимии, мелиорации и других наук в области сельского хозяйства. Согласно основным направлениям развития научно обоснованные комплексы агротехнологий на орошении [8]:

- имеют почвозащитный и почвоохранительный характер, обеспечивающий предотвращение эрозии, загрязнения и других негативных показателей деградации почвенного покрова;

- базируются на интенсивных операциях, которые обуславливают высокую трудоспособность;

- являются системными и гарантируют разностороннее положительное воздействие на многофакторные операции сельскохозяйственного производства.

В комплексе агротехнологий поливного растениеводства необходимо действенное решение проблем энерго- и ресурсосбережения [2, 3]. Так, ограничение водоподачи и элементов питания не должно противоречить биологическим требованиям растений к реализации прогнозируемой продуктивности, а нормативы применения средств защиты агроценозов не должны нарушать баланс экологической среды. Энергосбережение достигается также при взаимосвязи операций возделывания почвы, посева и предпосевного внесения удобрений, при использовании с поливной водой удобрений, мелиорантов, гербицидов и им подобных компонентов.

Важную роль в комплексе агротехнологий на орошении приобретают севообороты, определяющие не только состав культур, долю площадей, занятых соответствующими культурами, и очередность их следования, но и стройную систему приемов возделывания почвы, применения удобрений, режима орошения и другие процедуры, которые находятся в тесной взаимосвязи и взаимодействии [4]. Особого внимания требует применение занятых паров, введение почвозащитных севооборотов с полосным размещением однолетних культур и многолетних трав.

В условиях интенсивного земледелия, к которому, очевидно, относится орошаемое земледелие, невозможно переоценить значение операций возделывания почвы, качество которого способствует повышению действенности всех остальных агротехнологий.

Возделывание площадей поливного клина включает капитальную (основную) и эксплуатационные (текущие) планировки, зяблевую и предпосевную пахоту при сочетании ее со специальными агротехническими операциями, способствующими отводу избыточных вод, водопоглощению и улучшению аэрации (узкозагонной вспашкой, бороздованием, гребневанием, грядкованием, профилированием, лункованием, щелеванием, глубоким рыхлением, углублением пахотного слоя, чизелеванием, мульчированием и др.), почвозащитные процедуры подготовки поля под повторное использование, уход за почвой в вегетацию (разделку почвы после поливов, ликвидацию временной водопроводящей сети и т. д.) [6, 9].

Все задачи почвенной подготовки необходимо выполнять системно, взаимосвязанно с климатом и погодой, свойствами почвы, спецификой выращиваемых культур, засоренностью посевов, наличием сельскохозяйственной техники и кадров механизаторов. Практика использования действующих процедур возделывания почвы свидетельствует о том, что традиционная отвальная вспашка не может быть приемлема повсеместно из-за высокой энергоемкости и слабой отзывчивости некоторых сельскохозяйственных культур на углубление пахотного слоя. В то же время применение малоэнергоемких, почвозащитных операций (поверхностного безотвального, плоскорезного возделывания) приводит к увеличению засоренности полей, ухудшению физических свойств почвы. Необходимо оптимальное сочетание отвальных, безотвальных способов возделывания почвы в севообороте и под отдельные культуры.

В поливном растениеводстве необходимы комфортные условия для увеличения действенности удобрений, которая на орошении в 1,5–2,0 раза выше, чем без орошения [10]. Особенно ощутимый эффект получают в засушливых районах. Для формирования продукции растению нужны элементы минерального питания (в первую очередь азот, фосфор, калий), а также микроэлементы: бор, кобальт, цинк, марганец и др. С водой элементы питания активнее усваиваются и полнее воздействуют на растения, так как поливы способствуют развитию биологических процессов и химических трансформаций в системе «почва – растение». Активному усвоению питательных элементов помогает развитая мощная корневая система и наземные органы поливаемых культур. В агротехнологиях на орошении нормы внесения минеральных питательных элементов необходимо наращивать (до 30–50 кг/га) тем больше, чем выше оросительная норма. Под некоторые культуры (кукурузу, картофель, овощные, многолетние культуры и пр.) вносится также навоз (20–40 т/га), применяются и сидераты, в качестве которых высевают маш, сою, шабдар, сераделлу и др.

Таким образом, исследования эффективности систем возделывания почвы на поливе в совокупности с расчетными дозами минерального и органоминерального питания культур севооборотов, способствующих сохранению и накоплению в почве органического вещества, восстановлению запасов минеральных питательных веществ, представляют интерес.

Необходимая действенность поливов достигается только при удовлетворительном мелиоративном состоянии орошаемых земель, без сорняков, при достаточном питании. В этой связи в настоящее время приоритетное значение обретают такие процессы агротехнологий, как фертигация и гербигация, обеспечивающие подачу с поливной водой соответственно элементов питания и гербицидов [11].

Новые требования вносят поливы в операции посева и возделывания растений. Так, необходимо увеличить нормы высева семян зерновых культур на 10–15 %, пропашных – в 2 раза, иногда в 3 раза, требуется увязка направленности посева культур (близкой к горизонталям) и водопроводящей сети, осуществляется ввод перекрестных и узкорядных посевов, мульчирование и другие мероприятия. Для агротехнологий на орошении необходимы специфические операции против ирригационной эрозии, подъема уровня грунтовых вод, заболачивания, засоления и осолонцевания почвы.

Таким образом, структура агротехнологий поливного растениеводства в значительной мере обусловлена способами полива: дождеванием, в т. ч. импульсным и мелкодисперсным (аэрозольным), поверхностным, включающим поливы по бороздам, напуском по полосам, затоплением, внутрпочвенным и капельным способами полива. В связи с этим остаются приоритетными исследования, устанавливающие и изучающие отличительные свойства агротехнологий возделывания фитоценозов на орошаемых посевных площадях в увязке с технической эксплуатацией оросительных систем, в части [12–17]:

- предупреждения повторного засоления и проведения влагозарядково-опреснительных поливов;
- обработки почвы;
- системы удобрения в орошаемом севообороте;
- посева, посадки культур, ухода за ними и их уборки.

Список использованных источников

1 Временные рекомендации по влагозарядочно-опреснительным поливам дождеванием / ВНИИГиМ. – М., 1983. – 28 с.

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

3 Ресурсосберегающие приемы возделывания полевых культур в орошаемых севооборотах: рекомендации / под ред. П. Д. Шевченко, Г. Т. Балакая. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 92 с.

4 Александровская, Л. А. Социо-эколого-экономические аспекты использования мелиорированных земель в современных условиях [Электронный ресурс] / Л. А. Александровская // Экономика и экология территориальных образований. – 2017. – № 3. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/sotsio-ekologo-ekonomicheskie-aspekty-ispolzovaniya-meliorirovannyh-zemel-v-sovremennyh-usloviyah>, 2018.

5 Система земледелия и ее экономическая эффективность [Электронный ресурс] / А. Е. Шамин, А. Ю. Лисина, В. П. Заикин, А. В. Мартьянычев // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 5(72). – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/sistema-zemledeliya-i-eyo-ekonomicheskaya-effektivnost>, 2018.

6 Щитов, С. Е. Социально-экологические предпосылки развития процесса экологизации агро-мелиоративного земледелия с учетом региональных особенностей [Электронный ресурс] / С. Е. Щитов // Экономика и экология территориальных образова-

ний. – 2017. – № 3. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/sotsialno-ekologicheskie-predposylki-razvitiya-protssessa-ekologizatsii-agromeliorativno-go-zemledeliya-s-uchetom-regionalnyh>, 2018.

7 Щитов, С. Е. Формирование и развитие технологии агромелиоративного земледелия [Электронный ресурс] / С. Е. Щитов // Экономика и экология территориальных образований. – 2015. – № 1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/formirovanie-i-razvitie-tehnologii-agromeliorativnogo-zemledeliya>, 2018.

8 Каштанов, А. Н. Земледелие: избранные труды / А. Н. Каштанов. – М.: Россельхозакадемия, 2008. – 685 с.

9 Научно-методическое обеспечение нормирования водопотребления, планирования орошения, регулирования уровня плодородия почв на основе информационной технологии для предотвращения экологического дисбаланса: рекомендации / Г. В. Ольгаренко [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2006. – 104 с.

10 Петров, Н. Ю. Комплексные водорастворимые удобрения в технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья [Электронный ресурс] / Н. Ю. Петров, Е. В. Калмыкова // Известия ОГАУ. – 2017. – № 2(64). – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnye-vodorastvorimye-udobreniya-v-tehnologii-vozdelvaniya-ovoschnyh-kultur-v-usloviyah-nizhnego-povolzhya>, 2018.

11 Технологические схемы обеспечения эффективности систем капельного и внутрпочвенного орошения / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова, В. Ф. Лобойко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 1(45). – С. 170–175.

12 Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений / Г. Т. Балакай, И. Ф. Юрченко, Е. А. Лентяева, Г. Х. Ялалова. – LAP Lambert, 2016. – 85 с.

13 Повышение ответственности сельхозтоваропроизводителей за воспроизводство почвенного плодородия мелиорируемых земель / Г. Т. Балакай, И. Ф. Юрченко, Е. А. Лентяева, Г. Х. Ялалова // Агрехимический вестник. – 2015. – Т. 2, № 2. – С. 29–33.

14 Иванов, Д. А. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия – новый этап экологизации сельскохозяйственного производства / Д. А. Иванов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 9(63), ч. 2. – С. 96–100.

15 Носов, А. К. Выявление потенциально опасных ГТС сферы мелиораций / А. К. Носов, И. Ф. Юрченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2013. – Вып. 51. – С. 101–110.

16 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. – Вып. 53. – С. 158–165.

17 Юрченко, И. Ф. Планово-предупредительные мероприятия повышения надежности мелиоративных объектов / И. Ф. Юрченко // Природообустройство. – 2017. – № 1. – С. 73–79.

УДК 633.2:621.72

С. Ю. Турко

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

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ТРАВΟΣМЕСЕЙ НА МОДЕЛЯХ РАЗНЫХ КАТЕГОРИЙ ПАСТБИЩ

В статье рассматриваются результаты моделирования роста и развития растений с использованием лизиметров. Испытывались разные травосмеси на черноземовидном почвенном субстрате, кумском и бажиганском песке. Учитывались кли-

матические условия года, мера изъятия части биомассы (имитация выпаса скота). Были установлены закономерности роста растений в разной смеси, выявлены доминанты. При этом была рассмотрена картина поведения растений в разные временные периоды в течение вегетации. Сделана попытка описать динамику роста растений. Отмечается в работе то, что на рост растений влияет тип травосмесей, который привязывается к категории пастбища. Показано, что важно учитывать биологическую составляющую растений, поскольку они обладают определенным биологическим ритмом. Отсюда становится очевидным, что время выпаса должно выбираться с учетом этого ритма. Точнее, важно выбирать его с учетом биологических особенностей роста конкретных растений или их смесей.

Ключевые слова: рост, развитие, растения, травосмеси, моделирование, лизиметры, биологическая составляющая растений, биологический ритм, климатические условия.

S. Yu. Turko

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

PECULIARITIES OF GRASS MIXTURES GROWTH AND DEVELOPMENT ON MODELS OF DIFFERENT CATEGORIES OF PASTURES

The article examines the results of modeling the growth and development of plants using lysimeters are examined in the article. Different grass mixtures were tested on a chernozem-like soil substrate, Kumsky and Bazhigansky sand. The climatic conditions of the year, the measure of withdrawal of the biomass part (imitation of grazing) were taken into account. Regularities of plant growth in different mixtures were determined, dominants were revealed. At the same time, the picture of the behavior of plants in different time periods during the vegetation was examined. An attempt to describe the dynamics of plant growth is made. It is noted that the plant growth is affected by the type of grass mixtures, which is links to the category of pasture. The importance to take into account the biological component of plants, since they have a certain biological rhythm is stressed. From here it becomes obvious that the time of grazing should be chosen according to this rhythm. More precisely, it is important to choose it considering the biological characteristics of the growth of specific plants or their mixtures.

Key words: growth, development, plants, grass mixtures, modeling, lysimeters, biological component of plants, biological rhythm, climatic conditions.

Введение. Луга и пастбища, исходя из имеющихся сведений, занимают почти четвертую часть суши Земли. Они, как правило, в основном и являются базой для выпаса скота. Поэтому вполне естественно, что в мире была сделана не одна попытка создать единую теорию управления такой сложной системой, как пастбище. В основном вся работа была направлена на увязку двух компонент – роста растений и нормы выпаса. Пастбища, как известно, главным образом используются для организации выпаса скота. Вместе с тем это сложные системы, состояние которых определяется многими компонентами, в т. ч. погодными условиями, нагрузкой, временем выпаса, составом травостоя и др. [1–3].

Материалы и методы. Для получения фоновой картины аридных пастбищных экосистем на основных полупустынных и пустынно-степных почвенных субстратах были созданы имитационные лизиметрические модели мелиорированных пастбищ (ИЛММП) весенне-летнего, летнего и летне-осеннего использования [4]. При подборе травосмесей учитывались засухоустойчивость, долговечность, урожайность, питательная ценность видов, так как 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 их компенсировать [5, 6].

Закладка опытов была проведена на лизиметрических участках путем посева поликомпонентных смесей кормовых трав. При разработке пастбищных травосмесей подбирались злаковые, злаково-бобовые и злаково-полынно-бобовые травосмеси из трав ставропольской селекции (пырей удлинённого и солончакового, костра безостого Вегур и Ставропольский 35, житняка гребенчатого, овсяницы луговой, полыней белой, черной, 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 [7].

Результаты и обсуждение. Погодные условия в 2017 г. были достаточно благоприятными для роста и развития многолетних трав. В апреле выпало осадков порядка 41,0 мм. Это превышает климатическую норму в Волгоградской области более чем в 1,2 раза. В мае и июне количество выпавших осадков также было высоким (32,4 и 33,9 мм соответственно) (здесь значения были близки к среднегодовым). За весь вегетационный период осадков выпало 165,6 мм. Это близко к норме (169 мм). Температурный режим также был близок к среднегодовому [8].

Вегетация началась во второй декаде апреля, и к началу мая растения достигли высоты 25–65 см. Лучше росли растения на лизиметре, где был черноземовидный субстрат (лизиметр № 6). К 15 августа на моделях весенне-летних пастбищ высота пыреев и костров (в травосмеси ж + пр + к) составила 120–130 см. Хуже показатели были на бажиганском и кумском песках (лизиметры № 13, 15). Высота житняка в травосмеси ж + пр + к на моделях весенне-летних пастбищ в этот период здесь составила на бажиганском песке 90–100 см, а на кумском – 110–120 см.

На летних пастбищах в травосмеси ж + о + л к 15 августа на всех почвенных субстратах доминирующее положение в фитоценозе стали занимать злаки, их высота на разных почвах была примерно одинаковой (120–130 см). Люцерна в смеси ж + о + л к 15 августа на черноземовидном почвенном субстрате достигала в высоту 115–120 см, а на Бажиганском и Кумском песках этот параметр не превышал 90–100 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 %). Иначе говоря, на всех почвенных субстратах на моделях весенне-летних пастбищ доминировал житняк, а на летних и летне-осенних пастбищах – люцерна. Характерной особенностью осенних пастбищ явилось доминирование люцерны в травосмеси ж + пл + л на всех почвенных субстратах.

Надо отметить и еще одну особенность. Как для злаков, так и для люцерны и других культур прирост по отдельным временным периодам во всех случаях был не одинаковым. Это говорит о наличии определенного биологического ритма. Действительно, в период от начала вегетации до 15 мая прирост по высоте у злаков составлял 45–65 см в варианте с черноземовидным почвенным субстратом и 30–45 см на Бажиганских, Кумских песках. Наибольший прирост имеет место на 35–60-е сут от начала вегетации. Это наблюдается даже в тех вариантах, в которых производилось изъятие части биомассы (имитация выпаса) (таблица 1).

В целом ход роста растений графически можно представить некой S-образной кривой. Описать ее в упрощенном варианте можно уравнением вида:

$$q(t) = q_m \left(\frac{1}{1 + 99e^{-\lambda t}} \right), \quad (1)$$

где $q(t)$, q_m – фитомасса во время t (сутки вегетации) и в конце вегетации;

$99e$ – рассчитанный параметр, зависящий от типа растительности и величины об-
резки (имитации стравливания);

λ – ростовой коэффициент (в среднем его можно принять равным 0,078);

t – сутки вегетационного периода.

Таблица 1 – Особенности роста многолетних кормовых травосмесей на моделях пастбищ разных сезонов использования (лизиметрический комплекс ФНЦ агроэкологии РАН), 2017 г.

В см

Травосмесь, вид в травосмеси		Средняя (максимальная) высота			
		15 мая	15 июля	15 августа	15 сентября
Черноземовидные супесчаные почвы (лизиметр № 6)					
весенне-летнее пастбище					
Житняк	ж + пр + к	35 (45)	110 (120)	120 (130)	–
Пырей		35 (45)	110 (120)	120 (130)	–
Костер		35 (45)	110 (120)	120 (130)	–
летнее пастбище					
Житняк	ж + о + л	55 (65)	110 (120)	120 (130)	–
Овсяница		40 (50)	110 (120)	120 (130)	–
Люцерна		55 (65)	100 (115)	115 (120)	–
летне-осеннее пастбище					
Житняк	ж + пл + л	55 (65)	110 (120)	120 (130)	120 (135)
Полынь		20 (25)	30 (35)	40 (45)	40 (45)
Люцерна		55 (65)	110 (115)	115 (120)	120 (125)
Бажиганский песок (лизиметр № 13)					
весенне-летнее пастбище					
Житняк	ж + пр + к	30 (35)	90 (95)	90 (100)	–
Пырей		30 (35)	90 (95)	90 (100)	–
Костер		30 (35)	90 (95)	90 (100)	–
летнее пастбище					
Житняк	ж + о + л	40 (45)	110 (120)	120 (130)	–
Овсяница		25 (30)	110 (120)	120 (130)	–
Люцерна		30 (35)	80 (90)	90 (100)	–
летне-осеннее пастбище					
Житняк	ж + пл + л	35 (40)	90 (100)	110 (120)	115 (125)
Полынь		15 (20)	30 (35)	40 (45)	40 (50)
Люцерна		30 (35)	80 (90)	90 (100)	100 (115)
Кумский песок (лизиметр № 15)					
весенне-летнее пастбище					
Житняк	ж + пр + к	25 (30)	100 (110)	110 (120)	–
Пырей		25 (30)	100 (110)	110 (120)	–
Костер		25 (30)	100 (110)	110 (120)	–
летнее пастбище					
Житняк	ж + о + л	40 (45)	110 (120)	120 (130)	–
Овсяница		25 (30)	110 (120)	120 (130)	–
Люцерна		45 (50)	80 (90)	90 (100)	–
летне-осеннее пастбище					
Житняк	ж + пл + л	30 (35)	100 (110)	110 (115)	115 (120)
Полынь		10 (12)	30 (35)	40 (45)	40 (45)
Люцерна		60 (65)	80 (90)	90 (100)	100 (110)

Используя формулу (1), нужно всегда помнить об одном очень важном моменте. Дело в том, что как $q(t)$, так и q_m определяется погодными условиями вегетационного периода и питательной средой почвенного субстрата, а это говорит о том, что данная формула отражает лишь усредненную картину. Что же касается конкретики, то она определяется еще и характером происходящих событий погодного характера в вегетационный период. Поэтому конкретные значения $q(t)$ могут существенно колебаться. Чтобы это исключить, нужна привязка $q(t)$ к вероятности этих определенных событий, а точнее к температурно-влажностному режиму вегетационного периода.

Выводы. Рост и развитие травосмесей на разных категориях пастбищ определяются целым комплексом факторов: погодными и почвенными условиями, режимом инсоляции, характером травосмесей и их биологическими ритмами. В среднем закон роста растений можно представлять S -образной кривой. Однако надо учитывать, что в отдельные периоды параметры роста растений могут значительно колебаться и уходить за пределы осредняющей кривой. Все определяется колебаниями факторов погоды в вегетационный период года. Доминанты в кормовых фитоценозах определяются типом травосмесей, почвенными и погодными условиями, а также типом пастбищ. На осенне-летних пастбищах доминирует житняк, на летних и летне-осенних – люцерна.

Список использованных источников

1 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 ГАУ. – 2016. – № 2(38). – С. 18–22.

2 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: сб. науч. тр. по материалам II Междунар. науч.-практ. конф. «Перспективы развития мясного скотоводства в России и странах СНГ», июнь 2015 г. / ФГБНУ «ВНИИМС». – Оренбург: ВНИИМС, 2015. – Вып. 3(91). – С. 119–125.

3 Турко, С. Ю. Фитомелиорация деградированных угодий на основе технологии выращивания перспективных видов кормовых растений / С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 68–72.

4 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.

5 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.

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 Турко, С. Ю. Восстановление деградированных пастбищ на легких почвах с использованием высокопродуктивных фитомелиорантов / С. Ю. Турко, А. К. Кулик, М. В. Власенко // Вестник РАСХН. – 2014. – № 5. – С. 58–61.

8 Сажин, А. Н. Погода и климат Волгоградской области / А. Н. Сажин, К. Н. Кулик, Ю. И. Васильев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2017. – 333 с.

УДК 631.576

Э. И. Чембарисов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

М. Рахимова, Ж. Мирзакобулов

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

ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЖИЗАКСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

В статье приведены сведения о мелиоративном состоянии орошаемых земель Джизакской области Республики Узбекистан, включая данные о межхозяйственных и магистральных коллекторах. Приведены сведения о приближенном водно-солевом балансе орошаемой территории за различные годы. Проведенный анализ показал, что солевой баланс орошаемой зоны в области в 1980-х гг. был отрицательным: вместе с оросительной водой на поля поступало 2,37–2,88 млн т солей, а коллекторами было вынесено 3,13–3,80 млн т солей; в 2012–2013 гг. солевой баланс стал положительным, т. е. с оросительной водой на орошаемые земли поступает на 0,5–0,7 млн т солей больше, чем выносятся коллекторами.

Ключевые слова: коллекторно-дренажная сеть, площадь земель, различная степень засоленности, приближенный водно-солевой баланс, орошаемая территория.

E. I. Chembarisov

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

M. Rakhimova, Zh. Mirzakobulov

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

IRRIGATED LAND RECLAMATION ISSUES IN DZHIZAK REGION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Information on irrigated lands reclamation state in Dzhizak region of the Republic of Uzbekistan including data on inter-farm and main collectors is contained in the article. The data on the approximate water-salt balance of irrigated lands for different years is given. The conducted analysis showed that the salt balance of area's irrigated zone in the 1980s was negative: 2.37–2.88 million tons of salts were supplied to the fields together with irrigation water, and 3.13–3.80 million tons of salts were withdrawn by the main collectors; in 2012–2013 the salt balance became positive, i.e., irrigated land receives salts with irrigation water by 0.5–0.7 million tons more than what is withdrawn by collectors.

Key words: collector-drainage network, land area, different degree of salinity, approximate water-salt balance, irrigated area.

Расположение и характеристики экономического развития. Джизакская область расположена в центральной части Республики Узбекистан между реками Сырдарья и Зарафшан, граничит на севере, северо-востоке с Республикой Казахстан и Сырдарьинской областью, на юго-востоке с Республикой Таджикистан, на западе и юго-западе с Навоийской и Самаркандской областями. Территория области составляет 21,2 тыс. км², или 4,8 % территории Узбекистана (рисунок 1).



Рисунок 1 – Административное положение Джизакской области Республики Узбекистан

В состав области входят 12 административных районов: Арнасайский, Бахмальский, Галляаральский, Джизакский, Дустликский, Зааминский, Зарбдарский, Зафарabadский, Мирзачульский, Пахтакорский, Фаришский и Янгиabadский, административный центр – город Джизак.

По своим природно-климатическим условиям область относится к зоне резко континентального климата, лето жаркое, сухое, зима сравнительно мягкая. Средняя температура в январе от +1 до +4 °С, в июле – от +26 до +28 °С. За год выпадает до 400–500 мм осадков, вегетационный период длится 240–260 дней, относительная влажность составляет 78–80 %, летом – 20–40 %.

По состоянию на 1 января 2011 г. в области зарегистрировано 20,4 тыс. организаций, предприятий и других хозяйствующих субъектов (включая фермерские хозяйства), в т. ч. субъектов малого бизнеса и частного предпринимательства – порядка 18,1 тыс. единиц, или 88,9 % от общего количества. В общем количестве зарегистрированных предприятий доля предприятий негосударственной формы собственности составила 91,0 %.

В последние годы наблюдается существенное преобладание в экономике доли малого бизнеса. Наглядным примером является тот факт, что если в 2005 г. субъектами малого бизнеса произведено товаров и услуг 58,4 % от валового регионального продукта (ВРП) области, то к концу 2010 г. этот показатель достиг 77,3 %.

Население Джизакской области на 1 января 2011 г. составило 1136,1 тыс. чел. (4,0 % населения республики). Плотность населения области сравнительно низкая (54 чел./км²). В области преобладает сельское население, его доля равна 53 % (602,5 тыс. чел.).

Трудоспособное население региона составляет 633,3 тыс. чел., из них 381,6 тыс. чел. (60,3 % от общего трудоспособного населения) являются экономически занятыми. В производственном секторе сосредоточено около 66,2 % занятого населения (252,6 тыс. чел.), из которых 53,9 % заняты в сельском хозяйстве, 12,0 % – в торговле и общественном питании, 11,9 % – в промышленности, 10,1 % – в строительстве, 3,7 % – в сфере транспорта и связи и другие – 8,4 %.

Экономика области основана на сельском хозяйстве. Около 300 солнечных дней в году и резко континентальный климат дают возможность полного обеспечения населения продовольствием за счет возделывания сельскохозяйственных культур в предгорье и степной зоне.

По итогам 2010 г. доля сельского хозяйства в ВРП составила 59,6 % и произведено сельскохозяйственных товаров и услуг на сумму 827,3 млрд сумов, или 106,1 % от аналогичного показателя 2009 г.

В структуре производства валовой продукции сельского хозяйства доля дехканских хозяйств составляет 62,9 % (307,2 млрд сумов), фермерских хозяйств – 35,0 % (512,8 млрд сумов), сельхозпредприятий – 2,1 %.

Джизакская область обладает большими земельными угодьями – основным фактором развития сельского хозяйства. Так, 1,3 млн га земель из имеющихся 2,05 млн га считаются сельскохозяйственными, 0,8 млн га отведены под пастбища и 390,5 тыс. га – посевные площади (зерновые, хлопковые, бахчевые, овощные и фруктовые сады).

Наиболее ценными сельскохозяйственными культурами являются хлопчатник и пшеница. Помимо этого, культивируются овощи, бахчевые – дыни и арбузы, фрукты, виноград, а также кормовые культуры.

В 2010 г. выращено более 450 тыс. т фруктов, овощей, продукции бахчевых культур и винограда, из них экспортировано 6,76 тыс. т. Только за 2009 г. было поставлено за рубеж около 1,5 тыс. т переработанной, сушеной и замороженной продукции и их доля в общем объеме плодоовощного экспорта составляет 22,6 %.

Большое значение в сельском хозяйстве области имеет животноводство, и в частности овцеводство и птицеводство. Кроме этого, в области разводят коз и крупный рогатый скот.

Величины водозабора из рек бассейна следующие: 2012 г. – 2,39 км³, в 2013 г. – 3,10 км³.

В 2013 г. из 300,6 тыс. га обследованных орошаемых сельхозугодий засоленные составили 239,9 тыс. га, в т. ч. слабосоленые – 156,2 тыс. га (65,1 %), среднесоленые – 78,0 тыс. га (32,5 %) и сильнозасоленные – 5,7 тыс. га (2,4 %).

Джизакская область считается в основном зоной нового орошения Голодной степи. На 1 января 1979 г. орошалась площадь 197,7 тыс. га, а в 2013 г. она возросла до 300,6 тыс. га.

Земли в основном орошаются водой из р. Сырдарьи, поступающей по Южному Голодностепскому каналу (ЮГК). Меньшую роль играет сток многочисленных рек и саев, стекающих в южной части области с северного склона Туркестанского хребта. В наиболее водоносных реках (Санзар, Зааминсу) среднемесячные расходы не превышают 16,5 м³/с, а среднегодовые – 6,3 м³/с.

На севере области расположено Арнасайское понижение, куда в многоводном 1969 г. было сброшено 20,0 км³ воды из р. Сырдарьи. Для лучшей водообеспеченности земель построено Джизакское водохранилище объемом 80 млн м³, питающееся стоком р. Санзар [1, 2].

Минерализация и химический состав вод р. Зааминсу определяются у створа Дуабе, на р. Санзар – у створа Кырк. В рассматриваемых реках минерализация одинаковая и в период половодья равна 0,30–0,36 г/л, по составу сульфатно-гидрокарбонатная кальциевая (СГ-К); в межень минерализация воды возрастает до 0,5–0,6 г/л и состав не меняется.

Минерализация и состав воды р. Сырдарьи, забираемой в ЮГК, при движении по каналу меняется незначительно, что подтверждается следующими данными: в январе она была равна 1,32 г/л, в июне – 1,24 г/л, в декабре – 1,28 г/л.

Джизакская область занимает в основном территорию, которая считается новой зоной Голодной степи. Область образовалась 29 декабря 1973 г. В 1986 г. здесь ороша-

лось 279,6 тыс. га, в 2013 г. – 300,6 тыс. га. Подача на орошение с 1974 по 1986 г. увеличилась с 1,3 до 3,2 км³ воды, в 2012–2013 гг. водозабор был равен 2,4–3,1 км³.

В орошаемой зоне данной области также существует коллекторно-дренажная сеть. Общая ее протяженность в 1986 г. была равна 7863 км, а к 2015 г. возросла до 8100 км. С орошаемой территории в год отводится 0,74–0,89 км³ воды. Большая часть дренажных вод отводится коллекторами ЦК-9, ПК-6, Пограничный, Акбулак, Клы, Джизакский главный коллектор (ДГК) (рисунок 2).

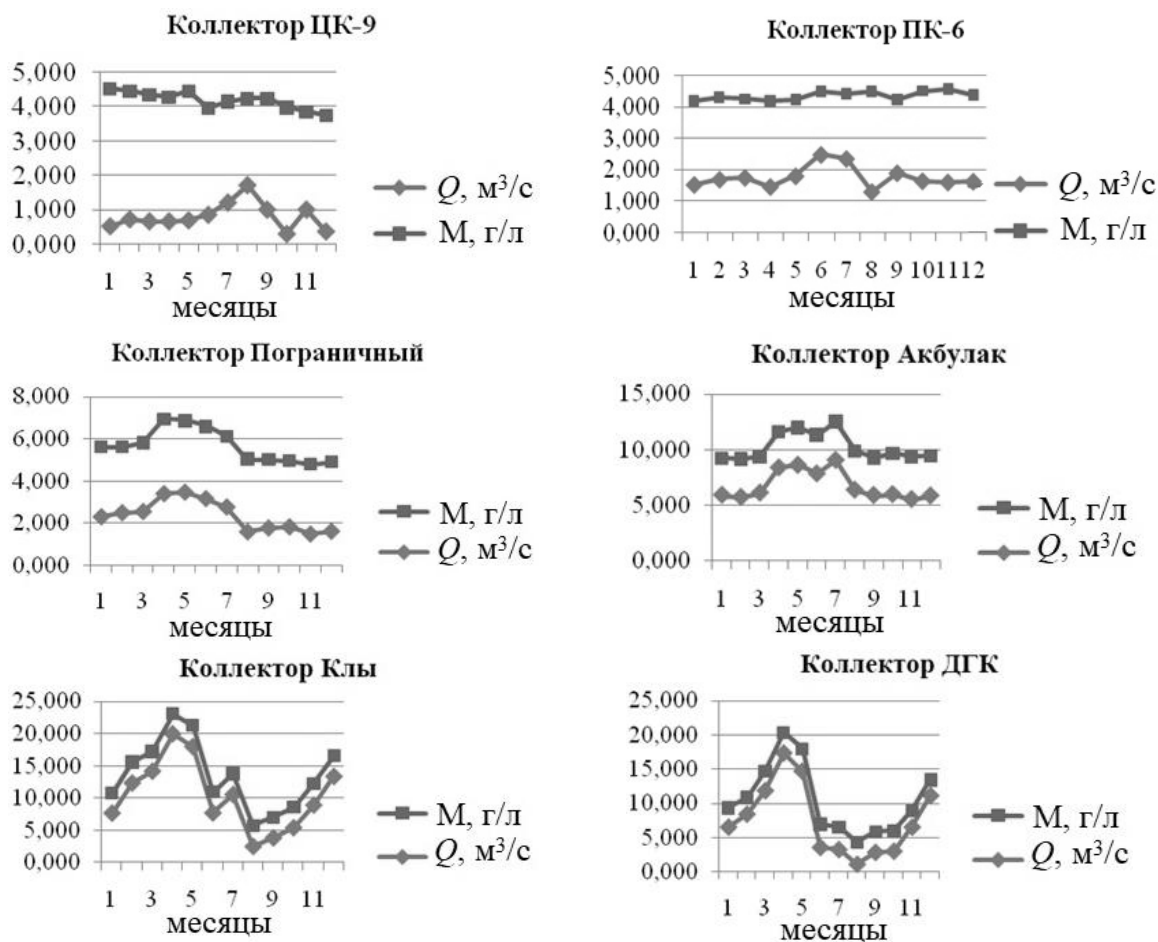


Рисунок 2 – Внутригодовое распределение расходов (Q , м³/с) и минерализации (M , г/л) коллекторно-дренажных вод в магистральных коллекторах Джизакской области в 2013 г.

Средняя величина минерализации коллекторно-дренажных вод Джизакской области в 1981 г. была равна 7,97 г/л, а в 1986 г. – 6,8 г/л, т. е. более чем в два раза выше минерализации дренажных вод старой зоны орошения Голодной степи. В 2012–2013 гг. она понизилась до 3,2–3,0 г/л. Этот факт свидетельствует о том, что территория Джизакской области более засолена, чем земли Сырдарьинской области. Это различие в величинах минерализации коллекторно-дренажных вод в разных частях Голодной степи необходимо учитывать при определении степени их минерализации.

Фактическая минерализация воды в коллекторах изменяется от 1,25 до 4,5 г/л. Анализ собранных материалов показал, что четкой зависимости между изменением расходов воды и динамикой минерализации в коллекторах не наблюдается.

По-видимому, это объясняется тем, что рассматриваемые коллекторы дренируют в основном засоленные земли со значительной минерализацией грунтовых вод (до 15–20 г/л), и поэтому повышение расходов воды в них часто не приводит к понижению ее минерализации.

Водозабор на орошение в 1977 г. составил 1,4 км³, в 1978 г. – 1,5 км³, суммарный сток дренажных вод – соответственно 421,13 и 552,04 млн м³. Часть дренажного стока используется для орошения: в 1977 г. – 49,59 млн м³, в 1978 г. – 42,88 млн м³. Общая протяженность дренажной сети в 1979 г. достигла 4325 км. При освоении новых земель потребуется строительство дополнительной дренажной сети, так как поступление солей с оросительной водой превышает их вынос.

Выводы: в 1981–1982 гг. солевой баланс орошаемой зоны в области был отрицательным: вместе с оросительной водой на поля поступало 2,37–2,88 млн т солей, а коллекторами было вынесено 3,13–3,80 млн т солей, в 2012–2013 гг. солевой баланс стал положительным, т. е. с оросительной водой на орошаемые земли поступает на 0,5–0,7 млн т солей больше, чем выносятся коллекторами.

Такая картина наблюдается, например, в Арнасайском, Галляаральском и Дусликском районах. Поэтому здесь необходимо расширить коллекторно-дренажную сеть и тем самым увеличить вынос возвратных вод с орошаемых полей. Расчеты показали, что наибольшее количество солей выносятся коллекторами Акбулак, Клы и ДГК.

Химический состав коллекторно-дренажных вод, так же как и величина минерализации, в зависимости от района орошения различен. В старой зоне орошения преобладают воды с хлоридно-сульфатным кальциево-магниевым составом (ХС-КМН). В новой зоне орошения (при значительных величинах минерализации) состав коллекторно-дренажных вод хлоридно-сульфатный магниевый (ХС-МН), т. е. они более насыщены токсичными солями.

В Арнасайском понижении минерализация воды не одинакова: наиболее повышена она в приплотинной зоне, а также в районе впадения коллектора Акбулак и Клы – до 13–15 г/л, в южной части (бывшее оз. Тузкан) – 9–10 г/л и в западной части – 4–6 г/л; по составу вода везде сульфатная натриевая (С-Н). Использование этой воды для орошения требует предварительно глубокого и полного обоснования с постановкой полевых опытов.

Расчеты показали, что в 2013 г. в Арнасайском районе среднегодовая величина расходов коллекторно-дренажных вод равна 3,02 м³/с, а среднегодовая величина минерализации составляет 4,34 г/л, в Бахмальском районе – соответственно 0,56 м³/с и 0,55 г/л, в Галляаральском районе – 0,88 м³/с и 1,32 г/л, в Джизакском районе – 4,06 м³/с и 2,73 г/л, в Дусликском районе – 2,68 м³/с и 4,22 г/л, в Зааминском районе – 4,33 м³/с и 3,47 г/л, в Зардорском районе – 4,26 м³/с и 3,52 г/л, в Зафарабадском – 2,48 м³/с и 3,83 г/л, в Мирзачульском – 2,78 м³/с и 4,42 г/л, в Пахтакорском районе – 2,96 м³/с и 3,52 г/л, в Форишском районе – 0,43 м³/с и 2,98 г/л.

Коллекторный сток Джизакской области необходимо использовать, согласуясь не только с величиной минерализации воды, но и с почвенно-мелиоративными условиями орошаемых массивов и составом выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников

1 Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна реки Амударьи): монография / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник, Р. Т. Хожамуратова. – Нукус: Каракалпакстан, 2016. – 188 с.

2 Коллекторно-дренажные воды Джизакской области Республики Узбекистан / Э. И. Чембарисов, И. Э. Махмудов, Т. Ю. Лесник, Л. Ф. Узакбаева, Ж. Б. Мирзакубулов // Водные ресурсы и водопользование. – 2017. – № 1(156). – С. 34–39.

УДК 633.2.03

М. В. Власенко, А. Т. Варакин

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

ВЕДЕНИЕ ЖИВОТНОВОДСТВА В СТЕПНОЙ И ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ НА РАЗЛИЧНЫХ ПО СТЕПЕНИ ЗАДЕРНОВАННОСТИ ПЕСКАХ

Целью исследований являлась оценка эффективности пастбищного природопользования в степных и полупустынных биоценозах песчаных земель европейской территории России (ЕТР). Установлено, что кормовая продуктивность естественных пастбищ на песчаных землях ЕТР варьирует от 0,9 т/га на средне- и слабозаросших бугристых песках до 5,2 т/га в луговом биотопе. При этом нагрузка овец на 1 га пастбищ с учетом кормовой емкости может составлять от 0,6 гол. на средне- и слабозаросших бугристых песках до 3,6 гол. в луговом биотопе, нагрузка коз на 1 га пастбищ – соответственно от 0,7 до 4,0 гол., нагрузка коров на 1 га пастбищ – соответственно от 0,1 до 0,5 гол., нагрузка лошадей на 1 га пастбищ – от 0,1 гол. на средне- и слабозаросших бугристых песках до 0,7 гол. в луговом биотопе. Кормовая продуктивность естественных пастбищ на песчаных землях полупустыни в Астраханской области (Харабали) составила 0,4 т/га с нагрузкой овец на 1 га пастбищных угодий с учетом кормовой емкости 0,2 гол., с нагрузкой коз на 1 га пастбищ 0,3 гол., с нагрузкой коров 0,04 гол. и лошадей 0,05 гол.

Ключевые слова: фитоценозы, продуктивность, пастбище, песчаные земли, нагрузка на пастбище, кормовая емкость.

M. V. Vlasenko, A. T. Varakin

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

LIVESTOCK FARMING IN THE STEPPE AND SEMIDESERT ZONES OF THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA ON SANDS DIFFERENT BY THE DEGREE OF SAND TURFNESS

The aim of the research was to assess the efficiency of pasture use in steppe and semi-desert biocenoses of sandy lands of European Russia (ETR). It has been found that the feeding capacity of range lands on sandy ETR lands varies from 0.9 t per ha on medium- and slightly-grown hummocky sands to 5.2 t per ha in a meadow biotope. At the same time the sheep pressure per pasture hectare taking into account the feeding capacity can be from 0.6 animal units on medium- and slightly-grown hummocky sands up to 3.6 animal units in the meadow biotope, the pressure of goats per 1 pasture hectare varies from 0.7 to 4.0 animal units, the pressure of cows per 1 ha of pasture is respectively from 0.1 to 0.5 animal units, the pressure of horses is from 0,1 animal unit on medium and slightly overgrown hummocky sands up to 0.7 animals units in a meadow biotope per 1 ha. The feeding capacity of range lands on sandy semi-desert lands in Astrakhan region (Kharabali) was 0.4 t per ha taking into account the sheep pressure 0.2 animal unit per 1 ha of pasture, the pressure of goats 0.3, the pressure of cows 0.04 and the pressure of horses 0.05 animals units per one ha of pasture.

Key words: phytocenoses, productivity, pasture, sandy lands, pressure on pasture, feeding capacity.

Введение. Мясное скотоводство эффективно в тех районах, где имеется большое количество дешевых кормов. Это степные и полупустынные зоны с большими площа-

дями естественных кормовых угодий. Животные некоторых специализированных мясных пород хорошо используют грубостебельчатые корма (солому, растительность тростникового типа). В отличие от многих других подотраслей животноводства мясное скотоводство менее трудоемко. Его технология не включает использование сложных машин и оборудования, требующих квалифицированного обслуживания. Технология мясного скотоводства основана на использовании в хозяйственных целях биологических ресурсов животных. Создание условий для проявления пастбищного инстинкта дает возможность сократить расходы топлива на заготовку, хранение и раздачу кормов. Технология мясного скотоводства использует способность животных адаптироваться к меняющимся условиям окружающей среды. Это позволяет содержать их зимой и в непогоду не в капитальных помещениях, а под навесами или в помещениях облегченного типа. Относительно низкая трудоемкость мясного скотоводства обуславливает его экономическое преимущество перед другими подотраслями животноводства [1].

Система производства кормов определяется в зависимости от почвенно-климатических условий, наличия естественных пастбищ, степени распаханности земель и системы содержания животных [2–4]. Значительный научный и практический интерес представляет изучение биоценозов на песчаных массивах европейской территории России (ЕТР) для определения их продуктивности, видового и химического состава травостоя, его питательности, нагрузки пастбищ при использовании в животноводстве [5].

Материалы и методы. Объектами исследований являются пастбищные экосистемы песчаных земель Донского бассейна (Усть-Кундрюченский и Казанско-Вешенский песчаные массивы) и полупустыни (Астраханская область, Харабали).

Цель исследований – выявить эффективность пастбищного природопользования в степных и полупустынных биоценозах песчаных земель европейской территории России. Программой работ было предусмотрено проведение мониторинга, оценка кормовой продуктивности естественных пастбищ и выявление нагрузки животных с учетом кормовой емкости на песчаных землях ЕТР.

В работе использовались общепринятые методики и руководства по осуществлению геоботанических обследований [6–8]. Учет прироста травостоя проводился 3–4 раза за вегетационный период, чтобы не пропустить прирост эфемеров и эфемероидов различных сроков развития. Урожайность и структуру фитоценозов определяли укосным методом.

Проводились исследования химического состава пастбищной травы по следующим методикам: общее содержание азота и сырой протеин – по Кьельдалю, сырой жир – по Сокслету, сырая клетчатка – по Геннебергу и Штоману, безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) – расчетным методом, сырая зола – сухим озолением в муфельной печи при температуре 450–500 °С.

С целью выявления рациональности использования пастбищ была определена нагрузка животных с учетом кормовой емкости. Под емкостью пастбища подразумеваем количество животных, приходящихся на 1 га пастбища за весь пастбищный период. При перегрузке пастбищ скот голодает, а при недогрузке – затаптывает траву.

Нагрузка (Н) на пастбище определялась по формуле:

$$H = U/P \cdot D,$$

где U – урожайность пастбища, кг/га;

P – продолжительность пастбищного периода, сут;

D – потребность животного в пастбищном корме, кг/(гол. · сут).

Результаты и обсуждение. В результате мониторинга комплексов фитоценозов степной экосистемы в границах Усть-Кундрюченского и Казанско-Вешенского песчаных массивов, а также Астраханской области (Харабали) была установлена кормовая продуктивность естественных пастбищ на различных по степени задернованности песках посезонно (таблица 1).

Таблица 1 – Продуктивность пастбищных угодий песчаных земель ЕТР

№ и место площадки	Май		Июль		Август		Сентябрь	
	об- щая, т/га	поеда- емая, %	об- щая, т/га	поеда- емая, %	об- щая, т/га	поеда- емая, %	об- щая, т/га	поеда- емая, %
Усть-Кундрюченский песчаный массив								
Равнинные и склоновые, слабоувалистые, песчаные и супесчаные глубоководные отложения	2,6	28,4	2,2	21,2	2,3	22,5	2,4	25,0
Заросшие бугристо-холмистые, близководные пески	2,2	97,6	1,8	94,0	1,9	94,7	2,0	96,1
Средне- и слабозаросшие бугристые, близководные пески	1,2	82,0	0,7	77,5	0,9	77,8	0,9	79,3
Луговой биотоп	5,4	73,2	5,0	70,2	5,1	71,3	5,2	72,4
Казанско-Вешенский песчаный массив								
Равнинные и склоновые, слабоувалистые, песчаные и супесчаные отложения	2,9	54,1	2,5	49,9	2,5	50,7	2,7	52,0
Заросшие бугристо-холмистые пески	2,5	62,3	2,1	58,7	2,2	59,5	2,4	61,4
Средне- и слабозаросшие бугристые пески	1,3	69,0	0,8	67,2	0,8	67,3	0,9	68,0
Астраханская область, Харабали								
Средне- и слабозаросшие пески	0,5	75,1	0,3	72,0	0,3	73,1	0,4	73,6

На Усть-Кундрюченском песчаном массиве оптимальными для выпаса животных являются пастбищные угодья на заросших бугристо-холмистых близководных песках. С ранней весны до осенней поры, хотя продуктивность пастбищ здесь и меняется (в мае – 2,2 т/га, в июле – августе – 1,8–1,9 т/га, в сентябре – 2,0 т/га), поедаемая масса всегда остается свыше 90 %. Хорошей продуктивностью также отличается луговой биотоп. При продуктивности 5,0–5,4 т/га доля поедаемой фитомассы во все сезоны составляет более 70 %.

На равнинных и склоновых, слабоувалистых, песчаных и супесчаных глубоководных отложениях Усть-Кундрюченского массива, несмотря на то, что продуктивность здесь достигает 2,3–2,6 т/га в зависимости от сезона года, выпас менее рационален, так как доля поедаемой массы на этих землях не достигает 30 %. Фитоценозы на средне- и слабозаросших бугристых, близководных песках массива отличаются наименьшей продуктивностью (0,7–1,2 т/га), однако доля поедаемой фитомассы достигает 77–82 %.

На Казанско-Вешенском песчаном массиве наибольшей продуктивностью отличаются равнинные и склоновые, слабоувалистые, песчаные и супесчаные отложения (2,5–2,9 т/га). Но при этом доля поедаемой фитомассы в фитоценозах наименьшая и составляет 50–54 %. Особенно низкая (49,9 %) – в июле, наибольшая (54,1 %) – в мае.

Фитоценозы на средне- и слабозаросших бугристых песках Казанско-Вешенского песчаного массива, как и Усть-Кундрюченского песчаного массива, отличаются наименьшей продуктивностью (0,8–1,3 т/га).

В полупустыне Астраханской области средне- и слабозаросшие бугристые пески

также отличаются низкой продуктивностью (0,3–0,5 т/га), доля поедаемой фитомассы при этом во все сезоны свыше 70 %.

На Усть-Кундрюченском песчаном массиве был выявлен следующий химический состав фитоценозов при натуральной влажности: общий азот – 0,91 %, сырой протеин – 5,7 %, сырой жир – 2,0 %, сырая клетчатка – 15,0 %, БЭВ – 22,1 % и сырая зола – 3,3 %.

На Казанско-Вешенском песчаном массиве химический состав фитоценозов при натуральной влажности был следующим: общий азот – 0,88 %, сырой протеин – 5,5 %, сырой жир – 1,9 %, сырая клетчатка – 14,7 %, БЭВ – 21,8 % и сырая зола – 3,5 %.

В Астраханской области (Харабали) химический состав фитоценозов при натуральной влажности: общий азот – 1,07 %, сырой протеин – 6,7 %, сырой жир – 3,0 %, сырая клетчатка – 19,1 %, БЭВ – 25,6 % и сырая зола – 4,4 %.

Характеризуя ведение животноводства на песчаных массивах Среднего Дона, нужно отметить, что наиболее широко они могут использоваться под умеренный выпас. И чем тип богаче, тем больше его кормовое значение. По своему кормовому значению (подножному корму) участки II типа по хозяйственным соображениям могут пойти под выпас. Такими местами для выпаса могут быть участки со среднегумусированными почвами. Кормовое значение этих участков невелико, и только на большой территории возможен прокорм скота. В пищу скоту идут все злаки, встречающиеся на этих песках, но их не много по массе. В засушливые годы, когда растительность на песках развивается хуже, наблюдаются частые случаи поедания полыней. В весеннее время, пока растения молоды и нежны и полыни не имеют большой горечи, растительной массы немного, скотом поедаются и они. Однако известно, что в других местах полыни составляют постоянный корм рогатого скота. При этом овцы и козы менее прихотливы. Сколько голов скота и в какой период вегетации может без разрушения поверхности песков пастись на гектаре, сказать без специальных наблюдений невозможно. Но можно предполагать, что норма должна быть не менее 2 га на голову в среднем, в то время как сейчас она вдвое ниже. В результате такой перегрузки заросшие пески переводятся в нехозяйственную площадь. Сократившееся ранее количество скота способствовало переходу многих участков сыпучих песков в полузаросшие и последних в покрытые сплошь растительностью. Несмотря на это, прежние – материнские – типы песков не восстановились. И это вполне понятно, так как и образование почвы, и образование других признаков материнских типов I и II происходит не за десяток лет, а за тысячелетия.

Продолжительность пастбищного периода для разных животных варьирует, так как зависит от природно-климатических, экономических, погодных и других условий. В настоящее время в исследуемых пастбищных экосистемах песчаных земель Донского бассейна (Воронежской, Волгоградской, Ростовской областей) продолжительность пастбищного периода для овец в среднем составляет 180 дней, полупустыни (Астраханская область, Харабали) – 210 дней, для коз – 180 и 210 дней соответственно, для КРС – 180 и 200 дней соответственно, для лошадей – 185 и 200 дней соответственно.

В регионе применяется стойлово-пастбищное содержание коз. Стойловый период начинается в ноябре и продолжается 180 дней, а пастбищный начинается с мая и длится 185 дней. В стойловый период коз содержат на тырле, возле кошары или на базу на соломенной подстилке с открытым доступом в помещение. В среднем взрослая коза может съесть 7 кг травы в сутки и более. В зимний период при хорошей погоде и неглубоком снежном покрове коз можно пасти. Содержание на базу и пастьба коз в зимний период способствуют укреплению организма, лучшему поеданию кормов, росту пуха и шерсти. Однако в ненастную погоду, гололедицу, сильные туманы и ветры со снегом, при глубоком снежном покрове (более 20 см) коз не выпасают.

Лошадей содержат на пастбище 135–365 дней в году. Поэтому основой их летнего кормления является трава. При разведении лошадей учитывают продуктивность пастбищ, процент использования их лошадьми, а отсюда – размеры пастбищных

угодий в связи с численностью лошадей. Нагрузку лошадей на пастбище исчисляют, исходя из того, что взрослая лошадь в сутки потребляет 20–25 кг сухой растительности (зима, летняя засуха) и 40–50 кг зеленой травы.

С целью выявления рациональности использования пастбищ сельскохозяйственными животными (овцами, козами, КРС, лошадьми), разводимыми на территории песчаных земель Донского бассейна и полупустыни (Астраханская область, Харабали), была определена их нагрузка с учетом кормовой емкости. Установлено, что наибольшую нагрузку скота выдерживают фитоценозы на территории равнинных и склоновых, слабоувалистых, песчаных и супесчаных глубоководных отложений и лугового биотопа (таблица 2).

Таблица 2 – Нагрузка на пастбищные угодья песчаных земель ЕТР с учетом кормовой емкости

Место площадки	В гол./га			
	Овцы	Козы	КРС	Лошади
Усть-Кундрюченский песчаный массив				
Равнинные и склоновые, слабоувалистые, песчаные и супесчаные глубоководные отложения	1,7	1,8	0,2	0,3
Заросшие бугристо-холмистые, близководные пески	1,4	1,5	0,2	0,3
Средне- и слабозаросшие бугристые, близководные пески	0,6	0,7	0,1	0,1
Луговой биотоп	3,6	4,0	0,5	0,7
Казанско-Вешенский песчаный массив				
Равнинные и склоновые, слабоувалистые, песчаные и супесчаные отложения	1,9	2,1	0,3	0,4
Заросшие бугристо-холмистые пески	1,6	1,8	0,2	0,3
Средне- и слабозаросшие бугристые пески	0,7	0,8	0,1	0,1
Астраханская область, Харабали				
Средне- и слабозаросшие пески	0,2	0,3	0,04	0,05

Наименьшей нагрузке следует подвергать территории со средне- и слабозаросшими бугристыми, близководными песками как степных, так и полупустынных песчаных земель ЕТР (на Усть-Кундрюченском массиве – 0,1–0,6 гол./га, на Казанско-Вешенском – 0,1–0,8 гол./га, в Астраханской области – 0,04–0,30 гол./га), так как эти территории в настоящее время наиболее уязвимы (таблица 2).

Из 800 видов растений, потребляемых животными, овцы используют более 250, КРС – 460, лошади – 416. Овцы поедают 46 видов полыней из 91, лошади – 39, коровы – 24. Из 181 вида солянок овцами поедается 132, лошадьми – 48, коровами – 39. Козы, кроме того, поедают еще и солесодержащие растения, кустарники, что полезно в борьбе с закустаренностью лугов и пастбищ. Овцы и козы подвижны и выносливы, могут делать большие переходы и потреблять растительность степных, пустынных, полупустынных и других пастбищ. Объясняется это не только физиологическими, но и анатомическими особенностями этих животных, которые позволяют поедать низкорослую, изреженную растительность и даже на скудных пастбищах находить себе корм. Овцы и козы хорошо используют все типы пастбищ и неприхотливы к их качеству. Эти животные поедают наибольшее количество растений, включая горькие, сильнопахнущие, колючие травы, сорняки. Это их свойство имеет большую практическую ценность, так как повышает эффективность использования земли, и особенно тех угодий, которые непригодны под посевы сельскохозяйственных культур или для пастбы других видов сельскохозяйственных животных.

Заключение. Установлено, что кормовая продуктивность естественных пастбищ на песчаных землях ЕТР варьирует от 0,9 т/га на средне- и слабозаросших бугристых

песках до 5,2 т/га в луговом биотопе. При этом нагрузка овец на 1 га пастбищ с учетом кормовой емкости может составлять от 0,6 гол. на средне- и слабозаросших бугристых песках до 3,6 гол. в луговом биотопе, нагрузка коз на 1 га пастбищ – соответственно от 0,7 до 4,0 гол., нагрузка коров на 1 га пастбищ – соответственно от 0,1 до 0,5 гол., нагрузка лошадей на 1 га пастбищ – от 0,1 гол. на средне- и слабозаросших бугристых песках до 0,7 гол. в луговом биотопе. Кормовая продуктивность естественных пастбищ на песчаных землях полупустыни в Астраханской области (Харабали) составила 0,4 т/га с нагрузкой овец на 1 га пастбищных угодий с учетом кормовой емкости 0,2 гол., с нагрузкой коз на 1 га пастбищ 0,3 гол., с нагрузкой коров 0,04 гол. и лошадей 0,05 гол. Наибольшую нагрузку скота выдерживают равнинные и склоновые, слабоувалистые, песчаные и супесчаные глубоководные отложения и луговой биотоп.

Список использованных источников

1 Черкаев, А. В. Технология специализированного мясного скотоводства / А. В. Черкаев, И. А. Черкаева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.

2 Власенко, М. В. Изменения растительного покрова под влиянием выпаса сельскохозяйственных животных на пастбищных угодьях Астраханской области / М. В. Власенко // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12-4. – С. 757–759.

3 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.

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, 2014. – 22 с.

5 Власенко, М. В. Современное состояние степной растительности Придонских песчаных массивов / М. В. Власенко, А. К. Кулик // Аграрная Россия. – 2017. – № 9. – С. 22–29.

6 Методика опытов на сенокосах и пастбищах. Ч. 1 / под ред. В. Г. Игловикова [и др.]. – М.: ВИК, 1971. – 132 с.

7 Методика опытов на сенокосах и пастбищах. Ч. 2 / под ред. В. Г. Игловикова [и др.]. – М.: ВИК, 1971. – 176 с.

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

УДК 633.2:621.72

С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова

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

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ СОЗДАНИИ ПАСТБИЩНОГО ХОЗЯЙСТВА

Цель исследований – создание методической основы для оптимального распределения ресурсов на пастбищах различного типа и различной категории, в которой главным инструментом являлись бы компьютерные программы, базирующиеся на линейном программировании. В основе данного подхода лежит модель, включающая в себя решение таких проблем, как управление переменными значениями, определяемыми с помощью соответствующих математических структур и опытных действий. Это дает возможность решать вопрос о стратегии управления переменными при оптимизации решений. Кроме того, это позволяет судить о целевой функции управляемых переменных и

ограничений. В статье приводится математический аппарат для расчета общей фитомассы, формирующейся на пастбищах различной категории, в функции времени в течение вегетации растений, определения ее доступной величины для стравливания скоту. Кроме того, приводится вся теоретическая информация для выравнивания размеров потребляемой фитомассы на пастбищах различной категории, а также даются принципы и необходимый математический аппарат для решения оптимальной задачи распределения земельных, трудовых ресурсов, техники, агрегатов и животных на ферме.

Ключевые слова: пастбища, распределение ресурсов, компьютерная программа, линейное программирование, фитомасса, стравливание, сельскохозяйственная система.

S. Yu. Turko, K. Yu. Trubakova

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

SOME ISSUES OF RESOURCES DISTRIBUTION OPTIMIZATION IN PASTURE FARMING DEVELOPMENT

The aim of the research is to create a methodological basis for the optimal resources distribution on various pastures types and categories, in which the main tool would be computer programs based on linear programming. The basis of this approach is a model that includes the solution of such problems as management of variables determined by means of appropriate mathematical structures and experimental actions. This makes it possible to solve the problem on the strategy for managing variables by solutions optimization. Besides it allows to judge the objective function of the controlled variables and constraints. The mathematical tool for calculating the general phytomass formed on pastures of different categories, as a time function during plant vegetation, determining its available size for cattle grazing is described in the article. In addition, all theoretical information for leveling the amount of the consumed phytomass on pastures of different categories is given. Also the principles and the necessary mathematical tool for solving the optimal problem for land, labor resources, machinery, aggregates and animals distribution on the farm are given.

Key words: pastures, resource allocation, computer program, linear programming, phytomass, grazing, agricultural system.

Введение. Пастбища, как известно, главным образом используются для организации выпаса скота. Вместе с тем это сложные системы, состояние которых определяется многими компонентами, в т. ч. погодными условиями, нагрузкой, временем выпаса, составом травостоя и др. Поэтому уже неоднократно делались попытки как-то расшифровать процесс функционирования этой системы с учетом вышеотмеченных компонент. И тем не менее строгой теоретической базы у нас в стране нет. Нет ее и за рубежом, хотя там делалось много попыток моделировать процессы на пастбищах с позиций управления ими. В основном это модели имитационного типа, имеющие полуэмпирическую природу. Одной из важнейших проблем в сфере животноводства является проблема распределения ресурсов. Она относится к такой серьезной отрасли знаний, которая называется «сельскохозяйственная система». Естественно, от характера ее решения зависит анализ производственных систем и в целом ведение частного или общественного хозяйства, организация отдельных видов их деятельности.

Материалы и методы. Главным инструментом системного исследования таких проблем, как следует из практики, служит модель, реализуемая в компьютерной программе [1]. Метод математического моделирования, несомненно, помогает решать вопросы эффективного прогнозирования продуктивности растений и управления ею [2, 3], предвидеть процессы формирования и развития агросистем [4]. Модели распределения ресурсов на уровне как частного, так и общественного предприятия сельского хозяйства могут реализовываться по двум направлениям: с учетом рисков и без такового.

Сейчас в мире больше вторых по типу моделей, что связано с большими трудностями учета рисков. Критерий полезности в таких моделях, как правило, сводится к максимизации прибыли и минимизации затрат [5]. Как правило, при распределении ресурсов используется линейное программирование с определенными ограничениями. Согласно принципам и подходу, в этом случае при формировании задач исходят из реализации трех главных уровней. Во-первых, это решение проблемы управления переменными, значения которых определяются с помощью соответствующих математических структур или опытным путем. Это дает возможность решать вопрос о стратегии управления. Во-вторых, это целевая функция управляемых переменных при оптимизации решения (в нашем случае это максимальная прибыль фермера от реализации его продукции). В-третьих, это ограничения по отдельным элементам решаемой задачи (площадные, временные, ресурсные, технические и др.). Следует отметить, что целевая функция и ограничения должны представляться в линейной форме, а численные значения должны быть детерминированными и не могут содержать случайные составляющие. Кроме того, эти числовые значения должны отвечать условию неотрицательности.

Результаты и обсуждение. Согласно нашим исследованиям создано три типа пастбищ (весенне-летнее, летнее, летне-осеннее) [6–10]. Но проблема в том, что у этих пастбищ разная кормовая база. Дело в том, что формирующаяся фитомасса и та часть, которая идет на скармливание животным, строго связана с временным фактором. Это четко следует из выведенной зависимости между объемом фитомассы и сроком вегетации:

$$q(t) = q_m \left(\frac{1}{1 + 99e^{-\lambda t}} \right), \quad (1)$$

где $q(t)$, q_m – фитомасса соответственно во время t и в конце вегетации, т/га;

λ – коэффициент ростовой функции (его можно принять равным 0,078);

t_b – время начала выпаса скота, сут.

Понятно, что разной будет и величина фитомассы, доступная для скармливания животным, на 1 га, которую можно определять из соотношения:

$$q_{p.m} = q(t) \cdot m_1, \quad (2)$$

где $q_{p.m}$ – величина фитомассы, доступная для скармливания животным, т/га;

m_1 – доля фитомассы, предназначенная для скармливания животным, т/га.

Анализ формулы (1) говорит о том, что чем меньше t , тем меньше и $q(t)$. А это значит, что на весенне-летнем пастбище условия, влияющие на величину фитомассы, будут жестче, чем на летнем и летне-осеннем. Налицо проблема оптимизации земельных ресурсов.

Кроме того, в процессе деятельности фермеру или землепользователю необходимо выполнять определенные работы по созданию пастбищ и их эксплуатации. На поверхности лежат три сферы деятельности: подготовка территории для посева многолетних трав, сам посев и эксплуатация пастбищ, а точнее, организация выпаса скота.

С позиций линейного программирования по земельным ресурсам должно быть справедливо соотношение вида:

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq S_{\Pi}, \quad (3)$$

где X_1 , X_2 , X_3 – площади трех типов пастбищ, га;

S_{Π} – общая площадь, выделенная под пастбища, га.

Одной из задач оптимизации как раз и является нахождение лучшего соотношения между X_1 , X_2 и X_3 с позиции максимальной прибыли.

Анализ уравнения (1), кроме того, показывает, что разные типы пастбищ находятся в неравных условиях из-за разного значения t_b (времени начала выпаса). Чтобы выровнять условия потребления корма животными, нужно X_1 , X_2 и X_3 рас-

пределить с позиции одинаковости выхода биомассы. Это можно сделать с помощью уравнений вида:

$$\begin{aligned} X_1 &= S_{\Pi} / \left[\left(\frac{1}{q_{в.л.}} + \frac{1}{q_{л.}} + \frac{1}{q_{л.о.}} \right) \cdot q_{в.л.} \right], \\ X_2 &= S_{\Pi} / \left[\left(\frac{1}{q_{в.л.}} + \frac{1}{q_{л.}} + \frac{1}{q_{л.о.}} \right) \cdot q_{л.} \right], \\ X_3 &= S_{\Pi} / \left[\left(\frac{1}{q_{в.л.}} + \frac{1}{q_{л.}} + \frac{1}{q_{л.о.}} \right) \cdot q_{л.о.} \right], \end{aligned} \quad (4)$$

где $q_{в.л.}$, $q_{л.}$, $q_{л.о.}$ – величины, рассчитанные по формуле (1) для весенне-летних, летних, летне-осенних пастбищ. Очевидно, что размер потребной фитомассы для стравливания животным составит:

$$\begin{aligned} q_{р.в.л.} &= X_1 \cdot q_{р.т.в.л.}, \\ q_{р.л.} &= X_2 \cdot q_{р.т.в.л.}, \\ q_{р.л.о.} &= X_3 \cdot q_{р.т.л.о.} \end{aligned} \quad (5)$$

Принимая во внимание норму суточного потребления фитомассы, равную $q_{к.н.}$, эксплуатационное уравнение можем записать в следующем виде:

$$t_{T.i} X_i \leq t_{дос.Т.i} \delta_{ж.i}, \quad (6)$$

где $t_{T.i}$ – требуемое время, ч/ед. площади;

i – номер пастбища (1 – весенне-летнее, 2 – летнее, 3 – летне-осеннее);

X_i – площади весенне-летних, летних, летне-осенних пастбищ;

$t_{дос.Т.i}$ – доступное время, ч/ед. животного;

$\delta_{ж.i}$ – число животных на пастбище, гол.

Следующий этап – распределение техники при подготовке почвы. Здесь задача может решаться с помощью уравнения вида:

$$t_1 \cdot (X_1 + X_2 + X_3) \leq t_{дос1.} \delta_{М.Т.1}, \quad (7)$$

где t_1 – время, затраченное на обработку 1 га пастбищ, ч/га;

$t_{дос1.}$ – доступное время для работы, ч;

$\delta_{М.Т.1.}$ – количество требуемой техники, шт.

Аналогичный подход используется при посеве травосмесей. Здесь используется уравнение вида:

$$t_2 \cdot (X_1 + X_2 + X_3) \leq t_{дос2.} \delta_{М.Т.2}. \quad (8)$$

Следующим элементом являются трудовые ресурсы. Здесь линейное программирование можно представить следующими зависимостями:

$$\begin{aligned} t_1(X_1 + X_2 + X_3) &\leq t_{дос.1.} \delta_{Т.1}, \\ t_2(X_1 + X_2 + X_3) &\leq t_{дос.2.} \delta_{Т.2}, \\ t_3(X_1 + X_2 + X_3) &\leq t_{дос.3.} \delta_{Т.3}. \end{aligned} \quad (9)$$

Критерием оптимизации решения является максимум прибыли. Он должен использоваться в комплексе с уравнениями (1)–(9). В рамках поставленной задачи, если обозначить доход от реализации продукции через Z_1 , Z_2 , Z_3 на единицу площади, а ежегодные затраты как Z_4 , Z_5 , Z_6 , Z_7 и Z_8 , функцию полезности можно будет записать в следующем виде:

$$Z_S = Z_1 \cdot X_1 + Z_2 \cdot X_2 + Z_3 \cdot X_3 - Z_4 \cdot \delta_{М.Т.1} - Z_5 \cdot \delta_{М.Т.2} - Z_6 \cdot \delta_{Т.1} - Z_7 \cdot \delta_{Т.2} - Z_8 \cdot \delta_{Т.3}.$$

Таким образом, вся поставленная задача в целом формируется по схеме частично-целочисленного линейного программирования, имеет достаточно много управляемых переменных и ограничений, но вполне решается с помощью специального программного обеспечения.

Выводы. Фитомасса в функции времени представляется S -образной кривой. Это объясняется двумя причинами: биологической составляющей (биологическим ритмом роста) и внешними условиями роста, подчиняющимися вероятным законам. Линейное программирование вполне приемлемо при принятии оптимальных решений по распределению природно-материальных ресурсов фермы, занимающейся пастбищным животноводством. Принятие в качестве критерия оптимизации максимума прибыли и минимума затрат вполне приемлемо.

Список использованных источников

1 Black, M. J. The concert and application of skeleton models in farm business analysis and planning / M. J. Black, J. V. Dent // *Journal of Agricultural Economics*. – 1974. – № 2. – pp. 165–174.

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

3 Михайленко, И. М. Новые направления моделирования в сельскохозяйственной биологии / И. М. Михайленко. – LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 120 с. – (Биологическая кибернетика).

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

5 Франс, Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Х. М. Торнли. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

6 Васильев, Ю. И. Моделирование продукционной составляющей озимой пшеницы с учетом колебаний влажностно-температурного режима / Ю. И. Васильев, А. Н. Сарычев, Т. В. Волошенкова // *Вестник РАСХН*. – 2014. – № 6. – С. 9–11.

7 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 ГАУ*. – 2016. – № 2(38). – С. 18–22.

8 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.

9 Турко, С. Ю. Фитомелиорация деградированных угодий на основе технологии выращивания перспективных видов кормовых растений / С. Ю. Турко // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. – 2015. – № 1(57). – С. 68–72.

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

УДК 631.67.03:502.65

Н. М. Иванютин, С. В. Подвалова

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА РЕКИ СЛАВЯНКИ

Для столицы Крымского региона г. Симферополя с населением около 400 тыс. человек серьезной проблемой является поступление в водные объекты хозяйственно-

бытовых, промышленных и ливневых сточных вод. Основной целью исследований являлось определение степени загрязнения одного из притоков р. Салгир – р. Славянки, формирующейся на территории города и протекающей через нее. Качественные показатели стока р. Славянки при проведении мониторинговых исследований в 2016–2017 гг. оказались худшими. Для выявления причин загрязнения речной воды авторами были проведены полевые исследования экологического состояния реки с отбором проб воды и выявлением предполагаемых источников загрязнения. В ходе исследований было изучено изменение показателей химического состава речного стока, происходящее под влиянием антропогенной деятельности. Установлено, что экологическое состояние реки по всей длине неблагоприятное. Это подтвердилось натурными исследованиями, полученными результатами химического состава воды и биодиагностики методом биотестирования, которое показало присутствие токсических веществ в каждой исследуемой пробе воды.

Ключевые слова: река Славянка, антропогенная нагрузка, загрязнение, качество воды, загрязнители, экологическое состояние, река Салгир, биотестирование.

N. M. Ivanyutin, S. V. Podovalova

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

COMPLEX ENVIRONMENTAL MONITORING RESULTS OF THE SLAVYANKA RIVER

A serious problem for the capital of Crimean region of Simferopol with a population of about 400 thousand people, is the entry of domestic, industrial and storm sewage waters into water bodies. The main purpose of the research was to determine the degree of contamination of one of the tributaries of the river Salgir – the Slavyanka river formed in the city and flowing through it. The qualitative indicators of the river Slavyanka flow were the worst during monitoring research in 2016–2017. To identify the causes of river water pollution the field studies of the ecological state of the river with the water sampling and the identification of intended sources of pollution were carried out by the authors. In the course of the research, the changes of the chemical composition of the river flow, which occurs under the influence of anthropogenic activity were studied. It was found that the ecological state of the river along its entire length is unfavorable. It was confirmed by field studies, the obtained results of water chemical composition and bio-diagnostics carried out by biotesting method which showed the presence of toxic substances in each water sample under study.

Key words: the River Slavyanka, anthropogenic load, pollution, water quality, pollutants, ecological status, the Salgir River, biotesting.

Введение. Проблема охраны водных экосистем становится все более актуальной по мере усиления антропогенной нагрузки. В сложившихся вододефицитных условиях происходит ухудшение экологического состояния многих водотоков Крыма. Это связано с увеличением отбора чистой воды и все возрастающими объемами сбросов недостаточно очищенных сточных вод в водные объекты. Все это негативно сказывается на самоочищающей способности рек, ухудшении качественных показателей их вод и экологическом состоянии водоохранной зоны.

Концентрация в городах населения и значительного промышленного потенциала приводит к тому, что городские агломерации все больше превращаются в мощные источники загрязнения водных объектов. Высокая плотность населения, промышленные объекты, большие площади городской застройки и другие факторы обуславливают формирование так называемых городских сточных вод. Город Симферополь с его инфраструктурой является самым мощным загрязнителем вод р. Салгир. С его очистных сооружений ежегодно сбрасывается около 40–45 млн м³ сточных вод, что составляет около 35–40 % от их общего сброса в природные водные объекты полуострова [1].

Нагрузка на малые реки Крыма постоянно возрастает. Так, например, в работе Н. Е. Волковой, Р. Ю. Захарова [2] приведены результаты исследований р. Малый Салгир. Авторы проводят оценку вод, исходя из почвенно-мелиоративной классификации, и констатируют, что класс качества изменяется с I у истока на II в устье. Застройка прибрежной полосы, замусоривание водоохранной зоны и самого водотока приводят к существенным изменениям качественных показателей воды. Среди других отрицательных последствий антропогенного воздействия на водохозяйственную экосистему реки, кроме ухудшения качества воды, авторы отмечают следующие: снижение эстетической привлекательности водотока, ухудшение качества среды обитания водной биоты, невозможность подойти к руслу водотока.

Все это свидетельствует об острой необходимости проведения постоянного экологического мониторинга на всех водных объектах полуострова, так как даже маловодный, но загрязненный приток может нанести большой вред основной реке.

В качестве объекта исследований авторами была выбрана одна из малых рек Крыма – р. Славянка, протяженностью всего 9 км, которая полностью протекает по территории г. Симферополя и является последним левым притоком р. Салгир.

Исток реки представляет собой мощный источник подземных вод под названием Бор-Чокрак (Бор – мел, Чокрак – источник). На рисунке 1 показано современное экологическое состояние пруда, наполняющегося из родника.



Рисунок 1 – Пруд у истока р. Славянки (фото авторов, 17.11.2017)

Материалы и методы. В настоящее время для оценки качества поверхностных и подземных вод используются физико-химические и биологические методы. Физико-химические методы позволяют количественно оценить содержание конкретного вещества в воде и сделать вывод о возможности ее использования человеком, но не позволяют судить о состоянии водной экосистемы. Биологические методы, напротив, позволяют качественно оценить загрязненность воды и при этом характеризуют состояние экосистемы. Так как указанные методы взаимно дополняют друг друга, в данной работе они были использованы совместно.

Экологическая оценка водных ресурсов р. Славянки включала определение:

- качества воды в водных объектах (отбор проб воды в створах, расположенных по длине реки);
- экологического состояния водных объектов (биотестирование и натурные обследования).

Оценку качества воды производили с использованием нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения [3], которые защищают всю водную экосистему в целом.

Точки отбора образцов воды. Выбор створов основывался на целях исследований – выявлении источников загрязнения и оценке их воздействия на качество воды. Пробы воды отбирались в шести створах, расположенных в бассейне р. Славянки, а также в створе (№ 7) на р. Салгир, находящемся в 500 м выше впадения в нее р. Славянки. Выбор дополнительного створа был обусловлен необходимостью сравнения качественного состава вод р. Славянки с р. Салгир. Месторасположение точек пробоотбора представлено на рисунке 2.

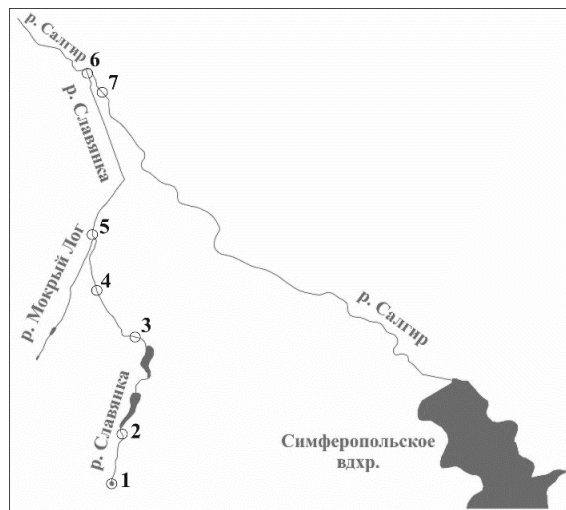


Рисунок 2 – Места отбора проб воды

Результаты и обсуждение. Экспериментальная часть исследований была проведена в ноябре 2017 г. сотрудниками отдела ВМиАВ ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Река Славянка хоть и относится к малым рекам ввиду своей протяженности и водности, является важным звеном самой крупной водной системы Крыма – р. Салгир. Так как каждый из притоков реки вносит свой вклад в формирование количества и качества воды основного водотока, особое внимание следует уделять тем, в которых отрицательные последствия хозяйственной деятельности человека проявляются наиболее сильно.

В ходе обследования реки даже визуально было отмечено ее бедственное состояние, выраженное в замусоривании берега строительным и хозяйственно-бытовым мусором, выходах труб из частных домовладений и промышленных объектов, через которые идет сброс сточных вод, а в самой реке плавают пластиковые бутылки, упаковка от пищевых продуктов и т. п. Результаты натуральных исследований приведены на рисунке 3.

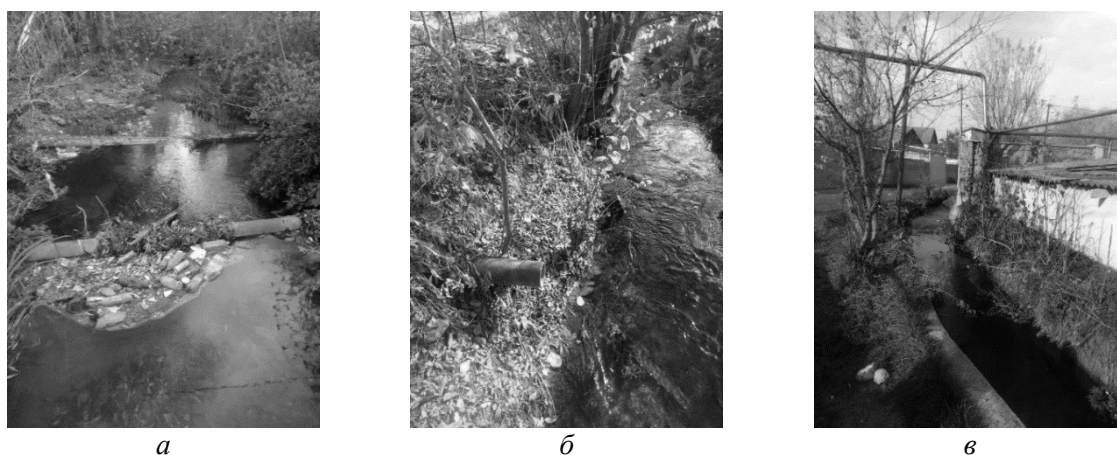


Рисунок 3 – Результаты натуральных исследований (из фотоархива авторов):
а – бытовой мусор в русле р. Славянки; **б** – выходы труб из частных домовладений в реку; **в** – р. Славянка в частном секторе города

Второй этап исследований заключался в отборе проб воды из реки по выбранным створам и определении ее химического состава в аккредитованной лаборатории института. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты химического анализа вод р. Славянка и Салгир

№ створа	Месторасположение створа	В мг/дм ³									
		Сухой остаток	pH	HCO ₃	Cl	Ca	Mg	K	Na	NO ₃	SO ₄
1	Исток р. Славянки	568	8,05	305	71	120	34	1,9	30	25,7	80
2	Пер. Спартака	534	7,75	293	67	114	42	1,9	24	23,4	30
3	Район радиорынка	488	7,65	293	71	98	40	2,3	30	15,1	60
4	После частного сектора (ул. Лексина)	524	7,7	274	92	100	48	2,3	32	14,1	54
5	50 м после слияния с р. Мокрый Лог	630	7,63	272	92	92	50	2	35	13,8	54
6	Устье р. Славянки	566	8,25	378	63	120	35	3	53	13	113
7	р. Салгир, 500 м до слияния с р. Славянкой	534	8,5	305	71	118	38	5	42	10,2	105
Норма по Приказу М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 13 дек. 2016 г. № 552 [3]		1000	6,5–8,5	нн	300	180	40	50	120	40	100

Примечание – Жирным выделены элементы, содержание которых превышает ПДК; нн – компонент не нормируется.

На основании полученных результатов химических анализов проб воды были построены графики изменения содержания отдельных компонентов (рисунки 4–7). Для сравнения качества вод р. Славянка (створ № 1–6) и Салгир (створ № 7) данные их химического состава приведены на одной диаграмме.

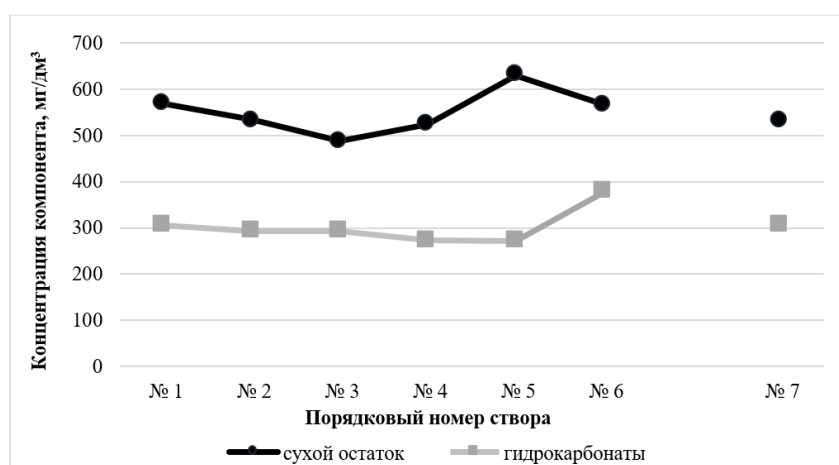


Рисунок 4 – Концентрации гидрокарбонатов и сухого остатка в водах р. Славянка и Салгир

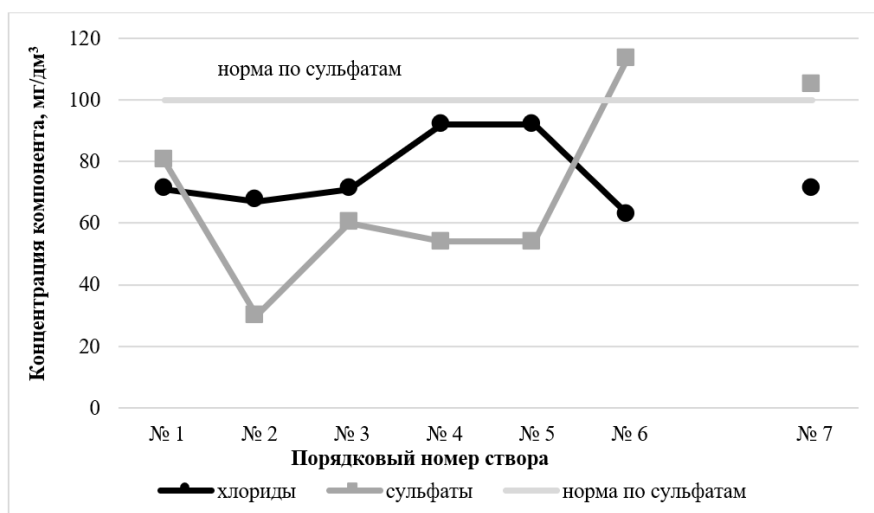


Рисунок 5 – Концентрации хлоридов и сульфатов в водах р. Славянка и Салгир

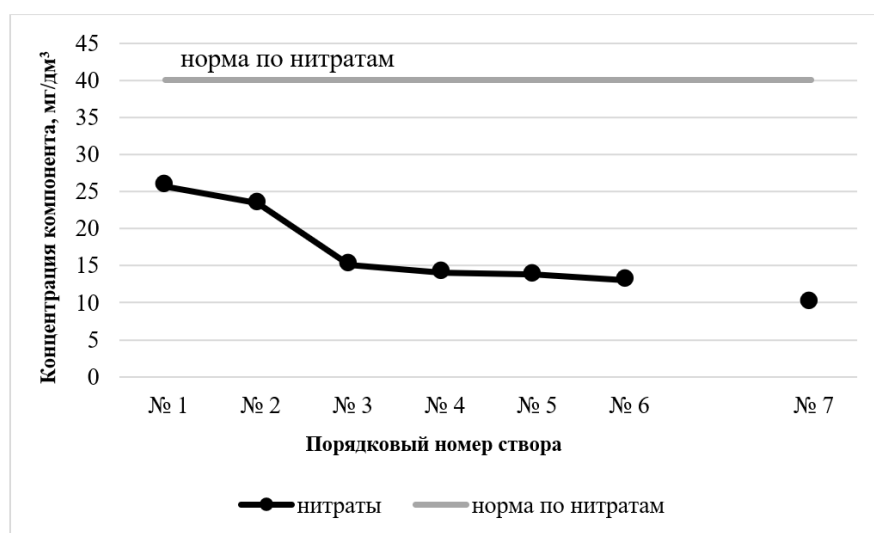


Рисунок 6 – Концентрация нитратов в водах р. Славянка и Салгир

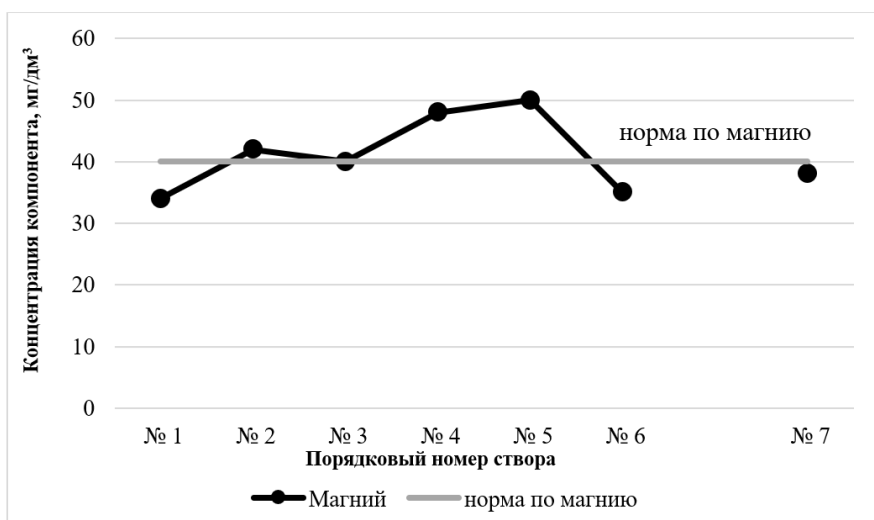


Рисунок 7 – Концентрация магния в водах р. Славянка и Салгир

Из анализа данных таблицы 1 и рисунков 4–7 видно, что содержание сухого остатка находится приблизительно на одном уровне у истока реки и в устье и сопоставимо с концентрацией в р. Салгир, хотя по данным 2016 г. [1] исток р. Салгир имеет содержание сухого остатка около 200 мг/дм³. Это свидетельствует о разных факторах, влияющих на формирование речного стока этих рек. Сток р. Салгир формируется в горной лесной местности, где отсутствуют источники загрязнения, однако после прохождения реки через ряд неканализованных сел и урбанизованную территорию Симферополя солесодержание увеличивается в 2,0–2,5 раза, что еще раз свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке на водные объекты полуострова.

Концентрация хлоридов в среднем течении р. Славянки имеет тенденцию к увеличению. Это может быть связано с тем, что река на данном участке проходит через частный сектор, с территории которого население сбрасывает жидкие стоки непосредственно в русло реки. В процессе обследования нами было выявлено более 10 незаконных точек сброса нечистот в реку (трубы в русле реки) (рисунок 3). Также на данном отрезке река принимает приток Мокрый Лог, который полностью расположен в промышленной зоне города. На заключительном отрезке реки содержание хлоридов снижается и приближается к значению, зафиксированному в р. Салгир.

Содержание сульфатов имеет высокое значение уже в истоке и составляет 0,8 ПДК, что свидетельствует о техногенном загрязнении района формирования реки. Ниже по течению идет снижение концентрации сульфатов, однако ближе к устью их концентрация становится выше нормативных значений и достигает 1,13 ПДК. Немаловажным фактом является незначительное превышение (1,05 ПДК) содержания данного компонента и в водах р. Салгир.

Еще одним свидетельством техногенного загрязнения истоков реки служит содержание нитратов. Их концентрация, хоть и не превышает нормативных показателей в 40 мг/дм³, находится на достаточно высоком уровне, достигая значения 0,64 ПДК. Вниз по течению идет снижение концентрации нитратов, что может быть связано с процессами разбавления. Содержание данного компонента в р. Салгир на момент проведения исследований было гораздо ниже значений, зафиксированных на всем протяжении р. Славянки.

Еще одним элементом, концентрации которого находятся выше значений ПДК, является магний. Его содержание превышает нормы в среднем течении реки и достигает 1,25 ПДК. Ближе к устью концентрации уменьшаются и сравниваются со значениями в р. Салгир.

Результаты химического анализа вод р. Славянки показали наличие компонентов, которые превышают нормативные значения, и свидетельствуют о загрязнении ее вод начиная от истока.

Весь перечень химических веществ, содержащихся в воде, определить сложно и дорого, а особенно тяжело установить их совместное воздействие в виде токсического эффекта, поэтому следующим этапом наших исследований было проведение биодиагностики отобранных проб воды методом биотестирования.

Биотестирование способно оперативно давать токсикологическую характеристику различных вод (природных, подземных, сточных и т. д.) и введено как обязательный элемент контроля качества вод, что предусмотрено СанПиН 2.1.7.573-96 [4], согласно которым проводились опыты. В работах авторов [5, 6] приведены результаты биотестирования вод р. Салгир с использованием в качестве тест-растений *Allium cepa*, а также семян редиса и кресс-салата. Наиболее отзывчивыми к наличию токсического загрязнения оказались семена кресс-салата и *Allium cepa*, именно поэтому нами был выбран в качестве тест-объекта кресс-салат.

Данный вид биотестирования относится к кратковременному (проращивание семян в течение 72 ч) и позволяет определить острое токсическое действие исследуе-

мых вод на развитие проростков растений. Показателем является средняя длина корневой системы в тестируемой воде по сравнению с контролем. В конце эксперимента, на 3-и сутки, были проведены измерения длин корней, так как именно изменения (ингибирование или стимулирование) при развитии корневой системы по сравнению с контролем являются основной ответной тест-реакцией растения на наличие в воде токсических веществ. Снижение длины корней проростков семян в исследуемых пробах воды ниже 70 % по сравнению с контролем, принятым за 100 %, являлось показателем токсичности проб воды (рисунок 8).

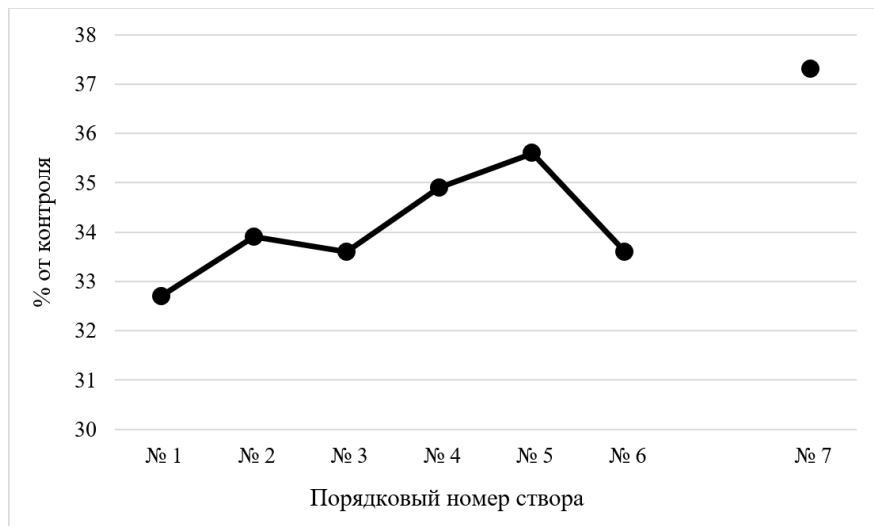


Рисунок 8 – Результаты опыта по биотестированию (изменение длин корней исследуемых растений по сравнению с контролем)

Из анализа данных рисунка 8 следует, что наиболее низкий процент развития корней исследуемых растений наблюдается в истоке реки – роднике Бор-Чокрак, что еще раз свидетельствует о высоком уровне антропогенной нагрузки. Она оказывает свое влияние даже на подземные воды, которые формируют данный водоток. Результаты биотестирования показывают наличие токсических веществ на всем протяжении реки, на что указывает низкий (ниже 70 %) уровень развития корней исследуемых тест-растений. В р. Салгир опыты также показали присутствие токсических веществ. Приведенные данные свидетельствуют о том, что все исследуемые пробы воды оказывают ингибирующее действие на развитие семян, так как полученный токсический эффект находится в пределах 32–35 % от контроля.

Выводы

1 В настоящее время на р. Славянку оказывается мощное антропогенное давление, связанное с тем, что река протекает через несколько промышленных зон города, гаражные кооперативы, неканализованный частный сектор, с территории которых в реку сбрасываются нечистоты. В процессе обследования нами было выявлено более 10 незаконных точек сброса нечистот в реку.

2 Загрязнение реки начинается с ее истока, о чем свидетельствуют результаты химического анализа, а также проведенного опыта по биотестированию. Это характеризует экологическое состояние реки как неблагоприятное.

3 Корневая система тест-растений в контакте с исследуемыми водами развивалась с явно выраженными ответными реакциями – ингибированием (торможением роста), что свидетельствует о присутствии вредных веществ в воде, оказывающих токсическое действие на развитие растений.

4 Сохранение и оздоровление малых рек возможно при условии уменьшения ан-

тропогенного воздействия на них, а также путем принятия комплекса мер, направленных на их реабилитацию. В первую очередь это неукоснительное выполнение Водного кодекса РФ, согласно которому каждый водный объект имеет водоохранную и прибрежную зоны, на территории которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения и истощения их вод.

5 Комплексные исследования экологического состояния рек с использованием нескольких методик способны выявлять катастрофические изменения экосистем водных объектов, что в дальнейшем поможет в разработке мероприятий по предотвращению «точки невозврата», т. е. потери водоисточника.

Список использованных источников

1 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. 95–103.

2 Волкова, Н. Е. Особенности водохозяйственной экосистемы реки Малый Салгир / Н. Е. Волкова, Р. Ю. Захаров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 11–17.

3 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 13 дек. 2016 г. № 552 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420389120>, 2018.

4 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: СанПиН 2.1.7.573-96: утв. Госкомсанэпиднадзором России 31.10.96. – М., 1997.

5 Подовалова, С. В. Оценка качества вод реки Салгир с использованием метода биотестирования / С. В. Подовалова, Н. М. Иванютин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 127–143. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec501-field6.pdf.

6 Иванютин, Н. М. Использование растительных тест-систем в мониторинге экологического состояния водных объектов реки Салгир / Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова // Экология и строительство. – 2017. – № 3. – С. 17–23.

УДК 633.2

М. В. Власенко

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

ПАСТБИЩНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ НА ПЕСЧАНЫХ ЗЕМЛЯХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Целью исследований являлось выявление эффективности пастбищного природопользования на песчаных землях европейской территории России. Даны рекомендации по рациональному использованию, сохранению видового разнообразия и высокой продуктивности пастбищ на песчаных землях европейской территории России. Рассмотрены вопросы нагрузки на кормовые угодья, их кормоемкости и кормозапаса, сезонности выпаса. Представлены рекомендуемые размеры отары (гурта) для КРС и овцезаголовья. Даны рекомендации по выпасу на разных типах пастбищ в зависимости от травостоя. Представлена агротехника некоторых пескоукрепляющих и кормовых видов на песчаных массивах.

Ключевые слова: песчаные земли, фитоценозы, продуктивность, типы пастбищ, агротехника.

M. V. Vlasenko

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

PASTURE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ON SANDY LANDS OF THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA

The aim of the research was to identify the effectiveness of pasture use on sandy lands of European Russia. The recommendations on rational use, conservation of species diversity and high productivity of pastures on sandy lands of European Russia are given. The issues of pressure on fodder lands, their food consumption and feed storage, seasonality of grazing are considered. The recommended sizes of flocks (herds) for cattle and sheep are presented. The recommendations for grazing on different pasture types depending on grass stand are given. The agrotechnics of some sand-binding and fodder species on sand massifs are presented.

Key words: sandy lands, phytocenoses, productivity, types of pastures, agricultural engineering.

Введение. Важно иметь общее представление о природе песчаных пастбищ. Природные условия (рельеф, почва, наличие грунтовых вод и др.) и климатические особенности комплексно влияют на видовое разнообразие травянистой растительности и формируют определенные типы пастбищ [1, 2]. Пастбищные угодья на барханных территориях или вершинах крупных гряд отличаются кормовыми видами, бедными по питательной ценности, травы здесь растут разреженно, а массив сильно подвержен разбиванию. На равнинных и всхолмленно-равнинных песках меньше разбитых очагов, гуще травостой. Часто это сенокосные угодья с более близкими грунтовыми водами, где есть условия для улучшения пастбищ. Так как на песчаных массивах с близкими грунтовыми водами растительность лучше развивается, песок меньше подвержен разбиванию, а чем глубже грунтовые воды, тем больше зависит фитоценоз от количества выпадающих осадков [3].

Материалы и методы. Цель исследований – выявить эффективность пастбищного природопользования на песчаных землях европейской территории России (ЕТР). Работа основана на современных методах ландшафтно-биоэкологических исследований с использованием научно-практических методов восстановления и продления продуктивного долголетия пастбищ [4, 5].

Результаты и обсуждение. Растительность развеваемых бугристых песков – псаммофиты. К ним относят виды, хорошо переносящие засыпание песком и не требовательные к азотной пище. Это корневищные (пырей пушистоцветковый, осока колхидская, колосняк гигантский), корнеотпрысковые (льнянка душистая, гвоздика песчаная), дерновинные злаки (овсяница Беккера, колерия сизая и др.). К псаммофитам же относят стержнекорневые (козлец мечелистный, василек жемчужный, козлородник, полукустарник полынь песчаную, кустарники иву розмаринолистную, ракитник днепровский). Многие псаммофиты способны на засыпанных песком частях стеблей и стволов образовывать два-три яруса придаточных корней. Пионерами голых песков могут быть только олиготрофные растения, такие как ракитник днепровский, с относительно тяжелыми плодами без крылаток, которые способны выносить длительное глубокое (до 1 м) выдувание корневых систем [6].

Для весенне-летних пастбищных участков на песках пригодны территории с большим количеством эфемеров и эфемероидов. Позднелетне-осенние участки предполагают наличие житняков, прутняка, полыни. Для позднеосенних и зимних пастбищ

пригодны участки бугристых песков с крупностебельной растительностью, когда пере-сеченный рельеф создает хорошую защиту для животных, а растительность поедается даже при незначительном снежном покрове.

Пастбищные угодья имеют определенную производительность, обусловленную почвенным плодородием, водообеспеченностью и пр. Поэтому необходимо рассчитать кормоемкость и кормозапас (в кормовых единицах и переваримом протеине) пастбищ-ных участков. Необходим ежегодный сезонный учет, так как урожайность кормовых угодий значительно меняется по годам и сезонам.

Нагрузка скота на единицу выпасной площади рассчитывается в зависимости от количества поедаемой животными массы. Так, при выпасе на заросших песках жи-вотными используется поедаемой массы: КРС – 50–60 %, овцами – 40–50 %; на супес-чаных и гумусированных песчаных почвах: КРС – 80–85 %, овцами – 70–75 %.

На песчаных землях рекомендуются размеры отар (гуртов): овец-маток – 600–800 гол., ярок – 900–1100 гол., коров – 100–120 гол., молодняка до 1 года – 50–100 гол., старше года – 100–150 гол.

Неорганизованное бессистемное использование пастбищ, особенно на песчаных землях, недопустимо, так как отрицательно влияет на корневую систему трав, видовой состав травостоя и пр. Для создания рациональной системы использования песчаных пастбищ при выпасе животных необходимо учитывать особенности рельефа. В расче-тах норм выпаса и нагрузки скота на различные участки пастбищ необходимо учиты-вать показатели разбитости песков, рельефа, сезонности выпаса. При интенсивном раз-бивании и развевании песчаных почв образуются целые массивы сыпучего песка в виде холмов. На Дону такие пески называются буртами или кучугурами [6].

Зимний выпас на песчаных кормовых угодьях на северных склонах, которые обычно самые крутые и заснеженные, по запасу и питательности кормов превосходит южные склоны. Однако их лучше использовать для выпаса скота зимой в бесснежные дни или осенью. Южные склоны теплые, но более разбитые, выдерживают меньшую нагрузку скота и требуют бережного использования, поскольку травостой здесь более разрежен, основная масса в сообществах – мелкотравье. Перегрузка на южных склонах ведет к доминированию в фитоценозах сорных и малопоедаемых видов, разбиванию песка, в результате чего образуются очаги выдувания и дальнейшее пастбищное ис-пользование проблематично. Таким образом, характеристики природных условий, кли-матических особенностей пастбищ и их динамика должны быть предметом непрерыв-ного контроля и анализа.

Нельзя допускать стравливание травостоя дочиства, пастьба скота должна регу-лироваться. Травостой на пастбище должен быть стравлен не более чем на 80 % от об-щего количества поедаемой массы. При правильном пастбищеобороте выпас способ-ствует повышению продуктивности и емкости пастбищ, улучшает состав кормовых растений [7].

Кроме вышеперечисленных условий для рационального использования пастбищ на песчаных массивах при выпасе животных желательно предусмотреть:

- карту планируемого использования пастбищ с нанесенными на нее данными по преобладающим кормам или кормовым группам, почвенным условиям, особеннос-тям обводнения;
- для качественной оценки состояния естественных пастбищ учет в травостое баланса доминирующих и малопоедаемых кормовых растений, пригодных для стравли-вания сельскохозяйственным животным, а также ядовитых, сорных видов, план мест-ности их произрастания;
- схему скотопрогонов в разные сезоны с указанием пунктов стрижки, осемене-ния, водопоев и мест отдыха;
- схему сенокосных участков;

- сезонный график выпаса на отгонных участках с учетом кормозапаса;
- план улучшения пастбищных участков;
- картографический материал мест с ограниченным выпасом для предотвращения разбивания.

В зависимости от типа пастбищ можно дать следующие рекомендации по использованию с целью сохранения видового разнообразия и высокой продуктивности. На всех пастбищных угодьях рекомендуется борьба с сорными и вредными травами, регулируемый выпас, равномерное распределение скота в соответствии с продуктивностью пастбищ.

Изеневые, полынно-изеневые, кустарниково-изеневые пастбищные угодья на песчаных землях можно использовать под выпас круглогодично. Летний выпас необходимо проводить в ограниченном режиме, особенно в засушливые неурожайные годы. Необходимо задернять песок осокой. Пастбищеоборот рассчитан на ежегодное одноили двухсезонное использование загонов не более 30 дней в сезон. Три дня из пяти на пастбище скот выпасают зимой, два – весной и осенью. Такое использование угодий создает условия для отдыха пастбища и отрастания ценных трав.

Травяно-кустарниковые полузаросшие песчаные пустыни с пятнами полыни и саксаула используются весной, осенью и зимой. В теплое время выпас рекомендуется ограничивать, что способствует развитию бобовых. Запрещаются вырубки кустарников. Во влажные годы рекомендуется посев многолетних кормовых трав.

Типчаково-песчано-ковыльные угодья на темно-каштановых супесях и песчано-ковыльные пастбища на песчаных равнинах рекомендуется использовать весной и зимой, выборочно – под сенокос.

Полузаросшие пустынно-степные пески с зарослями кияка (песчаного овса, волоснеца кистистого) и кустарников под выпас используют зимой, весной и осенью. Ограниченно участки под выпас выделяются весной и осенью, что способствует зарастанию территорий кустарниками. Для улучшения пастбищных участков возможно создание кустарниковых куртин, посев кияка. Высейный осенью кияк быстро растет и к середине второго лета образует кусты высотой 1,0–1,5 м в виде плотных кулис, накапливающих большие массы песка [8].

Хондрилловые и селиновые участки на разбитых песках пригодны под выпас немного позже, чем мятликовые пастбища, которые быстрее выгорают. Селин (триостренница, аристида (*Aristida*)) высевался в Волгоградской области в 1970–1980-х гг. на песчаных массивах области (Голубинских песках) для закрепления и как пастбищный злак для КРС. Селин охотно поедается КРС круглый год, хорошо влияет на привес и надой. Сено хорошо поедается всеми видами скота.

Разбитые пески с полынью песчаной и кияком используются осенью и зимой выборочно, осторожно.

Разбитые песчаные участки рекомендуется закреплять посадкой растений [9, 10]. Посев или посадку пескоукрепляющих растений проводят в несколько приемов, в первую очередь вводят виды с широко распространяющимися корнями, способными вынести суровые условия подвижных песков. Лучший результат дает посев полосами. Лучший срок посева – осень, период дождей. Для злаковых видов – октябрь, в сухую осень – под зимний посев. Бобовые лучше всего подсеивать ранней весной стратифицированными семенами. В песках применяется аэросев семян без заделки или с частичной заделкой прогоном по участку овец. Предварительно семена смачиваются и смешиваются с песком и глиной при посеве вручную. Плоды с летучками обескрыливаются. Для посева изеня и саксаула рекомендуется поздняя осень или зима. В песках различных регионов подбор травосмесей нужно проводить индивидуально.

Агротехника некоторых пескоукрепляющих и кормовых видов на песчаных массивах ЕТР представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Агротехника пескоукрепляющих и кормовых видов на песчаных массивах европейской территории России

Вид	Норма подсева на песках			Продолжительность жизни, лет	Высокопродуктивные годы жизни	Срок подсева и посева	Прием агротехники
	на разбитых	на рыхлых закрепленных	на заросших				
Полыни	–	1,5–2,0	1,5–2,0	–	7	поздняя осень	разбросным способом по рыхлению с заделкой
Типчак	–	–	6	8–10	3–8	осень	по вспашке полосами
Пырей, житняк	10–12	7–10	–	8–12	3–8	поздняя осень	без рыхления с заделкой семян до 2 см, можно без заделки
Костер кровельный	6–7	5–6	–	1	1	осень	без рыхления и заделки
Селин	5–6	–	–	–	5	осень, весна	куртинно по рыхлым пескам, мелкая заделка
Кияк	8–10	–	–	–	3	осень, весна	куртинно по рыхлым пескам, мелкая заделка
Астрагалы	3–5	3–5	–	9–12	2–6	ранняя весна	скарифицированными семенами, без рыхления
Изень	6–8	5–6	5–6	–	7	поздняя осень	без рыхления; на заросших – по мелкой вспашке с заделкой на 2–3 см
Саксаул	–	5	5	30–50	5–25	поздняя осень	полосной посев по мелкой вспашке
Джугун	3–8	3–8	–	10–15	5–12	осень, весна	разбросным способом без рыхления с заделкой до 4 см, обработанными семенами
Осока	8–10	8–10	–	–	3	осень, весна	в мелковспаханые борозды во влажные годы

Использование песчаных земель в сельскохозяйственном производстве зависит от степени ветроустойчивости поверхности. При улучшении пастбищ травосеянием рекомендуется тщательно обследовать естественный травостой. Если он сбит и проективное покрытие (ПП) не превышает 20–25 %, то подсев можно проводить без предварительной обработки. Если ПП составляет 30 % и более, необходимо провести полосное предпосевное лушение почвы.

Заключение. С течением времени на песках происходит смена одного типа растительности другим. Происходит эволюция песков. Подвижные голые светлые пески

постепенно зарастают, укрепляются, уплотняются и превращаются в серые, а серые переходят в темные супеси. Процесс естественного самозарастания песков продолжается более 50 лет. Антропогенное вмешательство может менять эти сроки, как в меньшую, так и в большую сторону. Чрезмерный выпас эти сроки значительно увеличивает. При интенсивном разбивании и развевании песчаных почв образуются целые массивы сыпучего песка в виде холмов. Закрепление песчаных участков превращение голых песков в заросшие ускоряет в 2–3 раза. Таким образом, неорганизованное бессистемное использование пастбищ на песчаных землях недопустимо. Рекомендуются регулируемый выпас, равномерное распределение скота в соответствии с продуктивностью пастбищ, борьба с сорными и вредными травами.

Список использованных источников

1 Власенко, М. В. Современное состояние степной растительности Придонских песчаных массивов / М. В. Власенко, А. К. Кулик // Аграрная Россия. – 2017. – № 9. – С. 22–29.

2 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.

3 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, 2005. – 28 с.

4 Предложения по комплексному освоению песчаных земель Волгоградской области / под ред. Н. Ф. Кулика. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1972. – 27 с.

5 Методика опытов на сенокосах и пастбищах. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. В. Г. Игловикова [и др.]. – М., 1971. – 232 с.

6 Балаш, А. П. Растительность Дона / А. П. Балаш. – Ростов н/Д.: Рост. кн. изд-во, 1955. – 79 с.

7 Власенко, М. В. Изменения растительного покрова под влиянием выпаса сельскохозяйственных животных на пастбищных угодьях Астраханской области / М. В. Власенко // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12, ч. 4. – С. 757–759.

8 Манаенков, А. С. Закрепление и облесение песков засушливой зоны / А. С. Манаенков, А. К. Кулик. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2016. – 55 с.

9 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.

10 Вдовенко, А. В. Фитомелиоративное состояние кормовых угодий в Астраханской области / А. В. Вдовенко, М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 3(31). – С. 86–91.

УДК 631.53.01:633.31:551.583.2(477.72)

С. П. Голобородько, Е. Д. Тищенко, Е. А. Погинайко, С. В. Сергиенко

Институт орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук, Херсон, Украина

АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Целью исследований являлось изучение особенностей формирования урожая семян люцерны в условиях регионального изменения климата на территории южной

Степи Украины в зависимости от орошения, сорта и применения регулятора роста Плантафол 30.10.10. Урожайность кондиционных семян люцерны первого года использования сорта Унитро без орошения составила 134–135 кг/га, а при капельном орошении – 211–212 кг/га. При применении Плантафола 30.10.10 урожайность возрастала до 233–249 кг/га, сорта Зоряна – до 115–116, 198–200 и 204–214 кг/га. Семенная продуктивность люцерны второго года использования существенно зависела от условий увлажнения и, независимо от сорта и применения регулятора роста Плантафол 30.10.10, составляла 586 кг/га, без орошения – 433 кг/га, третьего года – соответственно 432 и 230 кг/га.

Ключевые слова: люцерна, семена, орошение, регулятор роста, испаряемость, дефицит влагообеспеченности, урожайность.

S. P. Goloborod'ko, E. D. Tishchenko, E. A. Poginayko, S. V. Sergienko

Institute of Irrigated Agriculture of National Academy of Agrarian Sciences, Kherson, Ukraine

AGROBIOLOGICAL BASIS FOR LUCERNE SEEDS GROWING CULTIVATION UNDER CONDITIONS OF REGIONAL CLIMATE CHANGE IN THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE

The aim of the research was to study the peculiarities of the formation of the Lucerne seed crop yield under the conditions of regional climate change in the southern steppe of Ukraine, depending on the irrigation, variety and application of the growth regulator Plantafol 30.10.10. The yield of certified Lucerne seeds in the first year of Unistro variety usage without cultivation was 134–135 kg per ha, and with drip irrigation – 211–212 kg per ha. With the application of Plantafol 30.10.10, the yield increased to 233–249 kg per ha, Zoryan varieties – up to 115–116, 198–200 and 204–214 kg per ha. Seed growing potential of Lucerne in the second year of usage was significantly dependent on the moistening conditions and regardless of the variety and use of Plantafol growth regulator on 30.10.10 was 586 kg per ha, without irrigation – 433 kg per ha, the third year – 432 and 230 kg per ha.

Key words: Lucerne (alfalfa), seeds, irrigation, growth regulator, evaporation, moisture deficit, yield.

Введение. Наиболее распространенной кормовой культурой в земледелии развитых стран мира, которая решает проблему увеличения производства растительного белка и повышения плодородия почв, прежде всего орошаемых земель, является люцерна. На всех континентах земного шара люцерна выращивается в 80 странах мира на площади 34 млн га, в т. ч. в Европе – 6,0 млн га, в Северной Америке – 12,0 млн га (из них 9,8 млн га в США и 2,2 млн га – в Канаде), в Южной Америке – 7,4 млн га, в Австралии – 2,0 млн га [1].

Выращивают люцерну в одновидовых посевах и в составе люцерно-злаковых травосмесей на пахотных землях и природных кормовых угодьях для использования на зеленый корм, заготовки сена и сенажа [2, 3]. Основными факторами, которые определяют семенную продуктивность люцерны, являются выбор наиболее продуктивного и адаптированного к местным условиям сорта, установление способа и срока его посева, продолжительности использования посевов на семенные цели, выбор укоса, с которого целесообразно получать семена, поддержание оптимизированного режима орошения и системы удобрения, применение интегрированной системы защиты посевов от вредителей, болезней и сорняков, наличие диких опылителей, способ и срок уборки урожая.

Материалы и методы. Задачей научных исследований было установление влияния орошения и применения регулятора роста Плантафол 30.10.10 на формирование урожая семян сортов люцерны в условиях региональных изменений климата. Полевые

опыты по изучению семенной продуктивности люцерны первого, второго и третьего годов использования проводились в течение 2011–2016 гг. на орошаемых землях Института орошаемого земледелия НААН. Почва опытного участка темно-каштановая слабосолонцеватая среднесуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое (0–25 см) составляет 2,13 %, легкогидролизуемого азота (по Корнфильду) – 35,0 мг/кг, подвижного фосфора (по Мачигину) – 32,0 мг/кг, обменного калия (на пламенном фотометре) – 420 мг/кг, рН водной вытяжки – 7,3. Наименьшая влагоемкость слоя почвы 0–100 см – 21,5 %, влажность завядания – 11,6 %, плотность сложения – 1,39–1,45 г/см³.

Метод закладки полевого опыта – расщепленные делянки. Главные делянки (А) – условия увлажнения (без орошения и капельное орошение), субделянки (В) – сорт люцерны (Унитро и Зоряна), субсубделянки (С) – внекорневая подкормка растений регулятором роста Пантафол 30.10.10. Посев люцерны сортов Унитро и Зоряна проводили ранней весной 2011, 2012 и 2013 гг.

Вегетационные поливы проводили с помощью капельного орошения (Т-Таре Т8Х 508-20-500) с размещением капельной ленты в каждый рядок непосредственно под растения. Влажность почвы в межфазном периоде «начало бутонизации – начало цветения» поддерживали на уровне 75–80 % НВ, а в межфазном периоде «начало цветения – созревание семян» снижали до 60–65 % НВ.

Экономическую эффективность при выращивании люцерны на семена по годам использования рассчитывали по фактическим затратам, которые предусматривались технологией выращивания в подзоне южной Степи. Энергетическую эффективность определяли по А. К. Медведовскому, П. И. Иваненко [4]. Статистический анализ данных об урожайности, полученных за годы исследований, проводили по В. А. Ушкаренко и др. [5]. Испаряемость, дефицит влагообеспеченности и коэффициент увлажнения по межфазным периодам семенной люцерны и за вегетационный период в целом рассчитывали по Н. Н. Иванову [6].

Повышение средней температуры воздуха при одновременном уменьшении количества атмосферных осадков в течение вегетационного периода 2011–2015 гг., по сравнению с 1945–2010 гг., приводило к увеличению испаряемости. Особенно интенсивное повышение среднемесячной температуры воздуха происходило в сухом (95 %) по обеспеченности осадками 2012 г. При средней температуре воздуха, равной 21,1 °С, и относительной влажности 60 % испаряемость возросла до 944,0 мм, а дефицит влагообеспеченности достигал 757,4 мм. Повышение среднемесячной температуры воздуха в течение 2012–2016 гг. происходило весной, летом и осенью (рисунок 1).

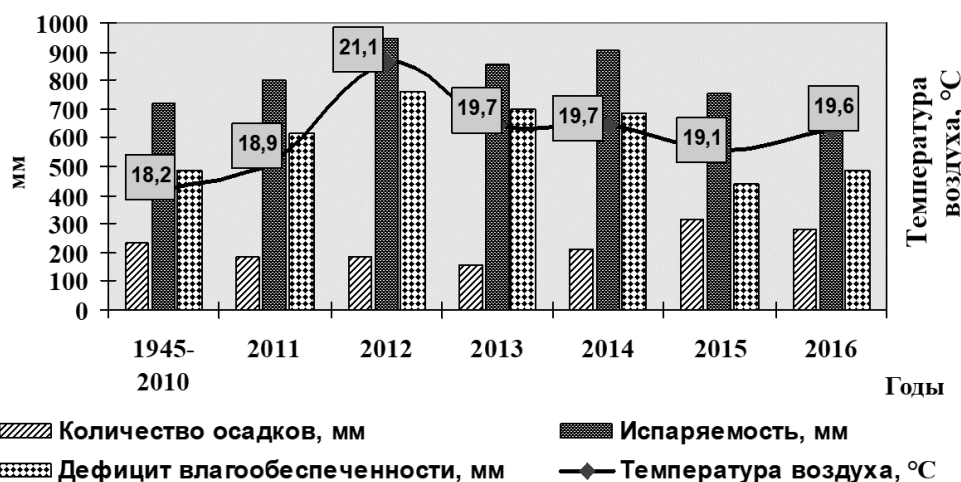


Рисунок 1 – Основные метеорологические показатели в течение вегетационного периода (апрель – сентябрь) семенной люцерны в среднем за 1945–2010 и 2011–2016 гг. (по данным метеорологической станции г. Херсона)

Результаты исследований. Общая продолжительность вегетационного периода семенной люцерны первого года использования при ранневесеннем сроке посева составляла 159 сут. При среднесуточной температуре воздуха 22,1 °С и относительной влажности 60,0 % испаряемость в целом за вегетационный период не превышала 659,9 мм, а дефицит влагообеспеченности при выпадении 154,8 мм осадков достигал 505,1 мм. В межфазном периоде «всходы – начало бутонизации» выпало 37,4 мм осадков, это при среднесуточной температуре 17,2 °С и относительной влажности воздуха 62 % обеспечивало появление дружных всходов, а также стеблевание и начало бутонизации люцерны (таблица 1).

Таблица 1 – Испаряемость, количество атмосферных осадков и дефицит влагообеспеченности по межфазным периодам в зависимости от года использования семенных посевов люцерны

Дата	Средняя температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Относительная влажность воздуха, %	Испаряемость, мм	Дефицит влагообеспеченности, мм	Коэффициент увлажнения (КЗ)
Первый год использования (в среднем за 2011–2013 гг.)						
всходы – начало бутонизации (58 сут)						
7.IV–3.VI	17,2	37,4	62	121,8	84,4	0,31
начало бутонизации – начало цветения (39 сут)						
4.VI–12.VII	21,7	45,0	65	137,4	92,4	0,33
начало цветения – массовое цветение (16 сут)						
13.VII–28.VII	25,2	14,6	57	195,0	180,4	0,07
массовое цветение – созревание семян (46 сут)						
29.VII–12.IX	25,4	57,8	55	205,7	147,9	0,28
Итого						
159 сут	22,1	154,8	60	659,9	505,1	0,23
Второй год использования (в среднем за 2012–2014 гг.)						
начало отрастания – начало бутонизации (52 сут)						
18.III–8.V	12,2	35,3	67	82,2	46,9	0,43
начало бутонизации – начало цветения (10 сут)						
9.V–18.V	19,9	4,1	64	130,6	126,5	0,03
начало цветения – массовое цветение (8 сут)						
19.V–26.V	21,0	6,8	64	137,1	130,3	0,05
массовое цветение – созревание семян (54 сут)						
27.V–19.VII	23,0	83,2	60	165,9	82,7	0,50
Итого						
124 сут	19,0	129,4	64	515,8	386,4	0,25
Третий год использования (в среднем за 2013–2015 гг.)						
начало отрастания – начало бутонизации (57 сут)						
17.III–12.V	10,0	69,8	70	66,1	–3,7	1,05
начало бутонизации – начало цветения (10 сут)						
13.V–21.V	15,6	28,8	67	97,9	69,1	0,29
начало цветения – массовое цветение (8 сут)						
22.V–2.VI	20,8	0,7	61	147,3	146,6	0,01
массовое цветение – созревание семян (54 сут)						
3.VI–19.VII	22,3	107,9	64	145,0	37,1	0,74
Итого						
125 сут	17,2	207,2	65	456,3	249,1	0,45

Наибольшее количество атмосферных осадков на семенной люцерне первого года использования выпадало в межфазные периоды «начало бутонизации – начало цветения» (45,0 мм) и «массовое цветение – созревание семян» (57,8 мм), что составляло 29,1 и 37,3 % от общего количества осадков за вегетационный период культуры соответственно. В критический же период «начало цветения – массовое цветение» выпадало лишь 14,6 мм, или 9,4 % от общей суммы атмосферных осадков.

Из-за высокой среднесуточной температуры (25,2 °С), низкой относительной влажности воздуха (57,0 %) и недостаточного количества атмосферных осадков испаряемость в критический период семенной люцерны возрастала до 195 мм, а дефицит влагообеспеченности – до 180,4 мм. В межфазный период «массовое цветение – созревание семян» продолжительностью 46 сут выпало 57,8 мм осадков и при среднесуточной температуре 25,4 °С и относительной влажности воздуха 55 % испаряемость возрастала до 205,7 мм, а дефицит влагообеспеченности – до 147,9 мм. В целом за вегетационный период семенной люцерны первого года использования испаряемость составляла 659,9 мм, а дефицит влагообеспеченности при выпадении 154,8 мм атмосферных осадков достигал 505,1 мм.

Формирование урожая семян люцерны второго года использования проходило в среднесухие (75 %) и сухие (95 %) по обеспеченности осадками годы. В среднем за 2012–2014 гг. в межфазном периоде «начало отрастания – начало бутонизации» выпало 35,3 мм осадков и при среднесуточной температуре воздуха, равной 12,2 °С, и относительной влажности 67 % испаряемость не превышала 82,2 мм, а дефицит влагообеспеченности составлял 46,9 мм. В критическом межфазном периоде «массовое цветение – созревание семян», общая продолжительность которого составляла 54 сут, при среднесуточной температуре 23,0 °С и относительной влажности воздуха 60 % испаряемость повышалась до 165,9 мм, а дефицит влагообеспеченности – до 82,7 мм. Длительная засуха, которая наблюдалась в критические периоды роста и развития обоих сортов семенной люцерны, существенно влияла на формирование урожая семян культуры. Поэтому начиная с третьей декады мая было начато проведение вегетационных поливов с применением капельного орошения (рисунок 2).



Рисунок 2 – Ширококорядные посевы люцерны при ранневесеннем сроке посева (слева) и второго года использования (справа)

На семенных посевах люцерны третьего года использования максимальное количество атмосферных осадков выпадало в межфазные периоды «начало отрастания – начало бутонизации» (69,8 мм) и «массовое цветение – созревание семян» (107,9 мм), что составляло 33,7 и 52,1 % от общего количества атмосферных осадков за вегетационный период культуры.

В межфазном периоде «начало бутонизации – начало цветения», общая продолжительность которого не превышала 10 сут, при среднесуточной температуре 15,6 °С и

относительной влажности воздуха 67 % испаряемость возрастала до 97,9 мм, а дефицит влагообеспеченности – до 69,1 мм. Из-за крайне недостаточного количества атмосферных осадков в межфазном периоде «начало цветения – массовое цветение», суммарное количество которых не превышало 0,7 мм, при среднесуточной температуре 20,8 °С и относительной влажности воздуха 61 % испаряемость повышалась до 147,3 мм, а дефицит влагообеспеченности – до 146,6 мм.

В межфазном периоде «массовое цветение – созревание семян», общая продолжительность которого составляла 54 сут, выпало 107,9 мм осадков, из-за чего испаряемость снизилась до 145,0 мм, а дефицит влагообеспеченности соответственно до 37,1 мм. В целом за вегетационный период при среднесуточной температуре 17,2 °С и относительной влажности воздуха 65,0 % испаряемость достигала 456,3 мм, а дефицит влагообеспеченности не превышал 249,1 мм.

Несмотря на сложные погодные условия, которые наблюдались в течение вегетационного периода 2011–2013 гг., семенная продуктивность люцерны первого года использования, независимо от сорта и применения регулятора роста Пантафол 30.10.10, в условиях естественного увлажнения (без орошения) составляла 139 кг/га, в условиях капельного орошения – 218 кг/га. Урожайность кондиционных семян люцерны сорта Унитро, независимо от условий увлажнения и применения регулятора роста Пантафол 30.10.10, составляла 191 кг/га, сорта Зоряна – 166 кг/га (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность семян люцерны в зависимости от условий увлажнения, сорта и применения регулятора роста Пантафол 30.10.10

В кг/га

Вариант		Применение Пантафола 30.10.10 (С)					Средняя урожайность	
Условия увлажнения (А)	Сорт (В)	контроль 1 (без обработок)	контроль 2 (опрыскивание водой)	начало стеблевания – начало бутонизации	начало бутонизации – начало цветения	начало цветения – массовое цветение	по фактору (А)	по фактору (В)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Первый год использования (в среднем за 2011–2013 гг.)								
Без орошения	Унитро	134	135	163	167	168	139	191
	Зоряна	115	116	128	133	133		166
Капельное орошение	Унитро	211	212	233	240	249	218	
	Зоряна	198	200	204	213	214		
Второй год использования (в среднем за 2012–2014 гг.)								
Без орошения	Унитро	408	409	486	500	477	433	533
	Зоряна	373	372	434	449	427		487
Капельное орошение	Унитро	541	542	650	665	648	586	
	Зоряна	524	525	580	597	586		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Третий год использования (в среднем за 2013–2015 гг.)								
Без орошения	Унитро	199	201	251	263	258	230	336
	Зоряна	199	199	241	247	242		326
Капельное орошение	Унитро	415	415	446	464	446	432	
	Зоряна	395	396	444	457	443		
<p>А. Оценка существенности частных различий по годам использования:</p> <p>- первого года: НСР₀₅ (А) – 4,3 кг/га; НСР₀₅ (В) – 2,9 кг/га; НСР₀₅ (С) – 2,3 кг/га;</p> <p>- второго года: НСР₀₅ (А) – 12,4 кг/га; НСР₀₅ (В) – 19,9 кг/га; НСР₀₅ (С) – 22,0 кг/га;</p> <p>- третьего года: НСР₀₅ (А) – 33,0 кг/га; НСР₀₅ (В) – 37,9 кг/га; НСР₀₅ (С) – 20,6 кг/га.</p>								

Семенная продуктивность люцерны сорта Унитро второго года использования в среднем за 2012–2014 гг. в условиях естественного увлажнения (без орошения) на контроле 1 и контроле 2 не превышала 408–409 кг/га, сорта Зоряна – 372–373 кг/га. При применении в условиях естественной влагообеспеченности (без орошения) регулятора роста Пантафол 30.10.10 урожайность семян люцерны сорта Унитро возрастала до 477–500 кг/га и сорта Зоряна – до 427–449 кг/га, что больше контрольных вариантов на 16,9–22,5 и 14,8–20,4 %. В условиях капельного орошения и применения регулятора роста Пантафол 30.10.10 урожайность кондиционных семян люцерны сорта Унитро повышалась до 648–665 кг/га, сорта Зоряна – до 580–597 кг/га, что превышало контрольные варианты на 19,8–22,7 и 10,7–13,7 % соответственно.

Формирование урожая семян люцерны сортов Унитро и Зоряна третьего года использования проходило в крайне сложных погодных условиях. На фоне капельного орошения и применения регулятора роста Пантафол 30.10.10 урожайность семян люцерны сорта Унитро повышалась до 446–464 кг/га, сорта Зоряна – до 443–457 кг/га против 415 и 395–396 кг/га в контрольных вариантах. Независимо от сорта и применения регулятора роста Пантафол 30.10.10 урожайность семян люцерны без орошения не превышала 230 кг/га, в условиях орошения – 432 кг/га.

Себестоимость 1 кг семян люцерны сорта Унитро первого года использования без орошения на контроле 1 и 2 (без применения регулятора роста Пантафол 30.10.10) составляла 30,1–31,1 грн., сорта Зоряна – 35,9–36,2 грн. На капельном орошении себестоимость семян сорта Унитро при применении регулятора роста Пантафол 30.10.10 составляла 20,9–21,7 грн./кг, сорта Зоряна – 24,3–24,4 грн./кг.

Себестоимость 1 кг семян люцерны второго года использования в вариантах без орошения на контроле 1 и контроле 2 (без применения Пантафола 30.10.10) сорта Унитро составляла 12,58–12,61 грн., сорта Зоряна – 13,79–13,82 грн. При применении регулятора роста Пантафол 30.10.10 себестоимость семян сорта Унитро составляла 10,57–11,08 грн./кг, сорта Зоряна – 11,77–12,38 грн./кг, на капельном орошении не превышала соответственно 10,14–10,41 и 11,30–11,63 грн./кг.

Себестоимость 1 кг кондиционных семян люцерны третьего года использования без орошения сорта Унитро, независимо от применения Пантафола 30.10.10, достигала 19,8–25,5 грн., сорта Зоряна – 21,1–25,5 грн. Проведение в критический период «массовое цветение – созревание семян» вегетационного полива нормой 600 м³/га при элиминировании влияния сорта и применения регулятора роста Пантафол 30.10.10 способствовало снижению себестоимости семян сорта Унитро до 14,4–15,7 грн./кг, сорта Зоряна – до 14,6–16,8 грн./кг.

Выводы. Региональное изменение климата, которое в последние годы проявляется в подзоне южной Степи и приводит к интенсивному увеличению испаряемости и де-

фицита водообеспеченности, вызывает необходимость выращивать сельскохозяйственные культуры в условиях орошения. Семенная продуктивность люцерны первого года использования без орошения и применения регулятора роста составляла 134–135 кг/га и при капельном орошении – 211–212 кг/га. Семенная продуктивность люцерны второго года существенно зависела от условий увлажнения и, независимо от сорта и применения регулятора роста Плантафол 30.10.10, соответственно составляла 433 и 586 кг/га, третьего года – соответственно 230 и 432 кг/га.

Себестоимость 1 кг кондиционных семян люцерны первого года использования без орошения сорта Унитро не превышала 25,6–31,1 грн., второго – 10,57–12,61 грн., третьего года – 19,8–25,5 грн., сорта Зоряна – соответственно 32,4–36,2; 11,77–13,82 и 21,1–25,5 грн. Проведение вегетационного полива в критический межфазный период «начало цветения – созревание семян» способствовало существенному повышению урожайности семян культуры и снижению себестоимости 1 кг сортов люцерны, которые изучались.

Список использованных источников

- 1 Иванов, А. И. Люцерна / А. И. Иванов. – М.: Колос, 1980. – 322 с.
- 2 Голобородько, С. П. Люцерна / С. П. Голобородько, Н. Н. Лазарев. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2009. – 424 с.
- 3 Медведев, Г. А. Биологические основы повышения семенной продуктивности орошаемой люцерны / Г. А. Медведев // Сборник научных трудов Волгоградского СХИ. – 1979. – Т. 71. – С. 30–47.
- 4 Медведевский, А. К. Энергетический анализ интенсивных технологий в сельскохозяйственном производстве / А. К. Медведевский, П. И. Иваненко. – Киев: Урожай, 1988. – 205 с.
- 5 Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография / В. О. Ушкаренко, Н. Н. Лазарев, С. П. Голобородько, С. В. Коковихин. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 336 с.
- 6 Иванов, Н. Н. Показатель биологической эффективности климата / Н. Н. Иванов // Известия Всесоюзного географического общества. – 1962. – Т. 94, вып. 1. – С. 65–70.

УДК 556.324

А. С. Капустян

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОН ПОДТОПЛЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОДПОРА ГРУНТОВЫХ ВОД

Целью исследований является определение границ зон подтопления территории в результате подъема уровня грунтовых вод. Рассмотрен аналитический метод прогноза подтопления в условиях полубесконечного массива. Приведен алгоритм действий при определении границ зон сильного, умеренного и слабого подтопления, включающий три последовательные операции: аналитические расчеты, графическое построение расчетных створов и построение изолиний зон подтопления на топографической карте (опорный план).

Ключевые слова: подтопление территорий, границы зон подтопления, подпор грунтовых вод, аналитический метод прогноза, изолинии зон подтопления.

А. S. Kapustyan

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

FLOODING ZONES BOUNDARIES DETERMINATION OF COMMUNITIES AND AGRICULTURAL LANDS AS A RESULT OF A GROUNDWATER AFFLUENT

The purpose of the research is to determine the flooding zones boundaries of the territory as a result of rising groundwater levels. The analytical method of forecasting flooding under the conditions of a semi-infinite mass is considered. The action plan for determining the boundaries of heavy, moderate and weak flooding zones is given, including three successive operations: analytical calculations, graphical construction of control points and isoline contouring of flood zones on the topographic map (basic plan).

Key words: flooding of territories, flooding zones boundaries, groundwater affluent, analytical forecasting method, isolines of flood zones.

На юге России наблюдается крупномасштабное изменение экологических условий в зоне орошения, связанное с подъемом уровня грунтовых вод и подтоплением территории.

Процессы подтопления развиваются в различных природных условиях в результате воздействия как активных, так и пассивных факторов, а основными причинами подтопления являются инфильтрация поверхностных и подпор грунтовых вод.

Подпор грунтовых вод наблюдается при устройстве водохранилищ, прудов, оросительных каналов, гидротехнических сооружений и паводках.

Затопление пойменных территорий рек при паводках аналогично созданию водохранилищ, которые формируют подпор грунтовых вод, обуславливающий во многих случаях подтопление прилегающих, особенно прибрежных, территорий.

Под влиянием подтопления оказываются как территории населенных пунктов, так и земли сельскохозяйственного назначения, которые испытывают периодическое подтопление.

При подъеме уровня грунтовых вод и увлажнении грунтов зоны аэрации активизируются такие негативные процессы, как заболачивание, вторичное засоление и оглеение почвогрунтов, осадка, просадка, набухание, пучение, оползание склонов, проседание поверхности и т. д., что ведет к недопустимым деформациям зданий и разрушению несущих конструкций [1, 2].

На сельскохозяйственных землях, периодически подвергающихся подтоплению, почвы теряют плодородие и деградируют, что приводит к снижению урожая, а с годами и к списанию сельскохозяйственных земель из оборота. При переувлажнении земель в среднем теряется до 30 % урожая [3].

Подтопленными считаются территории, на которых первый от поверхности водоносный горизонт находится на глубине менее 3 м от поверхности земли.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 18 апреля 2014 г. № 360 «Об определении границ зон затопления, подтопления» в границах зон подтопления определяются:

- территории сильного подтопления – при глубине залегания грунтовых вод менее 0,3 м;

- территории умеренного подтопления – при глубине залегания грунтовых вод от 0,3–0,7 до 1,2–2,0 м;

- территории слабого подтопления – при глубине залегания грунтовых вод от 2,0 до 3,0 м.

Обосновать систему предупредительных и защитных мероприятий при подтоплении можно только на основе прогнозирования данного процесса.

Методы фильтрационных расчетов при прогнозе подтопления грунтовыми водами разработаны достаточно подробно для различных гидрологических условий [4–6]. В данной работе рассмотрен аналитический метод прогноза подтопления в условиях полубесконечного массива.

При создании водохранилищ прогноз подтопления территории в результате подпора грунтовых вод заключается в расчете повышения их уровня по отношению к существующему.

При мгновенном подъеме уровня воды на величину S_n подпор грунтовых вод приведет к повышению их уровня и подтоплению территорий (рисунок 1). При условии, что на достаточно большом удалении от границ затопления бытовой расход естественного потока q остается неизменным, положение уровня грунтовых вод в произвольный момент времени после затопления рассчитывается по формуле [7]:

$$h = h_0 + \frac{q \cdot x}{k \cdot h_c} + S_n \left[1 - \operatorname{erf} \int \frac{x}{2\sqrt{at}} \right],$$

где h – мощность водоносного пласта искомая, м;

h_0 – мощность отложений от водоупора до уровня воды, м;

x – расстояние до замеряемой точки водоносного пласта, м;

k – коэффициент фильтрации, м/сут;

h_c – средняя мощность отложений до водоупора, м;

a – коэффициент урвнeпрoвoднoсти, м²/сут;

t – время, сут.

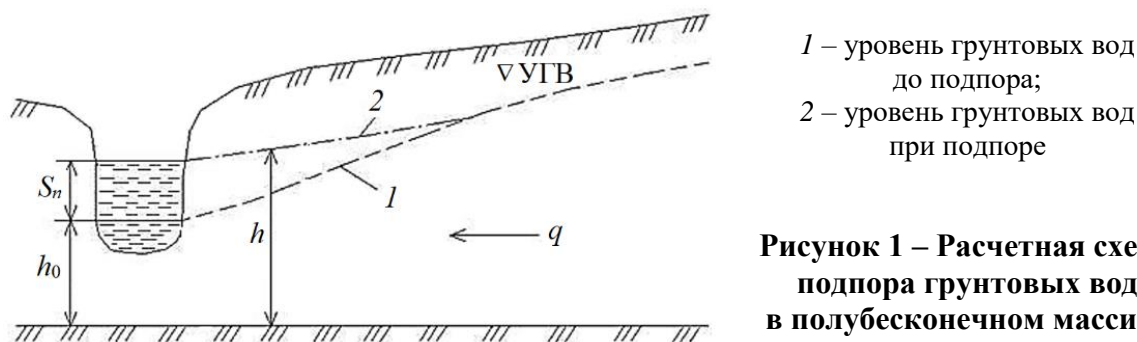


Рисунок 1 – Расчетная схема подпора грунтовых вод в полубесконечном массиве

Определение прогнозных уровней грунтовых вод позволяет рассчитать кривую их депрессии и определить границы ее распространения. Для нахождения точек, соответствующих расчетным уровням подтопления, необходимо измерить расстояния от поверхности земли до положения кривой депрессии грунтовых вод. В зависимости от уклона поверхности земли эти расстояния будут изменяться следующим образом: при увеличении уклона они будут уменьшаться и наоборот.

Поэтому для определения границ зон сильного, умеренного и слабого подтопления необходимо построение профиля поверхности земли с нанесенным урезом воды и рассчитанной депрессионной кривой уровня грунтовых вод. Положения уровней грунтовых вод, соответствующие границам зон подтопления, выносятся на поверхность земли, и измеряются расстояния от уреза воды до границ зон подтопления (рисунок 2).

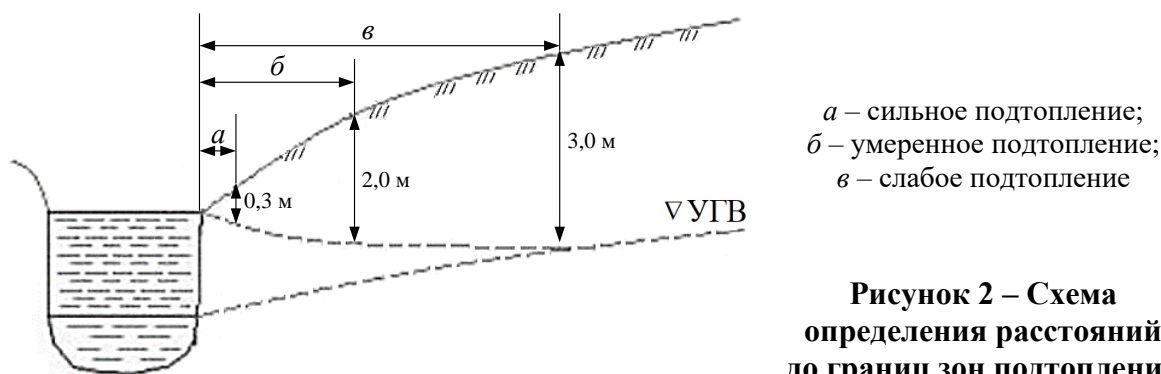


Рисунок 2 – Схема определения расстояний до границ зон подтопления

Завершающей операцией является вынос на топографическую карту (опорный план) полученных расстояний от границы затопления до границ зон сильного, умеренного и слабого подтопления (рисунок 3).

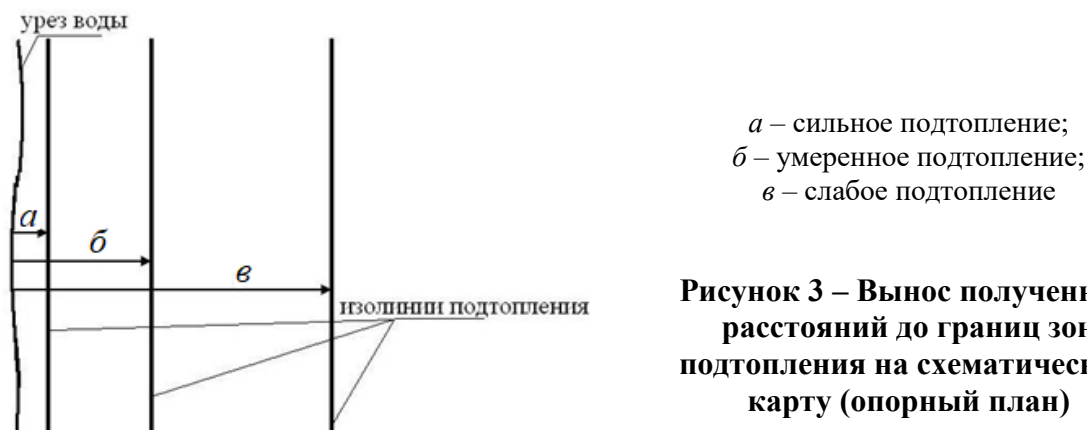


Рисунок 3 – Вынос полученных расстояний до границ зон подтопления на схематическую карту (опорный план)

Таким образом, алгоритм определения границ зон подтопления включает три последовательных операции:

- аналитические расчеты;
- графическое построение расчетных створов;
- построение изолиний зон подтопления на топографической карте (опорном плане).

Предлагаемый метод позволяет оперативно определять и наносить на карты (опорные планы) границы зон подтопления грунтовыми водами сельскохозяйственных территорий и населенных пунктов и предназначен для работников мелиоративной отрасли и строительства.

Список использованных источников

1 Борхонова, Е. В. Подтопление застроенных территорий в межгорных впадинах западного Забайкалья: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.07 / Борхонова Елена Валерьевна. – Улан-Удэ, 2006. – 18 с.

2 Дзекцер, Е. С. Проблемы гидрогеологической безопасности застроенных территорий / Е. С. Дзекцер // Промышленное и гражданское строительство. – 1992. – № 12. – С. 13–14.

3 Хасанов, А. С. Влияние водохозяйственных мероприятий на гидрогеологические и инженерно-геологические условия территорий населенных пунктов Узбекской ССР / А. С. Хасанов // Влияние водохозяйственных мероприятий на гидрогеологические и инженерно-геологические условия литосферы. – М., 1987. – С. 12–16.

4 Влияние водохранилищ на гидрогеологические условия прилегающих территорий / С. К. Абрамов, Н. Н. Биндеман, Ф. М. Бочеввер, Н. Н. Веригин. – М.: Госстройиздат, 1960. – 319 с.

5 Гармонов, И. В. Прогноз влияния равнинных водохранилищ на подпор, ресурсы и запасы подземных вод / И. В. Гармонов, И. Б. Колобов, И. И. Крашин. – М.: Наука, 1984. – 157 с.

6 Веригин, Н. Н. Методические рекомендации по расчетам подпора грунтовых вод, подтопления земель и потерь воды на фильтрацию в районах каналов и водохранилищ / Н. Н. Веригин, П. А. Брага. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1980. – 44 с.

7 Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях / А. Ж. Муфтахов [и др.]; ВНИИ ВОДГЕО. – М.: Стройиздат, 1991. – 272 с. – (Справ. пособие к СНиП).

УДК 626.82

Н. Р. Насырова, О. Я. Гловацкий, А. Б. Сапаров

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

К ВОПРОСУ РЕКОНСТРУКЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С МАШИНЫМ ВОДОПОДЪЕМОМ

Целью исследований является научное обоснование применения в системах машинного водоподъема образцов современных насосов, дождевальная и поливной техники в разрезе программ импортозамещения. В статье представлены результаты исследования основных категорий потерь оросительной воды по элементам оросительных систем, приведен опыт применения поливной техники и насосно-силового оборудования на оросительных системах, рассмотрены методы повышения объемного коэффициента полезного действия, улучшения гидравлических условий подвода потока к рабочему колесу и уменьшения кавитационного износа. Предложено комплексное решение задач по повышению эффективности работы насосно-силового оборудования, которое позволило увеличить фактический коэффициент полезного действия исследуемого насоса при подаче 1750 м³/ч с 83 до 86,4 %, а при подаче 2240 м³/ч с 82 до 85,0 % по сравнению с заводскими данными.

Ключевые слова: насосно-силовое оборудование, энергосбережение, реконструкция, системы машинного водоподъема, кавитационный износ.

N. R. Nasyrova, O. Ya. Glovatskiy, A. B. Saparov

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

TO THE ISSUE OF IRRIGATION SYSTEMS RECONSTRUCTION BY LIFT IRRIGATION

The purpose of the research is the scientific substantiation of the usage of samples of modern pumps, sprinkler and irrigation equipment in modern water-lifting systems in the context of import substitution programs. The results of the study of the main categories of irrigation water losses by irrigation system elements are presented, the experience of irrigation technology and pumping equipment use on irrigation systems is described, the methods for increasing the volumetric efficiency, for improving the hydraulic conditions for supplying the flow to the impeller and reducing the cavitation wear are examined in the article. The complex solution of such problems as the increasing the efficiency of the pumping and power equipment was proposed, which allowed to increase the actual performance factor of the given pump from 83 to 86.4 % when supplying 1750 m³ per h, and from 82 to 85.0 % when feeding 2240 m³ per h compared to the factory data.

Key words: pumping and power equipment, energy saving, reconstruction, water lifting systems, cavitation wear.

Особенностью современных мелиоративных систем сельского хозяйства является широкое использование насосно-силового оборудования в оросительных системах. В современных хозяйственно-экономических условиях необходимо определить стратегию разработки программ импортозамещения основных элементов насосов. Масштабы обновления инвестиционной политики в ресурсоемких проектах реконструкции систем машинного водоподъема (СМВ) могут дать наибольший экономический эффект.

Важным следствием реконструкции СМВ является повышение единичной мощ-

ности насосных агрегатов и уменьшение их количества. Это приводит к экономии затрат на строительство зданий насосных станций (НС) со всем необходимым гидромеханическим, механическим и электротехническим оборудованием. При этом земля высвобождается для других целей, особенно для увеличения орошаемых площадей. Важным фактором водосбережения является состояние проточной части НС. Характерная особенность элементов напорных трубопроводов НС – износ проточной части и уплотнений от воздействия кавитации, электрохимической коррозии и истирания взвешенными в потоке твердыми частицами [1, 2]. Большинство насосных агрегатов, по оценке экспертов, могут представлять в недалеком будущем большую опасность из-за прогрессирующего износа уплотнительных узлов и больших протечек в перекачиваемую воду.

Зарубежные машиностроительные фирмы имеют большой опыт создания высокопроизводительных насосов [3, 4]. Однако высокие значения подачи и напора, равно как и большие габаритные размеры основного оборудования, вызывают усложнение конструкций насосов. Изменение в широких пределах их рабочих параметров и потока приводит к тому, что насосы работают в условиях интенсивного абразивного изнашивания. Механические повреждения рабочих органов насосных агрегатов из-за интенсивного гидроабразивного изнашивания могут за относительно короткий срок достигнуть размеров, затрудняющих их нормальную эксплуатацию и даже делающих ее практически невозможной [5]. В результате проведенных натурных наблюдений установлено, что в насосах интенсивность износа лопасти по общей поверхности и торцевой ее части различна. Развитие теории процесса гидроабразивного изнашивания необходимо для насосов, используемых с крупными фракциями частиц, в этом случае концентрация их в 50–100 раз больше, чем концентрации наносов естественных водоисточников. Эти особенности разграничивают использование результатов, полученных по износу насосов применительно к лопастным насосам общего назначения. В настоящее время наиболее точные аналитические формулы расчета интенсивности гидроабразивного износа можно получить на основе усталостной теории разрушения твердых тел. Применение этой теории дает возможность установить связь между интенсивностью износа и характеристиками гидроабразивного потока и изнашиваемого материала [5].

При реконструкции высокоэкономичных НС большое значение имеет правильный выбор устройств для подвода воды на входе в насос. Это особенно важно при освоении средних и низких напоров, при которых характеристика насоса в значительной мере определяется их свойствами. Наиболее совершенными с точки зрения преобразования кинетической энергии осевого и малозакрученного потоков в потенциальную энергию являются прямоосные диффузоры с небольшим углом конусности.

Натурные исследования НС и анализ опыта их эксплуатации позволили выявить элементы поливной техники, влияющие на эксплуатационные и экономические параметры работы НС. Зарубежные специалисты причины повышенных потерь воды классифицируют следующим образом: неустойчивость основания трубопроводов – 40 %, переполнение сопрягающих сооружений из-за недостаточной пропускной способности водосбросов – 23 %, недостаточная прочность конструктивных элементов трубопроводов – 12 %, неравномерные осадки – 10 % [3].

В связи с высокой капиталоемкостью работ по реконструкции и выполнением их за счет средств бюджета возрастают требования к выбору объекта. Своевременное проведение реконструкции СМВ, нуждающихся в этом, удлиняет срок их функционирования, позволяет повысить экономическую эффективность капитальных вложений. Практически все водосберегающие мероприятия требуют больших капиталовложений на уровне 1,0–1,5 долл./м³ сэкономленной воды. Первоначально оценивать целесообразность и очередность реконструкции рекомендуется на основе прогноза технического состояния.

Низкая водообеспеченность земель во многом определяется потерями в оросительных системах и на поливе. Непосредственно до растений доходит 43 % от суммарного водозабора в бассейне Сырдарьи и 37 % – в бассейне Амударьи [3].

Потенциальное сокращение всех видов потерь распределяется следующим образом по элементам оросительных систем: 25 % приходится на поле (техника полива); 30 % – на внутривладельческую оросительную сеть; 45 % – на межхозяйственные и магистральные каналы. При этом необходимые капиталовложения в снижение потерь составляют 0,9 долл./м³ для поля, 1,4 долл./м³ – для внутривладельческой сети, 0,5 долл./м³ – для магистральных каналов.

В конце XX в. в Узбекистане проводилась широкомасштабная производственная проверка развития дождевания в Каршинской степи (широкозахватные дождевальные машины фронтального и кругового перемещения). В начале 1980-х гг. в республику поступило порядка десяти дождевальных машин «Кубань», изготовленных по лицензии фирмы «Линдсей» (США). В это же время предпринимались попытки развития орошения зерновых культур на базе использования фронтальных машин ДДА-100МА. Эта машина долгие годы являлась наиболее надежной из всего парка применявшейся в наших условиях дождевальной техники и относительно неприхотливой в эксплуатации. Однако все попытки широкомасштабного применения дождевания при возделывании сельскохозяйственных культур, в основном хлопчатника, после 2–3 лет эксплуатации дождевальной техники прекращались. В этом сыграла роль не столько неправильная привязка дождевальной техники к конкретным природно-климатическим зонам, сколько недостатки эксплуатации насосно-силового оборудования и фильтров.

При поливе зерновых наиболее экономически целесообразным оказалось использование дождевальных машин типа ДДН-70, ДДФ-100 (производство России), «Валлей» (производство США), «Байнлих» (производство Германии). Для малых систем применялась новая насосная техника конструкции Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (НИИИВП) [3, 4]. Их использование дало хорошие результаты (рисунок 1).



Рисунок 1 – Применение дождевальной техники в Ташкентской области (фото НИИИВП)

Системы капельного орошения являются более энергоэффективными по сравнению с существующими методами орошения за счет сокращения подачи воды. Для обеспечения нормальной и безаварийной работы трубопроводов требуется установка в повышенных точках их профилей вантузов. В условиях жаркого климата их уплотнения быстро выходят из строя. Для предотвращения возможности возникновения гидравлических ударов, исключения возможности деформации трубопроводов за счет образования вакуума (особенно трубопроводов больших диаметров) как в аварийных ситуациях, так и при плановых опорожнениях ниспадающих участков, обеспечения более высокой эксплуатационной надежности систем в институте разработаны новые конструкции вантузов [3, 4]. Однако, по современной информации, серийное производство надежных вантузов не налажено не только в Узбекистане, но и в странах СНГ.

Для насосов плохие гидравлические условия подвода потока, обмен количества движения между слоями и зонами транзитного потока и водоворотов вызывают увеличение потерь воды и энергии. В этих же направлениях следует искать пути ослабления негативного воздействия кавитации и гидроабразивной эрозии на ресурс насосов. Основной режимной причиной кавитации, по результатам исследования авторов, является эксплуатация насосов с неблагоприятными условиями подвода воды. Характерным является наличие нестационарных водоворотных областей. Кавитация в насосе возникает при отличии режимов работы насоса от номинального, особенно когда усиливается влияние вихреобразования, флуктуация скоростей и пульсации давления потока. Авторами создано устройство для подвода жидкости на входе в насос, которое содержит направляющие элементы в виде плоских пластин, установленные в зоне расположения всасывающего патрубка насоса [6]. В НИИИВП разработаны образцы современных насосов поливной техники в разрезе программ импортозамещения. Практические результаты исследования и основные расчетные зависимости новых конструкций центробежных насосов для уменьшения изнашивания насосов применяются проектными организациями, управлениями эксплуатации НС и заводами-изготовителями. Исследования по данной тематике были апробированы в АО «SVMASH», на НС Ташкентской и Бухарской областей. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения результатов работ составляет по внедряемым насосам около 1718 млн сумов. Предполагается лицензионное соглашение об использовании ряда образцов в зарубежных проектах.

Разрабатывается также центробежный насос с кольцевой рабочей камерой, снабженной спиральным завихрителем в корпусе насоса. Этот насос создает более высокий напор по сравнению с известными. Вследствие уменьшения живого сечения кольцевой камеры и снижения гидравлического сопротивления создается эффект повышения параметров агрегата.

В настоящее время продолжают работы по комплексному решению задач повышения объемного КПД, улучшения гидравлических условий подвода потока к рабочему колесу насоса и уменьшения кавитационного износа. Отрыв потока от направляющих стенок в камере насоса при уменьшении значения 15–30 % может привести к увеличению потерь напора и турбулентных завихрений, что оказывает неблагоприятное воздействие на другие режимы. Достигнута стабилизация безударного выхода перекачиваемой жидкости после рабочего колеса с ликвидацией вихревых потоков по всей проточной части насоса за счет новых элементов в камере центробежного насоса. Расположение направляющей лопатки позволяет преобразовать вихревые скорости в статическое давление и направляет поток параллельно оси спиральной камеры, ликвидируя отрыв потока от направляющих стенок. Сопоставительный анализ результатов испытаний показал, что фактические КПД нового насоса при подаче 1750 м³/ч увеличены с 83 до 86,4 %, а при подаче 2240 м³/ч – с 82 до 85,0 % по сравнению с заводскими данными.

Расчет экономического эффекта от реконструкции СМВ основывается на прогнозе возможного ухудшения состояния и снижения продуктивности орошаемых земель без проведения реконструкции в ближайшие 10–15 лет. Эффект будет зависеть от размера потерь на устаревшей системе и срока проведения реконструкции. За основу для сравнения принимается базисный вариант, характеризующийся таким состоянием системы и таким уровнем продуктивности орошаемых земель, которые имели бы место при отказе от реконструкции.

Поскольку дальнейшее функционирование технически несовершенных систем снижает эффективность вложений в мелиорацию, ведет к заболачиванию и засолению почв и другим негативным последствиям, главной целью реконструкции является даже не улучшение технико-экономических показателей, а предотвращение дальнейшего ухудшения природной среды в случае отказа от ее проведения. Прогноз возможного ухудшения экологической обстановки и снижения продуктивности орошаемых земель

без реконструкции систем – один из важных методических приемов по выбору соответствующих мероприятий. Рекомендуется принимать за базис тот уровень сельхозпроизводства и то состояние мелиоративной системы, которые имели бы место в случае отказа от реконструкции, т. е. прогнозируемые показатели [1].

Приведенные затраты варианта реконструкции оросительных систем рассчитываются на основе действующих нормативов удельных капиталовложений в проектную урожайность и производственных затрат.

На практике хозяйства вынуждены под имеющуюся несовершенную технику полива приспособлять технологию выращивания сельскохозяйственной продукции. В результате недостатки существующих оросительных систем сдерживают развитие орошаемого земледелия. Технология подачи воды растению должна быть адекватной потребностям сельскохозяйственных культур и характеру использования земель.

Последовательность выполнения операций по обоснованию реконструкции СМВ включает три этапа (таблица 1).

Таблица 1 – Последовательность выполнения операций при обосновании реконструкции СМВ

Этап	Содержание операции	Результат
I	Оценка технико-экономических показателей: техническое состояние системы	Доказательство необходимости реконструкции. Подготовка исходных данных для расчета базисного и проектного вариантов
II	Прогнозирование показателей расчета сравнительной экономической эффективности	Расчет нормативов базисного и проектного вариантов по показателям производства (затраты и капитальные вложения)
III	Сопоставление вариантов, подготовка заключения	Сравнение приведенных затрат. Установление срочности реконструкции. Назначение конкретных мероприятий по подготовке технического проекта НС

Технический осмотр СМВ показал, что отсутствие противофильтрационных облицовок каналов и применение устаревшей поливной техники приводят к завышению оросительных норм и, как следствие, к подъему уровня грунтовых вод, повышению их минерализации.

В свою очередь, улучшение технических показателей оросительной системы позволит повысить урожайность культур, уменьшить производственные затраты.

Отсутствие в настоящее время радикального решения вопросов, связанных с собственностью на землю и на мелиоративные объекты, приводит к нежеланию земледельцев (по экономическим соображениям) проводить за свой счет работы по ремонту и содержанию оросительных систем. Им выгоднее неработоспособную систему назначить в реконструкцию за счет средств государственного бюджета.

В настоящее время необходимо усилить экономические меры, направленные на повышение отдачи вкладываемых в мелиорацию средств. Основным критерием для назначения системы к реконструкции должно быть требование, чтобы недобор (снижение) продукции с орошаемых земель на участках, подлежащих реконструкции, обуславливался недостатками водного режима, в т. ч. на НС, а не недочетами сельскохозяйственного производства.

Реконструкция создает технические возможности регулирования водных ресурсов за счет создания водомерных постов для учета воды, способствующих эффективному водопользованию. С другой стороны, введение платы за воду приведет к увеличению отдачи вкладываемых в мелиорацию средств и росту продуктивности орошаемых земель, снижению физического износа и сокращению потребности в проведении реконструкции систем. При этом целесообразно освободить водопользователей от платы

за воду или установить им льготы, если они провели реконструкцию оросительной системы за счет своих средств.

Выводы

1 На износ центробежных насосов ирригационных НС особое влияние оказывает абразив и кавитация. Процесс кавитации сопровождается возникновением значительных локальных механических сил, химическими, электрическими и другими явлениями. Анализ проведенных исследований показал, что интенсивное увеличение торцевого зазора между лопастью и камерой насоса имеет место вследствие воздействия целевого гидроабразивного потока. Учитывая, что относительные скорости взвесенесущего потока, местная концентрация твердых частиц в межлопастном канале и конструктивных зазорах различны, можно с достаточным основанием утверждать, что изнашивание деталей происходит по иной закономерности, нежели у поверхностей лопасти насосов.

2 В НИИИВП разработаны образцы современных насосов поливной техники в разрезе программ импортозамещения. Практические результаты исследования и основные расчетные зависимости новых конструкций центробежных насосов для уменьшения изнашивания насосов применяются проектными организациями, управлениями эксплуатации НС и заводами-изготовителями. Исследования по данной тематике были апробированы в АО «SUV MASH», на НС Ташкентской и Бухарской области. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения результатов работ составляет по внедряемым насосам около 1718 млн сумов. Предполагается лицензионное соглашение об использовании ряда образцов в зарубежных проектах.

3 В настоящее время продолжаются работы по комплексному решению задач повышения объемного КПД, улучшения гидравлических условий подвода потока к рабочему колесу насоса и уменьшения кавитационного износа. Сопоставительный анализ результатов испытаний показал, что фактические КПД нового насоса при подаче 1750 м³/ч увеличены с 83 до 86,4 %, а при подаче 2240 м³/ч – с 82 до 85,0 % по сравнению с заводскими данными.

Список использованных источников

1 Трегобчук, В. М. Экономико-экологические проблемы гидромелиорации / В. М. Трегобчук. – Киев: Науч. мысль, 1990. – 206 с.

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

3 Шарипов, Ш. М. Экологические и энергосберегающие проблемы реконструкции систем машинного водоподъема / Ш. М. Шарипов, Н. Р. Насырова, А. Б. Сапаров // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения) / ВНИИГиМ, Россельхозакадемия. – М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2017. – С. 246–249.

4 Гловацкий, О. Я. Новая насосная техника в оросительных системах / О. Я. Гловацкий, Д. О. Драпун, А. Б. Сапаров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 125–128.

5 Джурабеков, А. И. Механизм кавитационного и гидроабразивного износа центробежных насосов ирригационных насосных станций / А. И. Джурабеков, Ш. Р. Рустамов, О. Я. Гловацкий // Сборник научных трудов, посвященный 25-летию Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2017. – С. 153–159.

6 Пат. на полезную модель № FAP 01069 Республика Узбекистан. Устройство для подвода жидкости на входе в насос / Гловацкий О. Я., Эргашев Р. Р.; заявитель и патентообладатель Ташкент. ин-т ирригации и мелиорации. – № FAP 20140011, опублик. 21.01.16.

УДК 631.347.4

А. А. Чураев, Ю. Ф. Снопич, М. В. Вайнберг, Л. В. Юченко

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

МНОГООПОРНАЯ ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОГО ОРОШЕНИЯ

В данной статье описана суть использования прецизионного (точного) орошения сельскохозяйственных культур, результаты, достигаемые посредством применения данной технологии, и основные компоненты точного орошения. Описана разработанная сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ» многоопорная дождевальная машина для прецизионного (точного) орошения.

Ключевые слова: многоопорная дождевальная машина, прецизионное орошение, жидкие удобрения, химикаты, GPS/ГЛОНАСС-приемники.

A. A. Churaev, Yu. F. Snipich, M. V. Vainberg, L. V. Yuchenko

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

MULTITOWER SPRINKLING MACHINE FOR PRECISION IRRIGATION

The essence of the use of precision (precise) irrigation of crops, the results achieved through the use of this technology, and the main components of precise irrigation are described in the article. A multitower sprinkling machine for the precision (precise) irrigation designed by the staff of the federal state budgetary scientific institution "Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems" is reported.

Key words: multitower sprinkling machine, precision irrigation, liquid fertilizers, chemicals, GPS/GLONASS receivers.

В сельскохозяйственном производстве будущее за широким использованием прецизионного (точного) орошения. Прецизионное орошение включает в себя как орошение дождеванием, так и внесение минеральных удобрений под конкретную культуру. Для этого необходимо использование дождевальной машины с электронным оборудованием и программным обеспечением, выполняющим дифференцированную подачу воды для орошения и дозированное внесение минеральных удобрений и пестицидов, а также новейших технических средств и электронных приборов, контролирующих заданные параметры [1].

Суть прецизионного (точного) орошения состоит в том, что для получения с данного поля (массива) максимального количества качественной и наиболее дешевой продукции для всех растений этого массива создаются оптимальные условия роста и развития без нарушения норм экологической безопасности. К основным параметрам оптимальных условий роста и развития растений относится обеспечение оптимальной влажности и необходимого количества питательных веществ (удобрений) на каждом сельскохозяйственном участке. Эти параметры определяются с помощью современных информационных технологий, включая космическую съемку. При этом средства обработки дифференцируются в пределах различных участков поля, давая максимальный эффект при минимальном ущербе окружающей среде и снижении общего расхода применяемых веществ. Наиболее важным вопросом является также нахождение оптимального уровня использования удобрений и химикатов в растениеводстве, а также определение доз их внесения, исключающих негативное воздействие на почву, растения и окружающую среду [2].

К основным результатам, достигаемым посредством применения технологии точного орошения, относятся:

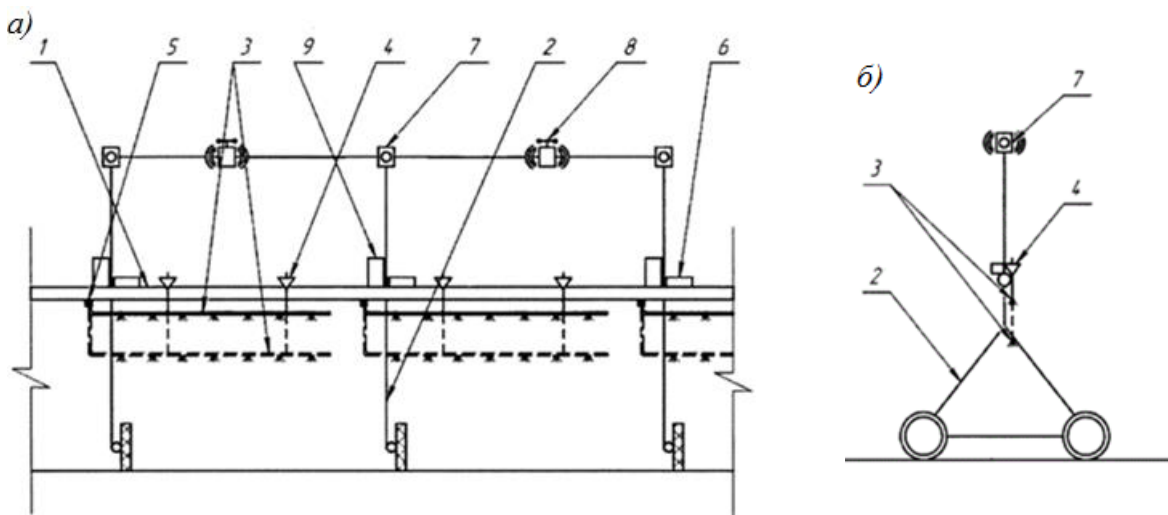
- оптимизация использования оросительной воды, удобрений и химических средств защиты растений;
- повышение урожайности и качества сельхозпродукции;
- минимизация негативного влияния сельскохозяйственного производства на окружающую природную среду;
- сохранение продуктивности орошаемых земель;
- информационная поддержка сельскохозяйственного менеджмента.

Основными компонентами системы точного орошения являются:

- система сбора пространственной информации (ДЗЗ, наземные аналитические методы);
- система пространственного контроля выполнения операций (приборы спутниковой навигации GPS и сенсорные датчики) [3].

Использование в системе точного орошения дождевальных машин с функциями внесения жидких удобрений и химикатов для борьбы с вредителями и болезнями растений и соответствующим приборным и аппаратным обеспечением значительно повышает эффективность земледелия и увеличивает площади обрабатываемых сельскохозяйственных угодий.

В соответствии с этим в ФГБНУ «РосНИИПМ» была поставлена задача по разработке дождевальной машины, удовлетворяющей запросам прецизионного (точного) орошения, с установкой на ней устройств, обеспечивающих точную подачу вместе с поливной водой (или без нее) удобрений и при необходимости подачу препаратов для борьбы с вредителями и болезнями растений. В результате этого была разработана широкозахватная многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения (патент РФ № 2631896) (рисунок 1) [4].



а – главный вид; *б* – вид сбоку; 1 – транзитный трубопровод; 2 – поддерживаемые самоходные тележки велосипедного типа; 3 – дополнительные трубопроводы; 4 – механизмы изменения высоты дождевания; 5 – электромагнитный регулятор расхода; 6 – блоки управления секции дополнительного трубопровода; 7 – радиометрический датчик влажности почвы и наличия удобрений; 8 – портативная метеостанция; 9 – емкость для удобрений и пестицидов

Рисунок 1 – Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения

Данная машина содержит транзитный трубопровод, самоходные опорные тележки, дополнительные трубопроводы и дождеобразующие устройства. Дополнительные трубопроводы снабжены электромагнитными регуляторами расхода и связаны с радиометрическими датчиками влажности почвы, автоматическими почвенными пробо-

отборниками, блоками управления и механизмами изменения высоты дождевания. Датчики влажности и почвенные пробоотборники снабжены GPS/ГЛОНАСС-приемниками. Блоки управления выполнены с возможностью подачи в дополнительный трубопровод удобрений и пестицидов. Механизмы изменения высоты дождевания связаны с портативной метеостанцией. Обеспечивается возможность изменения поливной нормы по длине трубопровода в зависимости от влажности почвы на конкретном участке.

Техническим результатом разработанной дождевальной машины является проведение орошения на различных участках орошаемого поля, внесение с поливной водой минеральных удобрений и пестицидов, уменьшение влияния силы ветра на работу дождевальной машины, увеличение коэффициента земельного использования.

Осуществление технического решения следующее. Дождевальная машина, проводя прецизионный полив, получает данные с радиометрических датчиков 7 о влажности почвы и наличии удобрений в корнеобитаемом слое от GPS/ГЛОНАСС-приемников, а от метеостанции 8 – данные о температуре, влажности воздуха, направлении и силе ветра. После обработки данных дождевальная машина автоматически включается в работу и устанавливает на каждом пролете высоту дождевания с помощью механизмов изменения высоты дождевания 4 и поливную норму в зависимости от ветра и наличия влаги в данный момент на данном участке, подавая одновременно недостающее количество удобрений и перемещаясь по орошаемому участку.

Эффективность данной разработки заключается в следующем:

- дождевальная машина снабжена дополнительными трубопроводами с электромагнитными регуляторами расхода, связанными с радиометрическими датчиками влажности почвы, автоматическими почвенными пробоотборниками, оснащенными GPS/ГЛОНАСС-приемниками, блоками управления, подающими удобрения и пестициды в дополнительный трубопровод;

- дождевальная машина снабжена механизмами изменения высоты дождевания.

Таким образом, данная техническая разработка расширяет эксплуатационные возможности дождевальной машины с возможностью проведения прецизионного орошения. Работа дождевальной машины с реализацией указанных устройств и опций позволит снизить затраты оросительной воды, удобрений, электроэнергии, устранить недополивы и переполивы за счет автоматизированного нормирования количества воды и удобрений и увеличить коэффициент земельного использования.

Список использованных источников

1 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.

2 Провести исследования и разработать исходные требования на широкозахватную дождевальную машину пятого поколения кругового и фронтального действия с приборным и программным обеспечением технологии орошения: отчет о НИР (промежуточ.); 2.1.11.1 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н. – Новочеркасск, 2015. – 44 с. – Исполн.: Чураев А. А. [и др.]. – № ГР 115022410025. – Инв. № 215112320030.

3 Личман, Г. И. Система точного земледелия в современных агротехнологиях / Г. И. Личман, Н. М. Марченко, А. Н. Марченко // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: сб. науч. докл. X Междунар. науч.-практ. конф., г. Углич, 16–17 сент. 2008 г. – Ч. 2. – М.: ВИМ, 2008. – С. 557–566.

4 Пат. 2631896 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/09. Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения / Щедрин В. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2016104019; заявл. 08.02.16; опубл. 11.08.17, Бюл. № 23. – 5 с.

УДК 631.67

В. Д. Гостищев, Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева

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

АНАЛИЗ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА Р. САЛ

В статье представлен обзор и краткая характеристика основных составляющих водохозяйственного комплекса реки Сал. Установлено, что коммунально-бытовое, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение, орошаемое земледелие и обводнение пастбищ, прудовое рыбоводство, естественно-экологические потребности водных объектов являются основными составляющими расходной части водохозяйственного баланса.

Ключевые слова: бассейн реки, русловые участки, водохозяйственный комплекс, орошение, водоснабжение.

V. D. Gostishchev, T. S. Ponomarenko, A. V. Breeva

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

WATER INDUSTRY COMPLEX ANALYSIS OF THE RIVER SAL

The overview and brief description of the main components of the water industry complex of the river Sal is provided in the article. It was found that domestic, industrial and agricultural water supply, irrigated farming and pasture flooding, pond fish farming, natural ecological needs of water objects are the main components of the water resources output.

Key words: river basin, canal sector, water industry complex, irrigation, water supply.

Река Сал является левым притоком р. Дон и берет начало на западных склонах возвышенности Ергени (балка Джурак) на границе Ростовской области и Республики Калмыкии.

Река извилиста, особенно в своем среднем и нижнем течении. Общая длина составляет порядка 800 км [1, 2]. Площадь бассейна р. Сал составляет 21300 км², из них в Ростовской области расположено 20150 км², в Калмыкии – 1150 км² (рисунок 1).



Рисунок 1 – Бассейн реки Сал

Бассейн р. Сал расположен в юго-восточной части Ростовской области в пределах Семикаракорского, Мартыновского, Ремонтненского, Пролетарского, Зимовниковского, Дубовского и Орловского районов, часть территории расположена в Республике Калмыкии. На территории бассейна проживает 236 тыс. чел.

Районы Ростовской области, расположенные в бассейне р. Сал, являются преимущественно сельскохозяйственными. Доля поголовья крупного рогатого скота, овец и коз во всех категориях хозяйств районов бассейна р. Сал составляет около 39 % от общего поголовья скота Ростовской области. Общая площадь пахотных земель составляет 16 % от всей площади, используемой в сельскохозяйственном производстве Ростовской области.

Бассейн р. Сал характеризуется большой степенью зарегулированности стока. На балках и русловых участках реки расположено более 200 водоподпорных гидротехнических сооружений [3].

Сложный водохозяйственный комплекс р. Сал состоит из различных участников водопотребления и водоотведения, пять из которых можно выделить как основные (рисунок 2).

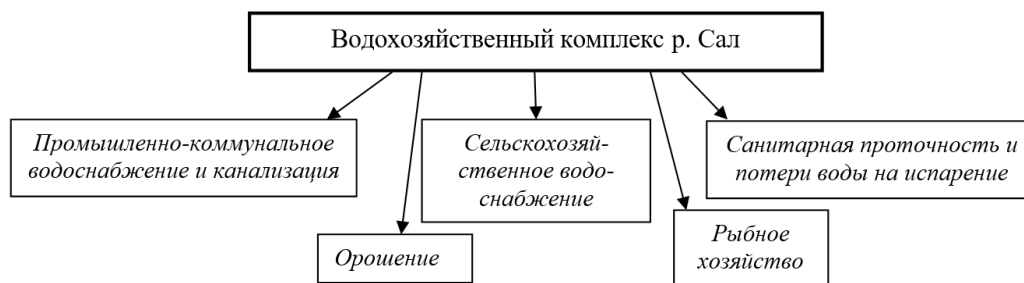


Рисунок 2 – Основные составляющие водохозяйственного комплекса реки Сал

Промышленно-коммунальное водоснабжение и канализация

Промышленное и коммунальное водоснабжение в бассейне р. Сал получило свое развитие в населенных пунктах сельских районов и крупных населенных пунктах городского типа: Зимовники, Орловский, Южный и др.

Источниками водоснабжения являются в основном подземные воды. Сточные воды промышленного и коммунально-бытового водоснабжения отводятся в водотоки бассейна р. Сал. В настоящее время в поселках городского типа Зимовники, Орловский и Южный имеющаяся канализация находится на низком уровне, существующие сооружения имеют недостаточную мощность, работая с перегрузкой, не обеспечивая требуемую степень очистки сточных вод, в связи с чем состояние очистки сточных вод населенных пунктов неудовлетворительное. В результате этого водотоки бассейна принимают значительное количество загрязняющих веществ с неочищенными и недостаточно очищенными хозяйственно-бытовыми и производственными сточными водами. Сточные воды неканализационной жилой зоны и отдельных предприятий отводятся в поглощающие колодцы и выгребы с последующим вывозом в места, согласованные с органами Роспотребнадзора.

Сельскохозяйственное водоснабжение

Сельскохозяйственное водоснабжение охватывает сельские населенные пункты, животноводческие фермы и комплексы, предприятия по переработке сельхозпродуктов и производству строительных материалов, а также обеспечивает удовлетворение потребностей в воде механических мастерских, полевых станков и сельскохозяйственной техники в полевых и стационарных условиях.

В пределах рассматриваемого бассейна потребность сельскохозяйственного водоснабжения удовлетворяется:

- местным стоком, зарегулированным прудами;
- незарегулированным стоком речной сети;
- грунтовыми водами, каптируемыми шахтными колодцами;
- подземными водами, каптируемыми буровыми скважинами и шахтными колодцами.

Речной незарегулированный сток не может служить надежным источником водоснабжения, ввиду того, что в летнее время почти вся гидрографическая сеть бассейна пересыхает, исключением является среднее и нижнее течение р. Сал и некоторых притоков.

Основными источниками сельскохозяйственного и пастбищного водоснабжения служат подземные воды, имеющие пеструю минерализацию, и местный сток, зарегулированный прудами. Отбор подземных вод осуществляется посредством большого количества шахтных колодцев, одиночных скважин, а местами и грунтовых водозаборов. Обеспеченность подземными водами рассматриваемого района неравномерная и низкая.

В наиболее тяжелых условиях находится Ремонтненский район, где питьевая вода во все населенные пункты, за исключением с. Ремонтного, доставляется спецмашинами. Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение пастбищ района в основном базируется на природной воде и прудах.

Слабая водообеспеченность и малое использование подземных вод объясняется, во-первых, тем, что рассматриваемая территория находится в засушливой зоне, бедной поверхностными и пресными подземными водами, во-вторых – слабой организацией водообеспечения населенных пунктов и хозяйств, малым количеством водозаборных скважин, отсутствием водопроводов в большинстве населенных пунктов.

В современных условиях отведение хозяйственно-бытовых, производственных и навозосодержащих стоков непосредственно в водотоки бассейна р. Сал не осуществляется, однако некоторая их часть (10 % суммарного объема водопотребления) совместно с поверхностным стоком и главным образом в результате фильтрации через грунт поступает в подземные водоносные горизонты и гидравлически связанные с ними поверхностные водотоки [4].

Орошение

В настоящее время водопотребление из водных объектов, прудов и водохранилищ бассейна р. Сал для целей орошения не осуществляется.

При исследовании перспективного водохозяйственного баланса, в т. ч. при реализации предлагаемых мероприятий, выполнена оценка водохозяйственной обстановки в бассейне с учетом развития орошения на местном стоке. В качестве возможного сценария рассмотрено состояние орошаемого земледелия в бассейне р. Сал с учетом развития орошения в бассейне к началу реформ 1990-х гг.

В бассейне р. Сал до начала реформ по состоянию на 01.01.1991 имелось 98579 га орошаемых земель, из которых 85244 га были размещены на местном стоке бассейна. На местном стоке осуществлялось регулярное (13523 га) и лиманное (9812 га) орошение. Земли, орошаемые местным стоком, представляли собой небольшие участки площадью от 5 до 300 га. Регулярное орошение осуществлялось зарегулированным стоком из прудов (водохранилищ) и из живого тока рек бассейна, участки лиманного орошения поливались в весенний период паводковыми водами. Орошались в основном кормовые культуры, частично зерновые, картофель и овощи.

В бассейн р. Сал поступают возвратные воды с государственных оросительных систем и орошаемых участков на местном стоке, а также из дополнительных притоков грунтово-подземных вод, образующихся в результате фильтрационных потерь оросительной воды из Донского магистрального и Верхнесальского каналов.

Рыбное хозяйство

Река Сал, являющаяся левобережным притоком р. Дон, имеет большое рыбохозяйственное значение и относится к водным объектам высшей (особой) категории ры-

бохозяйственного использования. В нее весной на нерест заходят производители ценных азовских рыб: рыбец, судак, лещ, тарань, сазан. Местная ихтиофауна реки представлена следующими видами рыб: окунь, щука, красноперка, плотва, укляя, линь, карась и другие виды. Промысел отсутствует, развито любительское рыболовство.

Хозяйственная деятельность влечет за собой значительные перемены в составе ихтиофауны. Отрицательное влияние на воспроизводство рыб оказывает создание на реке и притоках прудов и водохранилищ, преграждающих доступ производителям ценных рыб к нерестилищам; интенсивный разбор меженного стока, способствующий обмелению и зарастанию реки; загрязнение водотоков промышленно-бытовыми стоками; недостаточная противоэрозийная организация территории бассейна, вызывающая заиление реки. Отмеченные антропогенные факторы негативно сказываются на количественном и качественном составе ихтиофауны в бассейне р. Сал.

Выращивание товарной рыбы в бассейне реки приурочено к нижнему течению, отдельными хозяйствами выращивается товарная рыба для собственных нужд в прудах комплексного использования.

Санитарная проточность и потери воды на испарение

Санитарная проточность – это такой расход в реке, который обеспечивает минимальные требования для условий сохранения водного объекта как природной системы, а также санитарной охраны поверхностных вод и обеспечения экологического равновесия природных систем, связанных с рекой.

В расчетах водохозяйственного баланса минимальная санитарная проточность на расчетных участках водных объектов принята равной минимальному среднемесячному расходу в год расчетной обеспеченности для периодов летне-осенней и зимней межени в отдельности с учетом естественного пересыхания большинства притоков и самой р. Сал в верховьях в летнюю межень. Для периода весеннего стока минимальный экологический сток в реке принят равным 20 % от естественного среднемесячного расхода.

Испарение с поверхности суши составляет 425 мм, из них на лето приходится 320 мм, на весну – 64 мм. Потери воды за счет испарения с поверхности водоемов в средний год ($P = 50$ % по стоку) составляют 519–774 мм/год, в сухой год ($P = 75$ % по увлажнению) – 719–971 мм/год [1].

Анализ водохозяйственного комплекса позволил определить причины недостатка и низкого качества воды в бассейне р. Сал. В связи с недостатком воды в настоящее время, а тем более на перспективу, появилась острая необходимость регулирования речного стока.

Комплексное использование водных ресурсов помогает решить эти вопросы максимально качественно и с меньшими затратами по сравнению с вариантами переброски водных ресурсов из других источников, как правило расположенных на значительном удалении.

Разработка и реализация схем управления водохозяйственной системой за счет экономии воды, перераспределения водных ресурсов и ограничения водопотребления позволят существенно сократить, а в перспективе и устранить дефицит водных ресурсов.

Так, например, следует широко внедрять и поощрять переход от прямоточной системы водоснабжения в промышленности к технологии оборотного водоснабжения.

Введение повторного водоснабжения может с успехом быть применено и в орошении. При этом могут использоваться сточные воды, а также животноводческие стоки после глубокой биологической очистки, что позволит сократить количество вредных для растениеводства веществ. Хорошо себя зарекомендовала в этом плане технология внутриводоемного орошения по кротовинам.

При рассмотрении вопросов орошения в засушливых районах следует отдавать предпочтение водосберегающим технологиям проведения полива (капельному орошению, системам точечного земледелия).

Ограничение водопотребления при орошении должно базироваться на четкой увязке норм водопотребления и текущих (прогнозируемых) метеоданных.

В глобальном плане на этапе реконструкции и проектирования новых оросительных систем следует учесть плановое местоположение. Так, при устройстве систем плотин в нижних бьефах может с большим успехом реализовываться схема комплексного использования водных ресурсов, в т. ч. водооборотные схемы.

В качестве заменяющего варианта всегда следует рассматривать богарное земледелие на основе засухоустойчивых культур, имеющих глубокую корневую систему. В сочетании с лиманным орошением, использующим аккумуляционные запасы влаги в почве в период снеготаяния, возможен отказ от систем регулярного орошения. Перехват поверхностного стока с прилегающих водосборных площадей также может продлить сроки доступности почвенной влаги. Также применимы агротехнические способы влагозадержания в виде глубокого рыхления, щелевания и мульчирования почвы.

Оптимизация водораспределения между участниками водохозяйственного комплекса должна рассматриваться исходя из общей суммарной выгоды, а не на основе удовлетворения потребностей отдельно рассматриваемого участника. Для реализации этого подхода потребуются компьютерные программы для моделирования и автоматизированные системы для осуществления и контроля запланированных попусков из водохранилищ по руслу реки.

Для реализации такой схемы, несомненно, потребуются инвентаризация всех гидротехнических сооружений, перехватывающих сток, расположенных как в русловой части рек, так и на водосборной площади. И с учетом анализа полученной информации потребуются принятие комплекса мер по ликвидации не востребуемых (как правило, неинженерного типа, бесхозяйных) сооружений и устройство (реконструкция) комплекса инженерных сооружений, позволяющих аккумулировать и трансформировать сток с учетом удовлетворения нужд большего числа водопользователей и осуществления санитарных попусков.

Эффективность такого водопользования оценивается по отношению объема попуска к суммарному водопотреблению участников с учетом естественных потерь на фильтрацию и испарение.

Список использованных источников

1 Разработка комплексного плана управления водохозяйственной деятельностью в бассейне р. Сал (гос. контракт № 166-р от 23.07.2013): отчет о выполн. работах / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2013.

2 Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 7. Донской район / под ред. Д. Д. Мордухай-Болтовского. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 267 с.

3 Притоки Дона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rostov-region.ru/books/item/f00/s00/z0000016/st014.shtml>, 2018.

4 Сал (река) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сал_\(река\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сал_(река)), 2017.

УДК 634.10/631.674.6

В. И. Кременской, А. М. Джапарова

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация

ИНТЕНСИВНОЕ САДОВОДСТВО В КРЫМУ НА МИКРООРОШЕНИИ

Представлены материалы о перспективах развития садоводства в Крыму на микроорошении, которое позволит уменьшить закупки плодово-ягодной продукции за рубежом. Проведены многолетние исследования способов полива интенсивных

яблоневых садов в степных районах Крыма. Определены поливные, оросительные нормы и количество поливов в разные по обеспеченности осадками годы. Представлены перспективы закладки новых насаждений плодовых культур на капельном орошении.

Ключевые слова: интенсивный сад, поливная норма, оросительная норма, увлажнитель, обеспеченность года по осадкам, микроорошение, урожайность.

V. I. Kremenskoy, A. M. Dzhaparova

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

INTENSIVE GARDENING BY MICROIRRIGATION IN THE CRIMEA

Facts on the horticulture development prospects by micro-irrigation in the Crimea that helps to reduce the purchases of fruit and berry products abroad are presented. Long-term research for intensive apple orchards irrigation methods in the steppe regions of the Crimea have been carried out. Irrigation rates, watering rates and irrigation amount in different years in terms of precipitation are determined. The prospects for laying new plantations of fruit crops on drip irrigation are presented.

Key words: intensive garden, watering rate, irrigation rate, moisturizer, year provision by precipitation, microirrigation, yield.

Введение. Агроклиматические и почвенные условия южных регионов России, в т. ч. и Крыма, благоприятны для выращивания многих сельскохозяйственных культур. Возрождение и дальнейшее развитие отечественного садоводства требует закладки новых интенсивных многолетних насаждений и внедрения современных, ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий.

Плодоводство является традиционной отраслью сельскохозяйственного производства в Крыму. По данным Л. П. Симиренко [1], в дореволюционный период производство плодов в Крыму было на высоком уровне. В 1897 г. из Крыма в города России и другие страны вывозилось около 18,0 тыс. т свежих качественных плодов, пользующихся большим спросом. Сады размещались главным образом в долинах рек, недалеко от водисточников и в основном орошались. Для забора воды на мелководных крымских реках делались запруды, воду добывали из колодцев, «ловили» ливневые стоки, подвозили бочками. Поливали по канавам, затоплением, по чашам с подведением воды к каждому дереву. Поливы проводили ежемесячно, по 500–800 м³/га воды за полив. В садах Алуштинского региона на щебнистых проницаемых почвах проводили по 8–12 поливов за лето.

Традиционным способом полива садов в Крыму на протяжении многих лет являлся полив по бороздам со сплошным увлажнением почвы рекомендованными для этих условий оросительными нормами 3–4 тыс. м³/га [2]. В 80-е гг. прошлого столетия площадь садов в Крыму составляла около 80 тыс. га, а средняя урожайность плодовых – 100 ц/га и выше. По данным Министерства сельского хозяйства Республики Крым, в настоящее время в Крыму плодовыми насаждениями занято 13,2 тыс. га, сельскохозяйственными предприятиями в 2017 г. собрано 51,3 тыс. т фруктов.

В современных условиях для получения высоких и стабильных урожаев плодовых культур требуется совершенствование существующих, разработка новых ресурсосберегающих технологий производства на основе закладки интенсивных многолетних плодовых насаждений, внедрения новых высокоурожайных скороспелых сортов, формировок с перспективной механизированной обрезкой и сбором урожая, применения прогрессивных способов орошения, удобрения, защиты от вредителей и болезней [3–5].

В структуре плодовых насаждений Крыма ведущей культурой остается яблоня, доля которой в перспективе должна составлять 60–65 %. Выращивание этой культуры возможно практически во всех агроклиматических зонах Крыма. Основными регионами для промышленного выращивания яблони являются Нижнегорский, Красногвардейский, Бахчисарайский, Симферопольский, Кировский и Первомайский районы [6].

Одним из основных элементов интенсификации плодоводства является орошение. В условиях дефицита водных и энергетических ресурсов, ухудшения экологической обстановки требуется применение современных, ресурсосберегающих, экологически безопасных способов полива. Во многих странах мира в закрытом и открытом грунте для полива плодовых, винограда, цитрусовых, овощных, ягодных, декоративных и других культур с успехом применяется микроорошение (капельное орошение, микродождевание, внутрипочвенное).

В настоящее время наибольшее распространение в Крыму получило капельное орошение. Основным преимуществом микроорошения является экономия поливной воды и рациональное ее использование, возможность применения в пересеченной местности, внесение с поливной водой удобрений, автоматизация процесса полива, удобство эксплуатации систем микроорошения, их экологическая безопасность.

Управление водным режимом почвы (назначение сроков и норм поливов) является важнейшим элементом технологии микроорошения. Существуют различные методы управления режимами орошения: по влажности почвы, по испарению, по физиологическим и метеорологическим показателям [7–10].

Материалы и методы. С целью определения перспективных способов полива: внутрипочвенного и капельного, а также установления оптимального объема увлажнения корневой зоны растений и обеспечения нормальных условий для развития деревьев и получения высоких урожаев в экспериментальном хозяйстве «Крым» ФГБУН «НИИСХ Крыма» в с. Желябовка Нижнегорского района (ранее опытно-мелиоративная станция Крымского филиала Института гидротехники и мелиорации УААН) были проведены исследования на площади 14,0 га.

Изучались способы локального орошения: внутрипочвенный и капельный полив с разным количеством увлажнителей и объемом увлажнения почвогрунта. В качестве увлажнителей использовали керамические (дренажные) и полиэтиленовые трубки диаметром 20 мм со щелевой перфорацией с шагом 0,3 м. Увлажнители укладывали на расстоянии 0,75 м от ряда деревьев на глубину 0,5 м. Контроль – полив по бороздам.

Почвенный покров яблоневого сада представлен лугово-черноземными карбонатами, тяжелосуглинистыми почвами на лессовидном суглинке. Мощность гумусового горизонта составляет 0,6–0,8 м, содержание гумуса 1,30–2,85 %. Наименьшая влагоемкость в горизонте 0–0,5 м равна 29–31 % от веса сухой почвы, а в горизонте 0,5–1,0 м – 25–29 %. Расчетный режим увлажнения интенсивного сада установлен на уровне 75 % наименьшей влагоемкости и более.

Результаты и обсуждение. С 1979 по 2000 г. при проведении исследований интенсивного сада с различными объемами увлажнения установлено, что поливные нормы находятся в прямой зависимости от объема увлажнения (количества увлажнителей на один ряд сада). При внутрипочвенном орошении одним увлажнителем объем увлажнения был равен 30 %, поливные нормы составляли 178–228 м³/га, а с двумя увлажнителями объем достигал 60 %, поливные нормы – 356–455 м³/га, верхний горизонт почвы 0,2 м не увлажнялся. При капельном поливе с установкой одной капельницы возле штамба с расходом 10–12 л/ч поливные нормы составляют 129–164 м³/га.

За время эксплуатации систем внутрипочвенного и капельного орошения яблоневого сада оросительные нормы и количество поливов менялись в зависимости от засушливости года. Максимальные оросительные нормы наблюдались при 95 % обеспеченности при гидротермическом коэффициенте (ГТК), равном 0,42 (сухой год).

На участке внутрипочвенного орошения с одним увлажнителем было проведено девять поливов и оросительная норма составила 1792 м³/га, с двумя увлажнителями – семь поливов и оросительная норма – 2863 м³/га. На капельном поливе проводилось 11 поливов с оросительной нормой 1559 м³/га.

В год 75 % обеспеченности (ГТК – 0,69, засушливый год) на участке внутрипоч-

венного орошения с одним увлажнителем оросительная норма составила 1594 м³/га, было проведено восемь поливов, с двумя увлажнителями проведено шесть поливов с оросительной нормой 2467 м³/га. На капельном поливе проведено 10 поливов с оросительной нормой 1437 м³/га.

В год 25 % обеспеченности (ГТК – 0,88, недостаточно увлажненный год) на участке с одним увлажнителем оросительная норма составила 1198 м³/га и проведено шесть поливов, с двумя увлажнителями проведено пять поливов и оросительная норма составила 1999 м³/га. На участке капельного орошения проведено восемь поливов с оросительной нормой 1151 м³/га. Минимальные оросительные нормы наблюдались в год 5 % обеспеченности с ГТК 1,24 (достаточно увлажненный год), на опытных участках было проведено от двух до четырех поливов.

За 22 года эксплуатации систем микроорошения яблоневого сада наибольшее число поливов проводилось на капельном орошении: 189 раз, в среднем 8,6 полива за вегетационный период. Меньше всего поливов проводилось в апреле (1–2 полива), а за летние месяцы было осуществлено 74–77 % от всех выполненных за вегетацию поливов.

Главным критерием полученных результатов полевых исследований в орошаемом садоводстве является урожайность и рациональное использование поливной воды. Максимальный урожай был получен в 1985 г. (ГТК – 0,54, сухой год) на участке с двумя керамическими увлажнителями (66,8 т/га) по сорту Голден Делишес. На участке внутрипочвенного орошения с одним увлажнителем средняя урожайность составила 28,5 т/га, а с двумя увлажнителями – 36,9 т/га. На участке капельного орошения интенсивного яблоневого сада средний урожай был равен 31,7 т/га. За период исследований на участках внутрипочвенного и капельного орошения средняя урожайность на 35–97 % выше, чем на контроле (полив по бороздам).

С 2000 г. начинается строительство капельного орошения нового поколения с использованием зарубежного оборудования производства Израиля, Италии и США. Сельхозпроизводителями применяются поливные трубопроводы со встроенными проходными капельницами-водоотпусками диаметром 12 и 16 мм. Микроводоотпуски устанавливаются с интервалом 0,5–1,5 м по длине трубопровода. Расход капельниц снизился до 1,0–3,0 л/ч, что позволило уменьшить диаметры трубопроводов и стоимость системы орошения. Произошел переход от очагового увлажнения почвы вокруг дерева к полосовому вдоль ряда деревьев, что позволило одновременно производить и другие сельскохозяйственные работы.

Современные системы капельного орошения позволяют механизировать их строительство и упростить комплектацию оборудования при наличии типовых узлов. Для наиболее распространенных семечковых культур – яблони и груши – при ширине междурядий 5,4 и 3,5 м размещается один поливной трубопровод диаметром 16 мм.

Стоимость комплекта оборудования и строительства 1 га капельного орошения составляет от 82 до 94 тыс. руб. при междурядье 5 м, 101–117 тыс. руб. при междурядье 4 м и 111–130 тыс. руб. при расстоянии между рядами деревьев 3,5 м.

В 2017 г. капельным способом полива орошалось 3967 га плодовых культур. На рисунке 1 представлена круговая диаграмма распределения по районам Крыма площадей капельного орошения интенсивных садов. Наибольшая площадь орошения в Красногвардейском районе (1225 га, 31 %), где АО «Крымская фруктовая компания» имеет 1137 га (93 % от всех садов района).

В Бахчисарайском районе сады поливались на площади 947 га (24 %), наиболее крупные хозяйства – ООО «Сады Бахчисарая» (270 га) и ООО «Бахчисарайская долина» (204 га). В Симферопольском районе 658 га (17 %) полито капельным способом, в т. ч. наиболее крупным хозяйством ООО «Яросвит-Агро» орошено 500 га многолетних культур, ООО «Антей» – 146 га.

Приrost в 2017 г. плодовых садов, орошаемых капельным способом, относи-

тельно 2016 г. составил 680 га по Крыму. Недостаток водных ресурсов оказывает негативное влияние на увеличение площадей садов, поливаемых микроорошением.

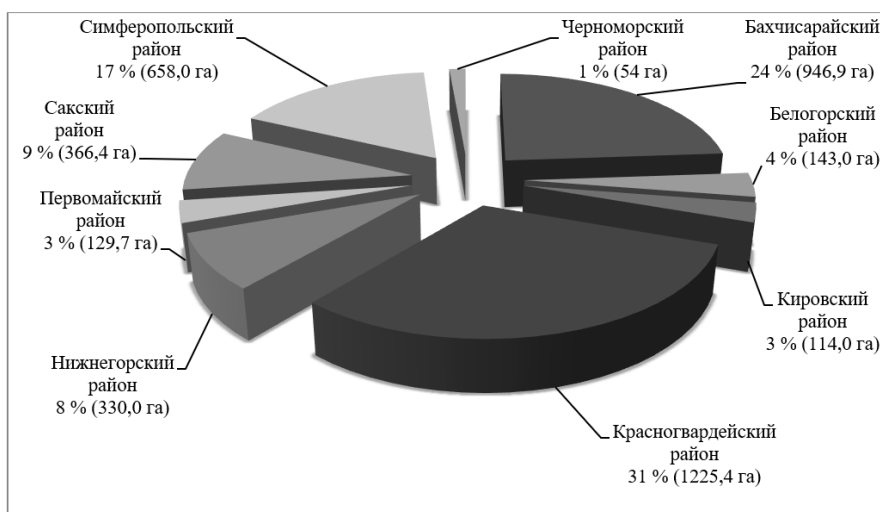


Рисунок 1 – Диаграмма площадей полива садов с использованием капельного орошения в Республике Крым за 2017 г. (по данным Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым)

Микроорошение с локальным увлажнением почвы позволяет оптимизировать водный режим в интенсивном саду, обеспечивает подачу воды в активную корнеобитаемую зону почвы оптимальными нормами в оптимальные сроки, сведя к минимуму непроизводительные ее потери.

Разработанная система выращивания интенсивного сада с применением микроорошения позволяет получать высокие и стабильные урожаи плодовых культур, способствует повышению эффективности и конкурентоспособности крымского садоводства.

Выводы. В почвенно-климатических условиях Крыма успешное возделывание интенсивных садов яблони возможно лишь при условии гарантированного и регулярного микроорошения. Современные способы полива интенсивных садов – капельный и внутрипочвенный – обеспечивают своевременное и качественное проведение поливов, экономное расходование поливной воды, повышение производительности труда и увеличение урожайности плодовых культур в 1,5–2,0 раза по сравнению с поливом по бороздам.

Увеличение доли локального увлажнения почвогрунта плодовых культур до 60 % площади питания дерева способствует росту оросительной нормы и повышению продуктивности многолетних насаждений.

Значительная стоимость систем капельного орошения компенсируется высокой урожайностью плодовых культур и быстрой окупаемостью затрат. Государственная поддержка сельхозтоваропроизводителей в виде субсидий способствует внедрению капельного полива в новых насаждениях плодовых культур.

Список использованных источников

1 Симиренко, Л. П. Крымское промышленное плодоводство / Л. П. Симиренко. – М., 1912. – 746 с.

2 Справочник гидротехника орошаемого хозяйства / И. А. Чуприн [и др.]; под ред. Б. А. Шумакова. – М.: Колос, 1972. – 414 с.

3 Кременской, В. И. Технология внутрипочвенного и капельного полива яблоневого сада в условиях степного Крыма / В. И. Кременской, В. Н. Сторчоус // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». – 2013. – № 149. – С. 56–61.

- 4 Drip-feed irrigation gets orchard trial // *Farmers Weekly*. – 1982. – 77. – P. 18.
- 5 Кременской, В. И. Укладка поливных трубопроводов бестраншейным способом в Крыму / В. И. Кременской, А. М. Джапарова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 75–81.
- 6 Плугатарь, Ю. В. Перспективы развития садоводства в Крыму / Ю. В. Плугатарь, А. В. Смыков // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2015. – № 140. – С. 5–18.
- 7 Боровой, Е. П. Капельное орошение как основа развития плодоводства на юге Российской Федерации / Е. П. Боровой, В. И. Кременской, Н. М. Иванютин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 4(44). – С. 246–255.
- 8 Недвига, В. С. Капельное орошение садов и виноградников в условиях Крыма / В. С. Недвига. – Симферополь, 2012. – 94 с.
- 9 Рекомендации по закладке и выращиванию плодовых насаждений яблони и груши / Крым. опыт. ст. садоводства УААН. – Симферополь, 2008. – 32 с.
- 10 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. 185–189.

УДК 631.62.1

А. П. Тищенко

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ХЛОПЧАТНИКА В КРЫМУ

Хлопок является одним из основных видов сырья, на которых держится вся современная текстильная промышленность, и в этом он может быть приравнен к нефти, чугуну и углю. Несмотря на большие успехи, достигнутые в производстве и применении различных видов искусственного волокна, хлопковое волокно благодаря универсальности по-прежнему сохраняет свое исключительное значение. Оно идет в основном на выработку различных хлопчатобумажных тканей. Вместе с тем практически нет ни одной отрасли народного хозяйства, которая не использовала бы в том или ином виде материалы и изделия из хлопка. В статье приводятся основные результаты исследований возможности выращивания хлопчатника в Крыму 1992–2000 гг.

Ключевые слова: хлопчатник, хлопок-сырец, урожайность, затраты воды на единицу урожая, суммарное испарение, орошение.

A. P. Tishchenko

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

RESEARCH RESULTS OF THE POSSIBILITY OF COTTON CULTIVATION IN THE CRIMEA

Cotton is one of the main raw materials on which the whole modern textile industry is kept, and this way it can be equated with oil, cast iron and coal. Despite the great success achieved in the production and use of various types of artificial fibers, cotton fiber still retains its exceptional importance due to its universality. It is used mainly for manufacturing various cotton fabrics. At the same time, there is practically no branch of the national economy that doesn't use cotton and cotton products in one form or another. The main results of research of the possibility of growing cotton in the Crimea in 1992–2000 were given.

Key words: cotton, raw cotton, yield, water costs per unit of crop, total evaporation, irrigation.

Минсельхоз России считает, что при условии восстановления имеющихся и строительства новых мелиоративных систем максимальная площадь возделывания хлопчатника в России составит 221,54 тыс. га (47,44 тыс. га в Астраханской, 10 тыс. га в Волгоградской областях, 120 тыс. га в Ставропольском крае, 34,1 тыс. га в Калмыкии и 10 тыс. га в Крыму) [1].

Первые попытки выращивания хлопчатника в Крыму относятся к 1790–1792 гг. (Керченский полуостров), которые затем неоднократно повторялись до 50-х гг. прошлого века [2, 3].

Причина неудач в выращивании хлопчатника в Крыму состояла в основном в том, что среднеазиатские сорта, не адаптированные к местным условиям, имели длинный период вегетации, к тому же выращивались в условиях суходола, не успевали вызревать, нераскрытые коробочки досушивались на печке, и уже в домашних условиях, вручную, сырец извлекался из недозрелых коробочек. Ни о какой рентабельности производства тогда, при средней урожайности 2–3 ц/га, не могло быть и речи, поскольку полученный урожай не покрывал затраты на выращивание культуры.

После строительства и ввода в эксплуатацию Северо-Крымского канала структура посевных площадей в полевых севооборотах кардинально изменилась. Появилась возможность выращивать те культуры, которые без орошения нерентабельно было выращивать в результате низкой урожайности или без полива не росли вообще. С помощью орошения ликвидировался дефицит естественного увлажнения, основной лимитирующий фактор при выращивании сельскохозяйственных культур в степной зоне. По мере увеличения площадей под орошением климат полупустыни, каким он был до строительства канала, постепенно приобрел черты средиземноморского. Один орошаемый гектар в Крыму работал за 3–4 богарных.

В 1992 г. были начаты исследования возможности выращивания хлопчатника в степной части Крыма в условиях орошения в зоне действия СКК.

Целью исследований, проводимых на орошаемых землях Крыма в период 1992–2000 гг., являлась разработка режима орошения хлопчатника с внедрением этой культуры в полевые севообороты орошаемой зоны Крыма. Исследования проводились в рамках государственной программы «Хлопчатник Украины» и темплана Института орошаемого земледелия НААНУ (г. Херсон). В Крыму данная работа проводилась сотрудниками Крымского опорного пункта указанного института, автор статьи являлся ответственным исполнителем исследований [4].

Были высеяны сорта: Бели Извор (Болгария), № 10 (Болгария), Самарканд-2, Пан-84, Юлдуз, № 2, С-7085, Наманган-77, № 644, Zeta-2, Л-75, № 3038 Ан-Бяут-2, С-1973, С-9070, С-4727, А-72.

1992 г. был неблагоприятным для выращивания хлопчатника. Холодная затяжная весна, вследствие чего хлопчатник три раза пересевали, потом прохладное лето негативно повлияло на рост и развитие хлопчатника. С 1 мая по 30 сентября было 960 ч солнечного сияния, или 65 % от нормы (многолетнее значение 1474 ч). Последний весенний заморозок на почве был 17 мая, а первый осенний – 27 сентября. Один только месяц – август – был благоприятным с точки зрения температуры. Фактически только за август хлопчатник зацвел и создал коробочки, но на созревание тепла уже не хватило. Коробочки сформировались нормальной величины, но раскрыться не успели. Наиболее активными в отношении скорости прохождения фаз развития были сорта Бели Извор и № 644.

В 1993 г. исследования были продолжены. Высеивались три сорта: С-9070, Ан-Челяки и Бели Извор. Посев проведен 12 мая. За вегетацию проведено четыре полива оросительной нормой 1635 м³/га. Весь урожай послеморозный. Заморозок 3 октября

остановил вегетацию хлопчатника. На сорте Бели Извор раскрытие коробочек 15 октября, второй сбор – 30 октября, третий сбор (курак) – 26 ноября. Урожай сырца первого сбора 6,7 ц/га, второго – 6,9 ц/га, курак – 7,6 ц/га, всего – 21,2 ц/га. На сортах С-9070 и Ан-Челяки проведено два сбора – 30.10 и 26.11. Урожай сырца на сорте С-9070 – 6,4 и 3,3 ц/га, всего 9,7 ц/га, на сорте Ан-Челяки – 6,4 и 2,5 ц/га, всего – 8,9 ц/га.

На основании исследований 1993 г. был сделан вывод, что лучшим сортом для Крыма является Бели Извор и главной задачей является разработка режима орошения, так как оптимальный режим, который был выдержан на опытном участке, затянул вегетацию, что негативно повлияло на урожай сырца.

В 1994 г. и в последующие годы исследований высевался только сорт Бели Извор. Было установлено, что оптимальные сроки посева хлопчатника в Степном Крыму II–III декада мая, когда прошел последний заморозок, среднесуточная температура воздуха превышает 15 °С и всходы появляются на 5–7 день после посева. Более ранний срок посева (III декада апреля) затягивает период посев – всходы до 20–25 дней, и есть риск повреждения всходов заморозками в мае, к тому же всходы получаются слабыми и изреженными.

Исследованиями установлено, что режим орошения не должен затягивать вегетационный период, за вегетацию нужно подать всходовывызывающий полив нормой 250–300 м³/га и, в зависимости от погодных условий, 2–3 вегетационных полива, причем последний полив дается не позднее фазы цветения.

Урожай хлопка-сырца в 1994 г. составил 31,4 ц/га, в 1995 г. – 30,7 ц/га, в 1996 г. – 20,5 ц/га.

В 1997 г. в сентябре сложились неблагоприятные погодные условия, когда практически весь месяц шли дожди, что негативно повлияло на раскрытие коробочек, вследствие недобора эффективных температур. Поэтому урожай на опытных участках был сравнительно низким – 17,1 ц/га.

Исследования проводились до 2000 г., по однотипной схеме, урожайность хлопчатника в пределах 23–26 ц/га.

В таблице 1 и на рисунке 1 показана интенсивность суточных величин суммарного испарения с полей хлопчатника, осадков и температуры воздуха по декадным интервалам в среднем за годы исследований.

Таблица 1 – Интенсивность суточных величин суммарного испарения, осадков и температуры воздуха по декадным интервалам (среднеголетние величины), КСП им. М. И. Калинина Первомайского района АРК (1993–2000 гг.)

Месяц	Декада	Суммарное испарение, мм/сут	Осадки, мм/сут	Среднесуточная температура воздуха t , °С
1	2	3	4	5
Май	I	1,0	0,9	13,1
	II	1,3	1,1	14,9
	III	1,8	1,5	16,6
Июнь	I	2,6	1,0	18,2
	II	2,7	1,1	19,6
	III	2,8	1,5	21,0
Июль	I	4,8	1,6	21,1
	II	6,0	1,1	22,8
	III	5,6	1,1	23,0
Август	I	5,5	1,0	22,8
	II	4,9	1,9	22,1
	III	4,6	1,4	20,8

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Сентябрь	I	4,4	0,9	18,8
	II	3,6	1,3	16,9
	III	2,8	1,2	15,1

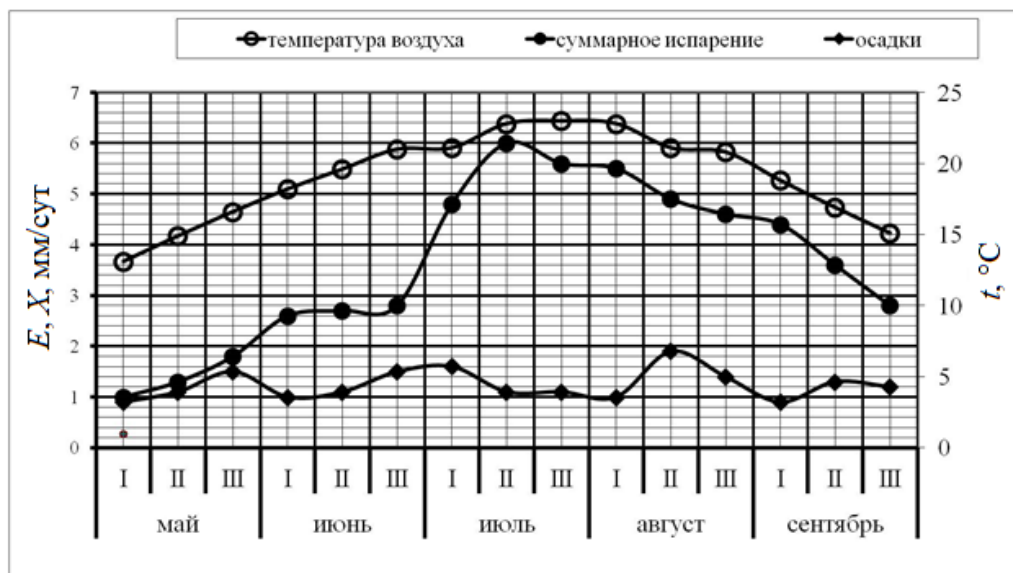


Рисунок 1 – График интенсивности хода суточных величин суммарного испарения с полей хлопчатника (E), осадков (X) и среднесуточной температуры воздуха по декадным интервалам, КСП им. М. И. Калинина Первомайского района Крыма (1993–1998 гг.)

Как видно из графика (рисунок 1), кривая интенсивности суммарного испарения с полей хлопчатника, как и на других поздних яровых пропашных культурах, имеет пик в II декаде июля, что понятно, если посмотреть на кривую сезонного хода температуры воздуха.

На рисунке 2 показаны графики суммарного испарения с полей хлопчатника, подсолнечника, кукурузы и сои нарастающим итогом.

Как можно видеть, в течение вегетации величины суммарного испарения имеют близкие значения, о чем свидетельствует коэффициент корреляции (0,99276), и в II декаде сентября имеют одинаковое значение. Из этого следует вывод, что хлопчатник по суммарному водопотреблению не отличается от традиционных пропашных культур, выращиваемых в условиях орошения.

Температура почвы, при которой начинается прорастание семян, – 14–16 °C на глубине заделки. За период вегетации при выращивании скороспелых сортов хлопчатника нужно 1400–1600 °C эффективных (более 10 °C) температур.

В 1998 г. параллельно с научными исследованиями в КСП им. М. И. Калинина был проведен производственный посев хлопчатника на площади 10 га. Поле поливалось дождевальными машинами ДДА-100МА. Посев был проведен 13 мая, после посева – диагональная культивация и прикатывание гладкими водоналивными катками для лучшего выравнивания поверхности поля, что имеет значение, потому что глубина заделки семян 4–5 см.

Посев сеялкой СПЧ-6, диск сорговый на 68 отверстий, звездочка 16:31, норма высева 30 кг/га, ширина междурядий 0,7 м, расчетная густота 120–130 тыс. шт./га (8–9 растений на погонный метр). Сорт – Бели Извор, семена оголенные, протравленные ТМТД (2 кг/т).

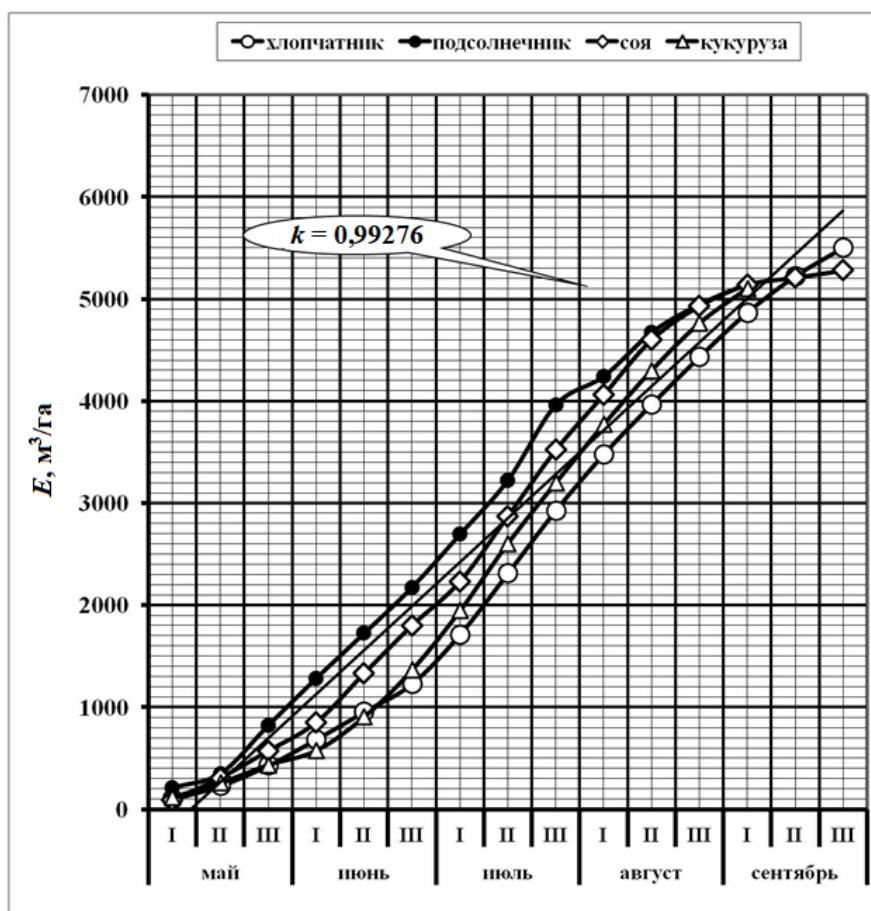


Рисунок 2 – График интенсивности суточных величин суммарного испарения с полей хлопчатника, осадков и температуры воздуха по декадным интервалам (среднегодовые величины), КСП им. М. И. Калинина Первомайского района АРК (1993–1998 гг.)

После посева, 15 мая, проведен всходовызывающий полив нормой $250 \text{ м}^3/\text{га}$. С 17 по 31 мая были обильные осадки величиной 102,2 мм.

Вследствие недостатка ГСМ вегетационные поливы не проводились.

Параллельно с производственным посевом был проведен посев хлопчатника на двух опытных участках № 1 и 2 на другом поле, где расположен гидравлический почвенный балансомер. На опытных участках был дан всходовызывающий полив и соответственно два и один вегетационные, сроки которых назначались по инструментальному методу [5].

Результаты фенологических наблюдений и урожайность хлопка-сырца представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты фенологических наблюдений и урожай хлопка-сырца на опытных участках и производственном поле, КСП им. М. И. Калинина, 1998 г.

Место исследования	Срок наступления фенологического периода				Урожай сырца, ц/га	Затраты поливной воды на единицу урожая, $\text{м}^3/\text{ц}$
	Посев	Всходы	Раскрытие коробочек	Уборка урожая		
Участок № 1	8.05	20.05	15.09	30.09	29,0	0,46
Участок № 2	8.05	20.05	15.09	30.09	20,2	0,42
Поле	13.05	27.05	22.09	30.09	17,1	0,15

Проведенные исследования показали, что реально можно получать урожай хлопка-сырца в производственных условиях (за годы исследований проводилось два научно-производственных посева: в 1998 г. (10 га) и в 2003 г. (5 га) (ГП ОХ «Крым» КНИЦ ИГиМ НААНУ, с. Желябовка Нижнегорского района, Крым)) на уровне 20–25 ц/га (в опытах урожай колебался от 17 до 32 ц/га). Качество волокна соответствует 4–5-му типу, т. е. пригодно для переработки на хлопкоперерабатывающих предприятиях.

По результатам исследований и производственного посева была разработана агротехника хлопчатника в Крыму в условиях орошения.

Расчетные затраты на выращивание хлопчатника составляют 240–250 долл./га. Расходы в 1998 г., с учетом того, что не проводились вегетационные поливы, составили 210 долл./га, в 2003 г. – 250 долл./га. Закупочная цена хлопка-сырца доморозного сбора в то время была 500 долл./т. Таким образом, при полученном урожае 1,7 т/га рентабельность составила 304,8 %.

На фото (рисунок 3) представлен хлопчатник в научно-производственном посеве (2003 г.) в ГП ОХ «Крым» КНИЦ ИГиМ НААНУ (с. Желябовка Нижнегорского района, Крым). Площадь посева 5 га. Урожай (учетный) хлопка-сырца 21 ц/га.



Рисунок 3 – Хлопчатник, ГП ОХ «Крым» КНИЦ ИГиМ НААНУ (с. Желябовка, Нижнегорский район, Крым), 2003 г.

Также следует отметить, что хлопчатник выращивается не только для получения волокна, из которого производят различные типы тканей, вату, взрывчатые вещества.

Масло используется для пищевых и технических целей (в частности, в металлургии), жмых применяют в качестве корма для животных и органического удобрения (1 т жмыха содержит 66 кг азота, что в 16,5 раз больше, чем в 1 т навоза крупного рогатого скота).

Растительные остатки (гуза-пая) можно использовать как высококалорийное топливо. По расчету, калорийность гуза-пая, собранной с 1 га, соответствует калорийности 2 т угля.

Хлопчатник – хороший медонос. С 1 га посевов пчелы собирают до 300 кг меда [6].

Выводы

1 Почвенно-климатические условия орошаемой зоны Крыма позволяют выращивать рентабельный урожай хлопчатника с необходимым для перерабатывающей промышленности качеством волокна (не ниже 5-го типа).

2 Хлопчатник по суммарному водопотреблению не отличается от традиционных пропашных культур, выращиваемых в условиях орошения.

Список использованных источников

- 1 В России начнут выращивать хлопок // Вести. Экономика [Электронный ресурс]. – 2018. – 31 янв. – Режим доступа: <http://vestifinance.ru/articles/97082>.
- 2 Виноградов, А. В. Хлопчатник и его культура / А. В. Виноградов. – Симферополь: Крым. гос. изд-во, 1931. – 77 с.
- 3 Зевин, Б. А. Сортоиспытание полевых культур. 1927 и 1928 гг. / Б. А. Зевин. – Симферополь, 1929. – Вып. 3.
- 4 Тищенко, А. П. Управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу: монография / А. П. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 2003. – 240 с.
- 5 Тищенко, А. П. Оперативное управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу / А. П. Тищенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 1(61). – С. 17–23.
- 6 Хлопководство. – М.: Колос, 1967. – 236 с.

УДК 631.612

В. С. Пунинский

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАШИН ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ЗАЛЕЖНЫХ, ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СЕТЕЙ

Целью исследований являлась разработка концепции системы машин комплексной механизации мелиоративных работ для оснащения строительных организаций, сельских товаропроизводителей технологиями с учетом их ресурсного обеспечения, продолжительности работ и размеров мелиорируемой площади. Доказано, что обновление парка мелиоративных машин, расширение мелиорируемых площадей деградированных земель и восстановление функционирования мелиоративных каналов – это два взаимосвязанных направления, реализацию которых можно обеспечить за счет внедрения научно обоснованной современной системы машин, наиболее полно отвечающей задаче осуществления кормопроизводства и заготовок продовольствия, а также мониторинга рынка землеройной и специальной мелиоративной техники. Приведены параметры перспективных технических средств для дноуглубления каналов, измельчения растительности, обработки солонцов, новизна которых подтверждена патентами. Исследованиями установлено, что совершенствование технологий мелиорации деградированных почв в луговой и кустарниковой стадии на богарных и орошаемых землях, наряду с дополнением их операциями, ранее не применявшимися, возможно посредством создания многофункциональных комбинированных агрегатов. Достоинством представленных новых каналоочистительных машин является возможность разработки, подачи растительно-грунтовой массы со дна канала в контейнер либо в бункер рядом идущего транспортного средства, что позволяет предотвращать засорение откосов каналов и возврат ила на дно канала.

Ключевые слова: система машин, каналоочиститель, комбинированный агрегат, деградированные земли, влагосохранение, удобрительная прослойка.

V. S. Puninskiy

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russian Federation

MACHINE SYSTEM IMPROVEMENT FOR FALLOW, DEGRADED LANDS DEVELOPMENT AND RESTORATION OF RECLAMATION NETWORKS OPERATION

The purpose of the research was the development of the machine system concept of the large scale mechanization of reclamation works for equipment of construction organizations and rural manufacturers with technologies taking into account their resource provision, the duration of work and the size of the reclaimed area. It is proved that land reclamation fleet renewal, the expansion of reclaimed areas of degraded lands and the restoration of irrigation canal operation are two interrelated directions, the implementation of which can be ensured via the introduction of a scientifically based modern machine system that most fully meets the task of implementing forage production and procuring provisions and also monitoring the earthmoving and special reclamation equipment market. The parameters of promising technical means for dredging canals, grinding vegetation, processing solonets the novelty of which is confirmed by patents are given. It was determined by research that the improvement of technologies for reclamation of degraded soils at the meadow and shrub stage on dry and irrigated lands along with the previously non-used operations is possible with the creation of multifunctional tilthers. The advantage of the new canal cleaning machines is the possibility of development, supply of vegetative-soil mass from the bottom of the canal to the container or to the bunker of the near walking vehicle, which helps to prevent clogging of canal slopes and sludge return to the bottom of the canal.

Key words: vehicle system, dredge, multifunctional tilther, degraded lands, moisture conservation, fertilizer layer.

Введение. Мировая и отечественная практика земледелия показывает, что важнейшим природным ресурсом является земля, которая становится основным средством производства для обеспечения жизнедеятельности человека. Объемы продукции растениеводства и животноводства при этом определяются не только совокупностью факторов: климатических, геологических, гидрологических, биологических, антропогенного воздействия применяемых средств механизации, которые влияют на уровень качества почвенного слоя, но и влиянием факторов через регулирование водного режима в процессе вегетации растений, организационно-хозяйственных факторов через своевременное восстановление функционирования мелиоративной сети и достаточности ресурсов на закупку мелиорантов, удобрений и мелиоративной техники [1, 2]. В настоящее время наблюдается широкомасштабное развитие деградационных процессов на землях сельскохозяйственного назначения. Деградация почв в России обусловлена комплексом природных и антропогенных процессов, включающих зарастание кустарником, эрозию, засоление и заболачивание почв, уплотнение, перевод земель сельскохозяйственного назначения в залежь и отказ сельских жителей от их перерегистрации и обработки [3, 4]. Прирост деградированных земель достигает 1,5 млн га/год [3].

Цель исследований – разработка концепции системы машин комплексной механизации мелиоративных работ для оснащения строительных организаций, сельских товаропроизводителей технологиями с учетом их ресурсного обеспечения на базе новых технологических процессов и технических средств для улучшения земель мелиоративных систем, богарных кормовых сельхозугодий и 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 и залежных землях. Проведена оценка имеющегося опыта разработки технологических процессов очистки сельскохозяйственных угодий от кочек, кустарника, удаления солей натрия и магния. Анализ технологий и методов производства освоения и коренного улучшения

земель показал, что общая площадь деградированных земель составляет 130 млн га. Земли, подверженные разным типам деградации, обладают низкой продуктивностью. По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, в настоящее время из 88,5 млн га природных кормовых угодий для укосного и пастбищного использования пригодно только около половины всей площади. Остальные угодья находятся в неудовлетворительном мелиоративном состоянии [5, 6]. Деградированные сельскохозяйственные земли на площади 42,6 млн га подвержены водной эрозии, ветровой – 26,4 млн га, переувлажнению и заболачиванию – 24,1 млн га, а засоленные почвы имеют общую площадь более 54 млн га, из которых на долю солонцов приходится 22 млн га [3, 7]. На орошаемых землях площадь их составляет соответственно 1196 и 456 тыс. га. Традиционное использование этих почв по аналогии с зональным сопровождается рядом негативных последствий, связанных со вторичным засолением, ощелачиванием и осолонцеванием, переувлажнением и заболачиванием, уплотнением и слитизацией, дегумификацией и др. [8]. В зависимости от степени засоления урожаи сельскохозяйственных культур на таких почвах снижаются до 30–50 %, а иногда и до 100 % [9].

По степени засоления деградированные почвы подразделяются на слабозасоленные, средnezасоленные, сильнозасоленные и солончаки. Деградация земель сельскохозяйственного назначения тесно взаимосвязана с состоянием мелиоративной сети, при этом этапы деградации носят характер: луговой (вырождение травостоя на кормовых угодьях и прорастание сорной, ядовитой растительности на пашне), кустарниковый и лесной. Наблюдается заметное увеличение площади переувлажненных, заболоченных земель. Из них более 40 % заросли кустарником и покрыты кочками. Наличие кочек создает условия для застоя поверхностных вод, снижает урожайность и препятствует механизированной уборке трав. Результатом этого является повторное заболачивание земель и невозможность использования их под сельскохозяйственные угодья [10, 11].

Исследования проводились по общепринятым методикам с использованием научно-практических методов определения прогнозных технико-экономических показателей машин (Рождественский, Чеботарев, 1974; «Методические рекомендации по разработке прогнозных нормативных показателей для планирования развития сельского хозяйства на долгосрочную перспективу», 1981; Суриков, 1985; Черненький, 1990) [12–15]. При разработке новых технологий восстановления деградированных сельхозугодий применяется целевая функция минимизации затрат (руб./га):

$$V = f(Ce) \Rightarrow \min ,$$

где Ce – удельные затраты, руб./га.

Определение удельных затрат базируется на использовании прогнозных основных параметров новых ведущих машин. Выбор основных параметров ведущих машин предусмотрен методом имитационного моделирования, в котором сложная система является взаимосвязанной совокупностью математических моделей (критериев), набора переменных, варьирование которых позволяет подбирать рациональный параметр. Для имитационного моделирования формирования системы машин разработан алгоритм решения задачи. В качестве целевой установки необходимо определить V – прогнозные параметры новых ведущих машин. В исследованиях применен выборочный метод по объектам-представителям, т. е. по ранее разработанным машинам и присутствующим на рынке. По разработанному алгоритму решения задачи в исследовании 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 значения 0,89 переходят к следующему этапу. Реали-

зация выполняемого этапа позволяет осуществить последующий этап. В качестве критерия 1 принята удельная материалоемкость, отнесенная к выработке 1 м выемки из канала или ширины захвата рабочего органа, критерия 2 – удельные трудозатраты, критерия 3 – удельные затраты на единицу производительности. При завершении цикла настройки переходят к циклу варьирования переменных с определением прогнозных параметров новых ведущих машин, используя полученные корреляционные зависимости.

Установлено, что комплексная мелиорация деградированных почв актуальна для развития кормовой базы животноводства. Проходящие процессы деградации залежных и невостробованных земель мелиоративных систем в сочетании с моральным и физическим износом требуют проведения их реконструкции с использованием новых технических и технологических решений [16], а также совершенствования современной структуры системы машин. Анализ технологий и методов производства освоения 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 [17]. 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.

Результаты и обсуждение. На основе корреляционных зависимостей получены эмпирические зависимости показателей ведущих машин, параметров существующих технических средств и их технико-экономические показатели при производстве работ по ремонту и восстановлению мелиоративных каналов, которые рекомендуются к включению в проект системы машин.

Для выполнения работ по восстановлению осушительных каналов рекомендуется самоходный внутриканальный каналочиститель с низким расположением центра тяжести, предназначенный для очистки каналов глубиной до 2 м с измельчением корней и пней на дне (проектная марка КВМ-4,6). При низком удельном давлении на откосы 0,009 МПа (0,1 кгс/см²) каналочиститель имеет манипулятор, ротор-метатель с измельчителем корней и пней, масса машины 3,100 т, номинальная мощность 33,1 кВт, удельные затраты 29,47 руб./м³. Для выноса измельченной массы и наносов из канала машина снабжена эжектором с трубопроводом и обеспечивает возможность погрузки материалов в транспортные средства для последующей утилизации.

Также рекомендуется новый многоцелевой каналочиститель на базе колесного трактора класса 30 кН, предназначенный для очистки и ремонта каналов глубиной до 2,5 м с окашиванием периметра, планировкой откосов, загрузкой и транспортировкой растительно-грунтовой массы для последующей утилизации (проектная марка КМ-2331). Масса машины 9,5 т, номинальная мощность 129 кВт, удельные затраты 26,03 руб./м³. Каналочиститель снабжен сцепным устройством для присоединения двухосного полуприцепа, платформой с поворотным манипулятором, телескопической стрелой и рукоятью, шестью сменными рабочими органами, в т. ч. широким ковшем с заслонкой, позволяющим засыпать промоины и уплотнять отсыпанный грунт на откосах. Машина выполняет дноуглубление и окашивание периметра канала, планировку откосов, загрузку растительно-грунтовой массы и транспортировку ее к месту утилизации.

Рекомендуется каналочиститель многоцелевой на колесном ходу класса 195 кН, предназначенный для очистки каналов глубиной до 3,0 м, углубления дна, планировки откосов (проектная марка XS-8266S), выполнен на базе колесного трактора ОТЗ-515 со сдвоенными колесами. Машина смонтирована на сочлененной раме, имеет массу

22,400 т, номинальная мощность 118–205 кВт, удельные затраты 36,64 руб./м³. Каналоочиститель содержит платформу поворотного манипулятора с телескопической стрелой, четыре резинометаллические армированные гусеницы, оборудование для дноуглубления, срезания кустарника на откосах и дне каналов и 15 сменных рабочих органов, в т. ч. для подготовки откоса и посева семян.

Для оросительных каналов с шириной по дну до 1,5 м рекомендуется одноковшовый экскаватор ЭО-4112А-1 с удельным давлением 0,060 МПа, массой 24,5 т, производительностью 90 м³/ч и удельными затратами на единицу производительности 9,61 руб./м³. При длине захвата 15,3 м, поставляется с рабочим оборудованием драглайн с вместимостью ковша 1,0 м³ ООО «ДОНЭКС» (РФ).

Для оросительных каналов с шириной по дну от 3,5 до 7,0 м рекомендуется мелиоративный земснаряд «Нижегородец-1М» мощностью двигателя 55 и 250 кВт, массой 14,0 т с производительностью 80 м³/ч, удельными затратами на единицу производительности 26,38 руб./м³, поставляемый ОАО «Сапропель» (РФ).

При ширине дна оросительных каналов от 5,0 до 10,0 м рекомендуется экскаватор-амфибия АМ-140 ООО «ГраффТ» (РФ) с удельными затратами на единицу производительности 50,04 руб./м³. Экскаватор-амфибия АМ-140 имеет глубину копания до 7,50 м, массу 20,5 т, высоту понтона 1,61 м, вместимость ковша 0,4 м³, ширину траков 1,45 м. Может оборудоваться экскаваторами массой 12,0–14,0 т с телескопической рукоятью, землесосом PD3000. Боковые гидравлически выдвижные понтоны повышают маневренность машины. Производительность землесоса 600–800 м³/ч с возможностью подачи смеси по пульпопроводу на расстояние до 1,5–2,0 км.

Для очистки оросительных каналов шириной по дну более 10 м рекомендуется поставляемый ООО «Техстройконтракт» экскаватор ZX70 с массой 7,03 т, имеющий удлиненную стрелу, вместимость ковша 0,28 м³, мощность двигателя 40,5 кВт, с удельными затратами на единицу производительности 27,85 руб./м³, а также экскаватор-амфибия ZD120 на понтонах с роликовой цепью со стальными полыми башмаками, повышающими плавучесть экскаватора, и с удельными затратами на единицу производительности 29,48 руб./м³. Масса экскаватора ZD120 составляет 16,5 т, мощность двигателя 66 кВт, давление на грунт 0,0127 МПа. Максимальный радиус копания 8,27 м, вместимость ковша 0,52 м³, скорость хода 2,3–3,3 км/ч.

На основе корреляционных зависимостей получены показатели машин и предложен к включению в проект системы машин ряд комплексов перспективных машин, позволяющих осуществлять технологии, которые базируются на способах, разработанных в ходе исследований и защищенных патентами на изобретения [18, 19]. Актуальность повышения водообеспеченности сельскохозяйственных культур на богарных землях была учтена ФГБНУ «ВНИИГиМ» при разработке новых способов и технических средств [10, 20–22]. Новые способы комплексной мелиорации богарных земель предусматривают обработку при последовательном и одновременном выполнении технологических процессов новыми комбинированными агрегатами, являющимися самоходными машинами. При этом одновременная обработка включает: механическую с измельчением стеблей травянистых растений и почвенных агрегатов, разделением на фракции (сепарацией) и сохранением поверхностных полос, предохраняющих от ветровой эрозии, объемным подпочвенным рыхлением, укладкой водорегулирующих экранов и прослоек, снижающих капиллярный подъем влаги; химическую с распределением мелиоранта и минеральных удобрений; биологическую с внесением жидкого навоза, раствора с азотофиксирующими микроорганизмами в почву, подсевом смесей семян.

Разработка проекта системы машин и технологий осуществляется на базе выявленных приоритетов работ и усовершенствованных технологических процессов, нового порядка разработки и принципов формирования регистров при выборе базовых технологий на основе ресурсосбережения при создании и эксплуатации мелиоративных си-

стем. Структура, принципы выбора и методика формирования регистра технических средств разрабатываются на основе новых вариантов комплексов машин для очистки каналов, очистки и реконструкции дренажа, освоения земель, покрытых растительными кочками и солонцами, строительства мелиоративных систем нового поколения с учетом платежеспособности сельских товаропроизводителей, ресурсной обеспеченности машиностроителей, строительного-мелиоративных и торговых организаций, размеров площади деградации почв и рассредоточения объектов мелиорации.

Сформирована структура проекта системы машин из трех частей. В первую часть проекта системы включены приоритетные в настоящее время виды мелиоративных работ: а) производство ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративной сети; б) производство работ по ускоренному залужению и окультуриванию на землях осушительных систем; в) производство работ по биомелиорации и окультуриванию на землях оросительных систем; г) производство культуртехнических работ на залежных землях. Ко второй части для дальнейшей разработки отнесены строительство и реконструкция каналов, противодиффузионных облицовок, закрытой оросительной сети, закрытой коллекторно-дренажной сети, сооружение новых скважин для сельскохозяйственного водоснабжения, нарезка временной оросительной сети. К третьей части отнесены полив сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях, строительство внутрихозяйственных дорог, транспортные, погрузо-разгрузочные и внутрискладские работы, формирование ее будет при наличии финансирования.

Выводы

1 Внедрение новой научно обоснованной современной системы машин для комплексной механизации мелиоративных работ актуально не только для машиностроителей, но и для сельских товаропроизводителей, строительного-мелиоративных, торговых организаций, так как она наиболее полно отвечает задаче проведения мониторинга рынка, продаж техники и обновления парка землеройных, ирригационных, каналочистительных машин и специальных мелиоративных средств.

2 Достоинством новых каналочистительных машин является возможность разработки, подачи растительно-грунтовой массы со дна канала в контейнер либо в бункер рядом идущего транспортного средства, что позволяет предотвращать засорение откосов каналов и возврат ила на дно канала.

3 Прогнозные показатели комбинированных самоходных агрегатов подтверждают возможность комплексной мелиорации водопроводящей сети с утилизацией продуктов очистки, в т. ч. для включения в компоненты смеси водорегулирующих подпочвенных экранов.

Список использованных источников

1 Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2016 году. – М.: Росинформагротех, 2017. – 196 с.

2 Технология и технические средства для восстановления неиспользуемых и деградированных сельхозугодий / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, О. А. Сизов, В. А. Волобуев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2009. – № 4. – С. 17–21.

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

4 Маммаев, З. М. Первоочередные задачи в области технологии и механизации культуртехнических работ на современном этапе / З. М. Маммаев, О. Ф. Першина, В. С. Пунинский // Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования: науч. изд. – М.: ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2006. – С. 484–507.

5 Пунинский, В. С. К вопросу совершенствования коренного улучшения сельскохозяйственных угодий / В. С. Пунинский // Вопросы мелиорации. – 2013. – С. 12–30.

6 Пунинский, В. С. Состояние отечественных мелиоративных систем и перспективы восстановления земель с солонцовыми комплексами / В. С. Пунинский // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК: материалы юбилейн. междунар. науч.-практ. конф. – М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2017. – С. 361–368.

7 Отчет о реализации I этапа (2014–2016 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы». – М.: Росинформагротех, 2017. – 80 с.

8 Пунинский, В. С. Совершенствование технических средств для восстановления мелиоративных систем с деградированными землями и солонцами / В. С. Пунинский // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 1(61). – С. 119–127.

9 Казакова, Л. А. Комплексная мелиорация орошаемых солонцовых и засоленных почв Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.02 / Казакова Любовь Александровна. – Волгоград, 2007. – 48 с.

10 Пунинский, В. С. Совершенствование механизации улучшения лугов и пастбищ с солонцовыми комплексами на богарных землях / В. С. Пунинский // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-техн. конф., г. Москва, 15–16 сент. 2015 г. / ФГБНУ «ВИМ». – Ч. 1. – М.: ВИМ, 2015. – С. 156–163.

11 Першина, О. Ф. Эффективность агромелиоративных мероприятий на мелиорируемых периодически переувлажненных землях / О. Ф. Першина // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: материалы юбилейн. междунар. конф. – М.: ВНИИА, 2007. – С. 310–318.

12 Рождественский, А. В. Статистические методы в гидрологии / А. В. Рождественский, А. И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.

13 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.

14 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.

15 Черненький, В. М. Имитационное моделирование / В. М. Черненький. – М.: Высш. шк., 1990. – 110 с.

16 Пунинский, В. С. Проблемы очистки осушительных каналов от кустарника и мелколесья / В. С. Пунинский, В. Н. Басс // Инновационные технологии в мелиорации: материалы междунар. науч.-произв. конф. – М.: ВНИИА, 2011. – С. 204–207.

17 Рекомендации по биологической мелиорации деградированных сельскохозяйственных угодий / Ю. С. Пунинский, Б. М. Кизяев, В. Г. Федоров, В. С. Пунинский, В. Ю. Пунинский, под ред. Ю. С. Пунинского. – М.: Изд-во ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 1999. – 29 с.

18 Пат. 2628500 Российская Федерация, МКП⁶ А 01 В 79/00. Способ биомелиорации деградированных богарных земель / Пунинский В. С., Кизяев Б. М.; заявитель Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. – № 2016131889; заявл. 03.08.16; опубл. 17.08.17, Бюл. № 23. – 2 с.

19 Пат. 2589224 Российская Федерация, МКП⁶ 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.

20 Пунинский, В. С. К вопросу путей водосбережения при восстановлении функционирования мелиоративных систем на деградированных землях сельхозугодий с солонцом / В. С. Пунинский // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 81–89.

21 Пат. 2618097 Российская Федерация, МПК⁶ А 01 В 45/00. Комбинированный агрегат ярусной обработки засоленных земель с подсевом семян / Пунинский В. С.; заявитель и патентообладатель Пунинский В. С. – № 2016108013/13; заявл. 09.03.16; опубл. 02.05.17, Бюл. № 13. – 15 с.

22 Пат. 2619449 Российская Федерация, МПК⁶ А 01 В 45/00. Комбинированный агрегат биомелиорации деградированных почв с рассолением и подсевом семян / Пунинский В. С.; заявитель и патентообладатель Пунинский В. С. – № 2016114745/13; заявл. 18.04.16; опубл. 16.05.17, Бюл. № 14. – 19 с.

УДК 001.895+631

Д. В. Белых, А. С. Роскошная

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

Л. Н. Медведева

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА КОНВЕРГЕНТНОЙ ПЛАТФОРМЕ SMART AGRICULTURE

Целью исследования является поиск возможностей для внедрения инноваций в сельское хозяйство, его составляющую – мелиорацию. Применение в крестьянско-фермерских хозяйствах и агрохолдингах роботов, систем GPS-навигации, беспилотных летательных аппаратов (дронов), «умной мелиорации» повышает эффективность их работы и снижает затраты.

Ключевые слова: сельское хозяйство, GPS-навигация, беспилотные летательные аппараты, «умная мелиорация», интегрированная платформа Smart Agriculture.

D. V. Belykh, A. S. Roskoshnaya

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochockassk, Russian Federation; South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, Novochockassk, Russian Federation

L. N. Medvedeva

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

THE USE OF SMART TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE ON THE SMART AGRICULTURE CONVERGENT PLATFORM

The aim of the research is to search for opportunities for introducing innovations in agriculture and its component – land reclamation. The use of robots, GPS navigation systems, unmanned aerial vehicles (drones), and “smart land reclamation” in farming and agricultural holdings increases the efficiency of their work and reduces costs.

Key words: agriculture, GPS-navigation, unmanned aerial vehicles, “smart land reclamation”, Smart Agriculture integrated platform.

Российские аграрии, наряду с развитием традиционных направлений, активно осваивают новые, в т. ч. высокотехнологичные, сегменты рынка. Без применения новейших научных разработок, ресурсосберегающих технологий невозможно обеспечить устойчивое развитие компаний, повысить их конкурентоспособность [1]. Одна из задач – получение большего коэффициента полезного действия от нынешнего инновационного уровня развития техники и технологии. Для оптимизации и повышения эффективности

хозяйствования российские сельхозтоваропроизводители (СХТП) могут привлекать новинки «умной мелиорации» со всего мира [2–4]. Например, в Сиднейском университете (Австралия) сконструирован робот RIPPA (Robot for Intelligent Perception and Precision Application), который с помощью интеллектуального восприятия и сенсоров находит в заданных секторах поля сорняки и инородные предметы, уничтожает их, оценивает влажность полей. Вес робота составляет 250 кг, и он оснащен солнечными батареями для энергопитания (рисунок 1) [5].



Рисунок 1 – Робот RIPPA, разработанный в Сиднейском университете (Австралия), используемый для очистки полей от сорняков (источник: <http://agroinsurance.com/en/ag-robots-tested-in-australia-for-field-and-horticulture-crops-foto>)

Молодые ученые университета на этом не остановились и создали робота Shrimp, который способен заниматься выпасом скота. Робот-пастух оборудован тепловым и видеосенсором, благодаря чему он способен обнаруживать больных и раненых животных, оценивать температуру их тела и наблюдать за изменениями в их поведении. Кроме того, у робота имеется датчик цвета, а также он умеет визуально оценивать текстуру и форму предметов, что позволяет ему определять, в каком состоянии находятся пастбищные угодья. Робот способен пасти одновременно до 150 коров или овец и перемещаться вслед за стадом (рисунок 2).



Рисунок 2 – Робот-пастух Shrimp (источник: <http://agroinsurance.com/en/ag-robots-tested-in-australia-for-field-and-horticulture-crops-foto>)

Немаловажную роль в управлении техникой в крестьянско-фермерском хозяйстве играет российская система глобальной навигации ГЛОНАСС, которая уже составляет конкуренцию американской системе GPS (Global Positioning System). Системы навигации позволяют узнать точное местоположение сельскохозяйственной техники на полях, определить уровень их загруженности и эксплуатации. С помощью дистанционного зондирования хозяйствующие субъекты могут составлять технологические карты полей, прогнозировать будущие урожаи, делать картографические съемки полей, позволяющие выделять более эффективные и плодородные земли (на момент мониторинга).

На рисунке 3 представлено изображение полей, полученное с помощью дистанционного зондирования Российской космической системы (РКС). Интеллектуальные информационные системы для точного земледелия, созданные в РКС, позволяют более эффективно и оперативно управлять крестьянско-фермерским хозяйством. Разработки РКС позволяют оптимизировать работу парка сельскохозяйственной техники, использование земель, прогнозировать урожайность, повышать рентабельность компаний аграрного сектора.



Рисунок 3 – Мониторинг сельскохозяйственных угодий с помощью дистанционного зондирования (источник: <http://russianspacesystems.ru/2015/10/26/rossiya-predlozhit-informacionnye-pro>)

Для мониторинга сельскохозяйственных угодий в последнее время аграрии также используют беспилотные летательные аппараты – дроны. С их помощью можно делать мультиспектральный анализ, позволяющий определять вегетационную активность растений в течение дня, делать выводы о нормах полива, внесения удобрений и средств защиты растений (рисунок 4).



Рисунок 4 – Мониторинг полей с помощью дрона (источник: <http://agrotechnology.com/tochnoe-zemledelie/ideologi/global-position-system-ili-po-nashemu-dzhi-pi-es-sistema-globalnogo-pozicionirovaniya-gps>)

GPS-навигация может использоваться в хозяйствах в целях гармоничного распределения нагрузки на технику, в т. ч. в обеспечении технологии точного земледелия, что позволяет получать значительную экономию времени и средств (рисунок 5) [6].

Одним из специализированных программно-аппаратных комплексов для спутникового мониторинга является Teletrack-AGRO (производитель – компания «РКС» (Украина)), использование которого позволяет аграриям повысить эффективность производства. Комплекс состоит из диспетчерского и серверного программного обеспечения, бортового оборудования и различных датчиков. Открытая архитектура, масштабируемость, гибкость системы Teletrack-AGRO позволяют интегрировать ее в любую управляющую систему хозяйствующего субъекта, решать сложные и нестандартные задачи. Технология такова: на используемую в хозяйстве технику устанавливается GPS-трекер, определяющий местоположение, направление ее движения по сигналам глобальной системы позиционирования GPS [6, 7]. Трекер считывает показания с раз-

личных датчиков, например контролирующих внесение удобрений и нормы полива, в закодированном виде по каналам мобильной связи передает их на сервер, и через интернет информация поступает к пользователю – СХТП. Передаваемая информация выводится на экран компьютера или мобильного телефона (рисунок 6).

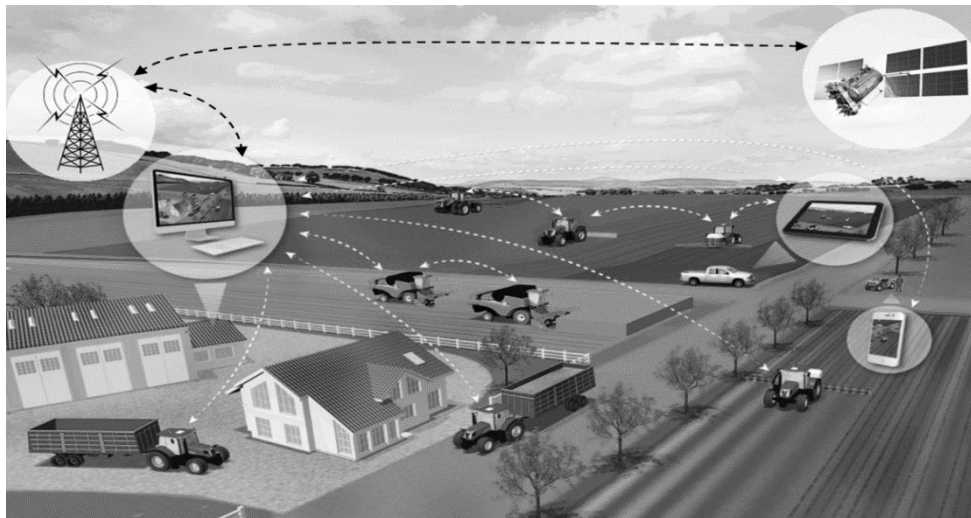


Рисунок 5 – Мониторинг техники, используемой в крестьянско-фермерском хозяйстве, на основе применения спутниковой GPS-навигации

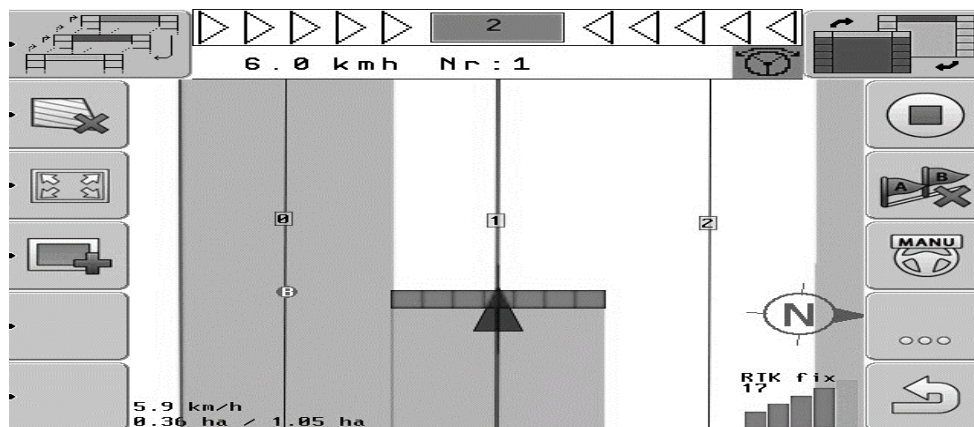


Рисунок 6 – Экран с информацией, выводимой с помощью GPS-навигации с сельскохозяйственной техники (источник: <http://www.reichhardt.com/News-Agritechnica-2013.html>)

Данные из системы спутникового мониторинга для лучшего восприятия могут представляться в виде графиков, таблиц, диаграмм, использоваться в системах учета 1С:Бухгалтерия. GPS-датчик, установленный на технике, позволяет решить еще одну задачу: определить с достаточной точностью размеры полей, границы угодий. Стоимость базового комплекта GPS-навигации в зависимости от производителя, количества комплектуемого оборудования на российском рынке установилась в диапазоне от 600 тыс. до нескольких миллионов рублей. Использовать GPS-навигацию, установленную на оросительной и полевой технике, может и небольшое крестьянское хозяйство, обрабатывающее до 300 га земли. При технологии возделывания сельскохозяйственных культур важное место занимает качество работы техники. Пропуски во время посева – одна из самых серьезных проблем. Если один трактор при посеве будет оставлять пропуски в 20 см, то в хозяйстве, которое располагает 1 тыс. га, необработанными останутся 2 га земли, что приведет к потерям 10 т урожая. Аналогичная проблема может возникать при сборе урожая. Хотя комбайнер старается не оставлять несрезанные расте-

ния, как правило, комбайн не использует 10–20 % мощности жатки, что ведет к нежелательным потерям. В современных условиях, когда остро стоит проблема сокращения численности сельского населения, значительного оттока молодежи в города, использование технологии GPS-навигации позволяет в какой-то мере снять напряженность на рынке труда. В среднем системы GPS-навигации обеспечивают не менее 15 % экономии на посевном материале, удобрениях и пестицидах, на 20 % сокращают расходы на топливо, на 15 % уменьшают потребности в персонале [6].

Российскими учеными проводятся исследования по созданию новой аппаратуры, технологий и программного обеспечения для дистанционного зондирования Земли, совершенствования управления поливом с помощью дождевальной техники в мелиорации. В настоящее время в ФГБНУ «РосНИИПМ» разрабатывается система управления дождеванием полей на основе дистанционного зондирования, в т. ч. с помощью средств малой авиации. Предлагаемая учеными система управления дождеванием позволяет регулировать и выравнивать влажность почвы по всему периметру, изменять расход и направление подачи воды к растениям [8–10]. Описанные в статье технологии могут получить свое развитие в мелиоративных парках – локальных региональных агрокластерах с явными конкурентными преимуществами в производстве экологически чистой продукции [11, 12]. В ходе исследования были разработаны подходы к применению умных технологий в мелиоративном парке. Конвергентная платформа Smart Agriculture представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – Конвергентная платформа Smart Agriculture для использования в мелиоративных парках

Конвергентная платформа Smart Agriculture – это набор технологий и продуктов, обеспечивающих развитие сельского хозяйства (мелиорации) на уровне организации. Конвергентная платформа создается с помощью специально разработанной для реше-

ния поставленной задачи архитектуры, гарантирующей совместимость аппаратных и программных продуктов. В мелиоративном парке данная платформа будет совмещать умные технологии, «умную мелиорацию», GPS-навигацию и др.

Список использованных источников

1 Колбачев, Е. Б. «Новая индустриализация» в России: задачи инженерной экономики и технических университетов / Е. Б. Колбачев // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. – 2015. – № 3. – С. 6–15.

2 О прогнозе научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года: Приказ М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 12 января 2017 г. № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456038646>, 2018.

3 Скрынник, Е. «Экспорт – ключевой тренд». Елена Скрынник о сельском хозяйстве по-новому [Электронный ресурс] / Е. Скрынник. – Режим доступа: <http://mni-ap.pf/skrynnik-opinion/#opinions-47>, 2018.

4 Green Technologies: The Basis for Integration and Clustering of Subjects at the Regional Level of Economy / V. V. Melikhov, A. A. Novikov, L. N. Medvedeva, O. P. Komarova // Integration and Clustering for Sustainable Economic Growth. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 365–382.

5 Ripa robot takes farms forward to the future [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sydney.edu.au/news-opinion/news/2015/10/21/riipa-robot-takes-farms-forward-to-the-future-.html>, 2018.

6 Шаповал, Е. Точное земледелие [Электронный ресурс] / Е. Шаповал. – Режим доступа: <https://agrobuiding.com/agro/technology/precision-agriculture>, 2018.

7 Teletrack-AGRO: GPS мониторинг транспорта, в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://autovision.com.ua/resheniya/korporativnye-resheniya/teletrack-agro-gps-monitoring-transporta-v-selskom-hozyaistve.html>, 2018.

8 Васильев, С. М. Экономические мотиваторы перспектив инновационного развития дождевальной техники в России / С. М. Васильев, Л. Н. Медведева // Пром-Инжиниринг [Электронный ресурс]: тр. III междунар. науч.-техн. конф. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ. – 2017. – С. 387–392. – Режим доступа: <http://icie-rus.org/issues/ICIE-2017RU.pdf>.

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

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

11 Пахомова А. А. Критерии оценки инновационно-инвестиционных проектов в агробизнесе / А. А. Пахомова, А. С. Роскошная // Вестник ЮРГТУ (НПИ). – 2017. – № 2 – С. 70–75.

12 Медведева, Л. Н. Аграрная политика России. Актуальность создания мелиоративного аграрного парка на основе ресурсосберегающих технологий и инструментария государственно-частного партнерства / Л. Н. Медведева // Аграрный сектор России: стратегия развития: материалы конф. в рамках III Моск. экон. форума, 30 марта 2017 г. – М.: ВНИИЭСХ, 2017. – С. 360–368.

УДК 621.3.031:631.6

Г. Л. Лобанов, В. Л. Бондаренко, В. М. Школьная

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

УСТРОЙСТВО ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ВЕСЕЛОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ ДЛЯ ВНУТРИСИСТЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В данной статье рассматривается проблема внутрисистемного обеспечения электроэнергией дождевальной техники, насосных станций, средств автоматизации и т. п. в связи с постоянным увеличением ее стоимости. Приведены водноэнергетические расчеты для гидроэлектростанции на Веселовском водохранилище, позволившие установить количество дождевальных машин, которые могут располагаться в пределах оросительной системы. Кроме того, расчетами установлено, как количество дождевальных машин влияет на расход электроэнергии на эксплуатационные и хозяйственные нужды. Описано, как увеличение установленной мощности и расхода гидроэлектростанции сказывается на годовой выработке электроэнергии.

Ключевые слова: гидроэлектростанция (ГЭС), оросительная система, насосная станция, дождевальная машина, электроэнергия, мощность ГЭС.

G. L. Lobanov, V. L. Bondarenko, V. M. Shkol'naya

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

HYDROELECTRIC POWER STATION CONSTRUCTION ON VESELOVSKY RESERVOIR FOR INTRASYSTEM POWER SUPPLY OF IRRIGATION SYSTEMS

This article deals with the problem of intrasystem power supply of sprinklers, pumping stations, automation facilities, etc., in view of the constant increase of its cost. Water-power calculations for the hydroelectric power station at the Veselovsky reservoir which made it possible to determine the number of sprinklers that can be located within the irrigation system are given. Besides, calculations determined how the number of sprinklers affects the power consumption for operating and economic needs. It is described how the increase of the installed capacity and consumption of a hydroelectric power station affects the annual power output.

Key words: hydroelectric power station (HPP), irrigation system, pumping station, sprinkler, electrical power, HPP capacity.

В настоящее время проблема управления энергетическим потенциалом водных ресурсов оросительных систем приобрела особую актуальность. Это обусловлено значительными затратами на добычу горючих полезных ископаемых, которые используют в качестве невозобновляемых источников энергии (НИЭ), ростом цен на электроэнергию, снижением рентабельности производимой сельхозпродукции. В связи с этим важным вопросом является оценка рациональности использования энергетического потенциала водных ресурсов оросительных систем на основе моделирования различных вариантов получения (выработки) электрической энергии в пределах деривационных оросительных систем на базе ГЭС [1].

Одной из наиболее затратных статей сельскохозяйственного производства является плата за электроэнергию, стоимость которой постоянно увеличивается. В связи с этим возникла настоятельная потребность в использовании имеющихся в пределах оросительной системы гидроэнергетических ресурсов для обеспечения электроэнергией

ей дождевальная техника, насосного оборудования, средств автоматизации водораспределения и т. п.

Мощность ГЭС можно определить из выражения, кВт:

$$P = 9,81 \cdot \eta \cdot Q \cdot H,$$

где η – КПД гидроэлектростанции;

Q – расход воды через ГЭС, м³/с;

H – напор воды, подведенной к гидротурбине, м.

Для обоснования применения ГЭС на Веселовском гидроузле необходимы водноэнергетические расчеты на основе расчетного водохозяйственного баланса водохранилища по многолетнему ряду наблюдений, а также установление расчетных расходов (холостого и транзитного стока), которые могут быть использованы для работы гидроагрегатов.

Учитывая опыт строительства и эксплуатации ГЭС, принимаем тип турбины горизонтальной с S-образной отсасывающей трубой. Минимальный расход через турбину составляет 35 % от нормального. КПД гидроагрегата (турбины и генератора) принимаем равным 0,866. Количество турбин может быть принято от двух до четырех в зависимости от проектного варианта и установленной мощности [2].

В качестве расчетного ряда принят репрезентативный период современного использования водохранилища с 2000 по 2010 г. (таблица 1). Выработка электроэнергии в зависимости от расхода через ГЭС при среднем напоре 7,3 м представлена в таблице 2.

Рассчитаем мощность ГЭС на Веселовском водохранилище для расхода 20 м³/с при напоре 7,3 м:

$$P = 9,81 \cdot 0,866 \cdot 20 \cdot 7,3 = 1240 \text{ кВт.}$$

Как следует из данных таблицы 2, установленная мощность ГЭС на Веселовском водохранилище может быть рассчитана на среднесуточный расход в диапазоне 26–29 м³/с.

Среднегодовая выработка электроэнергии с учетом КПД 86,6 % составит 11425–12228 тыс. кВт·ч. Установленная мощность в диапазоне 1,6–1,8 МВт при работе по водотоку и от 3,2–3,6 до 4,0 МВт при работе в пиковом (полупиковом) режиме.

Изменчивость выработки по годам, согласно приведенному расчету, может составить от 10444 тыс. кВт·ч в маловодные годы (гарантированный минимум выработки) до 14502 тыс. кВт·ч в многоводные годы. Анализ показателей эффективности работы ГЭС по водотоку подтверждает достаточную эффективность и при более высоких расходах, чем 29 м³/с, но это ведет к существенному удорожанию ГЭС на фоне возрастания изменчивости выработки как внутри года, так и в связи с колебаниями водности отдельных лет. Возможность увеличения расчетного расхода и повышения установленной мощности должна быть исследована более детально на стадии проектирования при принятии положительного решения о строительстве ГЭС и выборе оборудования.

Работа данной ГЭС круглогодичная, при этом среднемесячная выработка в зимне-весенний период (декабрь – май) составляет для каждого месяца 9,9–10,9 % от годовой выработки и в среднем на 60 % выше, чем в летне-осенний период (июнь – ноябрь), когда для каждого месяца она составляет 5,5–6,7 % от суммарной годовой выработки. С увеличением установленной мощности и расхода ГЭС повышение годовой выработки происходит за счет зимне-весеннего периода, в то время как для летне-осеннего периода мощность остается на том же уровне.

Исходя из того, что в среднем дождевальная машина потребляет порядка 10 кВт, а мощность ГЭС Веселовского водохранилища, полученная из расчета, равна 1240 кВт, можно сделать вывод, что полученной на ГЭС электроэнергией могут быть обеспечены 124 машины. При меньшем количестве машин в пределах оросительной системы электрическая энергия может быть использована на эксплуатационные и хозяйственные нужды.

Таблица 1 – Суммарные расчетные величины и внутригодовое распределение холостых сбросов и транзитных попусков из Веселовского водохранилища, которые могут быть использованы в энергетических целях

Год	Месяц												Среднегодовое значение Q
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2000	53,17	46,30	49,21	63,15	15,10	15,60	15,70	14,60	13,40	13,00	25,65	48,33	31,0
2001	55,34	59,50	39,51	44,25	15,10	15,60	15,70	14,60	13,40	18,95	39,68	48,43	31,6
2002	49,84	50,10	26,71	23,25	15,10	15,60	15,70	16,11	29,93	40,22	38,58	47,13	30,6
2003	52,24	52,10	25,21	28,35	15,10	15,60	15,70	14,60	13,40	13,00	31,92	50,63	27,2
2004	52,97	79,80	55,91	54,85	17,78	30,15	15,70	39,34	40,83	30,92	40,38	39,13	41,4
2005	51,04	76,50	65,11	75,85	15,10	15,60	21,55	36,60	35,13	25,62	28,58	41,93	40,7
2006	48,54	66,70	27,41	41,02	15,10	15,60	15,70	24,57	16,63	17,12	34,98	34,43	29,8
2007	39,44	50,60	32,11	47,75	15,10	15,60	15,70	14,60	13,40	13,00	15,64	35,33	25,7
2008	44,27	53,10	41,81	46,45	15,10	15,60	15,70	14,60	13,40	13,00	24,16	41,63	28,2
2009	40,94	46,20	39,21	35,75	15,10	15,60	15,70	14,60	13,40	13,00	25,27	33,33	25,6
2010	42,74	49,65	40,51	41,10	15,10	15,60	15,70	14,60	13,40	13,00	24,70	37,48	26,9
Средний Q , $м^3/с$	48,2	57,3	40,2	45,6	15,3	16,9	16,2	19,9	19,7	19,2	30,0	41,6	30,8
%	12,0	15,8	10,7	12,6	4,1	4,7	4,5	5,3	5,4	5,1	8,3	11,5	100

Таблица 2 – Выработка электроэнергии в зависимости от расхода через ГЭС при среднем напоре 7,3 м

В тыс. кВт·ч

Расчетный год	Расходы через ГЭС, м ³ /с									
	20	23	26	29	32	35	38			
2000	9297	10109	10906	11580	12255	12929	13603			
2001	9561	10374	11186	11999	12812	13624	14437			
2002	9974	11057	12013	12855	13571	14244	14918			
2003	9297	10109	10887	11535	12072	12474	12876			
2004	10458	11806	13154	14502	15720	16800	17881			
2005	10334	11617	12813	13875	14817	15759	16508			
2006	9863	10806	11688	12429	13108	13759	14161			
2007	9095	9770	10444	11118	11792	12337	12754			
2008	9297	10109	10837	11511	12186	12860	13534			
2009	9297	10109	10889	11563	12237	12834	13266			
2010	9297	10109	10862	11536	12210	12885	13535			
Средняя выработка, тыс. кВт·ч	9615	10543	11425	12228	12980	13682	14316			
Млн кВт·ч	9,62	10,54	11,43	12,23	12,98	13,68	14,32			
Установленная мощность, кВт	1240	1426	1612	1798	1985	2171	2357			
МВт	1,24	1,43	1,61	1,80	1,98	2,17	2,36			
Средняя выработка (W / N), тыс. кВт·ч, на единицу установленной мощности, кВт	7,75	7,39	7,09	6,80	6,54	6,30	6,07			

Список использованных источников

1 Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ: по состоянию на 21 апреля 2017 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

2 СТО 70238424.27.140.011-2010. Гидроэлектростанции. Условия создания. Нормы и требования. – Введ. 2010-09-30. – М.: ИНВЭЛ, 2010. – 87 с.

УДК 626.81

Э. Э. Сейтумеров

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

**ВОПРОСЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ
В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Климатические условия последних лет характеризуются значительными изменениями, которые влияют на водообеспеченность территории Крыма, особенно жестко это проявилось после перекрытия воды по Северо-Крымскому каналу. В этих условиях обеспечение водными ресурсами стало одним из приоритетных направлений развития Республики Крым и должно рассматриваться как составная часть устойчивого развития региона. В создавшихся условиях необходимо провести тщательный анализ имеющихся данных о водных ресурсах Крымского полуострова, воспроизводстве, накоплении, хранении, транспортировке и потерях воды, разработать обоснованные предложения по организации рационального использования водных ресурсов в различных секторах экономики, в т. ч. по применению альтернативных источников – опреснению слабоминерализованных вод, очистке канализационных стоков и др.

Ключевые слова: водообеспеченность, дефицит водных ресурсов, улучшение экологического состояния водотоков, альтернативные источники, рациональное использование водных ресурсов.

E. E. Seytumerov

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

**ISSUES OF IMPROVEMENT OF THE WATER INDUSTRY COMPLEX OF THE
REPUBLIC OF CRIMEA UNDER THE CONDITIONS OF WATER SCARCITY**

The climate conditions in recent years are characterized by significant changes affecting the water availability of the territory of the Crimea, especially roughly it has been manifested after the water cutoff along the North Crimean canal. Under these conditions, the availability of water resources has become one of the priority directions of the development of the Republic of Crimea and should be considered as an integral part of the sustainable development of the region. Under the existing conditions, it is necessary to carry out a thorough analysis of the available data on water resources of the Crimean peninsula, reproduction, storage, transportation and water losses, to develop sound proposals for sustainable use of water resources organization in various sectors of the economy which includes the use of alternative sources – desalinization of brackish waters, sewage effluent treatment, etc.

Key words: available water supply, water scarcity, watercourses ecological state improvement, alternative sources, sustainable use of water resources.

Введение. Для Республики Крым основным ограничением устойчивого развития является дефицит водных ресурсов. Исходя из этого, можно выделить ряд направлений

в рационализации использования водоресурсного потенциала, которые требуют доработки и усовершенствования:

- улучшение экологического состояния водотоков;
- оптимизация количества водоаккумулирующих сооружений;
- использование альтернативных источников воды.

Если говорить в общем о внедрении принципов рационального водопользования, то исследованиями в данном направлении занимались ведущие ученые России и Крыма: В. И. Данилов-Данильян, В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, В. С. Паштецкий, В. С. Тарасенко и др. Вопросы оптимизации количества водоаккумулирующих сооружений исследовались рядом ученых: И. В. Минниковым, Д. В. Сарычевым, Ю. А. Нестеровым, О. М. Щурским, В. И. Пименовым, В. А. Волосухиным, В. Л. Бондаренко, Ю. М. Косиченко и др. Следует отметить, что строительство новых водоаккумулирующих сооружений влечет за собой ряд воздействий на окружающую среду, поэтому данное решение должно быть обосновано и при его принятии необходимо исходить из сочетания технических, экономических и экологических факторов, определяющих данный выбор. Также следует отметить, что при этом нужно обеспечить процесс эффективного использования этих гидротехнических сооружений, чтобы иметь возможность вовремя принимать управленческие решения и сохранить сбалансированное состояние этих трех составляющих. Также необходимо формировать природно-культурную среду, отвечающую санитарно-гигиеническим, эстетическим и материальным потребностям населения, особенно в регионах, характеризующихся вододефицитными условиями.

Вопрос использования альтернативных источников воды рассматривался в работах ряда авторов: С. В. Макарычева, Н. И. Алешиной, В. Т. Додолиной, В. Г. Баева, Ф. С. Малибаева, Э. Н. Страстинского и др. Изучением вопросов, связанных с оценкой целесообразности использования очищенных сточных вод для целей орошения, занимались И. И. Конторович, А. Г. Алимов, В. В. Карпунин, А. А. Алимов, С. В. Цыбина, А. М. Салдаев, Д. А. Сердюков, А. П. Матвиенко и др.

Следует отметить, что эффективность использования альтернативных источников воды [1, 2] зависит от целого ряда факторов, среди которых можно выделить объем альтернативных источников воды, химический состав исходной воды и требования к ее качеству после очистки, почвенно-климатические условия, возделываемые культуры и их биологические особенности, уровень экономического развития. Для каждого района Крыма, исходя из этих особенностей, необходимо разрабатывать свои принципы и подходы к выбору и использованию дополнительных источников воды. Также нельзя забывать об организации системы мониторинга возможного воздействия их применения на окружающую природную среду.

Таким образом, решение целого класса задач связано с большими объемами информации, далеко не все они алгоритмические. Решение многих из них сводится к управлению потоками информации и анализу данных.

Устойчивое социально-экономическое развитие Крыма напрямую связано с водообеспеченностью его территории [3–5], так как вода является неотъемлемым элементом любого производства и личной жизни каждого человека. Решение вопроса рационального использования водных ресурсов в Республике Крым в свете дефицита собственных (местных) водных ресурсов является одной из первостепенных задач на всех уровнях общественных образований. Вода выступает одним из основных факторов производства, общей жизнедеятельности человека. Сохранение экологической устойчивости водных экосистем обуславливает благоприятную санитарно-эпидемиологическую обстановку в регионе и, как следствие, способствует развитию рекреационного комплекса. Среди основных проблем [6, 7], которые характерны для Республики Крым в последние три года, необходимо отметить следующие:

- зависимость обеспечения отраслей экономики и населения водными ресурсами от количества осадков, выпавших на территории;

- усиление антропогенной нагрузки на ряд водных объектов;
- зависимость эффективности сельскохозяйственного производства от водности года и внутригодового распределения осадков;
- нерациональное использование имеющихся водных ресурсов, в т. ч. и альтернативных источников воды, которые практически не применяются;
- бесконтрольный отбор подземных вод, который может привести к ухудшению качественных и количественных характеристик особо ценных в экономической и социальной сфере, а главным образом в питьевом и хозяйственно-бытовом водоснабжении населения, Республики Крым ресурсов;
- несогласованность в соблюдении интересов водопользователей, использующих поверхностный сток.

Материалы и методы. Совокупность всех вышеперечисленных проблем приводит к ухудшению условий жизни сельского и городского населения, замедлению социально-экономического развития региона, снижению его рекреационной привлекательности. Рациональное использование водоресурсного потенциала каждой реки Крыма и дополнительных альтернативных источников воды позволит более полно решить проблему водообеспечения населения и отраслей экономики, будет способствовать созданию благоприятных условий для производства овощной и плодово-ягодной продукции и повышению привлекательности республики как рекреационной зоны.

Вода для Крымского полуострова – чрезвычайно ценный природный ресурс, значение которого трудно переоценить, особенно в сложившихся реалиях.

Особенности геологического строения Крымского полуострова оказывают существенное влияние на формирование и динамику поверхностного и подземного стока в Крыму. Общий уклон горного и равнинного Крыма к северу, образуя единое гидрологическое пространство, обуславливает характер и направленность подавляющей части поверхностного и подземного стока.

Другим важным средообразующим фактором, влияющим на водный режим полуострова, является его климат. Климат северной равнинной части Крыма умеренно континентальный с короткой малоснежной зимой и жарким засушливым летом. Период с температурой более +10 °С продолжается 180–200 дней. Сумма активных температур 3338–3428 °С. Годовая сумма осадков 308–403 мм.

Климат горного Крыма является переходным от степного континентального к средиземноморскому с мягкой умеренно холодной зимой и умеренно жарким летом. Сумма активных температур варьируется от 1745 (на Главной гряде) до 3090 °С (в предгорье). Осадков за год выпадает от 500 (в предгорье) до 1000 мм и более (на Главной гряде).

В Крыму насчитывается 1657 рек и временных водотоков, общая длина которых составляет 5996 км. Реки – один из самых непредсказуемых водных ресурсов полуострова. Речная сеть развита на полуострове крайне неравномерно, зависит от распределения осадков и абсолютной высоты местности. Одна из особенностей крымских рек – их длина (большинство имеют длину до 10 км). Самая длинная река – Салгир – 204 км, самая полноводная – Бельбек.

В реках горного типа, таких как крымские, выделяются два периода в водном режиме [8]. С декабря по апрель – первый, с высоким уровнем воды, с мая по октябрь – второй, с низким уровнем. Летом крымские реки сильно пересыхают. Большинство из них можно перейти, не замочив ног. Но иногда, во время сильных ливней в горах, эти горные реки Крыма, разливаясь, превращаются в мощные грязекаменные потоки – сели, представляющие серьезную опасность для хозяйства и жизни людей.

Суммарный годовой объем воды в горных реках и ручьях довольно велик, но в те периоды времени, когда спрос на воду особенно возрастает, в ней чувствуется

недостаток даже вблизи рек. К тому же количество воды в них, хотя и медленно, но неуклонно уменьшается.

Большинство постоянных водотоков в советское время были использованы для строительства водохранилищ, составляющих всего 15 % общего объема годового потребления пресной воды на полуострове. Всего же на крымских реках и временных водотоках создано 15 водохранилищ, а также около 500 прудов общим объемом свыше 200 млн м³. Большая часть стока рек уже аккумулирована в водохранилищах и прудах, но подсчеты показывают, что создание крупных водоемов в Крыму за счет местных водных ресурсов практически невозможно. Вода рек и искусственных водоемов используется для водоснабжения, рыбоводства, орошения.

Результаты и обсуждение. В сложившихся реалиях в связи с прекращением подачи воды по СКК встает вопрос о необходимости разработки стратегии развития водохозяйственного комплекса Крыма [9, 10] на основе местных водных ресурсов, их комплексного использования и интегрированного управления ими с учетом использования ресурсов в перспективе. Этот документ должен стать непреодолимой догмой для всех исполнителей, касающихся использования водных ресурсов республики. Такой документ в виде «Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов Крыма» (СКИОВО) разработан ООО «ВЕД» (г. Москва) и проходит в настоящее время общественные слушания в Крыму.

Из предложенного в докладе (СКИОВО) [11] расчета водохозяйственного баланса Республики Крым для маловодного года (95 % обеспеченности) в современный период и на перспективу (2030 г.) (таблица 1) видно, что предложенные мероприятия по комплексному переустройству водохозяйственного комплекса Крыма не восполняют дефицит воды даже в перспективе.

Таблица 1 – Водохозяйственный баланс Республики Крым в маловодный год (95 % обеспеченности) в современный период и на перспективу (2030 г.)

В млн м³/год

Составляющая водохозяйственного баланса	Современный баланс	Баланс на перспективу	Баланс на перспективу с учетом мероприятий
Приходная часть, всего	355,52	375,36	375,36
Расходная часть, всего	508,96	537,17	537,99
Коммунальное хозяйство	220,1	248,31	248,31
Промышленность	34,69	34,69	34,69
Сельское хозяйство	243,6	243,6	243,6
Другие	10,57	10,57	10,57
Дефицит воды, всего	-189,16	-208,13	-77,92
Дефицит воды на нужды коммунального хозяйства	-17,11	-38,33	0,0
Дефицит воды на нужды промышленности	-19,76	-19,76	0,0
Дефицит воды на нужды сельского хозяйства	-152,18	-148,45	-77,92

В этой связи основной задачей водообеспечения Крыма является ликвидация этого дефицита посредством эффективного интегрированного управления местными водными ресурсами, экономии водных ресурсов за счет применения современных технологий полива, особенно в сельском хозяйстве, снижения потерь при транспортировке и хранении саккумулированной воды, использования альтернативных источников получения пресной воды за счет вод субмаринной разгрузки, локального опреснения соленых и солоноватых природных грунтовых вод, очистки и использования для орошения земель в сельском хозяйстве канализационных стоков городов и поселков Крыма.

Выводы. Для улучшения сложившейся ситуации необходим комплексный подход, включающий нахождение баланса интересов всех групп водопользователей, рациональное использование водных ресурсов и водных объектов, соблюдение принципа ненарушения и сохранения, а при необходимости восстановления устойчивости экологических систем бассейнов рек Крыма.

Применение альтернативных источников водоснабжения позволит более рационально использовать имеющиеся на территории полуострова водные объекты и улучшить их экологическое состояние.

Существующая система управления ресурсами раздроблена и запутанна, большое количество гидротехнических сооружений являются бесхозными, следовательно, никем не обслуживаются. Очистные сооружения во многом изношены и зачастую морально устарели. Новых очистных сооружений строится, к сожалению, явно недостаточно.

Сохраняются нерешенные проблемы в вопросах эффективного использования водных ресурсов Республики Крым, обеспечения потребностей населения в качественной питьевой воде, охраны водных источников от истощения.

Немаловажным фактором восполнения дефицита воды для Крыма является вовлечение в водооборот отработанных сточных вод.

Также необходимо упорядочить систему управления водным хозяйством в республике, обеспечив эффективные структурные преобразования, исключив расточительное водопользование, разработать стратегию и программу рационального использования водных ресурсов Республики Крым, обеспечить внедрение систем рационального использования воды, в первую очередь капельного орошения, активизировать разработку и широкое внедрение технологий, обеспечивающих экономию пресной воды и снижение уровня ее загрязнения.

Список использованных источников

1 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. 95–103.

2 Волкова, Н. Е. Использование очищенных сточных вод в Крыму: опыт прошлого, реалии настоящего / Н. Е. Волкова, Р. Ю. Захаров // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 144–159. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec502-field6.pdf.

3 О стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года: Закон Республики Крым от 9 января 2017 г. № 352-ЗРК/2017.

4 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]: утв. Правительством Рос. Федерации 27.08.09. – Режим доступа: <http://mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128717>, 2018.

5 Об утверждении Государственной программы развития водохозяйственного комплекса Республики Крым на 2017–2020 годы: Постановление Совета министров Республики Крым от 22 ноября 2016 г. № 566: по состоянию на 20 февраля 2017 г.

6 Захаров, Р. Ю. Рациональное использование ресурсов в условиях резкого изменения водообеспеченности территории / Р. Ю. Захаров, Н. Е. Волкова // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М.: Изд-во ВНИИА, 2016. – Т. 2. – С. 128–133.

7 Иванютин, Н. М. Влияние антропогенной деятельности на подземные воды Крыма / Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3(63). – С. 25–31.

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

9 Об утверждении федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года»: Постановление Правительства Рос. Федерации от 11 августа 2014 г. № 790: по состоянию на 28 сентября 2017 г.

10 Сейтумеров, Э. Э. Устойчивое развитие орошаемого земледелия в условиях резкого дефицита водных ресурсов в Республике Крым / Э. Э. Сейтумеров, В. Н. Сторчоус // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2015. – № 1(164). – С. 40–49.

11 Проект «Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов Крыма» (СКИОВО) [Электронный ресурс] / ООО «ВЕД». – М., 2017. – Режим доступа: <http://gkvod.rk.gov.ru/rus/info.php?id=661851>.

УДК 631.6

Л. Н. Медведева, С. А. Манжина

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

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ В МЕЛИОРАЦИЮ

Цель исследования – проанализировать лучшие зарубежные практики использования инноваций в мелиоративной отрасли экономики. На основании проведенного исследования были определены ключевые направления развития инноваций: водосбережение, энергосбережение, сохранение продуктивности почв, повышение эффективности трудо- и ресурсоотдачи. Успех в развитии мелиорации в немалой степени связан с государственным регулированием, эффективным использованием институциональных инструментов.

Ключевые слова: инновация, мелиорация, вертикальная и водосохраняющая фермы, государственное регулирование, инновационные технологии.

L. N. Medvedeva, S. A. Manzhina

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

INTERNATIONAL PRACTICES OF INNOVATION INTRODUCTION INTO LAND RECLAMATION

The purpose of the study is to analyze the best foreign practices of using innovations in the reclamation sector of economy. The key areas for the development of innovations were identified on the basis of the study: water and energy conservation, soil productivity conservation, increase of labor and resource productivity efficiency. Success in land reclamation development is connected to a great extent with government control, the effective use of institutional tools.

Key words: innovation, melioration, vertical and water conserving farms, state regulation, innovative technologies.

Динамичное, устойчивое развитие сельского хозяйства страны во многом определяется эффективностью инновационной экономики. В России процесс возрождения сельского хозяйства основывается на повышении роли государства, проведении протекционистской политики, внедрении положительного имиджа российского крестьянства, усилении востребованности в инновациях. Однако Российская Федерация в мировом рейтинге инновационности экономик продолжает занимать не лидирующие позиции – 26-е место в международном рейтинге агентства Bloomberg [1].

Согласно данным Всемирного банка, только 10 % российских компаний заявляют о том, что инновации играют значительную роль в их развитии. Например, в странах

ОЭСР доля таких компаний составляет 30–40 % [2]. Это свидетельствует о недостаточной эффективности мер государственного стимулирования инновационной активности предпринимателей, о недофинансировании научно-исследовательского сектора.

Для дальнейшей разработки мер по укреплению сельского хозяйства страны, выработки национальных механизмов, форм внедрения инноваций в мелиоративном секторе необходима трансформация зарубежного опыта и адаптация его к экономическим и внутриполитическим условиям нашей страны, формам социального взаимодействия и менталитету наших аграриев.

В мелиоративном секторе мирового аграрного комплекса можно выделить ряд направлений инновационного развития последних лет (таблица 1).

Таблица 1 – Общемировые тенденции инновационного развития мелиорации [3–7]

Направление	Сущность	Механизм стимулирования инновации
1	2	3
Водосбережение	Увеличение КПД оросительных систем, использование водосберегающих способов орошения (внутрипочвенного и капельного орошения), усовершенствование систем контроля водоподачи, уменьшение объемов испарения, орошение сточными водами, установка малых метеостанций на оросительную технику	- тарифная политика в зависимости от качества и количества потребляемых для ирригации вод; - лимитирование использования вод; - платность услуг по подаче и распределению вод; - финансирование из госбюджета НИОКР, субсидирование фермеров, принимающих участие в программах исследования водосберегающих технологий; - государственное финансирование и софинансирование строительства и модернизации оросительных систем
Экономия почвенных ресурсов	Оптимизация пространства, создание вертикальных теплиц, плавучих ферм, размещение солнечных панелей над каналами, на воде, на крышах ферм и зернохранилищ и т. д.	- финансирование из госбюджета НИОКР; - налоговая политика
Увеличение продуктивности почв	Внедрение почвосберегающих способов обработки, применение минеральных и органических удобрений, биоудобрения, подбор наиболее продуктивных сортов сельскохозяйственных культур, подбор культур с наибольшим откликом на удобрения, проведение комплексной мелиорации земель	- прямое субсидирование; - особые условия землевладения, предусматривающие наличие испытательного срока, допустимого уровня образования; - финансирование из госбюджета НИОКР; - льготное кредитование; - льготы сельхозпроизводителям на земельный налог, прирост основного капитала; - ассигнования на проведение экологических мероприятий на обрабатываемых землях; - выплата сельхозпроизводителям премий в зависимости от качества почв

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Увеличение энергоэффективности мелиоративных систем	Разработка более энергоэффективной техники, использование для энергообеспечения производственных процессов возобновляемых источников энергии (ВИЭ), экономия топлива и электроэнергии, оптимизация логистики, косвенная экономия энергетических ресурсов (например, подбор доз удобрений с учетом оптимизации энергоемкости и прибыльности сельхозпроизводства)	<ul style="list-style-type: none"> - налоговые льготы для предприятий, использующих ВИЭ; - умеренные ставки амортизационных отчислений; - налоговые скидки при покупке в кредит и в лизинг оборудования для производства возобновляемой энергии; - прямое субсидирование инвестиций в создание мощностей ВИЭ, производства возобновляемой энергии; - предоставление грантов для инновационных производств; - создание специальных фондов для развития чистой энергетики; - осуществление поддержки НИОКР, региональных и международных проектов
Уменьшение трудоемкости продукции	Внедрение автоматизации процессов, устойчивая интенсификация производства, внедрение современных информационных технологий	<ul style="list-style-type: none"> - льготное кредитование инвестиционных проектов; - субсидирование модернизации производства; - лизинг и факторинг при покупке необходимых механизмов, оборудования; - поддержка НИОКР, субсидирование сельскохозяйственного машиностроения

В процессе изучения зарубежного опыта внедрения инноваций в мелиоративный сектор АПК были выделены наиболее интересные и наиболее репрезентативные примеры. Например, в Дании в качестве площадки для аграрного стартапа, популяризации агробизнеса и образовательного ресурса с 2009 г. развивается Центр агрокультурных инноваций Agro Food Park (AFP), расположенный неподалеку от г. Орхуса и являющийся аграрным аналогом Силиконовой долины в США (рисунок 1).



1 – агропродовольственный парк, центральный плаз; 2 – исследовательский плаз; 3 – теплица; 4 – водный плаз; 5 – опытные поля; 6 – пастбище; 7 – инновационный центр

Рисунок 1 – Центр агрокультурных инноваций Agro Food Park (Дания) [6]

Центр агрокультурных инноваций принадлежит Датскому совету по сельскому хозяйству и продовольствию, который через этот центр реализует идею совмещения

сельскохозяйственных инноваций с условиями городской жизни [3–5]. В проекте AFP реализуются инновационные разработки, в частности применение чистой энергетики и продуманной экосистемы производства и переработки (рисунок 2). В Центре агрокультурных инноваций выделены три ключевых зоны: «Лужайка» – центральное общественное зеленое пространство, которое функционирует как выставочный зал, где производится демонстрация результатов экспериментов в пищевой промышленности и инноваций в области сельского хозяйства; «Полоса» – основная улица с красивыми фасадами зданий; пять плаз – ряд площадей со строениями, которые соединяются в кластеры и используются как бизнес-центры по направлениям развития АПК [3]. Центр агрокультурных инноваций занимает площадь 44000 м², но после окончательного строительства в течение ближайших 30 лет он увеличится до 280000 м²; в нем работают 75 компаний и 1000 сотрудников [5].

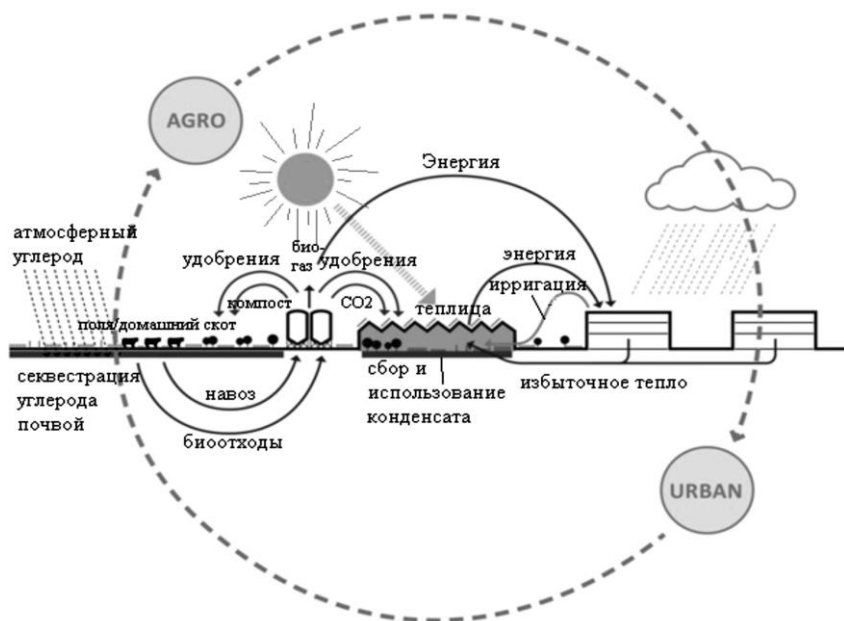


Рисунок 2 – Схема ресурсообмена на территории Центра агрокультурных инноваций Agro Food Park [5]

С учетом того, что в большинстве стран европейского и азиатского региона земельные ресурсы являются дефицитом, при этом 71 % земной поверхности покрыт водой, тенденцией развития современного сельскохозяйственного производства стало освоение водного пространства под плавучие фермы, вертикальная компоновка производств (например, вертикальные теплицы), апробируются даже подводные комплексы для выращивания зелени и салатов. Например, в порту Роттердама (Нидерланды) компанией Floating Farm реализуется проект безотходной плавучей морской фермы, которая будет вмещать 40 коров и производить более 260 галлонов (примерно 988 л) молока в день [6].

Плавающая ферма (рисунок 3) будет работать по принципу замкнутой экосистемы. Планируется, что коровы будут размещаться на верхней «палубе», где полы имеют в качестве покрытия мягкую мембрану, позволяющую проникать в нижний отсек выделениям животных. В нижнем отсеке животноводческие стоки после очистки будут использоваться либо для полива кормовых угодий, либо для получения биогаза с целью обеспечения фермы собственной электроэнергией и теплом. Дополнительную электроэнергию ферма будет получать от солнечных батарей. Кроме того, крыша выступает в качестве сборника дождевой воды, которую планируется доставлять к поилкам животных. Выращивание кормов на нижнем этаже фермы будет сопровождаться досвечи-

ванием с помощью LED-ламп [6]. При этом у животных имеется возможность по специально оборудованному мостику выходить на берег, на лужайку. Инвестиционная составляющая проекта оценивается в 2 млн евро.



Рисунок 3 – Проект компании Floating Farm плавучей фермы в порту Роттердама (Нидерланды) [6]

В Японии в целях развития круглогодичного производства зелени и овощей с определенным составом компонентов и с учетом необходимости экономии территории приобретают популярность вертикальные фермы с полностью роботизированным процессом выращивания растений. Японская компания Spread, ориентированная на производство салата-латука, в Киото готовит к открытию автоматизированную овощную фабрику, на которой будут собирать 30000 кочанов латука ежедневно [7]. Фабрика будет оборудована роботизированными механизмами наподобие конвейерных лент с руками, выполняющими весь цикл работ от посева до сбора урожая. При помощи системы датчиков будет осуществляться контроль за всем процессом производства и состоянием растений. Аналогичные проекты реализует известный производитель электроники Fujitsu, который перестраивает заводы, ранее использовавшиеся для производства полупроводников, в тепличные плантации с тщательно контролируемой средой. Основной персонал таких теплиц – инженеры. Облачное программное обеспечение позволяет обрабатывать показатели с датчиков, отслеживающих рост растений, и адаптировать подкормку и освещение к потребностям каждого отдельного сорта, а также для производства специальных видов продукции (например, возделывания салата с низким содержанием калия для людей с заболеванием почек) [8].

Другим направлением внедрения инновационных технологий является не только повышение прибыльности отрасли сельскохозяйственного растениеводства за счет получения высоких урожаев, но и активное продвижение идеи экономии водных ресурсов, что становится особенно популярным в регионах с недостаточным водообеспечением. Ярким примером этого направления являются инновационные модели ирригации, используемые в США, Индии, Израиле. В 2016 г. водный департамент Канзаса (США) разработал проект водосохраняющих ферм Water Tech Farms, целью которого является пропаганда водосберегающих технологий и восстановление водных ресурсов штата «без заикливания на урожае». К апробации этого проекта привлечены самые передовые фермеры штата, которым была предоставлена возможность использовать дождевальную технику с системой PMDI (Precision Mobile Drip Irrigation – точное мобильное капельное орошение) [9, 10]. Установка трубок капельного орошения вместо распылителей на поливной машине кругового или фронтального типа позволяет повысить эффективность использования воды, которая доходит в системах PMDI до 95 %. За счет целевого (точечного) полива междурядья практически не увлажняются, что

позволяет осуществлять движение колес по сухому грунту, уменьшая его деформацию, а также способствует уменьшению количества сорной растительности в междурядье за счет «водного голодания» [9]. Стоимость такой системы полива находится в пределах 250–625 долл./га, что соответствует примерно 10 % стоимости стандартной системы капельного орошения, длительность срока службы прогнозируется не менее 12–15 лет [10, 11] (рисунок 4).



Рисунок 4 – Крыло дождевальной машины с системой PMDI с трубками точечного полива [11]

Первым и самым крупным участником канзасского проекта стала компания T&O Farms, которая специализируется на выращивании люцерны, сои, сорго и кукурузы. В процессе испытаний происходило сравнение двух систем полива: спринклерного типа и с системой PMDI. Контролировались влажность почв, влагообмен и развитие корневой системы растительности посредством датчиков, установленных на полях на глубину 106,7 см, в режиме реального времени. Параллельно осуществлялся мониторинг уровня и качества подземных вод в специальной смотровой скважине. В процессе использования оросительной техники с системой PMDI было отмечено, что расходы на орошение снизились почти на 30 % (в сравнении со спринклерной), а урожайность повысилась не менее чем на 20 % (в сравнении с богарой). За счет мобильного капельного орошения испарение воды из почвы уменьшилось на 27–35 % по сравнению с поливом через распылители, что равносильно дополнительным 75 мм осадков [11]. На финансирование данного проекта Канзасское водное управление предоставило 90000 долл. США из Государственного фонда по водным планам [10].

В Индии получил распространение инновационный подход к водо- и энергосбережению, суть которого заключается в следующем. В 2012 г. в штате Гуджарат запустили 1-мегаваттный пилотный проект Canal Solar Power Project по покрытию фотогальваническими панелями 750-метрового участка ирригационного канала (рисунок 5). По расчетам специалистов, этот энергогенерирующий комплекс будет ежегодно предотвращать испарение 9000 т воды, а генерируемая при этом энергия будет поступать в сельские поселения. Проект, выполненный компанией SunEdison, оценен в 2,8 млн долл. [12]. В продолжение пилотного проекта в 2015 г. в том же штате Гуджарат была введена в строй электростанция мощностью 10 МВт (PV), построенная на участке оросительного канала протяженностью 3,6 км. Данный проект позволил сберечь 16 га ценных сельскохозяйственных земель, предотвратить потери воды из канала. За счет охлаждающего эффекта воды под солнечными панелями их эффективность повысилась на 7 %. Указанные проекты были разработаны Государственной электроэнергетической корпорацией штата Гуджарат (Gujarat State Electricity Corporation – GSECL) при поддержке Sardar Sarovar Narmada Nigam Ltd. (SSNNL), которая обслуживает сеть каналов в этом штате [12]. Всего в штате Гуджарат 19000 км каналов

оросительной сети, распределяющих воду на обширные участки сельскохозяйственных угодий. Если 10 % каналов этой системы использовать для размещения солнечных панелей, то, помимо выработки 2400 МВт энергии, это позволило бы сэкономить более 21 млн м³/год воды и устранить необходимость использования 4450 га земли под размещение солнечных панелей [13, 14].



Рисунок 5 – Реализация проекта Canal Solar Power Project (Индия) [12]

В Израиле на 60 % территории в условиях недостаточного водообеспечения и круглогодичного орошения поощряется инновационная деятельность, связанная с экономией воды, использованием возобновляемых источников энергии, применением минерализованной воды и обессоленных бытовых стоков. Особое место в государственной политике в сфере использования водных ресурсов занимает система тарифов. Так, первые 50 % от лицензионного лимита чистой (природной) воды фермеры оплачивают по ставке 0,20 долл./м³, последующие 50–80 % – по ставке 0,25 долл./м³, от 80 до 100 % – 0,30 долл./м³. В случаях сверхлимитного водозабора взимается штраф в 10-кратном размере тарифа [15]. В случае использования недоочищенных стоков: первые 50 % лимита – 0,13 долл./м³, последующие – 0,10 долл./м³ [16].

Общий объем дохода государства, поступающего в виде платы за воду, превышает 4 млрд долл.; бюджет Управления водного хозяйства Израиля – 1,5 млрд долл./год [16]. Сельское хозяйство Израиля субсидируется, и 40 % субсидий – «водные дотации». Например, компания по водоснабжению «Мекорот» (Mekorot) за каждый кубический метр воды, поданный сельскому хозяйству, получает 20 центов субсидий от государства [15].

В пустыне Вади Рам в Иордании в 1986 г. на площади 2000 га была создана органическая ферма Rum Farm, которая успешно функционирует и по сей день [17]. Эта ферма специализируется на выращивании растительных продуктов, зерна и кормов, в т. ч. баклажанов, капусты, инжира и граната, картофеля, кабачков, помидоров и других овощей. В процессе выращивания сельскохозяйственных культур применяются специальные методы ирригации и органические методы ведения сельского хозяйства. Так, вода для ирригации берется из подземного водоносного горизонта, расположенного на глубине от 30 до 400 м, за счет чего орошается порядка 78 га круговых полей (рисунок 6). Для экономии воды в высокотемпературных условиях пустыни используют специальные пластиковые «мульти-туннели».

В качестве инновационного опыта финансирования и управления в мировой практике имеются немногочисленные примеры применения механизма государственно-частного партнерства для обеспечения ирригационного обслуживания. Например, проект Embalse Miral (Чили) включал концессию на обеспечение ирригационных услуг после строительства плотины Иллипель [18]. Государство обеспечило стартовые субсидии, покрывающие 75 % стоимости строительства, и субсидии для эксплуатации в форме теневого тарифа для услуг администрации водохранилища. Обязанности концессионера состоят в том, чтобы построить дамбу, хранить и поставлять необходимые

объемы воды согласно водным правам постоянных водопользователей в долине. Доходность данного проекта для концессионера складывается из прямых платежей пользователей по тарифам, которые индексируются в соответствии с инфляцией, и сумм продаж избыточных объемов воды другим покупателям.



Рисунок 6 – Инновационное развитие мелиорации в Израиле и Иордании [17]

Частная концессия на поставки поливной воды фермерам фигурирует и в проекте Guerdane (Марокко). Проект состоит из строительства и эксплуатации 40-мильного водовода и ирригационной сети общей протяженностью 300 км. Инвестиционная стоимость проекта составляет около 80 млн долл. Правительство финансировало примерно половину стоимости, распределенной равномерно между грантом и займом на концессионных условиях, концессионер обеспечит 43 % общей стоимости проекта, остальное покрывалось фермерами посредством одноразовых сборов на подключение к инфраструктуре проекта. В большинстве случаев поводом для участия частных инвестиций в развитии мелиорации является желание властей сократить уровень субсидий, идущих на орошение и дренаж.

Проведенный анализ показывает:

- главные направления инноваций определены в области сбережения основных производственных ресурсов: воды, энергии, продуктивности почв и их площадей, а также повышения коэффициента полезного использования ресурсов;
- государственно-частное партнерство в области мелиорации земель до настоящего времени не получило широкого распространения в мировой практике и чаще всего представлено частной концессией на ирригационные услуги;
- в развитых странах для реализации государственных целей в инновационных процессах используются институциональные инструменты, в числе которых государственный контракт, государственные гранты, кооперативные соглашения;
- успех в развитии инновационной экономики в немалой степени связан с эффективной деятельностью специализированных государственных и негосударственных институтов поддержки инноваций – фондов, центров трансфера, агентств.

Список использованных источников

1 These Are the World's Most Innovative Economies [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-01-19/these-are-the-world-s-most-innovative-economies>, 2018.

2 Russia Economic Report [Electronic resource]. – Mode of access: <http://worldbank.org/en/country/russia/publication/rer>, 2018.

3 Massive food hub in Denmark is agricultures answer to Silicon Valley [Electronic resource]. – Mode of access: <https://inhabitat.com/massive-food-hub-in-denmark-is-agricultures-answer-to-silicon-valley>, 2018.

4 Красильникова, Ю. В Дании построят аграрную «Кремниевую долину» [Электронный ресурс] / Ю. Красильникова. – 2016, 16 сент. – Режим доступа: https://high-tech.fm/2016/09/16/ahro_food_park, 2018.

5 Rinaldi, M. Agro food park expansion in Aarhus by 3XN and GXN architects [Electronic resource] / M. Rinaldi. – Mode of access: <http://aasarchitecture.com/2016/09/agro-food-park-expansion-aarhus.html>, 2018.

6 Плавающая ферма – производство экомолока в городских условиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aggeek.net/ru/news/id/plavuchaja-ferma-proizvodstvo-ekomoloka-v-gorodskih-uslovijah-280>, 2018.

7 Красильникова, Ю. На вертикальной ферме в Японии будут работать только роботы [Электронный ресурс] / Ю. Красильникова. – Режим доступа: https://high-tech.fm/2016/01/29/vertical_farms, 2018.

8 Крупнейшие компании Японии осваивают вертикальные теплицы [Электронный ресурс]. – 2017, 26 мая. – Режим доступа: <https://fruitnews.ru/technology/255-teplitsy/48221-krupnejshie-kompanii-yaaponii-osvaivayut-vertikalnye-teplitsy.html>, 2018.

9 Precision mobile drip irrigation [Electronic resource]. – Mode of access: https://tlirr.com/products/precision_mobile_drip_irrigation, 2018.

10 Water Technology Farms [Electronic resource]. – Mode of access: <http://kwo.ks.gov/projects/water-technology-farms>, 2018.

11 Dragon-Line's patented technology [Electronic resource]. – Mode of access: <https://dragonline.net/high-line-applications>, 2018.

12 Canal Solar Power Project [Electronic resource]. – Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Canal_Solar_Power_Project, 2018.

13 Canal Top Solar PV Plant in Gujarat: A Unique Nexus of Energy, Land and Water [Electronic resource]. – Mode of access: <http://mnre.gov.in/file-manager/akshay-urja/july-august-2016/EN/20-23.pdf>, 2018.

14 Ирригационные каналы, генерирующие энергию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://abb.co.in/cawp/seitp202/153c781b58e7dedf65257e120025591b.aspx>, 2018.

15 Духовный, В. А. Финансовые и экономические инструменты (финансирование отрасли – роль государства, плата за воду и услуги и др.) [Электронный ресурс] / В. А. Духовный, М. А. Пинхасов, Н. Н. Мирзаев. – 2009. – Режим доступа: <http://cawater-info.net/bk/iwrm/pdf/049.pdf>, 2018.

16 Визит делегации МКВК в Израиль (29 октября – 6 ноября 2007 г.) [Электронный ресурс] // Пресс-релизы МКВК. – 2007, нояб. – № 22(146). – Режим доступа: <http://sic.icwc-aral.uz/releases/rus/146.htm>.

17 Organic Farming in the Desert of Wadi Rum [Electronic resource]. – Mode of access: <http://charismaticplanet.com/organic-farming-in-the-desert-of-wadi-rum/?share=tumblr>, 2018.

18 Хофвеген, П. ван. Рабочая группа экспертов по тематике «Финансирование воды для всех». Отчет 1 / П. ван Хофвеген, рабочая группа экспертов под рук. А. Гуррия; Всемирный Водный Совет. – Мексика: Buena Onda S. A. de C. V., 2006. – Режим доступа: http://cawater-info.net/int_org/wwc/pdf/water_for_all_1_ru.pdf, 2018.

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

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРОШАЕМЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Целью наших исследований является обоснование особенностей развития кукурузы и других орошаемых культур в агролесомелиоративном ландшафте Волгоградской области. Исследования проводились в течение многих лет на облесенных землях в южной части сухостепной зоны на Кисловской и Заволжской оросительных системах Николаевского района Волгоградской области. На основе математического моделирования были выявлены закономерности динамики высоты, биомассы, ассимилирующей поверхности кукурузы в виде логистической функции. Определены приросты в высоту, суточные приросты сырой и сухой биомассы кукурузы как первая производная этой функции, позволяющая осуществлять диагностику его состояния. Изменения показателей развития культуры в пространстве описываются экспоненциальной зависимостью. С помощью нее были получены уравнения развития культуры в пространстве и фотосинтетического потенциала, непосредственно отражающих закономерности формирования урожая. Математический анализ орошаемых агролесомелиоративных фитоценозов позволяет выявлять особенности возделывания сельскохозяйственных культур, осуществлять мониторинг основных этапов развития.

Ключевые слова: агролесомелиорация, математический анализ, орошаемые фитоценозы, логистическая зависимость, экспоненциальная зависимость.

O. V. Ruleva, N. N. Ovechko

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

AGRO FOREST RECLAMATION PECULIARITIES OF IRRIGATED PHYTOCENOSE IN VOLGOGRAD REGION

The purpose of our research is to substantiate the peculiarities of maize and other irrigated crops growth in agroforestry landscapes of Volgograd region. The investigations have been carried out on forested land in the southern part of dry steppe zone in the Kislovskaya and Zavolzhskaya irrigation systems in Nikolaevskiy district Volgograd region for many years. The regularities in altitude dynamics, biomass, and the maize assimilating surface were revealed in the form of a logistic function on the basis of mathematical modeling. The height growth, the daily gains of raw and dry maize biomass as the first derivative of this function allowing to diagnose its condition were determined. The changes of crop growth indicators in space are described by an exponential dependence. With its help the equations of the crop growth in space and photosynthetic potential actually reflecting patterns of crop formation were obtained. Mathematical analysis of irrigated agro-forest reclamation phytocenose makes it possible to identify the peculiarities of agricultural crops cultivation, to monitor the main stages of their development.

Key words: agro forest reclamation, mathematical analysis, irrigated phytocenose, logistic dependence, exponential dependence.

Введение. Волгоградская область входит в число крупнейших регионов Российской Федерации по территории, населению и экономическому потенциалу, поэтому аграрное производство является одним из ключевых видов хозяйственной деятельности и вопросы повышения продуктивности земель за счет мелиорации имеют существенное

влияние на экономическое и социальное состояние региона. Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 8,8 млн га, в т. ч. 5,6 млн га пашни. Большая территория Волгоградской области относится к зоне степей и полупустыни. Недостаток увлажнения существенно влияет на недобор урожая. Волгоградская область относится к зоне с повышенными скоростями ветра, чему способствуют открытые безлесные пространства. За год бывает до 20–30 дней с ветрами более 15 м/с, в отдельные дни, преимущественно зимой, до 35 м/с. В течение года отмечается до восьми дней с пыльными бурями [1]. Все эти экстремальные условия развития сельскохозяйственных культур существенно снижают показатели урожая. Основным стабилизатором его сохранения являются лесные полосы. Орошение позволяет регулировать естественный режим влажности почвы в нужном пределе (70–80 % полевой влагоемкости). В связи с этим возникает необходимость мелиорации пахотных угодий. В 2011 г. мелиоративный комплекс Волгоградской области становится одним из самых крупных в Южном федеральном округе, площадь всех орошаемых земель в Волгоградской области составила 233,4 тыс. га, в т. ч. регулярного орошения – 178,8 тыс. га.

Материал и методы. Крупнейшими объектами Волгоградского Заволжья являются Кисловская и Заволжская оросительные системы Николаевского района, расположенные в северо-восточной части Волгоградской области. На орошаемых землях ранее создано около 350 га насаждений. В основном это посадки из тополей (осокоя, гибрида тополя пирамидального и осокоя и др.), большая часть которых представлена законченными системами. На землях бывшего ОПХ «Россия» (ООО «Лидер») имеется 70 га лесных насаждений, включая посадки вдоль дорог, магистральных каналов, по границам орошаемых участков. Возраст насаждений 20–40 лет, сохранилось несколько лесных полос 1949–1954 гг. посадки. Первые посадки создавались по древесно-кустарниковому типу из вяза листоватого, клена ясенелистного, ясеня обыкновенного и зеленого, лоха узколистного и кустарников акации желтой, аморфы, жимолости обыкновенной. Эти насаждения имеют, как правило, от 8 до 16 рядов и плотную конструкцию [2].

Так как регион, в котором выполнялись исследования, в силу географического расположения имеет недостаточное естественное увлажнение, но специализируется преимущественно на выращивании зерна, дефицит увлажнения пополняется в вегетационный период поливами [3]. К культурам, наиболее отзывчивым на полив, относится кукуруза [4, 5].

Кукуруза (*Zea mais* L.) используется как продовольственная, кормовая и техническая культура. Потребности кукурузы в различных факторах жизнедеятельности при орошении освещены в литературе достаточно полно [6, 7]. По требованию к водному режиму кукуруза относится к мезофитам. Она может переносить временный недостаток воды в почве и пониженную относительную влажность воздуха. Однако длительные жесткие метеорологические условия угнетают ростовые процессы, что, в свою очередь, приводит к снижению урожая как в количественном, так и в качественном отношении [8].

По данным В. И. Остапова и Н. К. Дударя [9], при урожае зерна 8–10 т/га и зеленой массы 60–70 т/га суммарное водопотребление кукурузы составляло в среднесухие годы 4,5–5,0 тыс. м³/га, а в острозасушливые 6,0–6,5 тыс. м³/га. А. Р. Константиновым и др. [10] установлено, что расходы воды на создание единицы урожая зерна и силосной массы кукурузы на богаре в 1,5–2,0 раза выше, чем при орошении. То есть существует множество вариаций прогнозов развития этой культуры в зависимости от метеорологических условий, сортовой принадлежности и т. д.

Целью наших исследований является обоснование особенностей развития кукурузы и других орошаемых культур в агролесомелиоративном ландшафте, позволяющем прогнозировать высокие урожаи.

В исследованиях мы используем биологические особенности развития культуры (*Zea mais* L.), подтверждающиеся физиологическими закономерностями и математическим моделированием на основе экосистемного подхода. Экосистема имеет условные границы,

определяемые круговоротом основных биогенных элементов в межполосном пространстве и временном масштабе. В агролесомелиорации это межполосное пространство с возделываемой сельскохозяйственной культурой, для которой свойственно нарастание мелиоративного эффекта во времени, что эволюционно характерно для биосистем [11].

Результаты и обсуждение. Исследования были проведены на кукурузе разных групп спелости, выращиваемой на землях в системе лесных полос на Заволжской оросительной системе в течение многих лет. Динамика ее роста описывается логистической функцией:

$$P = P_{\max} / (1 + \exp(a - b \cdot \tau)),$$

где P – высота стебля;

P_{\max} – максимальная высота стебля;

a и b – параметры, определяющие наклон и изгиб кривой;

τ – день вегетации [12].

Параметр a изменяется от 3,2 до 8,60, параметр b – от 0,06 до 0,2, они зависят от условий годового увлажнения, почвенного питания, света, температуры воздуха и свойств почвы, а также от расстояния до лесной полосы.

Достоверность аппроксимации логистической функции R^2 от 0,95 до 0,99.

Мониторинг динамики развития растений в высоту за вегетацию позволяет выявить проблемы при возделывании этой культуры на отдельных этапах прироста растений, недостающие элементы минерального, органического питания, недостаток влаги, угнетение от болезней и т. д. Найдя первую производную от выявленной и описанной закономерности высоты разных гибридов кукурузы, можно получить суточные приросты. Мониторинг или моделирование развития культуры можно осуществлять не только во времени (за вегетацию), но и в пространстве. Часто в экосистемном пространстве состояние сельскохозяйственной культуры изменяется. Осуществить мониторинг позволяет расчет по экспоненциальной зависимости, учитывающей расстояние до лесной полосы (рисунок 1):

$$H = H_{\text{к}} + a \cdot \exp(-b \cdot L_{\text{н}}),$$

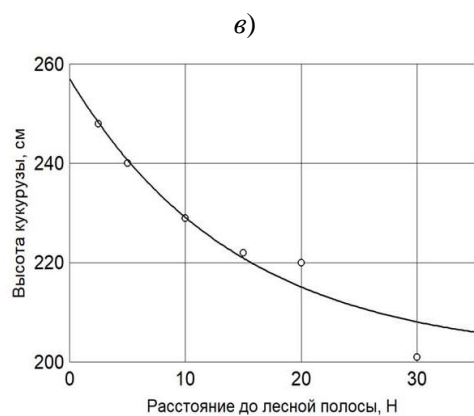
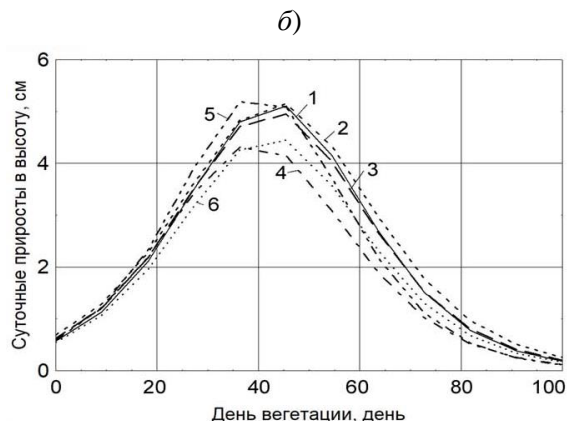
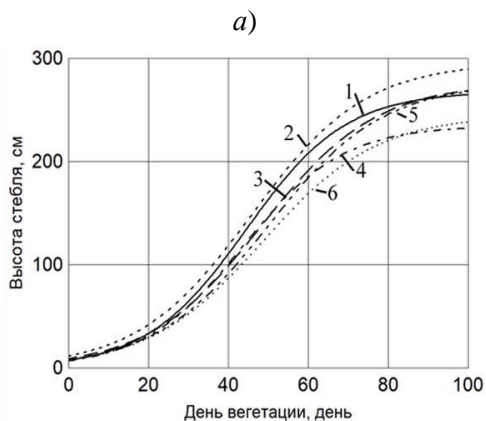
где $H_{\text{к}}$ – высота кукурузы на контроле;

$L_{\text{н}}$ – расстояние до лесных полос.

Динамика биомассы кукурузы является интегральной характеристикой продукционного процесса, тесно связанной с площадью листьев и надземной фитомассой, которые позволяют прогнозировать величину ассимилирующей поверхности растения, а следовательно, конечного урожая. Биомасса кукурузы также была описана логистической функцией в разных погодных условиях. Графики получены для сухой и сырой биомасс. Параметры в зависимости от вышеперечисленных критериев также варьируют на разном расстоянии от лесной полосы в зависимости от сроков созревания гибридов по годам. Параметр a для сырой биомассы меняется от 4,77 до 13,01, для сухой биомассы от 3,99 до 11,73; параметр b меняется для сырой биомассы от 0,09 до 0,20, для сухой биомассы от 0,06 до 0,15. Заслуживает внимания анализ суточных приростов сухого вещества, так как формирование ассимилирующей поверхности и конечный урожай напрямую зависят от приростов биомассы растений [13]. Ниже приведены графические примеры динамики биомассы (рисунок 2).

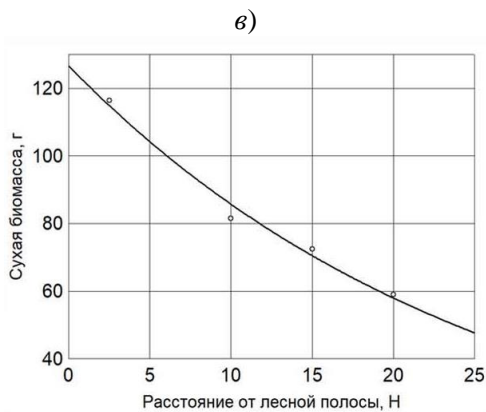
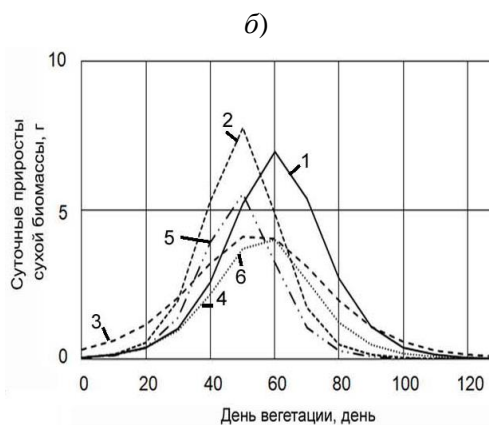
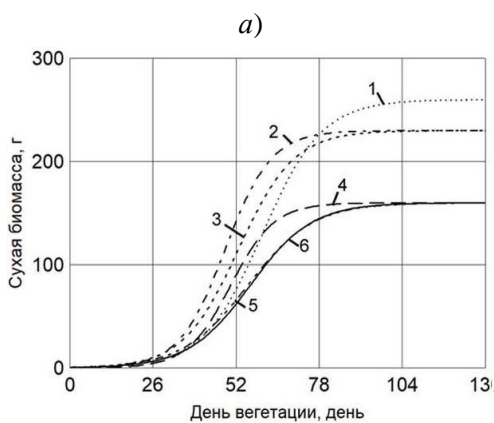
Важным качеством посевов, способных полно и с высоким коэффициентом полезного действия усваивать солнечную энергию, а следовательно, давать высокие урожаи, является оптимальная оптическая плотность листьев агроценозов при наличии большой суммарной поверхности ассимилирующих органов, в основном листьев. Величина урожая, его высокая продуктивность связаны с целым рядом факторов, которые зависят от размеров листового аппарата, его количества, времени активной деятельности. Под продуктивностью урожая понимается способность данного сорта или гибрида

давать максимальную полезную продукцию при расчетных условиях возделывания, т. е. потенциальную его производительность с единицы площади [14]. Посевы с мало-развитой площадью листьев, со сниженной интенсивностью фотосинтеза и низкой активностью процессов роста и органогенеза являются одной из причин низких урожаев.



a – временная зависимость (за вегетацию);
б – суточные приросты стеблей;
в – пространственная зависимость за период вегетации; 1 – 2,5H; 2 – 5H; 3 – 10H; 4 – 15H; 5 – 20H; 6 – 30H

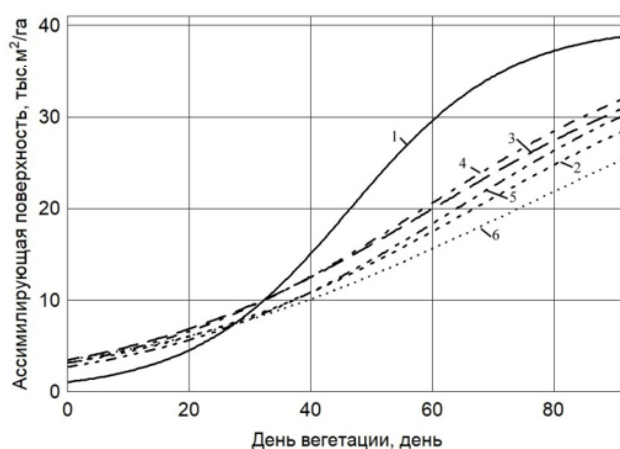
Рисунок 1 – Графики пространственно-временной зависимости высоты кукурузы в межполосном пространстве



a – временная зависимость (за вегетацию);
б – суточные приросты стеблей;
в – пространственная зависимость за период вегетации; 1 – 2,5H; 2 – 5H; 3 – 10H; 4 – 15H; 5 – 20H; 6 – 30H

Рисунок 2 – Графики пространственно-временной зависимости сухой биомассы кукурузы в межполосном пространстве

Изучение ассимилирующей поверхности и фотосинтетического потенциала было проведено в орошаемых агролесоландшафтах на светло-каштановых почвах на кукурузе, отличающейся продолжительностью периода вегетации. Образцы отбирали по фазам развития. Год исследований относился к засушливым. Все показатели ассимилирующей поверхности листьев кукурузы изменялись по логистической зависимости. Наибольших показателей листовая масса достигала на расстоянии $2,5H$ от лесной полосы на 10-й день вегетации, наименьших на контроле. На 21-й день наибольших показателей достигали растения на расстоянии $5H$, причем на контроле выше ассимилирующая поверхность, чем на расстоянии $2,5H$. Это связано с тем, что на 21-й день питательных веществ и увлажнения за счет полива достаточно на всех высотах, но количество солнечной радиации в середине поля больше. На 45-й день происходит изменение, ассимилирующая поверхность на расстоянии $2,5H$ достигает максимальных размеров, на контроле она значительно ниже. Это связано с влиянием лесной полосы. На 88-й день сохраняется та же ситуация. Наибольших показателей ассимилирующая поверхность достигает на $2,5H$, плавно уменьшаясь в 1,6 раза к контролю (рисунок 3).



1 – $2,5H$; 2 – $5H$; 3 – $10H$; 4 – $15H$; 5 – $20H$; 6 – $30H$

Рисунок 3 – Ассимилирующая поверхность гибрида кукурузы ВР-156 ТВ за период вегетации

Для математической обработки весь период вегетации, как и в вышепредставленных уравнениях, представляли в виде временного ряда, совпадающего со сроками развития растений. Фотосинтетический потенциал (интегральный показатель листовой массы), характеризующий работу посева за вегетацию, определяли суммированием площади листьев за период вегетации гибридов и сорта кукурузы. В результате сложения динамических рядов по годам был рассчитан средний многолетний показатель [15].

Для аналитического описания фотосинтетического потенциала в зависимости от времени развития и расстояния от лесной полосы (L_H) использовалась программа Statistica. Было получено уравнение экспоненциальной зависимости вида:

$$\Phi_{\Pi} = a \cdot \exp(-b \cdot L_H),$$

где Φ_{Π} – фотосинтетический потенциал посевов кукурузы, млн $\text{м}^2/(\text{га} \cdot \text{сут})$;

L_H – расстояние от лесной полосы.

Параметр a равен 0,43, параметр b равен 0,07.

Выводы. Обоснование особенностей развития кукурузы и других орошаемых культур в агролесомелиоративном ландшафте на основе математического моделирования позволило выявить динамику высоты кукурузы за многолетний период в виде логистической функции. Первая производная от этой функции позволяет получить динамику прироста в высоту кукурузы, что помогает осуществлять мониторинг растений

за вегетацию. Результирующим изменением показателей развития культуры является экспоненциальная зависимость в пространстве. Была описана динамика биомассы орошаемой кукурузы за многолетний период в виде логистической функции. Первая производная от биомассы (сырой и сухой) дает расчетные суточные приросты листьев культуры за вегетационный период, что позволяет осуществлять прогноз ее состояния. Экспоненциальная закономерность описывает изменение биомассы в пространстве. Также были получены уравнения развития ассимилирующей поверхности листьев и фотосинтетического потенциала, непосредственно влияющих на развитие урожая.

Таким образом, математический анализ агролесомелиоративных фитоценозов позволяет выявлять закономерности развития сельскохозяйственных культур, осуществлять прогноз основных этапов развития.

Список использованных источников

1 Комитет сельского хозяйства Волгоградской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ksh.volganet.ru>, 2018.

2 Рулева, О. В. Биопродуктивность орошаемых агролесоландшафтов: модели и прогнозы / О. В. Рулева, Н. Н. Овечко. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 113 с.

3 Багров, М. Н. Оросительные системы и их эксплуатация / М. Н. Багров, И. П. Кружилин. – М.: Колос, 1971. – 208 с.

4 Мещанинова, Н. Б. Агрометеорологическое обоснование орошения зерновых культур / Н. Б. Мещанинова. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 126 с.

5 Singh, B. N. D. Growth and water requirement of crop plant in relation to soil moisture / B. N. D. Singh, B. R. M. Singh // Proc. Indian Acad. Sci. – 1936, Nov. – Vol. 4, № 5.

6 Рубин, Б. А. Курс физиологии растений / Б. А. Рубин. – М.: Высш. шк., 1963. – 598 с.

7 Гойса, Н. И. Методика проведения опытов по изучению влияния гидрометеорологических факторов по формированию урожая кукурузы / Н. И. Гойса, Р. Н. Олейник, А. Д. Рогаченко // Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – С. 46–49.

8 Бадина, Г. В. Основы агрономии / Г. В. Бадина, А. В. Королев, Р. О. Королева; под ред. Г. В. Бадиной. – Л.: Агропромиздат, 1988. – 448 с.

9 Остапов, В. И. Кукуруза на орошаемых землях / В. И. Остапов, Н. К. Дударь. – Киев: Урожай, 1979. – 102 с.

10 Теплового и водный режим Украины / А. Р. Константинов, Л. И. Сакали, Н. И. Гойса, Р. Н. Олейник. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 591 с.

11 Рулев, А. С. Термодинамические аспекты комплексной мелиорации агроландшафтов / А. С. Рулев, О. В. Рулева // Инновационные агро- и биотехнологии в адаптивно-ландшафтном земледелии на мелиорированных землях: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Тверь, 15–16 сент. 2016 г. / ФАНО, ФГБНУ ВНИИМЗ. – Тверь, 2016. – С. 244–247.

12 Рулев, А. С. Универсальность логистической функции при моделировании прогнозов развития природных и антропогенных систем / А. С. Рулев, О. В. Рулева, Н. Н. Овечко // Российская сельскохозяйственная наука. – 2015. – № 5. – С. 67–70.

13 Рулева, О. В. Расчет суточных приростов биомассы кукурузы в орошаемых агролесоландшафтах / О. В. Рулева, А. С. Рулев, Н. Н. Овечко // Известия Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 5. – С. 53–57.

14 Реймерс, Н. Ф. Природопользование: словарь / Н. Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 638 с.

15 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 630*232.22

Е. В. Полуэктов, В. В. Пляко

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

Г. Т. Балакай

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

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Цель исследований – определить влияние повреждения полевых защитных лесных насаждений на урожайность озимой пшеницы. Изучались виды повреждения полевых защитных лесных насаждений при их частичной несанкционированной вырубке для хозяйственных нужд или частичном уничтожении отдельных групп деревьев и образовании в защитных лесных насаждениях прогалов, например под линейными сооружениями линий электропередач. Интегрированным показателем влияния вырубки на рост и развитие растений является урожайность озимой пшеницы. Установлено, что зона (площадь) влияния вырубки деревьев распространяется на 25H в наветренную сторону от защитных лесных насаждений и в стороны от вырубки на расстояние, равное тройной ширине вырубки. В этой зоне комплексного влияния различных факторов урожайность озимой пшеницы снижалась на 24,5 % (с 0,712 до 0,572 кг/м²).

Ключевые слова: защитные лесные насаждения, повреждения, эрозия, дефляция, охрана земель, зона воздействия вырубки, урожайность.

E. V. Poluektov, V. V. Plyako

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

G. T. Balakay

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

INFLUENCE OF PROTECTIVE FOREST STANDS STATE ON WINTER WHEAT YIELD

The purpose of the research was to determine the impact of field protective forest stands damage on winter wheat yield. The types of field protective forest plantation damages were studied at their partial unauthorized cutting for household needs or partial destruction of certain groups of trees and clearing formation in protective forest stands, for example, under linear structures of power lines. An integrated indicator of cutting impact on plant growth and development is the yield of winter wheat. It was found that the zone (area) of influence of cutting trees extends to 25H windward from the protective forest stands away from cutting for the distance equal to the triple cutting width. The yield of winter wheat decreased by 24.5 % (from 0.712 to 0.572 kg per m²) in the area of complex influence of various factors,

Key words: protective forest stands, damages, erosion, deflation, land conservation, cutting impact zone, yield.

Борьба с эрозией и дефляцией является одним из основных факторов сохранения плодородия почвы [1–4]. От типов агроландшафтов, почвозащитных обработок почвы, наличия полевых защитных лесных насаждений (ЗЛН) и их состояния во многом зависит разработка почвозащитных мелиоративных мероприятий [1, 5, 6]. Повреждение

ЗЛН приводит к случаям деградации почвы. Однако на сегодняшний день не существует методов расчета вреда плодородию почвы от повреждения ЗЛН, поэтому исследования были направлены на установление размера вреда от несанкционированных вырубок насаждений.

Визуальные исследования состояния ЗЛН показали, что на практике встречаются два вида повреждений:

- полное уничтожение или повреждение ЗЛН (например, уничтожение ЗЛН при выжигании стерни и возникновении пожара в насаждениях, когда выгорает основная часть кустарников и деревьев и требуется вновь высаживать лесополосы, или несанкционированное уничтожение их для хозяйственных нужд и строительства объектов);

- частичное уничтожение отдельных или группы деревьев в результате вырубки или механического воздействия и образование в ЗЛН прогалин различных размеров.

В связи с этим нами проводились исследования по определению зоны влияния поврежденных ЗЛН (акация белая (робиния)) на окружающую среду на черноземах обыкновенных в границах сельхозпредприятия ОАО «Аксайская Нива» Аксайского района Ростовской области по общепринятым методикам полевых исследований. Площадь влияния поврежденных ЗЛН ажурной конструкции (при осуществлении вырубок под высоковольтные ЛЭП) определялась в трехфакторном опыте как результат умножения длины воздействия (кратной высоте деревьев (H)) на его ширину (кратную ширине вырубки (B)). Полученные данные об урожайности в зависимости от удаленности от ЗЛН (фактор C) приведены в таблице 1.

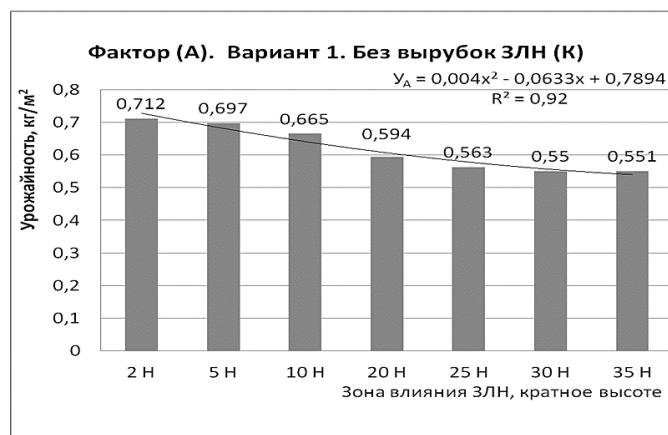
Таблица 1 – Влияние вырубок ЗЛН на урожайность озимой пшеницы (средняя высота деревьев ЗЛН равна $H = 17,2$ м)

В кг/м²

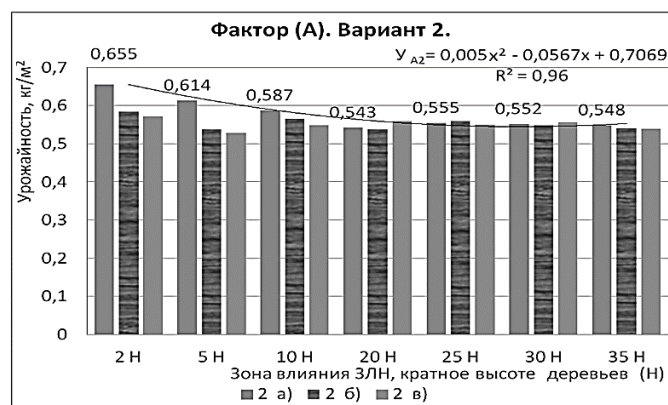
Фактор А, вариант вырубок*	Фактор В, место измерений**	Фактор С, урожайность озимой пшеницы при удалении от ЗЛН							
		1H	2H	5H	10H	20H	25H	30H	35H
1	Без вырубок ЗЛН (контроль)	0,664	0,712	0,697	0,665	0,594	0,563	0,550	0,551
2	а	0,565	0,572	0,528	0,548	0,560	0,550	0,556	0,539
	б	0,554	0,584	0,537	0,566	0,537	0,560	0,548	0,541
	в	0,567	0,655	0,614	0,587	0,543	0,555	0,552	0,548
3	а	0,564	0,687	0,612	0,578	0,544	0,551	0,512	0,542
	б	0,534	0,618	0,621	0,571	0,557	0,542	0,531	0,532
	в	0,558	0,621	0,587	0,567	0,548	0,531	0,542	0,544
НСР _{0,05} , факторы А, В, С, кг		0,024							
Примечание – * варианты: вариант 1 – без вырубок ЗЛН (контроль), вариант 2 – вырубка перпендикулярно ветроударному направлению, вариант 3 – направления ветров дефляции под углом менее 45° к ЗЛН по фронту; ** место измерений: а – по центру вырубке в ЗЛН, шириной 55 м, б – по левому краю вырубке в ЗЛН, шириной 55 м, в – перпендикулярно ЗЛН на удалении 55 м от левого края вырубке.									

В исследованиях в качестве интегрированного показателя влияния поврежденных ЗЛН на растения принята величина урожайности озимой пшеницы на участках ЗЛН, имеющих вырубку деревьев. Длина зоны влияния поврежденного участка определялась на расстоянии от ЗЛН, кратном высоте деревьев $H = 17,2$ м от 1H до 35H. Измерения проводились: а) по центру вырубке (ось наблюдений); б) по левому краю, удаленному на 25 м от центра вырубке; в) на удалении 55 м от левого края вырубке ЗЛН при ширине вырубке 55 м.

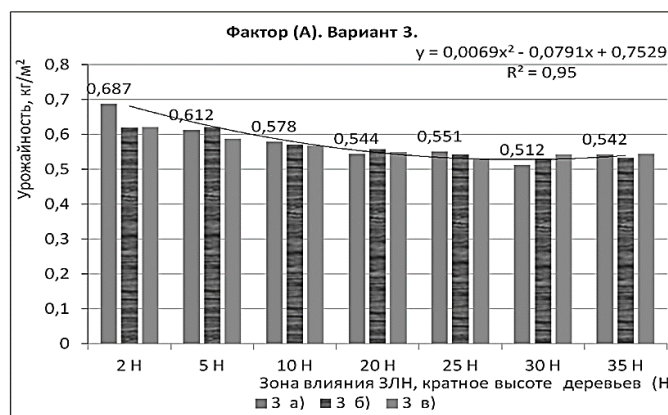
Кривые изменения урожайности, полученные при математической обработке данных о зоне влияния, начиная с 2Н и заканчивая 35Н, приведены на рисунке 1. Данные об урожайности озимой пшеницы в зоне депрессии ЗЛН на расстоянии 1Н в расчетах не использовались, так как они значительно снижают достоверность аппроксимации полученных зависимостей.



а



б



в

Рисунок 1 – Зона воздействия вырубки ЗЛН на урожайность озимой пшеницы при поперечной схеме господствующих ветров

Данные показывают, что зона влияния вырубки деревьев распространяется на 25Н в наветренную сторону и в стороны от вырубки на расстояние, равное тройной ширине вырубки (В), или 55 м от края вырубки ЗЛН. В этой зоне комплексного влияния различных факторов урожайность снижается на 24,5 % (с 0,712 до 0,572 кг/м²). Мате-

матическая обработка данных таблицы 1 ($НСР_{0,05} = 0,024$ кг по факторам А, В, С) и кривые на рисунке 1 (достоверность аппроксимации R^2 равна 0,92–0,96) свидетельствуют о том, что вырубки оказывают отрицательное влияние на расстояние от ЗЛН, равное $25H$, в сравнении с контролем и по ширине – на расстояние, равное трехкратной ширине вырубки (B).

Таким образом, установлено, что зона влияния ЗЛН зависит от высоты деревьев. В ЗЛН ажурной конструкции она распространяется с заветренной стороны на расстояние до $25–30H$ и по ширине равна трехкратному размеру ширины прогалин (вырубок), что подтверждается изменениями урожайности озимой пшеницы, являющейся интегрированным показателем влияния различных факторов. Площадь (части поля), подвергшаяся отрицательному влиянию дефляции из-за повреждения (вырубки) полевых ЗЛН, определяется как результат умножения длины зоны влияния $25H$ на ее ширину, равную $3B$.

Список использованных источников

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

2 Балакай, Г. Т. Регулирование величины водной эрозии поверхностным покровом / Г. Т. Балакай, Д. А. Шевченко // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорированных землях: сб. науч. тр. по материалам Междунар. конф., посвящ. 75-летию СтГАУ и 65-летию агр. фак. / СтГАУ. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – С. 204–205.

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

4 Полуэктов, Е. В. Динамика эрозионных процессов по данным дистанционного и наземного мониторинга на черноземах обыкновенных Ростовской области / Е. В. Полуэктов, Г. Т. Балакай, Ю. А. Таран // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2012. – № 4. – С. 1–9. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec132-field6.pdf.

5 Полуэктов, Е. В. Агроландшафты юга России и их классификация по типам / Е. В. Полуэктов, Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2006. – Вып. 35. – С. 43–48.

6 Балакай, Г. Т. Величина смыва в зависимости от основной обработки черноземов / Г. Т. Балакай, Д. А. Шевченко // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорированных землях: сб. науч. тр. по материалам Междунар. конф., посвящ. 75-летию СтГАУ и 65-летию агр. фак. / СтГАУ. – Ставрополь: АГРУС, 2005. – С. 201–203.

УДК 631.674.5

М. А. Ляшков, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев

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

ОБОСНОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ АППАРАТОВ С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК ДОЖДЯ

В данной статье представлен способ определения расчетной характеристики дождя, позволяющий оптимизировать параметры дождевальной техники и схемы

расстановки дождевальных аппаратов. Различные дождевальные машины имеют различные дождевальные насадки и аппараты, которые образуют искусственный дождь, неравномерный по площади полива как в отношении интенсивности, так и в отношении крупности капель, а следовательно и своей энергетической характеристики, что приводит к различному влиянию их на почву. Приведенные в статье формулы позволяют получить наиболее достоверные данные для определения рационального режима орошения и выбора дождевальных аппаратов, что позволит уменьшить ирригационную эрозию почвы и потери оросительной воды на сток, а также будет способствовать равномерному увлажнению почвы по площади.

Ключевые слова: поливная норма, эрозия почвы, дождевальные аппараты, интенсивность дождя, крупность капель, площадь полива.

M. A. Lyashkov, Yu. E. Domashenko, S. M. Vasilyev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,

Russian Federation

JUSTIFICATION OF SPRINKLERS DISTRIBUTION TAKING INTO ACCOUNT RAIN CHARACTERISTICS

The method for determining the calculated rain characteristics, which allows optimize the sprinkling machines parameters and the arrangement of sprinklers is presented in the article. Different sprinklers have different irrigation nozzles and devices to form artificial rain uneven on the irrigation area both in terms of intensity, and in terms of the drop fineness, and consequently their energy characteristics, which leads to their different impact on soil. The formulas given in the article make it possible to obtain the most reliable data for determining the rational irrigation regime and the choice of sprinklers which will help to reduce the irrigation soil erosion and the loss of irrigation water on runoff, and will also promote the uniform soil moisture over the area.

Key words: irrigation rate, soil erosion, sprinklers, rain intensity, drop fineness, irrigation area.

Введение. Мелиорация направлена на получение продукции соответствующего качества, улучшение природной среды, вовлечение малопродуктивных земель, создание и поддержание благоприятной мелиоративной обстановки, сохранение и повышение почвенного плодородия. Дождевание как процесс, который приближен к природным процессам внесения влаги в почвенные структуры, не только увлажняет почву, но и при определенных условиях вызывает эрозионные явления [1].

Энергетические характеристики дождя (интенсивность, крупность капель, кинетическая энергия и т. д.) и их соответствие агротехническим требованиям оказывают влияние на качество полива дождеванием. Поскольку у различных дождевальных машин имеются существенные различия в характеристиках дождя, то и их воздействие на почву различно [2].

Сток поливной воды при прочих равных условиях в зависимости от применяемой дождевальной техники может изменяться более чем в 2,7 раза. Причем минимальный сток наблюдается у машин с меньшей интенсивностью дождя и крупностью капель. Большое значение имеет и размер поливной нормы, выдаваемой дождевальными машинами. При снижении поливной нормы поверхностный сток уменьшается [3].

Поливная норма до стока, которую применительно к незащищенной (немульчированной) поверхности называют эрозионно допустимой, поскольку приводит к плоскостной ирригационной эрозии почвы, является главным показателем при оптимизации дождевальной техники, а также схемы расстановки дождевальных аппаратов [4].

Результаты и их обсуждение. Эрозионно допустимые поливные нормы для от-

крытой (незащищенной) почвы m (мм) определяются по экспериментальной формуле Н. С. Ерхова [5]:

$$m = P / S, \quad (1)$$

где P – показатель впитывания, мм;

S – расчетная безразмерная комплексная энергетическая характеристика дождя.

Энергетическая характеристика дождя S вычисляется по экспоненциально-степенной формуле [5]:

$$S = (\rho / \rho_1)^{B-1} \exp[q(d / d_1)], \quad (2)$$

где ρ – интенсивность дождя, мм/мин;

ρ_1 – интенсивность дождя в выбранной точке, мм/мин

B и q – параметры впитывания;

d – крупность капель, мм;

d_1 – крупность капель в выбранной точке, мм.

Дождевальные насадки и аппараты образуют искусственный дождь, неравномерный по площади полива как в отношении интенсивности ρ , так и в отношении крупности капель d , а следовательно и своей энергетической характеристики S . Показатель впитывания P для однородного участка можно принять практически постоянным, тогда при поливе в конкретных природно-хозяйственных условиях m будет зависеть от S . Очевидно, что поверхностный сток и последующая ирригационная эрозия почвы возникнут сначала в тех зонах орошаемого участка, где S максимальная (S_{\max}). Распространение поверхностного стока и эрозии будет происходить последовательно от зон с наибольшим S_{\max} к зонам с меньшим S , и площадь поверхностного стока и эрозии будет увеличиваться.

Остановить образование стока и последующую ирригационную эрозию можно за счет прекращения полива в момент образования поверхностного стока и изменения крупности капель дождя.

Современные дождевальные машины позволяют изменять крупность капель дождя. Крупность капель зависит от давления, подаваемого в дождевальную машину, и от диаметра сопла в дождевальном аппарате или насадке. Изменяя давление или диаметр сопла, добиваются уменьшения крупности капель дождя, что позволяет регулировать образование поверхностного стока и ирригационную эрозию, а также уменьшать энергетическое воздействие на почву. Чем меньше крупность капель дождя, тем больше требуется времени на образование стока воды и возникновение следующей за ним эрозии почвы. Следует учитывать, что при увеличении давления в машине или диаметра сопла повышается расход воды, а время полива уменьшается.

Прекращение полива в момент образования поверхностного стока в зоне с S_{\max} приведет к практически полному отсутствию ирригационной эрозии, однако поливная норма окажется сильно заниженной. Если продолжить процесс полива, поливная норма и глубина промачивания почвы будут увеличиваться, но также будет возрастать площадь поверхностного стока, что ведет к снижению плодородия орошаемой почвы за счет ирригационной эрозии и разной степени промачивания за счет неравномерности микро рельефа. Полив следует прекращать в тот момент, когда ирригационная эрозия почвы не превышает некоторый допустимый минимум, а поливная норма по возможности больше. Поэтому в определенных природно-хозяйственных условиях можно принимать конкретную допустимую площадь поверхностного стока, при которой нужно прекращать полив. Исследование этой площади (в % от площади полива) включает изучение степени эрозии почвы, ухудшения структуры и неравномерности увлажнения ее в зонах образования поверхностного стока, влияния поливной нормы на урожайность орошаемых куль-

тур и других технико-экономических показателей. Тогда поливная норма m определяется по формуле (1). Расчетная S_F определяется с помощью интегральной кривой распределения энергетической характеристики дождя аппарата по площади полива.

Площадь, орошаемая одиночным дождевальным аппаратом (без учета перекрытия), по форме принимается за круг, внутри которого выделяются кольца одинаковой ширины. Определяется расчетная (среднеарифметическая) интенсивность дождя ρ_{cp} и крупность капель d_{cp} на основании замеров ρ и d по каждому дождемеру. Крупность капель дождя d определяется построением графика распределения крупности капель по радиусу полива на середине каждого кольца.

Определив расчетную интенсивность дождя ρ и крупность капель d , вычисляем S по формуле (2). По площади каждого кольца строят интегральные кривые распределения S до площади полива F , выражая площадь в процентах от общей площади полива для аппарата.

Интенсивность дождя ρ в зоне перекрытия определяется как сумма интенсивностей дождя ρ_i для двух и более аппаратов, увлажняющих зону перекрытия [5]:

$$\rho = \sum_{i=1}^n \rho_i, \quad (3)$$

где n – число дождевальных аппаратов, увлажняющих рассматриваемую площадь.

Крупность капель дождя d определяют как средневзвешенное, используя в качестве «веса» интенсивность дождя в точке ρ [5]:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i d_i}{\sum_{i=1}^n \rho_i}. \quad (4)$$

Для зоны перекрытия вычисляют расчетную S по формуле (2), подставляя значения, найденные по формулам (3) и (4).

Принцип сохранения методического единства при определении площади полива аппарата с учетом перекрытия позволяет отнести половину перекрываемой площади к одному аппарату, а другую половину к другому. Из этого следует, что площадь перекрытия, относящаяся к одному аппарату из двух смежных, будет равна площади сегмента f . Площадь при наложении кругов одинакового радиуса R определяется по формуле [5]:

$$f = \frac{1}{2} R^2 \left(\pi \frac{\alpha}{180} - \sin \alpha \right),$$

$$\alpha = 2 \arcsin \frac{1}{R} \sqrt{2hR - h^2}, \quad (5)$$

где h – высота сегмента.

Расстояние между аппаратами l можно выразить в долях радиуса [5]:

$$l = 2K \cdot R,$$

где K – коэффициент перекрытия ($0 < K < 1$).

Тогда

$$l = 2(R - h) \text{ и } h = R(1 - K). \quad (6)$$

Подставляя значения формулы (6) в (5), получим:

$$\alpha = \arcsin \sqrt{1 - K^2}. \quad (7)$$

Расчет площади перекрытия кругов с радиусами R_1 и R_2 производится по формулам (6) и (7), а высоту сегментов находим по формулам [5]:

$$h_1 = \frac{1}{2l} \left[(R_2^2 - R_1^2) + l(2R_1 - l) \right],$$

$$h_2 = \frac{1}{2l} \left[(R_1^2 - R_2^2) + l(2R_2 - l) \right].$$

Данные формулы используют при малом числе пересечения колец. В противном случае их площади наложения лучше определять графическим способом.

Выводы. Представленный способ определения расчетной энергетической характеристики дождя можно применять в научных исследованиях, в почвенно-мелиоративных изысканиях, при оптимизации дождевальной техники, а также создании схемы расстановки дождевальных аппаратов на стационарных системах. Описанный способ позволяет получить достоверные данные, которые способствуют выбору наиболее рационального режима орошения, подбору дождевальных аппаратов. Это позволит сохранять, повышать плодородие почв за счет уменьшения ирригационной эрозии, неравномерности увлажнения по площади и потерь оросительной воды на сток.

Список использованных источников

1 Семененко, С. Я. Экологическая оптимизация полива дождеванием кормовых культур аридной зоны: монография / С. Я. Семененко. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. – 208 с.

2 Снопич, Ю. Ф. Конструктивно-технологические схемы дождевальных машин серии ДКФ и гидравлический расчет их водопроводящих элементов / Ю. Ф. Снопич // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2011. – № 68(04). – С. 23–34. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/04/pdf/40.pdf>.

3 Снопич, Ю. Ф. Совершенствование технических средств орошения дождеванием: монография / Ю. Ф. Снопич. – Новочеркасск: Геликон, 2007. – 110 с.

4 Фокин, Б. П. Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин: науч. изд. / Б. П. Фокин, А. К. Носов. – Ставрополь, 2011. – 80 с.

5 Литвиненко, А. Ф. К вопросу определения расчетной энергетической характеристики дождя для стационарных оросительных систем / А. Ф. Литвиненко // Оптимизация технических средств и технологии полива: сб. науч. тр. / ВНИИГиМ. – М., 1985. – С. 172–179.

УДК 621.548:631.6

А. С. Роскошная, Д. В. Белых

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

Л. Н. Медведева

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ (ВЕТРОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК) ПРИ ОРОШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ В МЕЛИОРАТИВНЫХ ПАРКАХ

В статье рассматривается вопрос использования ВИЭ (ветрогенераторных установок) в мелиоративных парках при орошении сельскохозяйственных культур. Приводится расчет применения ветрогенераторных установок при орошении 50 га сельхозугодий дождевальными машинами. Показаны положительные и отрицательные моменты использования ВИЭ в экономике.

Ключевые слова: мелиорация, мелиоративные парки, возобновляемые источники энергии, ветрогенераторные установки, сельхозтоваропроизводители, дождевальные машины.

A. S. Roskoshnaya, D. V. Belykh

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation; South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, Novochoerkassk, Russian Federation

L. N. Medvedeva

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

APPLICATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES (WIND POWER PLANTS) AT IRRIGATION OF AGRICULTURAL CROPS IN RECLAMATION PARKS

The article discusses the use of renewable energy sources (wind power plants) in reclamation parks with irrigation of agricultural crops. The calculation of wind turbine plants application for irrigation 50 hectares of farmland with sprinkling machines is given. Positive and negative aspects of renewable energy sources application in the economy are shown.

Key words: reclamation, reclamation parks, renewable energy sources, wind power plants, agricultural producers, sprinklers.

В соответствии с прогнозом научно-технологического развития агропромышленного комплекса России до 2030 г., мелиорация определена как область инновационного и стратегического развития [1]. Находящаяся «в русле глобального тренда», Россия должна на всех уровнях управления спрогнозировать и обеспечить развитие секторов экономики так, чтобы инновационный потенциал получил «опережающие точки роста». Принятое решение о разработке стратегии развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России до 2030 года нацеливает мелиоративную науку на дальнейшее усиление исследований и практическую реализацию инновационных разработок [2].

Согласно принятой экспортной доктрине, Россия должна усилить свое присутствие на мировых продовольственных рынках: к 2050 г. «завоевать» 15 % мирового рынка [3]. Решение данной задачи возможно на основе использования мелиорации, поскольку высококачественную продукцию, которая отвечает мировым стандартам, можно получить на мелиорированных землях с соблюдением соответствующих агротехнологий. Одним из инновационных инфраструктурных объектов мелиорации в стране мог бы стать мелиоративный парк (МП), концепция которого в настоящее время разрабатывается учеными ФГБНУ «РосНИИПМ» [4].

Мелиоративный парк – это территориальная, технологическая, техническая, научная база, обеспеченная необходимыми административно-правовыми условиями для развития мелиорации земель, производства агропродукции [5]. В концепции создания МП главным инвестором должно выступить государство, которое инвестирует 100 % средств федерального и регионального бюджетов в строительство, реконструкцию, техническое перевооружение мелиоративных систем. Сельхозтоваропроизводители – резиденты МП после ввода мелиорированных земель в эксплуатацию возмещают государству 30 % вложенных средств. В настоящее время на практике отсутствие инвестиций у сельхозтоваропроизводителей, длительный период строительства мелиорированных систем (около 3 лет) резко снижают темпы развития мелиорации. Основными участниками МП будут являться Министерство сельского хозяйства РФ, администрации субъектов федерации, ФГБУ департамента мелиорации Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, финансовые, научные и образовательные организа-

ции. Деятельность МП будет способствовать производству конкурентоспособной экопродукции с применением ресурсосберегающих технологий.

Вопрос об энергосбережении и повышении энергоэффективности в сельском хозяйстве, и в частности в мелиоративном секторе АПК, является достаточно актуальным. Постоянное повышение тарифов на энергоносители, за подачу воды для орошения, рост цен на семена и посадочный материал, минеральные и органические удобрения, технику и горюче-смазочные материалы заставляют хозяйствующих субъектов искать пути снижения затрат.

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – одно из перспективных направлений в экономике, позволяющих снизить себестоимость произведенной продукции. Развитие использования ВИЭ способствует обеспечению энергетической и экологической безопасности территорий, повышает эффективность сельскохозяйственного производства. Для продвижения ВИЭ в национальную экономику Правительством РФ разработан «План мероприятий по стимулированию развития генерирующих объектов на основе возобновляемых источников энергии с установленной мощностью до 15 кВт» [6]. Реализация данного плана позволит упростить процесс размещения объектов микрогенерации ВИЭ, предоставит их владельцам возможность продавать излишки вырабатываемой электроэнергии в общую сеть.

Одним из источников энергии, применимых в мелиорации, является энергия ветра. Однако эти технологии на практике имеют как положительные, так и отрицательные стороны. К положительным можно отнести неисчерпаемость, экологичность, быстроту возведения ветроустановок, низкую стоимость получаемой энергии в процессе эксплуатации. К отрицательным можно отнести зависимость от погодных условий и географического положения, высокий уровень шума, опасность для птиц во время сезонного перелета. Также установлено, что ветроустановки оказывают отрицательное воздействие на человека, вызывая симптомы раздражительности и нервозности [7].

В результате глобальных климатических изменений энергия ветра повсеместно ослабевает. Несмотря на это, ветровая энергия не теряет своей актуальности и останется одним из наиболее перспективных, эффективных и экологичных ВИЭ [8]. Во многих странах мира ветроэнергетика вошла в число основных источников. Так, в Дании энергия ветра покрывает 40 % всех потребностей страны, в Португалии – 23 %, в Испании – 27 %, в Ирландии – 20 %, в Великобритании – 12 %, в Германии – 11 %. В США в 2015 г. ветровые мощности составили 70 ГВт. На 01.02.2016 мощность ветряных электростанций в Китае достигла 145,1 ГВт, что составило 39 % от ветровых мощностей всего мира. В то же время суммарная электрическая мощность ветряных электростанций в России составляет 75 МВт, это 0,05 % от выработки данной энергии в Китае [9]. В российских регионах продолжается практика применения ветроэнергетики, один из примеров – ввод в эксплуатацию промышленного ветропарка на 35 МВт в Чердаклинском районе Ульяновской области в январе 2018 г. [10]. Перспективные регионы России для размещения ветрогенераторов представлены на рисунке 1. На отечественном рынке достаточно много предложений по приобретению ветрогенераторов различных модификаций, поставляемых зарубежными компаниями. ВИЭ предлагаются как основные или дополнительные, резервные источники энергии для индивидуальных домостроений, фермерских хозяйств, объектов нефтегазовых компаний, удаленных от электросетей.

Ученые ФГБНУ «РосНИИПМ» и НИМИ ФГБОУ ВО «Донской ГАУ» разработали техническое задание (ТЗ) на создание МП в зоне действия Донского магистрального канала. Предполагаемая площадь МП должна составить около 100 тыс. га. На вводимых орошаемых землях можно использовать в качестве автономных источников энергии для дождевальных машин ветрогенераторы. Сельхозтоваропроизводители могут их использовать в качестве основного или гибридного источника энергии и применять в технологии орошения, освещения контура полей [11]. В рамках подготовки ТЗ

была разработана схема использования электроэнергии, получаемой от ветрогенератора, для полива кормовых культур на площади 50 га в течение летнего сезона четырьмя электрифицированными круговыми широкозахватными дождевальными машинами длиной 200 м (рисунок 2).

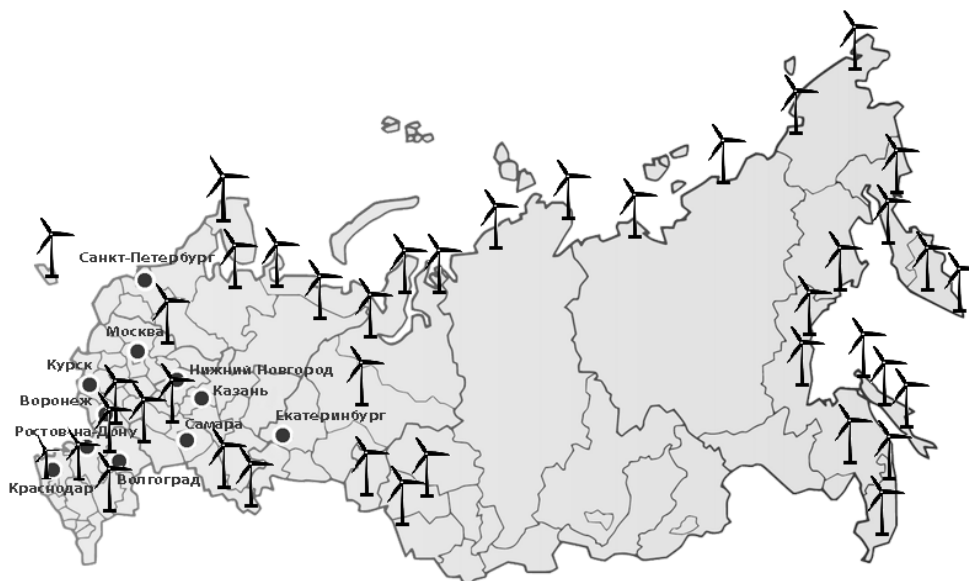
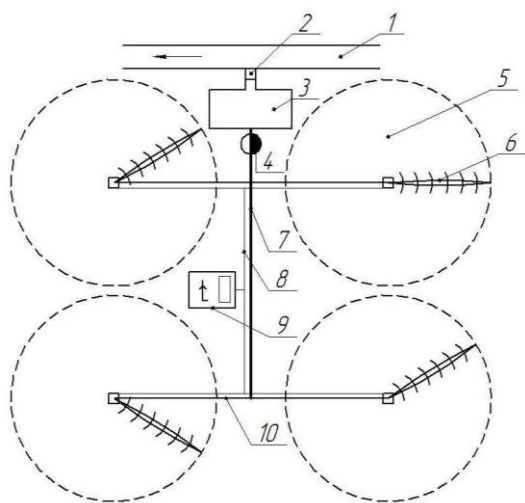


Рисунок 1 – Перспективные территории России для размещения объектов по использованию ВИЭ (источник: <http://www.myshared.ru/slide/968543/>)



- 1 – оросительный канал; 2 – водовыпуск в бассейн суточного регулирования;
- 3 – бассейн суточного регулирования;
- 4 – насосная станция; 5 – пашня;
- 6 – широкозахватная дождевальная машина; 7 – магистральный трубопровод;
- 8 – кабельные линии электропередач;
- 9 – ветряная электростанция;
- 10 – распределительные трубопроводы

Рисунок 2 – Схема размещения ветрогенератора для орошения кормовых культур четырьмя электрифицированными круговыми широкозахватными дождевальными машинами длиной 200 м

Определить все положительные и отрицательные моменты реализации данного проекта возможно с помощью полевых испытаний, которые предлагается проводить в рамках ТЗ в 2018 г.

Сегодня рынок дождевальной техники в стране достаточно насыщен и представлен широким модельным рядом зарубежных компаний: Reinke, Valley, Zimmatic, T-L Irrigation, Pierce Corporation (США); HT-BAUER (Австрия); 2IE, Irrifrance (Франция); RKD, Chamsa (Испания); Irriland (Италия); «Фрегат» (Украина); West (ОАЭ) (широкозахватные машины); Pioggia Carnevali, Ocmis, Marani, Irriland, Ferbo, RM-PM, Nettuno, Idrofiglia (барабанные машины) (Италия); Bauer (Австрия); Benelich, Agro-D (Герма-

ния) [12]. Отечественные дождевальные машины: «Казанка» (Татарстан), «ОРСИС» (Татарстан), «Кубань-ЛК1М» («Каскад», Саратов), «Фрегат» (Тольятти) – не могут составлять им должную конкуренцию, их не так много, и они только вышли на рынок и будут дорабатываться по пожеланиям и претензиям покупателей. Определенный интерес у сельхозтоваропроизводителей могут вызвать дождевальные машины нового поколения, разработанные в ФГБНУ «РосНИИПМ» с использованием современных композитных материалов для напорной водопроводящей части, конструктивных элементов, оригинальных конструкций насадок, дождевальных аппаратов [13]. Дождевальная машина оснащена современными комплектующими, позволяющими регулировать нормы полива в зависимости от контролируемого параметра влажности, вносить вместе с поливной водой органические и минеральные удобрения, химмелиоранты, микроэлементы, средства борьбы с сорной растительностью, обеспечивать управление поливами в режиме малоинтенсивного дождевания нормами 80–120 м³/га.

Проведенное исследование показало, что требуемое количество электроэнергии для обеспечения работы одной дождевальной машины составляет 10 кВт·ч. Электроэнергия будет поступать от ветрогенераторной установки, выбор которой производится с учетом следующих показателей: ветровое давление, номинальная мощность ветрогенератора, количество вырабатываемой электроэнергии в час. С учетом обозначенных параметров для орошения 50 га можно использовать серийный высокотехнологичный ветрогенератор марки Condor Air 380 мощностью 50 кВт российского производства с горизонтальной осью вращения, который применяется в регионах со средним и слабым ветром. В таблице 1 представлены технические характеристики ветрогенератора марки Condor Air 380 мощностью 50 кВт. Эксплуатация ветроэнергетической установки обеспечивается одним высококвалифицированным специалистом, который должен настраивать работу установки в зависимости от погодных условий, обеспечивать безопасное функционирование. Главной составляющей цены на электроэнергию, вырабатываемую ветрогенераторами, является высокая стоимость самих ветряных электростанций, инверторов, аккумуляторных батарей и их установки. Стоимость ветрогенератора без установки составляет 6,42 млн руб., в т. ч. ветрогенератор базовой комплектации – 2,85 млн руб., инверторы – 2,45 млн руб., аккумуляторы – 1,12 млн руб. (цены на оборудование 2018 г.).

Таблица 1 – Технические параметры ветрогенераторной установки Condor Air мощностью 50 кВт

Характеристика	Параметр
1	2
1 Диаметр ветроколеса, м	17,5
2 Высота лопасти, м	8,5
3 Номинальная мощность, Вт	50000
4 Максимальная мощность, Вт	52500
5 Стартовая скорость ветра, м/с	2,5
6 Номинальная скорость ветра, м/с	9
7 Рабочая скорость ветра, м/с	3–20
8 Защита от ураганных ветров	автоматическая
9 Автоматическое ориентирование на ветер	да
10 Высота мачты, м	18
11 Масса (без мачты), кг	2000
12 Количество лопастей	3
13 Коэффициент использования энергии ветра	> 0,42
14 Тип генератора	трехфазный на постоянных магнитах
15 Частота генератора, Гц	0–50

Продолжение таблицы 1

1	2
16 Ток с генератора	переменный
17 Номинальный ток, А	100
18 Максимальный ток, А	110
19 Инвертор Victron Quattro 48/8000/110-100/100, шт.	9
20 Рекомендуемое количество аккумуляторов, шт.	40
21 Рекомендуемая емкость аккумулятора, А·ч	200

Себестоимость получаемой электроэнергии напрямую зависит от мощности ветрогенератора. Например, ветрогенератор на 0,5 кВт позволяет получить энергию себестоимостью 3–4 руб./кВт·ч. Сложившаяся себестоимость электроэнергии ветряной энергетики находится в пределах 3–9 руб./кВт·ч [14]. Применение ветрогенераторов на объектах мелиорации в Калмыкии представлено на рисунке 3.



Рисунок 3 – Использование ветрогенераторов на объектах мелиорации в Калмыкии, 2015 г.

Результаты исследования позволяют сделать следующий вывод: в МП сельхозтоваропроизводители могут применять при орошении полей современную российскую дождевальную технику, получающую электроэнергию как от основных источников питания, так и от возобновляемых. Для дальнейшего использования ВИЭ в национальной экономике и в сельском хозяйстве потребуется поддержка на федеральном и региональном уровнях, применение стимулирующих дотаций, обучение и подготовка персонала.

Список использованных источников

1 О прогнозе научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года: Приказ М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 12 янв. 2017 г. № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456038646>, 2018.

2 Стратегия инновационного развития мелиоративного комплекса России на период 2012–2020 годы / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, А. И. Перельгин, Л. М. Докучаева, Т. П. Андреева, Н. И. Балакай; ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2011. – 48 с. – Деп. в ВИНТИ 19.07.11, № 348-В2011.

3 Экспортная доктрина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://мниап.рф/project-export/>, 2018.

4 Щедрин, В. Н. Создание «мелиоративного аграрного парка» на основе ресурсосберегающих технологий, альтернативных источников энергии, механизма государственно-частного партнерства / В. Н. Щедрин // Стратегические направления развития

АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – Т. 2. – С. 163–165.

5 Медведева, Л. Н. Научно-методическое обоснование создания мелиоративного аграрного парка на юге России / Л. Н. Медведева // Экология и мелиорация агроландшафтов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, г. Волгоград, 2–5 окт. 2017 г. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – С. 143–147.

6 План мероприятий по стимулированию развития генерирующих объектов на основе возобновляемых источников энергии с установленной мощностью до 15 кВт (далее – микрогенерация ВИЭ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456082049>, 2018.

7 Ученые три года исследовали шум от ветряка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://facepla.net/the-news/5770-шум-от-ветряка.html>, 2018.

8 Куприянова, С. В. Использование возобновляемых источников энергии на объектах мелиорации / Л. Н. Медведева, С. В. Куприянова // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири: материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Новосибирск, 7–9 июня 2017 г. – Краснообск, 2017. – Т. 2. – С. 87–93.

9 Ветроэнергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alter220.ru/veter/vetroenergetika.html>, 2018.

10 Запущена первая в России ветровая электростанция в Ульяновской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://greenevolution.ru/2018/01/19/zapushhenapervaya-v-rossii-vetrovaya-elektrostantsiya-v-ulyanovskoj-oblasti/>, 2018.

11 Green Technologies: The Basis for Integration and Clustering of Subjects at the Regional Level of Economy / V. V. Melikhov, A. A. Novikov, L. N. Medvedeva, O. P. Komarova // Integration and Clustering for Sustainable Economic Growth. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 365–382.

12 Васильев, С. М. Экономические мотиваторы перспектив инновационного развития дождевальной техники в России / С. М. Васильев, Л. Н. Медведева // Пром-Инжиниринг [Электронный ресурс]: тр. III междунар. науч.-техн. конф. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ. – 2017. – С. 387–392. – Режим доступа: <http://icie-rus.org/issues/ICIE-2017RU.pdf>.

13 Пат. 2631896 Рос. Федерация, МПК А 01 G 25/09 (2006.01). Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения / Щедрин В. Н., Васильев В. С., Чураев А. А., Снопич Ю. Ф., Куприянов А. А., Завальюев В. Э.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2016104019; заявл. 08.02.16, опубл. 28.09.17, Бюл. № 28.

14 Себестоимость электроэнергии. Электростанции будущего [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://chemfive.info/news/sebestoimost_ehlektrouhnergii_ehlektroustantsii_budushhego/2016-01-02-635, 2018.

УДК 631.671.1

С. В. Найденов, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев

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

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Целью работы являлась разработка механизмов оптимизации водопользования на оросительных системах при дефиците водных ресурсов. В основу идеи разработки модели оптимизации водопользования на оросительных системах в условиях дефицита воды положена потребность растений в воде и степень ее качества. Реализация модели рассмотрена на примере СПК «Колхоз «Прогресс» Неклиновского района Ростов-

ской области. Доходность растениеводства незначительно изменяется при биологически оптимальных (18,63 и 18,4 млн руб.) и экономически обоснованных (17,39 и 16,9 млн руб.) оросительных нормах.

Ключевые слова: водопользование, урожайность, оросительная норма, оросительная система, орошаемые площади.

S. V. Naydenov, Yu. E. Domashenko, S. M. Vasilyev

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

OPTIMIZATION OF WATER DISTRIBUTION AT THE IRRIGATION SYSTEMS UNDER WATER RESOURCES SCARCITY

The aim of the work was the development of mechanisms for optimizing water use on irrigation systems under water scarcity. The plants' need for water and the degree of its quality is the basis for the idea of a model development for optimizing water use on irrigation systems under water scarcity. Model implementation was examined in agricultural production cooperative "Progress' collective farm" of Neklinovskiy district Rostov region. The yield of crop production varies insignificantly with biologically optimal (18.63 and 18.4 million rubles) and economically justified (17.39 and 16.9 million rubles) irrigation rates.

Key words: water use, yield, irrigation norm, irrigation system, irrigated areas.

Введение. Суммарные возобновляемые ресурсы пресных вод России оцениваются в размере 10803 км³/год, основной объем которых приходится на долю речного стока (45 %) и почвенные воды (33 %). Однако главный недостаток российских водных ресурсов – их неравномерное распределение по территории страны, не согласующееся с реальными потребностями в пресной воде, – сохранился [1].

Анализируя сложившуюся ситуацию, можно выделить ряд факторов, вызывающих дефицит водных ресурсов на оросительных системах:

- использование устаревших водоемких способов орошения и поливной техники;
- высокий процент потерь воды при транспортировке по оросительным каналам различного уровня;
- недостаточная степень оснащенности оросительных систем техническими средствами автоматизации водораспределения;
- отсутствие экономических принципов, которые позволяли бы реализовывать прогрессивные водосберегающие технологии оросительной мелиорации, направленные на сокращение непроизводительных потерь воды из систем, эффективное распределение оросительной нормы в зависимости от потребности культур, использование альтернативных источников поливной воды – сточных, дренажно-сбросных вод и т. д.

Целью работы являлась разработка механизмов оптимизации водопользования на оросительных системах при дефиците водных ресурсов.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели использованы методы системного анализа, в частности метод многокритериальной (по Парето) оптимизации с выбором между выращиваемыми культурами и определенным компромиссом между рассматриваемыми критериями. Данный метод позволяет принять решение в случае наличия ряда критериев, при этом многокритериальная задача сводится к однокритериальной задаче [2].

Результаты и обсуждение. В основу идеи разработки модели оптимизации водопользования на оросительных системах в условиях дефицита воды положена потребность растений в воде и степень ее качества [3]. Сложившаяся практика реализации оросительной мелиорации показывает, что при поливе культур используется максимальная (биологически оптимальная) оросительная норма M_6 . Однако согласно биологическим особенностям отдельных культур возможен их недополив или использование

альтернативных источников орошения. Это позволит разработать экономически эффективную оросительную норму $M_{iэк}$.

В этих условиях дефицит водных ресурсов Q должен перераспределяться так, чтобы, с одной стороны, обеспечить водой более продуктивные и отзывчивые на качество поливной воды культуры, а с другой – обеспечить заданные условия между оптимальным объемом валовой продукции и дополнительным чистым доходом от всей продукции растениеводства.

Приведенные допущения позволили сформулировать задачу многокритериальной оптимизации водораспределения между выращиваемыми культурами при дефиците водных ресурсов и постоянной площади орошения. Задача будет рассматриваться как двухкритериальная [3]:

Первые критерий – валовая продукция с орошаемых площадей:

$$[F_1(M_1, \dots, M_n), F_2(M_1, \dots, M_n)] \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$F_1(M_1, \dots, M_n) = \sum_{i=1}^n C_i f_i(M_i) F_i. \quad (2)$$

Второй критерий – чистый доход от продукции растениеводства:

$$F_2(M_1, \dots, M_n) = \sum_{i=1}^n (C_i - C_i^*) f_i(M_i) F_i, \quad (3)$$

где M_i – текущие оросительные нормы, тыс. м³/га;

C_i, C_i^* – соответственно закупочная цена и себестоимость продукции i -го вида, руб./ц;

$f_i(M_i)$ – зависимость урожайности i -й культуры от оросительной нормы;

F_i – фиксированные площади орошения по культурам, га.

При этом должны быть учтены объемные расходы дефицита водных ресурсов или альтернативных источников поливной воды [3]:

$$\sum_{i=1}^n Q_i \leq Q \quad (4)$$

или

$$\begin{cases} M_i \geq 0, i \in [1, n] \\ \sum_{i=1}^n M_i F_i \leq Q \end{cases}, \quad (5)$$

и валовой сбор по каждому виду выращиваемой продукции:

$$f_i(M_i) F_i \leq l_i, \quad (6)$$

где Q_i – выделенный объем воды для i -й культуры;

$l_i = f_i(M_{i6}) F_i$ – валовой сбор по данной культуре при полной водообеспеченности.

Решение задачи многокритериальной оптимизации основывается на выделении множества рациональных (по Парето) значений оросительных норм в области $Q_i = [M_{i\min}; M_{i\max}]$, $i \in [1, n]$, которая установится на основе свертки критериев [3]:

$$\Phi(M_1, \dots, M_n) = P F_1(M_1, \dots, M_n) + (1 - P) F_2(M_1, \dots, M_n), \quad (7)$$

где $\Phi(M_1, \dots, M_n)$ – свертка критериев $F_1(M_1, \dots, M_n)$ и $F_2(M_1, \dots, M_n)$;

P – уровень компромисса между критериями, $0 \leq P \leq 1$.

Используя для решения задачи многокритериальной оптимизации (1)–(7) метод множителей Лагранжа, находим выражение экономически обоснованной оросительной нормы для каждой культуры:

$$M_{iэк} = - \left(\frac{\lambda}{2a_i [PC_i + (1+P)(C_i - C_i^*)]} + \frac{b_i}{2a_i} \right), \quad (8)$$

где λ – множитель Лагранжа;

a , b – коэффициенты модели;

P – коэффициент вероятности.

Определение максимального потребного (биологически оптимального) объема воды можно выразить [3]:

$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{F_i b_i}{2a_i}, \quad (9)$$

где $F_i b_i / 2a_i$ – величина потребных ресурсов для каждой культуры.

Зная лимит воды Q для хозяйства, определим [3]:

$$Q = \sum_{i=1}^n F_i M_{iэк}, \quad (10)$$

где $M_{iэк}$ – экономически обоснованная оросительная норма для каждой культуры с учетом снижения оросительной нормы от биологически оптимальной (определяется из выражения (8)).

Рассмотрим пример реализации модели на примере СПК «Колхоз «Прогресс» Неклиновского района Ростовской области. Хозяйство занимается выращиванием овощных и бобовых культур.

Модели урожайности по каждой культуре можно выразить в виде квадратичной функции:

$$Y = aM^2 + bM + d, \quad (11)$$

где Y – урожайность;

a , b , d – коэффициенты модели;

M – оросительная норма.

Таким образом, для картофеля примем уравнение $Y = 86,875M^2 + 183,13M - 58,476$; для фасоли сорта Мечта хозяйки $Y = 0,4615M^2 + 1,127M + 0,2404$ [4, 5].

В таблице 1 представлены исходные данные и результаты расчета элементов оптимизации по культурам с помощью представленных выше формул (8)–(11).

Таблица 1 – Исходные данные и расчет элементов оптимизации водораспределения по культурам (СПК «Колхоз «Прогресс»)

Культура	Площадь под культурой, га	Средняя закупочная цена продукции, руб./ц	Средняя себестоимость продукции, руб./ц	Значение приоритета и дефицита воды, тыс. м ³	Биологически оптимальная оросительная норма, тыс. м ³ /га	Экономически обоснованная оросительная норма, тыс. м ³ /га	Снижение оросительной нормы, тыс. м ³ /га	Общее количество воды, тыс. м ³
Картофель	50	700	355	$P = 0,5$ $D = 100$	1,05	0,98	0,07	3,5
Фасоль	25	300	125	$P = 0,5$ $D = 100$	1,22	1,12	0,1	2,5

Полученные оптимальные значения критериев для рассматриваемого хозяйства при соответствующих водных ресурсах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оптимальные значения критериев при соответствующих водных ресурсах хозяйства (СПК «Колхоз «Прогресс»)

При биологически оптимальной норме, млн руб.		При экономически обоснованной норме, млн руб.		$\sum Q_i =$ $= \sum M_{iэк} \cdot F_i,$ тыс. м ³	$\sum Q_{би} =$ $= \sum M_{би} \cdot F_i,$ тыс. м ³	Коэффициент вероятности P
$F_1(M_{би} \dots M_{би})$	$F_2(M_{би} \dots M_{би})$	$F_1(M_{iэк} \dots M_{iэк})$	$F_2(M_{iэк} \dots M_{iэк})$			
18,63	18,4	17,39	16,9	1397,25	1304,63	0,5

Из данных таблицы 2 следует, что доходность растениеводства незначительно изменяется при биологически оптимальных (18,63 и 18,4 млн руб.) и экономически обоснованных (17,39 и 16,9 млн руб.) оросительных нормах. На основании этого можно рекомендовать снижение потребления природной воды в целом или замену полученной разности альтернативными источниками поливной воды. Это еще раз подтверждает целесообразность полива сниженными нормами в условиях ограниченности водных ресурсов.

Выводы

1 При решении поставленной задачи использованы методы системного анализа, в частности метод многокритериальной (по Парето) оптимизации с выбором между выращиваемыми культурами и определенным компромиссом между рассматриваемыми критериями.

2 Доходность растениеводства незначительно изменяется при биологически оптимальных (18,63 и 18,4 млн руб.) и экономически обоснованных (17,39 и 16,9 млн руб.) оросительных нормах. На основании этого можно рекомендовать снижение потребления природной воды в целом или замену полученной разности альтернативными источниками поливной воды. Это еще раз подтверждает целесообразность полива сниженными нормами в условиях ограниченности водных ресурсов.

Список использованных источников

1 Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2017. – 760 с.

2 Математическое моделирование в управлении водными ресурсами / В. Г. Пряжинская [и др.]. – М.: Наука, 1988. – 247 с.

3 Воропаев, В. Г. Резервы ирригации, связанные с оптимизацией водных ресурсов / В. Г. Воропаев // Проблемы регулирования и использования водных ресурсов. – М.: Наука, 1973. – С. 151–178.

4 Сенчукова, М. Г. Влияние показателей водообеспеченности на урожайность фасоли / М. Г. Сенчукова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ»; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: Геликон, 2006. – Вып. 35. – С. 111–113.

5 Ольгаренко, В. И. Управление орошением картофеля летнего срока посадки на пойменных землях Нижнего Дона: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Ольгаренко Владимир Игоревич. – Саратов, 2016. – 20 с.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 581.5

Л. П. Рыбашлыкова

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

С. В. Конев

Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, Солёное Займище, Российская Федерация

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛУГОПАСТБИЦНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ

В данной статье представлены результаты исследования текущего экологического состояния лугопастбищной растительности Волго-Ахтубинской поймы. В ходе определения микроэлементного состава установлено, что после наводка значительно снижается концентрация железа (в 2,3–2,7 раза, или на 57,3–63,4 %), марганца (в 1,5–4,0 раза, или от 33,3 до 75,0 %), свинца (в 1,2–1,7 раза, или от 15,6 до 41,5 % по участкам), хрома (в 3,2–5,7 раза, или от 70,0 до 81,0 %). Концентрация исследуемых элементов ниже, чем имеющиеся предельно допустимые концентрации (ПДК) для растений (кроме хрома и кобальта), дефицитных и токсичных концентраций в растениях поймы нет, что свидетельствует об экологической чистоте региона.

Ключевые слова: мониторинг, лугопастбищные экосистемы, микроэлементы, растительность, элементный состав, Волго-Ахтубинская пойма.

L. P. Rybashlykova

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

S. V. Konev

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

CURRENT ENVIRONMENTAL STATE OF GRASSLAND ECOSYSTEMS OF THE VOLGO-AKHTUBA FLOODPLAIN

The results of a study of the current ecological state of grassland vegetation in the Volga-Akhtuba floodplain are presented. During the determination of the trace element content it was found that the concentration of iron is significantly reduced (by 2.3–2.7 times or by 57.3–63.4 %), manganese (by 1.5–4.0 times or from 33.3 to 75.0 %), lead (by 1.2–1.7 times or from 15.6 to 41.5 % in the sites), chrome (by 3.2–5.7 times or from 70.0 to 81.0 %) after the flood. The concentration of the investigated elements is lower than the available MAC for plants (except chrome and cobalt), there are no deficit and toxic concentrations in the floodplain plants, which indicates the ecological cleanness of the region.

Key words: monitoring, grassland ecosystems, microelements, vegetation, elementary composition, the Volga-Akhtuba floodplain.

Введение. Рациональное использование, улучшение и охрана естественных и кормовых угодий, в т. ч. пойменных, имеет большое народно-хозяйственное значение.

Пойменные луга – важный источник дешевого и биологически полноценного корма. В настоящее время на территории Волго-Ахтубинской поймы основная масса

лугопастбищных экосистем нарушена и сформирована с преобладанием малоценных кормовых растений, злостных сорняков и ядовитых видов [1].

Основными причинами, влияющими на состояние экосистемы поймы, являются пожары, рекреация, перевыпас скота, размножение фитофагов, изменение уровня и продолжительности паводка, природные сукцессии [2].

С каждым годом увеличивается антропогенное воздействие и загрязнение, распространяемое на всю экосистему Волго-Ахтубинской поймы, создаются принципиально новые условия для существования, отличные от тех, к которым в течение тысячелетий были адаптированы растения, животные и человек. Химический состав пойменных участков позволяет оценить характер геохимической и техногенно-химической миграции веществ, прежде всего микроэлементов, на затопляемой территории.

Поэтому большое значение имеют исследования максимально полного химического состава растений, в т. ч. и микроэлементов, накопление которых определяется экологическими факторами окружающей среды [3].

Растения – это один из наиболее чутких индикаторов изменения среды, при этом они способны аккумулировать опасные для животных и человека концентрации химических элементов [4].

Целью исследования являлся анализ современного экологического состояния лугопастбищных экосистем в Волго-Ахтубинской пойме по содержанию микроэлементов в растениях.

Материал и методы. Объектом исследования являлась луговая растительность. Отбор проб растительности был произведен на территории поймы на участке № 1 «с. Зубовка», на участке № 2 «с. Солёное Займище» и участке № 3 «с. Грачи». Валовое содержание микроэлементов в растительных образцах определяли по ГОСТ 30178-96 методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра модификации Hitachi AAS 180-50 с пламенной атомизацией. В пробах определяли содержание свинца, кадмия, кобальта, никеля, марганца, меди, цинка, железа и хрома.

Полученные при лабораторных исследованиях результаты спектрального анализа на содержание микроэлементов в фитомассе растений были сопоставлены с данными по ПДК.

Результаты и обсуждение. Химический состав растений формируется при одновременном воздействии различных факторов, обусловленных физиологией растений и влиянием окружающей среды. Волго-Ахтубинская пойма обычно заливается полыми водами. Паводковые воды растворяют микроэлементы в почве и способствуют их миграции. Растительность является важным звеном миграции металлов в экосистеме.

Проведенные эколого-геохимические исследования Волго-Ахтубинской поймы свидетельствуют, что после половодья содержание микроэлементов в растительности всех исследованных участков ниже, чем до паводка (таблица 1).

Таблица 1 – Среднее валовое содержание тяжелых металлов в растительности поймы исследованных участков

В мг/кг

Металл	Участок № 1 «с. Зубовка»		Участок № 2 «с. Солёное Займище»		Участок № 3 «с. Грачи»		ПДК
	до паводка	после паводка	до паводка	после паводка	до паводка	после паводка	
1	2	3	4	5	6	7	8
Zn	58,59	34,54	76,47	39,46	57,36	46,23	100
Pb	8,27	4,84	4,37	3,69	5,45	3,71	6
Cd	0,42	0,36	0,46	0,26	0,52	0,20	1
Ni	16,26	7,86	10,25	8,40	10,24	6,96	20

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Cu	9,57	9,68	8,38	6,75	8,87	5,92	10
Co	4,54	4,76	2,74	3,63	2,19	2,53	0,5
Cr	9,73	2,96	8,0	2,15	8,49	1,59	2
Fe	1431,98	612,49	1330,67	527,71	1098,39	402,6	
Mn	165,66	110,51	179,23	44,98	151,50	42,52	

Как показали полученные данные, прослеживается превышение железа (Fe) на всех исследуемых участках. ПДК железа (Fe) для растений не установлена, критической является концентрация 750,0 мг/кг сухого вещества. Железо играет ведущую роль среди всех содержащихся в растениях тяжелых металлах. Способность различных растений к поглощению железа различна и зависит от почвенно-климатических условий, а также от фазы роста и развития растений. Также превышено в растительности поймы до и после паводка содержание хрома (Cr) и кобальта (Co). ПДК хрома (Cr) для растений – 1,0–2,0 мг/кг сухого вещества, кобальта – 0,5 мг/кг. Хром может поступать в растения не только через корневую систему, но и через листья. При превышении концентрации этого элемента в растениях может снижаться их урожайность. Кобальт участвует в ферментных системах клубеньковых бактерий, осуществляющих фиксацию атмосферного азота, стимулирует рост, развитие и продуктивность бобовых и растений ряда других семейств.

Анализ полученных данных показал, что после паводка значительно снижается концентрация железа (в 2,3–2,7 раза, или на 57,3–63,4 %), марганца (в 1,5–4,0 раза, или от 33,3 до 75,0 %), свинца (в 1,2–1,7 раза, или от 15,6 до 41,5 % по участкам), хрома (в 3,2–5,7 раза, или от 70,0 до 81,0 %). Содержание остальных микроэлементов, кроме кобальта, уменьшается в 1,0–2,7 раза. Содержание кобальта на всех участках после паводка увеличилось на 4 %. Показатели кобальта (Co) после половодья увеличились и выше уровня ПДК, но в большинстве незначительно.

Сопоставление наших данных со шкалой нормирования содержания микроэлементов в растениях показало, что дефицитных и токсичных концентраций в растениях поймы нет (таблица 2).

Таблица 2 – Нормирование содержания микроэлементов в растениях

В мг/кг сухого вещества

Содержание	Микроэлемент								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Cu	Co	Cr	Fe	Mn
Дефицитное	< 20	-	-	-	< 5	-	-	< 50	< 20
Нормальное	25–250	2–14	0–0,5	0–8	6–15	0–2	0–0,5	50–250	25–250
Токсичное	> 400	-	> 100	> 80	> 20	> 100	-	-	> 500
Примечание – – – нет данных.									

Выводы. Таким образом, результаты исследования показали, что металлы накапливаются в неодинаковых количествах. Растительность поймы преимущественно аккумулирует железо (Fe) и хром (Cr). Прослеживается незначительно повышенное содержание в растениях кобальта (Co) на всех участках, на первом участке до половодья свинца (Pb). Превышение ПДК марганца (Mn), цинка (Zn), меди (Cu), кадмия (Cd) не обнаружено.

Количество микроэлементов в растениях зависит от почвенно-экологических условий произрастания, образуя аккумулятивный убывающий ряд:



Выявлено, что на химический состав лугопастбищной растительности исследуе-

мых участков, расположенных в Волго-Ахтубинской пойме, оказывает влияние весенне-летнее половодье, ведущее к уменьшению концентрации поллютантов.

Список использованных источников

1 Рыбашлыкова, Л. П. Пастбищные экосистемы Сарпинской низменности и интродукция лекарственных растений / Л. П. Рыбашлыкова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 3(59). – С. 117–120.

2 Рыбашлыкова, Л. П. Анализ состояния древесно-кустарниковой растительности Волго-Ахтубинской поймы / Л. П. Рыбашлыкова, С. В. Конев // Вестник Прикаспия. – 2017. – № 3(18). – С. 47–51.

3 Зайцев, В. Ф. Оценка состояния Волго-Ахтубинской поймы по содержанию тяжелых металлов в почве и растительности / В. Ф. Зайцев, Л. П. Рыбашлыкова, С. В. Конев // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства: материалы междунар. науч.-практ. конф. / ФГБНУ «ПНИИАЗ». – Солёное Займище, 2017. – С. 11–13.

4 Бердникова, А. В. Содержание цинка, марганца и меди в почвах Астраханской области / А. В. Бердникова // Природные условия и ресурсы Нижнего Поволжья. – Волгоград: Волгогр. пед. ин-т им. А. С. Серафимовича, 1981. – С. 112–117.

УДК 626.862.4

А. А. Кисиль, Д. Г. Васильев

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

А. А. Кисиль

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

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЕГО КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассмотрены методы расчета водоприемной способности закрытого горизонтального дренажа. Для сравнительной характеристики различных конструкций дрен следует использовать такие показатели, как гидравлическое и гидродинамическое сопротивление. Данные два вида сопротивления водоприемная часть дрены оказывает грунтовому потоку. Снижение скоростей потока грунтовых вод в дрены на границе фильтра достигается созданием «обратных» фильтров и реализуется применением фильтровых обсыпок. Одним из наиболее перспективных материалов для создания структурных объемных фильтров являются отходы тепловых электростанций, угольной промышленности и карьеров по добыче щебня.

Ключевые слова: дренаж, водоприемная способность, критерии оценки эффективности, коэффициент гидравлического сопротивления, коэффициент водозабора.

A. A. Kasil', D. G. Vasilyev

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

A. A. Kasil'

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov, Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

THE CLOSED HORIZONTAL DRAINAGE OPERATING EFFICIENCY EVALUATION CRITERIA AND PERSPECTIVES OF ITS DESIGN IMPROVEMENT

The calculation methods of water intake capacity of closed horizontal drainage are considered in the article. Such indicators as hydraulic and hydrodynamic resistance should be used for the comparative characteristics of different drain designs. These two types of resistance, the water intake part of the drain exerts underflow. Reducing the groundwater flow rates into the drain at the filter boundary is achieved by creating “backward” filters and is implemented by applying filter coatings. One of the most promising materials for creating structural volume filters is waste from thermal power plants, coal industry and quarries for crushed stone extraction.

Key words: drainage, water intake capacity, efficiency evaluation criteria, coefficient of hydraulic resistance, water intake coefficient.

Введение. Конструкция дренажа должна обеспечивать поступление грунтовых вод из осушаемых почвогрунтов в полость трубы и отвод их в коллектор. Конструктивными элементами закрытого дренажа являются трубы, фильтры, фильтровые обсыпки, колодцы и устьевые сооружения. Варианты комбинаций только трех элементов – труб, фильтров и фильтровых обсыпок – позволили разработать около 30 конструкций закрытого трубчатого дренажа.

В настоящее время накоплен большой практический и теоретический опыт по оценке эффективности работы закрытого горизонтального дренажа, определены основные методы расчета, выявлены пути совершенствования дренажных конструкций [1–7].

Материалы и методы. Ввиду многообразия конструкций дренажа нужны определенные критерии для оценки эффективности их работы. Очевидно, что эффективность дренажа зависит от суммы потерь, определяемых его конструктивными особенностями. Чем меньше потери, тем меньше высота нависания и тем больше осушающее действие дренажа.

Расчетами притока воды к дренам занимались В. В. Ведерников, А. Н. Костяков, В. И. Аравин, С. Ф. Аверьянов, В. А. Ионат и др. [8–13].

Для оценки влияния диаметра дрены d на дополнительные потери для случая $d < d_k$ (d_k – критический диаметр) удельный приток воды в дренах при удаленном водоупоре А. Н. Костяков определял по зависимости:

$$Q_0 = \frac{\pi K_\phi H}{\ln \frac{B}{d} - 1} = \frac{\pi K_\phi H}{\ln \frac{B}{ed}},$$

где Q_0 – удельный приток воды, м³/сут;

K_ϕ – коэффициент фильтрации;

H – действующий напор, м;

B – расстояние между дренами, м;

d – диаметр дрены, м;

$e = 2,718$ – число Непера.

По С. Ф. Аверьянову удельный приток воды в дренах при удаленном водоупоре определялся по следующей зависимости:

$$Q_0 = \frac{\pi H}{\ln \frac{2B}{\pi \sqrt{2dH}}}.$$

При $d = d_k$ действует формула В. В. Ведерникова:

$$Q_0 = \frac{\pi K_\phi H}{\ln \frac{K_\phi}{q_n}},$$

где q_n – величина инфильтрационного питания, м³/га.

Расчеты, выполненные по приведенным зависимостям, не учитывают несовершенство дрен по характеру вскрытия пласта и фильтрационные деформации в придренированной зоне. Учитывая описанное выше, следует отметить, что, определяя эффективность работы дрен различных конструкций, исследователи зачастую оперируют такими показателями, как объем стока (годовой, удельный, максимальный), глубина уровня грунтовых вод на междренье и др., т. е. преимущественно мелиоративными показателями. Но эти показатели не могут характеризовать конструктивные особенности дрен, так как они определяются факторами, слабо зависящими от конструкции. Это связано с тем, что дренажи находятся в различных гидрогеологических, почвенно-литологических и мелиоративных условиях, работают при различных действующих напорах и водных нагрузках. Малейшая ошибка проектирования при расчете междренних расстояний в сторону увеличения снизит эффективность работы дренажа, а при занижении расчетных показателей – повышает мелиоративную эффективность, но не может дать показателя эффективности конструкции.

Очевидно, для сравнительной характеристики различных конструкций дрен следует использовать такие показатели, как гидравлическое и гидродинамическое сопротивление. Данные два вида сопротивления водопримная часть дрены оказывает грунтовому потоку, влияя на положение уровня водоносного горизонта и указывая на степень ее гидравлического совершенства. Для учета дополнительных сопротивлений в формулы по расчету притока воды к дренам вводят коэффициент гидравлического сопротивления дрены ξ . Для идеальных дрен $\xi = 0$, для дрен из перфорированных труб $\xi \geq 0$.

Для вычисления этого параметра В. Ф. Митин [14] предложил формулу, основанную на приеме И. А. Чарного по определению гидравлических сопротивлений при решении задач фильтрации к вертикальной скважине, несовершенной по степени вскрытия пласта:

$$Q = \frac{2\pi K_{\phi} H}{\ln \frac{2z}{R} + \xi} = \frac{2\pi K_{\phi} H}{\ln \frac{2z}{r_0} + \xi_0},$$

где Q – удельный приток воды в реальную дренаж при удаленном водоупоре, м³/сут;

z – глубина заложения дрены, м;

R – цилиндрическая эквипотенциальная поверхность радиуса, м;

r_0 – внешний радиус дрены, м.

В предложенной формуле за область водопримных щелей принята цилиндрическая эквипотенциальная поверхность радиуса R ($R > r_0$). Полученное выражение определяет структуру формулы притока воды к дрени с учетом влияния водопримных щелей, стыков, проницаемости стенок.

Для оценки водопримной способности определяют величину коэффициентов эффективности η и фильтрационного сопротивления ξ_0 для реальной дрены при известных значениях Q и Q_0 по следующим зависимостям:

$$\eta = \frac{Q}{Q_0} = \frac{\ln \frac{2z}{r_0} + \xi_0}{\ln \frac{2z}{r_0}} = 1 + \frac{\xi_0}{\ln \frac{2z}{r_0}},$$

$$\xi_0 = \eta \cdot \ln \frac{2z}{r_0} - \ln \frac{2z}{r_0} = \ln \frac{2z}{r_0} \cdot (\eta - 1).$$

Коэффициент фильтрационного сопротивления ξ_0 для керамических труб Н. Т. Эфендиев [15] определяет по формуле:

$$\xi_0 = \frac{1}{\pi} \cdot \ln \frac{4l_T}{d} \cdot \ln \frac{1}{\sin \frac{\pi B_{CT}}{2l_T}},$$

где l_T – длина трубок, м;

B_{CT} – ширина стыка, м.

Коэффициент фильтрационного сопротивления ξ_0 для пластмассовых перфорированных труб А. И. Мурашко [15] определил по формуле:

$$\xi_0 = \frac{2S_{щ}}{ml_{щ}} \cdot \ln \frac{1}{\sin \frac{ml_{щ}}{2S_{щ}} \cdot \theta}, \quad m \geq 2,$$

где $S_{щ}$ – шаг между продольными щелями, м;

m – число рядов симметрично расположенных по окружности трубы прерывистых щелей;

$l_{щ}$ – длина щелей, м;

$$\theta = \arcsin \frac{B_{щ}}{d};$$

$B_{щ}$ – ширина щели, м;

d – внутренний диаметр трубы, м.

А. И. Мурашко и Н. Г. Пивовар [16] получили значения коэффициентов эффективности объемных фильтров и фильтров из волокнистых материалов для различных видов перфораций. Ими установлено, что в случае уменьшения расчетных диаметров дрен до фактически применяемых при сжатии потока грунтовых вод возникнут гидравлические сопротивления и расход снизится с Q_k до Q_0 .

Если при этом дренаи несовершенны по водопримной способности или характеру вскрытия водоносного слоя, то они при притоке к ним грунтовых вод будут оказывать дополнительные фильтрационные сопротивления, в результате чего расход дренаи уменьшится с Q_0 до Q .

Для компенсации этого отрицательного явления с целью увеличения расхода дренаи с Q до Q_0 и даже до Q_k необходимо применять фильтры.

Расход «идеальных» по водопримной способности дренаи при их критическом диаметре d_k и относительно близком водоупоре можно определять по формуле:

$$Q_k = \frac{K_{\phi} \cdot (H^2 - h^2)}{B} \cdot \alpha_k,$$

где Q_k – расход дренаи при их критическом диаметре d_k , м³/сут;

H – действующий напор при отсчете от водоупора, м;

h – высота нависания над дренаи при отсчете от водоупора, м;

α_k – коэффициент степени вскрытия водоносного слоя грунта дренаи при критическом диаметре дренаи, «идеальных» по характеру вскрытия водоносного слоя грунта.

При $d < d_k$ расход составит:

$$Q = \frac{K_{\phi} \cdot (H^2 - h^2)}{B} \cdot \alpha,$$

где α – коэффициент степени вскрытия водоносного слоя грунта дренаи при реальном диаметре дренаи, «идеальных» по характеру вскрытия водоносного слоя грунта.

Для реальных дренаи при их недостаточной водопримной способности расход грунтовых вод составит:

$$Q = \frac{K_{\phi} \cdot (H^2 - h^2)}{B} \cdot \alpha_c,$$

где α_c – обобщенный коэффициент сопротивления («висячести») дрен.

Критерий эффективности реальных дрен по сравнению с «идеальными» (при критическом их диаметре) можно найти из соотношения:

$$\eta = \frac{Q}{Q_k} = \frac{\alpha_c}{\alpha_k},$$

а критерий эффективности реальных дрен по сравнению с «идеальными», но при $d < d_k$ можно определить по зависимости:

$$\eta = \frac{Q}{Q_0} = \frac{\alpha_c}{\alpha}.$$

Для дрен, заложенных в водоупоре:

$$\eta = \frac{1}{1+c},$$

где c – коэффициент гидравлического сопротивления водопроницаемости стенок, стыков, перфорации дренажных труб.

Ю. Г. Филиппов и Р. Г. Джанумов [17] апробировали предложенную методику А. И. Мурашко для определения водозаборной способности и технического состояния закрытых дрен в полевых условиях. По этой методике определяются два показателя: коэффициент гидравлического сопротивления и коэффициент водозабора. При этом сравниваются удельный приток и напор реальной и идеальной дрен.

Водоприемная способность устанавливается по двум коэффициентам:

- гидравлического сопротивления:

$$\xi = \frac{H_{\phi}}{H_T},$$

где H_{ϕ} – фактический напор реальной дрены, м;

H_T – теоретический напор идеальной дрены, м;

- водозабора, определяемого как:

$$\mu = \frac{Q_{\phi}}{Q_T},$$

где Q_{ϕ} – фактический удельный приток реальной дрены, $\text{см}^3/(\text{с}\cdot\text{м})$;

Q_T – теоретический удельный приток идеальной дрены, $\text{см}^3/(\text{с}\cdot\text{м})$.

При значениях ξ и μ (коэффициентах гидравлического сопротивления и водозабора), равных единице, дрена работает хорошо. С уменьшением водоприемной способности дрен коэффициент μ уменьшается, а ξ возрастает.

Методика сопоставительной оценки дрен различной конструкции, предложенная В. П. Насиковским [18, 19], заключается в определении фильтрационного сопротивления Φ_d , обусловленного конструкцией дрены. Оно рассчитывается по формуле:

$$\Phi_d = \Phi_c - \Phi_{\Gamma},$$

где Φ_c – суммарное фильтрационное сопротивление, м;

Φ_{Γ} – фильтрационное сопротивление пласта грунта, м.

Значение Φ_c при неустановившемся режиме фильтрации определяется по формуле:

$$\Phi_c = \frac{H_c - H_g}{i_{\text{л}} + i_{\text{п}}} = \frac{\Delta H}{\alpha \cdot (i_{\text{л}} + i_{\text{п}})},$$

где H_c и H_g – соответственно отметки уровней воды в совершенной и несовершенной дрене, м;

$i_{\text{л}}$ и $i_{\text{п}}$ – уклон грунтовых потоков слева и справа от дрены;

α – коэффициент, учитывающий неустановившийся режим фильтрации при спаде поверхности грунтовых вод, $\alpha = 0,913$.

По методу решения обратных задач суммарное фильтрационное сопротивление дренажной конструкции определялось с помощью теоретической зависимости, вытекающей из формулы расстояния между дренами:

$$B = 4 \cdot \left(\sqrt{\Phi^2 + \frac{Th}{2W}} - \Phi \right),$$

где Φ – фильтрационное сопротивление, м;

W – модуль дренажного стока, м/сут;

T – проводимость водоносного пласта, м²/сут;

h – напор между дренами, м.

Решение формулы относительно величины Φ имеет вид:

$$\Phi = \frac{T \cdot h}{q} - \frac{B}{8},$$

где q – дебит дрены, м³/(с·м).

Результаты и обсуждение. Большое внимание исследователей к оценке водоприемной способности дрен, а в конечном счете к оценке эффективности их работы, разработке методов их определения говорит о большом значении этого параметра, сложности расчетов и стремлении упростить процесс его определения. При оценке водоприемной способности дренажных конструкций удобно использовать критерий эффективности, а для повышения водоприемной способности дрен необходимо создавать такие конструкции, у которых критерий эффективности стремится к единице.

Все анализируемые методы и способы определения фильтрационных и гидравлических сопротивлений имеют определенные ограничения по таким показателям, как однородность литологического строения, глубина залегания водоупора, режим фильтрации, обоснованность расчетной фильтрационной схемы и др. Более чем 35-летний период эксплуатации закрытого дренажа не позволил с достаточной достоверностью выявить оптимальные конструкции дрен в различных гидрогеологических условиях.

Исследованиями эффективности работы различных конструкций дрен в пределах опытно-производственных участков Ростовской области в различное время занимались Э. П. Носов, П. Д. Ким, В. А. Васильченко, В. Е. Синеок, Э. Е. Фишер, Т. М. Муравенко, Ю. Г. Филиппов, Р. Е. Джанумов, П. И. Семин, Я. К. Левин, В. П. Андриянов, П. Е. Григоренко, Н. Н. Бредихин и др. [20–23].

Указанными исследователями решен ряд важных вопросов проектирования и строительства дренажа, создана база для изучения его эффективности, разработана методика определения водозахватной способности закрытых дрен различных конструкций, установлена кольматируемость мелкозернистых песков местных карьеров, используемых при строительстве в водонасыщенных грунтах в качестве фильтровых обсыпок трубчатого дренажа.

Анализ проведенных в пределах участков опытно-производственного дренажа работ и испытанных конструкций дрен свидетельствует о необходимости совершенствования дрен в направлении применения труб и фильтров из новых материалов и создания высокомеханизированных и технологичных конструкций закрытого горизонтального дренажа. Конструктивные решения диктуются номенклатурой дренажных материалов, возможностями технологий и требованиями обеспечения необходимой технической эффективности.

В Ростовской области для строительства закрытого дренажа в начальный период мелиоративного строительства применялись в основном перфорированные асбестоцементные трубы с песчано-гравийной обсыпкой. С 1983 г. начато массовое строительство дренажа из поливинилхлоридных (ТУ 33-350-85) и полиэтиленовых гофрированных (ТУ 6-19-224-83) труб с их укладкой экскаваторами-дреноукладчиками. Практика показывает, что не все построенные дрены работают удовлетворительно. Основной причиной является низкий уровень строительства, особенно фильтров и фильтровых обсыпок, и неудовлетворительная эксплуатация дренажных систем. Таким образом, достаточно актуальными являются вопросы совершенствования конструкций закрытых дрен, повышения их водопримной способности и надежности работы.

Одним из перспективных направлений в совершенствовании конструкций закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях является применение в качестве защитно-фильтрующего материала (ЗФМ) геотекстиля.

Техническая и мелиоративная эффективность закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях зависит в первую очередь от конкретных гидрогеологических условий (глубины залегания уровней грунтовых вод, особенностей гранулометрического состава водовмещающих пород, наличия водообмена с нижележащими водоносными горизонтами, агрессивности грунтовых вод и др.), конструктивных особенностей дрен и фильтрационных деформаций в придренированной зоне (степени уплотненности грунта), кольматируемости фильтровых обсыпок и фильтров, зависящей от условий строительства в сухих или водонасыщенных грунтах. Поэтому о возможности применения конкретного вида геотекстиля в качестве ЗФМ для горизонтального дренажа на орошаемых землях можно будет судить после проведения соответствующих исследований.

Не менее важным направлением в совершенствовании конструкции закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях является применение качественных объемно-фильтрующих материалов при строительстве дрен.

В первые годы строительства дренажа в качестве фильтровой обсыпки применялся мелкозернистый песок, использование которого не рекомендуется рядом исследователей. В РосНИИПМ разработаны и внедрены конструкции дрен с применением в качестве объемных фильтрующих материалов отходов тепловых электростанций и угольной промышленности [24]. Однако отвалы тепловых электростанций и угольной промышленности характеризуются неоднородностью гранулометрического состава (таблица 1), поэтому в проектах предусматривались работы по выбору места разработки отвала с уточнением гранулометрического состава и коэффициентов фильтрации золошлакового материала (ЗШМ).

Таблица 1 – Средние значения гранулометрического состава золошлаков в зависимости от их возраста

Название фракции	D, мм	Процентное содержание фракции в пробе ЗШМ	Процентное содержание фракции в пробах ЗШМ различных лет		
			1 год	13–15 лет	25–30 лет
Галька	10	0,5–19,6	6,6	3,1	3,6
Гравелистые	2–10	31,2–57,6	43,7	38,6	47,1
Песчаные средние	0,5–1,0	1,02–5,8	4,0	4,7	3,0
Песчаные крупные	1,0–2,0	9,7–55,9	21,0	29,6	26,7
Песчаные мелкие	0,25–0,5	3,08–12,5	7,2	7,4	4,9
Песчаные очень мелкие пылеватые	0,25	1,2–39,3	17,2	16,6	20,5
Средний коэффициент неоднородности			36	74	47

В настоящее время при разработке терриконов, золоотвалов и карьеров по добыче щебня применяют дробильно-сортировочные установки, которые позволяют отбирать ЗШМ оптимального гранулометрического состава для формирования качественных объемных дренажных фильтров под конкретные гидрогеологические условия.

Выводы. Основной характеристикой эффективности работы закрытого дренажа является показатель фильтрационного сопротивления, которое водоприемная часть дрены оказывает фильтрационному потоку на входе в фильтр. Исследования и анализ опубликованных работ по рассматриваемой проблеме показывают, что водоприемная способность дрены зависит от скорости потока грунтовых вод в дрину на границе фильтра. Снижение скоростей достигается созданием «обратных» фильтров и реализуется применением фильтровых обсыпок.

Перспективным направлением поиска надежной фильтровой защиты закрытых дрен является применение при строительстве дренажа на орошаемых землях геотекстиля в качестве ЗФМ и создание структурных объемных фильтров. Одним из наиболее перспективных материалов для создания структурных объемных фильтров являются отходы тепловых электростанций, угольной промышленности и карьеров по добыче щебня. Вопрос использования таких материалов должен увязываться с конкретными грунтовыми и гидрогеологическими условиями участка строительства дренажа и технологиями строительства дрен.

Список использованных источников

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

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

3 Капустян, А. С. Состояние и перспективы развития дренажа на Юге России / А. С. Капустян, В. А. Васильченко, В. С. Крючин // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. по материалам науч.-практ. семинаров по проблемам мелиорации 2005 г. / ФГНУ «РосНИИПМ»; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск, 2005. – С. 45–51.

4 Лисконов, А. Т. Закрытый дренаж при орошении / А. Т. Лисконов, Н. Н. Бредихин, Д. П. Савчук. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1992. – 288 с.

5 СТО НОСТРОЙ 2.33.20-2011. Мелиоративные системы и сооружения. Ч. 1. Оросительные системы. Общие требования по проектированию и строительству. – Введ. 2012-12-05 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

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

7 Щедрин, В. Н. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ: монография. В 2 ч. Ч. 2 / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 262 с.

8 Аверьянов, С. Ф. Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель / С. Ф. Аверьянов. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 84 с.

9 Ведерников, В. В. Теория фильтрации и ее применение в области ирригации и дренажа / В. В. Ведерников. – М. – Л.: Госстройиздат, 1939. – 248 с.

10 Костяков, А. Н. Основы мелиорации: учеб. для гидромелиоратив. ин-тов и фак. / А. Н. Костяков. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 622 с.

11 Фаворин, Н. И. Орошаемые каналы и грунтовые воды / Н. И. Фаворин. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 96 с.

12 Костяков, А. Н. Влияние оросительных систем на режим грунтовых вод / А. Н. Костяков, Н. И. Фаворин, С. Ф. Аверьянов // Сб. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 48–62.

13 Аверьянов, С. Ф. Некоторые вопросы предупреждения засоления орошаемых земель и меры борьбы с ним в Европейской части СССР // Орошаемое земледелие в Европейской части СССР. – М.: Колос, 1965. – С. 36–54.

14 Митин, В. Ф. Фильтрующие материалы и засыпки для закрытого дренажа в зоне осушения / В. Ф. Митин, Н. В. Акимов // Мелиорация и водное хозяйство. Водохозяйственное строительство: обзор. информ. / ЦБНТИ Минводстроя СССР. – 1989. – Вып. 10. – С. 46–51.

15 Мурашко, А. И. Сельскохозяйственный дренаж в гумидной зоне / А. И. Мурашко. – М.: Колос, 1982. – 272 с.

16 Пивовар, Н. Г. Трубчатый дренаж из полимерных материалов / Н. Г. Пивовар, Н. Г. Бугай, В. Л. Фридрихсон // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 4. – С. 48–50.

17 Филиппов, Ю. Г. Исследование работы закрытого дренажа на орошаемых землях Ростовской области / Ю. Г. Филиппов, Р. Г. Джанумов // Эксплуатация оросительных систем и мелиорация орошаемых земель Северного Кавказа: сб. науч. тр. / Южгипроводхоз. – Ростов н/Д., 1973. – Вып. 4, ч. 2. – С. 37–53.

18 Кононов, И. В. Методика оценки фильтрационных деформаций в области контакта защищаемого грунта и дренажного фильтра / И. В. Кононов, В. П. Насиковский // Мелиорация и водное хозяйство: респ. межведомств. темат. сб. – Киев: Урожай, 1974. – Вып. 30. – С. 84–92.

19 Насиковский, В. П. Экспериментальное определение коэффициента водоотдачи и недостатка насыщения / В. П. Насиковский, В. Я. Шапран // Мелиорация и водное хозяйство. – Киев, 1971. – Вып. 19. – С. 134–142.

20 Васильченко, В. А. Временные рекомендации по оптимальным конструкциям и параметрам закрытого дренажа для условий Северного Кавказа / В. А. Васильченко, Н. Н. Бредихин; ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1983. – 56 с.

21 Бредихин, Н. Н. Техническое состояние закрытого дренажа и эффективность его работы / Н. Н. Бредихин // Вопросы мелиоративного состояния орошаемых земель и использования водных ресурсов Северного Кавказа: сб. науч. тр. / ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1983. – С. 67–72.

22 Бредихин, Н. Н. Выбор оптимальных конструкций закрытого дренажа по различным водным нагрузкам / Н. Н. Бредихин // Доклады ВАСХНИЛ. – 1984. – № 8. – С. 32–34.

23 Васильченко, В. А. К обоснованию типов и параметров мелиоративного дренажа / В. А. Васильченко // Вопросы мелиоративного состояния орошаемых земель и использования водных ресурсов Северного Кавказа: сб. науч. тр. / ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1983. – С. 15–17.

24 Кисиль, А. А. Эффективность работы закрытого горизонтального дренажа с фильтрами из золошлаковых отходов ГРЭС: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02, 25.00.36 / Кисиль Андрей Алексеевич. – Новочеркасск, 2002. – 27 с.

УДК 631.6

Х. М. Якубова, И. А. Усманов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ УЗБЕКИСТАНА

В статье обобщены результаты экспериментов в области водосберегающих технологий и повышения эффективности использования водных ресурсов на уровне оросительной системы и фермерских хозяйств. Цель исследований состояла в решении задачи, связанной с повышением эффективности использования водных ресурсов для полива сельскохозяйственных культур в Узбекистане. Проанализированы водосберегающие способы и методы, используемые в орошаемом земледелии. Установлено, что в настоящее время возникла острая потребность в разработке дешевых, но эффективных мероприятий по водосбережению и регулированию почвенно-мелиоративных процессов, которые включают внедрение в практику сельского хозяйства водосберегающих способов, повышение коэффициента полезного действия оросительных систем, использование капельного орошения.

Ключевые слова: водные ресурсы, эффективность способов полива, коэффициент полезного действия, техника полива, технология орошения, дефицит воды, бассейн Сырдарьи.

Kh. M. Yakubova, I. A. Usmanov

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

ON THE ISSUE OF NEW WATER-SAVING TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION IN AGRICULTURE OF UZBEKISTAN

The results of experiments in the field of water-saving technologies and increasing the water resources use efficiency at the level of irrigation system and farms are summarized. The aim of the research was to solve the problem connected with the increasing of the water resources use efficiency for irrigation of agricultural crops in Uzbekistan. Water-saving techniques and methods used in irrigated agriculture are analyzed. It is found that nowadays there is an acute need for the development of cheap but effective measures for water saving and regulation of soil ameliorative processes, which include practical application of water-saving methods in agricultural practice, the increasing of the efficiency of irrigation systems, the use of a drip irrigation.

Key words: water resources, efficiency of irrigation methods, efficiency coefficient, irrigation technique, irrigation technology, water shortage, Syr-Darya basin.

Введение. Как известно, в странах, расположенных в аридной зоне, постоянно ощущается дефицит оросительной воды. Он особенно обостряется в условиях глобального потепления климата. Так, в равнинной части Республики Узбекистан недостаток насыщения воздуха влагой в летние месяцы достигает 14–16 %. А дефицит влаги, который отражает разность между испаряемостью и суммой осадков, за вегетационный период составляет 844–996 мм. Ввиду незначительной величины атмосферных осадков их роль в формировании влагозапасов в почве недостаточна. В таких условиях развитие всего народно-хозяйственного комплекса, и особенно сельскохозяйственного сектора, невозможно без повышения эффективности использования водных ресурсов. Особенность си-

туации последних десятилетий в водном хозяйстве заключается в том, что объем технически доступных водных ресурсов и объем спроса на воду превышают (особенно в мало-водные годы) объем экологически доступных водных ресурсов в р. Сырдарье и Амударье.

В этих условиях единственным средством снижения диспропорции между предложением и спросом на использование воды является управление спросом на водные ресурсы путем применения системы водосбережения.

В сельском хозяйстве Узбекистана основное место занимают системы поверхностного полива, при которых неизбежны определенные потери воды по пути транспортировки воды от водоисточника до конкретного орошаемого поля фермерского хозяйства.

Материал и методы. В статье использованы материалы стандартных наблюдений Гидрометеослужбы Узбекистана и бассейнового водохозяйственного объединения «Сырдарья» по гидрологическому режиму р. Сырдарья. Также использованы фондовые материалы за ретроспективный период Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан, Среднеазиатского НИИ ирригации (САНИИРИ) и других организаций. Используемые материалы дополнены результатами экспедиционных и полевых исследований, выполненных на орошаемых полях Сырдарьинской области. При обработке и интерпретации полученных результатов использовали методы гидрологических расчетов и подсчет водно-солевых балансов, а также методы статистического анализа.

Результаты и обсуждение. Известно, что коэффициент полезного действия (КПД) оросительной системы, определяя ее технический уровень, играет важную роль в уменьшении общих потерь воды. При этом чем выше значение КПД, тем выше водообеспеченность территории. В последние годы в связи с износом и старением построенных еще в 1960-е гг. ирригационных систем отмечается постепенное уменьшение их КПД. Так, в Голодной степи Узбекистана КПД межхозяйственных каналов снизился с 0,73 в 2000 г. до 0,69 в 2014 г. Исследования показывают, что при таком значении КПД ирригационных систем суммарные потери воды по Голодной степи достигают 30 %, или $\approx 1,0-1,2$ млрд м³/год (по Сырдарьинской и Джизакской области).

Расчеты показали, что повышение КПД оросительных систем с 0,65 до 0,80 за счет технологического усовершенствования всей системы, начиная с техники полива и заканчивая уровнем межхозяйственной и магистральной сети, позволяет снизить общие потери воды до 20 %, обеспечивая сокращение оросительной нормы брутто (по хлопчатнику для различных гидромодульных районов) до расчетных значений (таблица 1).

Таблица 1 – Пределы снижения оросительной нормы (брутто) при повышении КПД оросительной системы

В м³/га

Расчетная оросительная норма хлопчатника	Оросительная норма брутто при повышении КПД			
	0,65	0,70	0,75	0,80
6000	9230	8570	8000	7500
7640	11750	10910	10190	9550
8930	13745	12760	11910	11170

Не менее важным фактором повышения эффективности использования водных ресурсов является широкое внедрение водосберегающих способов и технологий.

Система водосбережения включает в себя широкий круг вопросов: оптимизацию мелиоративных режимов на фоне дренажа и техники полива, использование агротехнических приемов, повышающих плодородие почв, совершенствование техники и технологии орошения и т. п. Целью водосбережения на орошаемых землях является такое ведение сельхозпроизводства, которое при рациональных затратах оросительной воды обеспечивает экономически целесообразный уровень урожайности сельхозкультур и прибыль.

Отечественные и зарубежные технологии и способы водосбережения приведены в ряде крупных научных работ, при этом методы водосбережения, используемые в оро-

шаемом земледелии, можно условно разделить на технические, технологические и организационные [1]. При этом виды применяемых водосберегающих методов определяются:

- категорией объектов водного хозяйства (водохозяйственные структуры используют в основном технические и организационные методы, а сельскохозяйственные структуры используют более широкий спектр методов, но главным образом технологические и организационные);

- расположением объектов мониторинга относительно основного источника орошения (хозяйства, расположенные в верхнем течении канала, в зонах средних уклонов поверхности используют, как правило, полив через борозду, многоярусный полив, полив переменной струей; в среднем течении в зоне малых уклонов используют полив через борозду, полив переменной струей, дифференцированную водоподачу в зависимости от залегания уровня грунтовых вод; в зоне безуклонных земель используют полив по встречным и тупиковым бороздам; в зоне безуклонных земель низовьев, где в основном располагаются рисовые оросительные системы, полив по спланированным под ноль чекам, «прикатывание» чеков для уменьшения потерь на глубинную инфильтрацию);

- расположением объекта мониторинга относительно непосредственного источника орошения (хозяйства, расположенные в удалении от головы канала, и в особенности те, которые находятся в конце канала, традиционно испытывают недостаток в воде, и в них умеют особенно экономно использовать воду. Для них характерно повторное использование возвратных вод, влагозарядковые поливы, поливы через борозду и водооборот);

- размером и типом хозяйств (маленькие фермерские хозяйства, в отличие от крупных, имеют меньше возможностей для использования, например, ярусного полива и севооборота).

Достижение высокого уровня урожайности при одновременном сокращении затрат воды на единицу продукции возможно при осуществлении достаточно известных мероприятий: применении капельного орошения, дождевания, внутрпочвенного орошения, лазерной планировки орошаемого поля и др. Обобщение опытов по водосберегающим мероприятиям выявило возможную экономию оросительной воды с учетом уклонов местности и вида сельскохозяйственных культур (таблица 2).

Таблица 2 – Возможная экономия оросительной воды при внедрении водосберегающих технологий полива

Способ полива	Уклон местности	Вид сельхозкультуры	Достигнутое снижение оросительной нормы, м ³ /га
Капельное орошение	> 0,05	виноград	1990–2040
	0,025–0,05	виноград	4000
		хлопчатник	5500
	0,025–0,0075	хлопчатник	3000–5200
	0,001–0,0025	хлопчатник	2340–3090
Внутрпочвенное орошение	0,001–0,0025	хлопчатник	1100–1300
Дождевание	0,0025–0,0075	хлопчатник	2200–3050
	> 0,001	хлопчатник	600–1300

Вместе с тем следует отметить, что использование приведенных способов водосбережения требует значительных капиталовложений.

Из-за высокой стоимости указанных технологий, по мнению ученых [2], для Узбекистана в ближайшей перспективе основным способом орошения сельскохозяйственных культур будут являться технологии, не требующие дополнительных инвестиций.

Результаты полевых экспериментов различных специалистов [3] показывают, что и в существующем бороздковом способе полива имеются большие возможности для экономии воды (до 1,2–1,5 тыс. м³/га) в случае совершенствования технологии.

При этом установлено, что в зоне существующего орошения Сырдарьинской области потенциально подходящие для внедрения систем капельного орошения площади составляют 10000 га, а в Джизакской области – 20400 га. При средней экономии воды около 2,5 тыс. м³/га применение систем капельного орошения на площади 10,0 тыс. га позволит снизить дефицит воды на 25 млн м³/год, в Джизакской – на 51,0 млн м³/год. А на остальной орошаемой площади Сырдарьинской области, равной 282,2 тыс. га, усовершенствование элементов технологии существующего бороздкового способа орошения позволит сэкономить в среднем 1500 м³/га воды и уменьшить потребность в воде до 423,3 млн м³. В Джизакской области на площади 279,6 тыс. га экономия составит 419,4 млн м³/год. В целом выполненные нами расчеты показывают, что при практической реализации водосберегающих способов и технологий в целом по Джизакской и Сырдарьинской областям (Голодная степь) республики дефицит воды в период вегетации можно снизить примерно на 918,0 млн м³ (таблица 3).

Таблица 3 – Расчет вероятности снижения требований на воду по Голодной степи при внедрении новых водосберегающих технологий

Область	Площадь внедрения капельного орошения, тыс. га	Объем экономии воды, млн м ³ /год	
		при капельном орошении	при подборе оптимальных элементов бороздкового способа на остальной площади
Сырдарья	10,0	25,0	423,3
Джизак	20,400	51,0	419,4
Итого по Голодной степи	30,400	76,0	842,0

В таких условиях правительством Узбекистана также рассматриваются директивные документы, которые посвящены дальнейшему совершенствованию использования и экономии водных ресурсов, используемых в сельскохозяйственном производстве. В частности, издано Постановление Президента Республики Узбекистан от 19 апреля 2013 г. «О мерах по дальнейшему улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов на период 2013–2017 гг.», в котором определен порядок формирования адресных программ внедрения системы водосберегающих способов и технологий с учетом территориальных особенностей разных регионов республики.

Выводы

1 Нестабильная водохозяйственная обстановка в бассейне р. Сырдарьи осложняет многолетний режим речного стока, который приводит к потенциально высоким рискам маловодья в период вегетации, затрудняет регулирование эколого-мелиоративных процессов и наносит ущерб урожайности возделываемых культур.

2 В таких условиях возникает необходимость разработки недорогих и эффективных мер по водосбережению и регулированию почвенно-мелиоративных процессов.

3 Предлагаемые меры включают внедрение водосберегающих способов и методов, повышение коэффициента полезного действия оросительных систем, использование капельного орошения и др.

Список использованных источников

1 Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1967. – 624 с.

2 Лактаев, Н. Т. Полив хлопчатника / Н. Т. Лактаев. – М.: Колос, 1978. – 175 с.

3 Хорст, М. Г. Основные принципы районирования орошаемых земель Узбекистана по применимости капельного орошения / М. Г. Хорст, Р. К. Икрамов // Сборник научных трудов по капельному орошению. – Ташкент: САНИИРИ, 1995. – С. 13–24.

УДК 631.674.6

Ю. Ю. Глущенко, А. С. Штанько, В. Н. Шкура

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

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА КОНТУРА КАПЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ

Цель исследования состоит в установлении наличия функциональной связи и описывающих ее экспериментальных зависимостей между значениями поверхностного и среднего диаметров контуров увлажнения почвенного пространства, формирующихся при капельном поливе. Достижение поставленной цели позволит предложить экспресс-метод определения (прогнозирования) величины средних диаметров контуров капельного увлажнения по известным значениям поверхностных диаметров при минимальных затратах труда и времени. В результате исследования получены экспериментальные зависимости, которые описывают соотношение среднего и поверхностного диаметров контуров увлажнения, формирующихся в различных почвенных условиях. Статистическая оценка экспериментального материала и данных сопоставления расчетных и опытных значений указанного соотношения диаметров контуров влажности почвы показала приемлемость установленных зависимостей для практического использования. Предложенный по результатам исследования экспресс-метод прогнозирования размера среднего диаметра контура влажности позволяет более чем в три раза уменьшить трудоемкость процесса его определения (по поверхностному) без снижения точности установления его значения.

Ключевые слова: капельный полив, контур увлажнения, контур влажности, размер контура, почвенные параметры, поверхностный диаметр контура, средний диаметр контура.

Yu. Yu. Glushchenko, A. S. Shtanko, V. N. Shkura

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

EXPRESS METHOD OF DETERMINING THE AVERAGE SOIL MOISTURE CONTOUR DIAMETER AT DRIP IRRIGATION

The aim of the study is to find out the functional connection and the experimental dependences describing it, between the values of the surface diameter and the average moisture contours diameters of the soil space formed during drip irrigation. Achieving this goal will make it possible to propose the express method for determining (predicting) the average drip moistening contours diameters according to the known values of surface diameters with minimal labor costs and time consumption. As a result of the study, experimental dependences describing the ratio of the average and surface moisture contours diameters formed under different soil conditions were obtained. A statistical assessment of the experimental material and data comparing the calculated and experimental values of the given ratio of soil moisture contour diameters showed the acceptability of found dependencies for practical use. The express method of predicting the size of the average moisture contour diameter suggested by the results of the study allows to reduce the complexity of the process of its determining (along the surface) without reducing the accuracy of establishing its value more than three times.

Key words: drip irrigation, moisture contour, humidity contour, contour size, soil parameters, surface contour diameter, average contour diameter.

Введение. При проектировании и эксплуатации систем капельного орошения в качестве определяющего измерителя рассматривается контур влажности (увлажнения) почвы, формирующийся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе. Одним из определяемых и используемых в расчетах геометрических параметров контура является его средний диаметр, величина которого используется при расчете поливных норм. В реальной практике величина среднего по глубине контура диаметра определяется по данным многочисленных измерений влажности почвы в подкапельной зоне ее увлажнения и построенному (по этим данным) вертикальному профилю контура (его сечению вертикальной плоскостью, проходящей через ось капания). Процесс проведения измерений влажности почвы в зоне увлажнения и последующей их обработки требует значительных затрат труда и времени, тогда как оценка качества полива, определение постполивной влажности почвы, принятие решений о проведении очередных поливов и определение поливных норм требуют определенной оперативности.

Необходимость определения объемов увлажняемых при капельном поливе почвенных пространств и использования при их расчетах средних диаметров контуров отмечена в работах О. Е. Ясониди, М. К. Гаджиева, О. Н. Карпенко, В. И. Торбовского, В. Н. Шкуры, А. С. Штанько и других исследователей [1–6]. Судя по приведенным в указанных публикациях данным, средние диаметры контуров их авторами определены по трудозатратным методикам (деление профиля контура на несколько сечений по его глубине или определение площади вертикального сечения контура с последующим вычислением среднего диаметра). В связи с этим и указанным выше обстоятельством поиск способов оперативного и малозатратного определения значений средних диаметров контуров капельного увлажнения почвы является актуальным.

В процессе поиска приемлемого способа определения среднего диаметра контура с малыми затратами времени и труда была выдвинута рабочая гипотеза о возможности расчетного определения величины d_{cp} по измеренному значению поверхностного диаметра контура $d_{пов}$. При разработке гипотезы было очевидно, что реалистичность ее реализации определяется наличием функциональной связи и описывающих ее экспериментальных зависимостей между значениями рассматриваемых диаметров d_{cp} и $d_{пов}$, это и было определено основной целью аналитического исследования.

Материалы и методы. Для исследования было выбрано 10 типичных контуров капельного увлажнения различных типов почв. В качестве определяющего параметра было выбрано соотношение $d_{cp}/d_{пов}$, а в качестве факторов влияния – почвенные параметры: $W_{г/ч}$ – содержание в почве глинистых частиц, определяемое в процентах от массы сухой почвы (% МСП), $W_{НВ}$ – наименьшая влагоемкость почвы в пределах увлажняемого слоя (% МСП) и $(\bar{V}_{вп})_{час}$ – средняя скорость впитывания воды почвой за первый час наблюдений (залива), мм/мин (таблица 1).

Таблица 1 – Данные по значениям почвенных параметров

Параметр	Значение параметра									
$W_{г/ч}$, % МСП	6,7	15,9	20,8	27,4	36,1	42,8	50,4	57,1	63,7	74,6
$W_{НВ}$, % МСП	8,1	14,2	16,9	20,0	23,6	25,9	27,6	29,2	30,4	32,2
$(\bar{V}_{вп})_{час}$, мм/мин	2,95	2,12	1,60	1,51	1,10	0,95	0,81	0,76	0,68	0,51

Соотношения $d_{cp}/d_{пов}$ определялись по сечениям 1, 2 и 3 одного контура увлажнения, по которым, в свою очередь, устанавливались их средние значения $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$.

На предварительной стадии исследования была сделана оценка качества исход-

ных опытных данных, в процессе которой определялись отклонения значений $d_{cp}/d_{пов}$ по каждой повторности измерений от среднего значения этого соотношения по контуру, определенного по трем сечениям $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$, и среднего значения по двум повторностям от $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$ (таблица 2).

Таблица 2 – Опытные значения по повторностям (сечениям 1, 2 и 3) измерений параметров контура d_{cp} и $d_{пов}$ и их соотношения $d_{cp}/d_{пов}$

Параметр	Значение параметра										Среднее
	$(d_{cp}/d_{пов})_1$	0,82	0,94	0,94	0,99	0,98	1,07	1,36	1,14	1,28	
$(d_{cp}/d_{пов})_2$	0,67	0,90	0,78	1,01	1,12	1,13	1,12	1,32	1,38	1,36	-
$(d_{cp}/d_{пов})_3$	0,61	0,83	0,98	0,94	0,99	1,07	1,18	1,38	1,24	1,39	-
$(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$	0,70	0,89	0,90	0,98	1,03	1,09	1,22	1,28	1,30	1,35	-
$\Delta_{1(к\ среднему)}, \%$	-17,1	-5,6	-4,4	-1,0	4,9	1,8	-11,5	10,9	1,5	3,7	6,3
$\Delta_{2(к\ среднему)}, \%$	4,3	-1,1	13,3	-3,1	-8,7	-3,7	8,2	-3,1	-6,2	-0,7	5,2
$\Delta_{3(к\ среднему)}, \%$	12,9	6,7	-8,9	4,1	3,9	1,8	3,3	-7,8	4,6	-3,0	5,7
$(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{1,2}$	0,75	0,92	0,86	1,00	1,05	1,10	1,24	1,23	1,33	1,33	-
$\Delta_{1,2(к\ среднему)}, \%$	-6,43	-3,37	4,44	-2,04	-1,94	-0,92	-1,64	3,91	-2,31	1,48	2,8
$(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{1,3}$	0,72	0,89	0,96	0,97	0,99	1,07	1,27	1,26	1,26	1,35	-
$\Delta_{1,3(к\ среднему)}, \%$	-2,1	0,6	-6,7	1,5	4,4	1,8	-4,1	1,6	3,1	0,4	2,6
$(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{2,3}$	0,64	0,87	0,88	0,98	1,06	1,10	1,15	1,35	1,31	1,38	-
$\Delta_{2,3(к\ среднему)}, \%$	8,6	2,8	2,2	0,5	-2,4	-0,9	5,7	-5,5	-0,8	-1,9	3,1

Примечание – $(d_{cp}/d_{пов})_i$ – соотношение $d_{cp}/d_{пов}$ по сечению 1, 2 или 3; $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$ – среднее значение этого соотношения по контуру, определенное по трем сечениям; $\Delta_{1(к\ среднему)}$ – отклонение $(d_{cp}/d_{пов})_i$ от $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$; $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{1,2}$ – среднее значение этого соотношения по сечениям 1 и 2; $\Delta_{1,2(к\ среднему)}$ – отклонение $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{1,2}$ от $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$; $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{1,3}$ – среднее значение этого соотношения по сечениям 1 и 3; $\Delta_{1,3(к\ среднему)}$ – отклонение $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{1,3}$ от $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$; $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{2,3}$ – среднее значение этого соотношения по сечениям 2 и 3; $\Delta_{2,3(к\ среднему)}$ – отклонение $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{2,3}$ от $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$.

Судя по данным таблицы 2, значения $d_{cp}/d_{пов}$, соответствующие разным сечениям контура, существенно отличаются как между собой, так и от средних значений $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$. В среднем по сечению 1 отклонения значений $d_{cp}/d_{пов}$ от среднего значения этого соотношения составляют $\overline{\Delta}_1 = 6,3 \%$ (с вариациями от 1,0 до 17,1 %), по второму сечению $\overline{\Delta}_2 = 5,2 \%$ (с вариациями от 0,7 до 13,3 %), по сечению 3 среднее отклонение $\overline{\Delta}_3$ составило 5,7 % (с вариациями значений от 1,8 до 12,9 %). Осредненное отклонение значений $d_{cp}/d_{пов}$, определенных по одному сечению, от средней величины

по контуру в целом составляет $\bar{\Delta}_{\text{кон}} = 5,73\%$, что вполне приемлемо для практического исследования. Вместе с тем наличие фактов отклонений по отдельным контурам, значительно превышающих $12,0\%$, побуждает рассмотреть и проанализировать точность определения значений $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ не по одному, а по двум замерным сечениям. При рассмотрении двух сечений величина $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ определяется как средняя по двум ее значениям. Выполненные расчеты (таблица 2) показали снижение как средних, так и осредненного отклонения значений $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ от средних их величин с $(\bar{\Delta}_{\text{кон}})_{1\text{сеч}} = 5,73\%$ до $(\bar{\Delta}_{\text{кон}})_{2\text{сеч}} = 2,83\%$. При этом максимальные значения отклонений по отдельным контурам снизились с $17,1$ до $8,6\%$. Указанные обстоятельства приводят к выводу о необходимости и достаточном проведении замеров контуров по двум («полнодиаметральным») сечениям, а не по одному, как это чаще всего реализуется на практике.

Проведенная оценка точности измерений контуров и определения значений $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ свидетельствует об их приемлемости для последующего анализа и обобщений.

На последующем этапе исследования с использованием технологии дисперсионно-корреляционного анализа устанавливалось наличие функциональных связей $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{г/ч}}} = f_1(W_{\text{г/ч}})$; $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{НВ}}} = f_2(W_{\text{НВ}})$ и $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{(\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}} = f_3((\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}})$, описывающих их экспериментальных зависимостей и оценивалась их приемлемость для ведения практических расчетов по определению значений $d_{\text{ср}}$ по значению $d_{\text{пов}}$.

Результаты и обсуждение. В процессе обработки опытных данных получены экспериментальные зависимости для определения значений $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$:

$$(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{г/ч}}} = 0,72 \cdot 2,718^{0,01W_{\text{г/ч}}}, \quad (1)$$

$$(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{НВ}}} = 0,63 \cdot 2,718^{0,023W_{\text{НВ}}}, \quad (2)$$

$$(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{(\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}} = 1,64/2,718^{0,35 \cdot (\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}}, \quad (3)$$

где $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{г/ч}}}$, $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{НВ}}}$ и $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{(\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}}$ – значения соотношения $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ по почвенным параметрам $W_{\text{г/ч}}$, $W_{\text{НВ}}$ и $(\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}$ соответственно.

Виды зависимостей (1), (2) и (3) проиллюстрированы рисунками 1, 2 и 3.

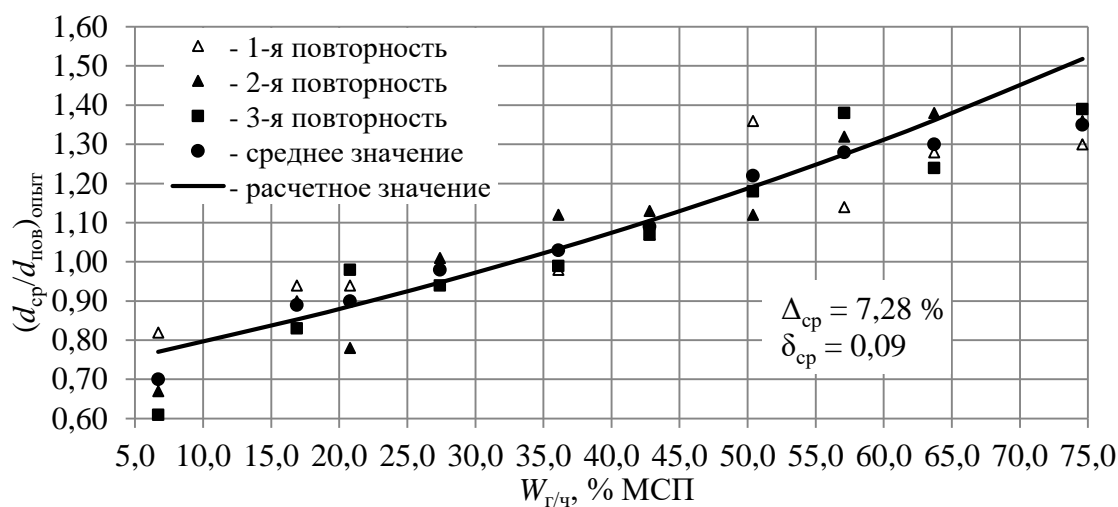


Рисунок 1 – Графическое представление опытных значений $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{г/ч}}}$ по повторностям их определения

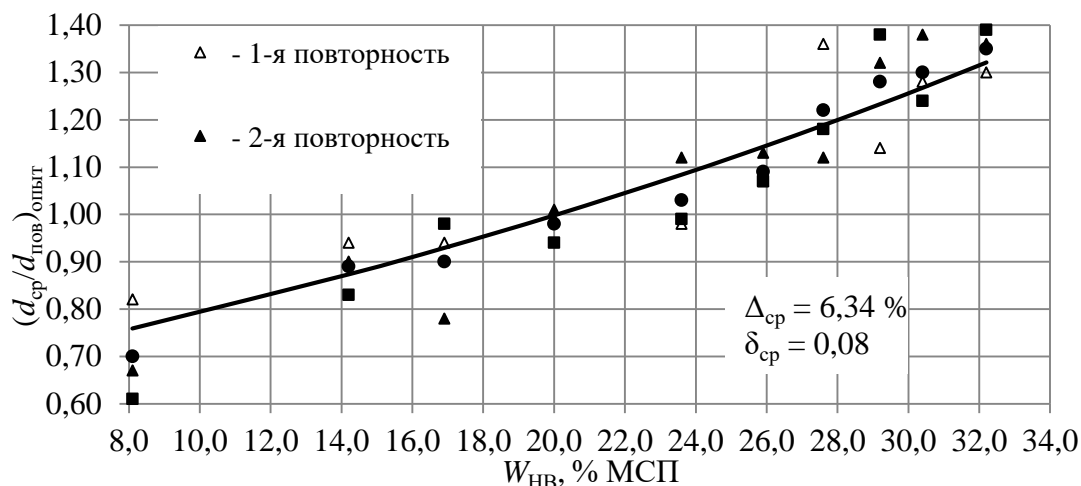


Рисунок 2 – Графическое представление опытных значений $(d_{cp}/d_{пов})_{W_{НВ}}$ по повторностям их определения

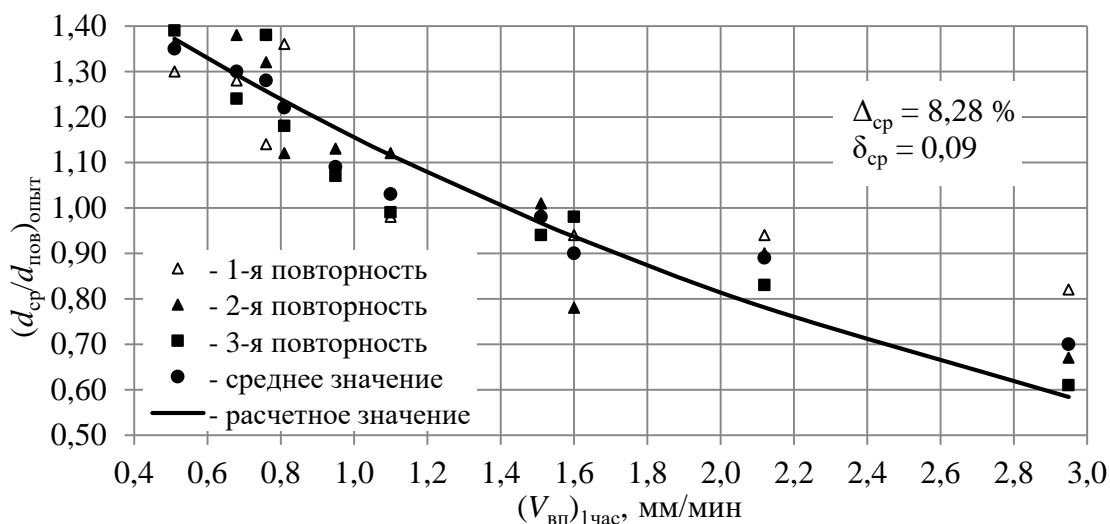


Рисунок 3 – Графическое представление опытных значений $(d_{cp}/d_{пов})_{(\bar{v}_{вп})_{1час}}$ по повторностям их определения

Судя по приведенным на рисунках 1, 2 и 3 данным, графические образы зависимостей (1), (2) и (3) соответствуют опытным данным, но при этом имеют место превышающие 12 % отклонения отдельных значений $d_{cp}/d_{пов}$ от расчетных их величин.

В процессе анализа проведено сопоставление расчетных значений $d_{cp}/d_{пов}$ со значениями $(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$, результаты которого приведены в таблицах 3, 4 и 5.

Таблица 3 – Данные и результаты сопоставления расчетных по зависимости (1) и опытных (осредненных по трем повторностям) значений $(d_{cp}/d_{пов})_{W_{т/ч}}$

Параметр	Значение параметра										Среднее
$W_{т/ч}$, % МСП	6,7	16,9	20,8	27,4	36,1	42,8	50,4	57,1	63,7	74,6	-
$(d_{cp}/d_{пов})_{W_{т/ч}}$	0,77	0,85	0,89	0,95	1,03	1,10	1,19	1,27	1,36	1,52	-
$(\overline{d_{cp}/d_{пов}})_{опыт}$	0,70	0,89	0,90	0,98	1,03	1,09	1,22	1,28	1,30	1,35	-
Отклонение, %	-10,0	4,2	1,5	3,4	-0,3	-1,3	2,3	0,4	-4,7	-12,4	4,1

Таблица 4 – Данные и результаты сопоставления расчетных по зависимости (2) и опытных (осредненных по трем повторностям) значений $(d_{cp}/d_{пов})_{W_{HB}}$

Параметр	Значение параметра										Среднее
	8,1	14,2	16,9	20,0	23,6	25,9	27,6	29,2	30,4	32,2	
$W_{HB}, \% \text{ МСП}$	8,1	14,2	16,9	20,0	23,6	25,9	27,6	29,2	30,4	32,2	-
$(d_{cp}/d_{пов})_{W_{HB}}$	0,76	0,87	0,93	1,00	1,08	1,14	1,19	1,23	1,27	1,32	-
$(d_{cp}/d_{пов})_{опыт}$	0,70	0,89	0,90	0,98	10,3	1,09	1,22	1,28	1,30	1,35	-
Отклонение, %	-8,4	1,9	-3,3	-1,8	-5,2	-4,9	2,6	3,7	2,5	2,1	3,6

Таблица 5 – Данные и результаты сопоставления расчетных по зависимости (3) и опытных (осредненных по трем повторностям) значений $(d_{cp}/d_{пов})_{(\bar{V}_{вп})_{1\text{час}}}$

Параметр	Значение параметра										Среднее
	2,95	2,12	1,60	1,51	1,10	0,95	0,81	0,76	0,68	0,51	
$(\bar{V}_{вп})_{1\text{час}}, \% \text{ МСП}$	2,95	2,12	1,60	1,51	1,10	0,95	0,81	0,76	0,68	0,51	-
$(d_{cp}/d_{пов})_{\bar{V}_{вп}}$	0,58	0,78	0,94	0,97	1,12	1,18	1,24	1,26	1,29	1,37	-
$(d_{cp}/d_{пов})_{опыт}$	0,70	0,89	0,90	0,98	1,03	1,09	1,22	1,28	1,30	1,35	-
Отклонение, %	16,6	12,3	-4,1	1,3	-8,3	-7,9	-1,2	1,8	0,6	-1,6	5,6

Судя по данным таблиц 3, 4 и 5, средние отклонения расчетных значений от опытных составляют: по зависимости (1) – $\bar{\Delta}_{W_{т/ч}} = 4,1 \%$; по формуле (2) – $\bar{\Delta}_{W_{HB}} = 3,6 \%$ и по уравнению (3) – $\bar{\Delta}_{\bar{V}_{вп}} = 5,6 \%$, что соответствует высокому уровню аппроксимации опытных данных. Но при этом наличие отклонений, превышающих 12 %, побуждает к использованию нижеприведенных зависимостей, учитывающих два почвенных фактора:

$$(d_{cp}/d_{пов})_{W_{т/ч}+W_{HB}} = 0,5 \cdot (0,679 \cdot 2,718^{0,01 \cdot W_{т/ч}} + 0,640 \cdot 2,718^{0,023 \cdot W_{HB}}), \quad (4)$$

$$(d_{cp}/d_{пов})_{W_{т/ч}+(\bar{V}_{вп})_{1\text{час}}} = 0,5 \cdot (0,679 \cdot 2,718^{0,01 \cdot W_{т/ч}} + 1,59/2,718^{0,35 \cdot (\bar{V}_{вп})_{1\text{час}}}), \quad (5)$$

$$(d_{cp}/d_{пов})_{W_{HB}+(\bar{V}_{вп})_{1\text{час}}} = 0,5 \cdot (0,640 \cdot 2,718^{0,023 \cdot W_{HB}} + 1,59/2,718^{0,35 \cdot (\bar{V}_{вп})_{1\text{час}}}). \quad (6)$$

Результат сопоставления значений $d_{cp}/d_{пов}$, полученных по зависимостям (4), (5) и (6), со среднеопытными значениями $(d_{cp}/d_{пов})_{опыт}$ приведен в таблицах 6, 7 и 8.

Таблица 6 – Данные и результаты сопоставления расчетных значений $(d_{cp}/d_{пов})$ по зависимости (4) $(d_{cp}/d_{пов})_{W_{т/ч}+W_{HB}}$ со среднеопытными значениями

Параметр	Значение параметра									
	0,75	0,84	0,89	0,95	1,04	1,10	1,17	1,23	1,29	1,39
$(d_{cp}/d_{пов})_{W_{т/ч}+W_{HB}}$	0,75	0,84	0,89	0,95	1,04	1,10	1,17	1,23	1,29	1,39
$(d_{cp}/d_{пов})_{опыт}$	0,70	0,89	0,90	0,98	1,03	1,09	1,22	1,28	1,30	1,35
Отклонения, %	-6,9	+5,4	+1,1	+2,2	-0,7	-1,0	+4,3	+8,2	+1,0	-7,9

Таблица 7 – Данные и результаты сопоставления расчетных значений $(d_{cp}/d_{пов})_{W_{т/ч}+(\bar{V}_{вп})_{1\text{час}}}$ по зависимости (5) со среднеопытными значениями

Параметр	Значение параметра									
	0,65	0,78	0,87	0,92	1,03	1,09	1,06	1,21	1,27	1,38
$(d_{cp}/d_{пов})_{W_{т/ч}+(\bar{V}_{вп})_{1\text{час}}}$	0,65	0,78	0,87	0,92	1,03	1,09	1,06	1,21	1,27	1,38
$(d_{cp}/d_{пов})_{опыт}$	0,70	0,89	0,90	0,98	1,03	1,09	1,22	1,28	1,30	1,35
Отклонения, %	+5,3	+12,8	+3,1	+6,5	+0,2	-0,1	+4,9	+5,5	+2,5	-2,4

Таблица 8 – Данные и результаты сопоставления расчетных значений

$(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{НВ}}+(\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}}$ по зависимости (6) с опытными значениями

Параметр	Значение параметра									
	$(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{НВ}}+(\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}}$	0,67	0,82	0,93	0,97	1,09	1,15	1,20	1,23	1,27
$(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{\text{опыт}}$	0,70	0,89	0,90	0,98	1,03	1,09	1,22	1,28	1,30	1,35
Отклонения, %	+4,4	+7,6	+2,9	+0,6	-5,8	-5,5	+1,6	+3,6	+2,1	+1,1

Использование двухфакторных зависимостей приводит к снижению осредненного значения отклонений расчета от опыта до $\pm 3,9\%$, что свидетельствует о приемлемости зависимостей (4), (5) и (6) для ведения расчетов.

Большая сходимость результатов расчета с опытными данными достигается при использовании формулы:

$$\left(\overline{d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}}\right)_{\text{расч}} = 0,333 \cdot \left(0,679 \cdot e^{0,01 \cdot W_{\text{г/ч}}} + 0,640 \cdot e^{0,023 \cdot W_{\text{НВ}}} + 1,59 / e^{0,35 \cdot (\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}}\right), \quad (7)$$

что проиллюстрировано данными сопоставления, приведенными в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты сопоставления расчетных по зависимости (7) значений

$(d_{\text{кон}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{г/ч}}+W_{\text{НВ}}+(\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}}$ с опытными значениями $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})$

Параметр	Значение параметра									
	$(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{\text{расч}}$	0,69	0,81	0,86	0,95	1,05	1,11	1,18	1,22	1,28
$(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{\text{опыт}}$	0,70	0,89	0,90	0,98	1,03	1,09	1,22	1,28	1,30	1,35
Отклонения, %	+1,7	+8,5	+4,9	+3,4	-1,9	+1,8	+1,33	+4,7	+1,5	-1,5

В соответствии с данными таблицы 9 осредненное отклонение расчетных значений от опытных составляет $\pm 3,3\%$, а максимальное отклонение составляет $8,5\%$.

Полученные зависимости апробированы на данных по параметрам контуров увлажнения, полученных другими исследователями (таблица 10).

Таблица 10 – Результаты сопоставления расчетных значений $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ с опытными данными, полученными другими исследователями

Источник информации	Почвенный параметр			Расчетное значение $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ по зависимости				Опытное значение $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{\text{опыт}}$	Отклонение значения, %
	$W_{\text{г/ч}}$, % МСП	$W_{\text{НВ}}$, % МСП	$(\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}$, % МСП	(1)	(2)	(3)	Среднее		
[1]	57,0	27,2	-	1,20	1,19	-	1,20	1,15	-4,1
[4]	$65 \pm 5,0$	$28 \pm 1,75$	0,8	1,30	1,21	1,20	1,24	1,13	-9,7

Установленное наличие связи $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}} = f(\Pi_{\text{п}})$ (где $\Pi_{\text{п}}$ – параметр, учитывающий свойства почвы) и полученные описывающие ее зависимости позволяют предложить экспресс-метод определения среднего диаметра по величине его поверхностного диаметра, суть которого заключается в нижеследующем:

- на участке капельного полива в пределах увлажняемого (расчетного) слоя почвы определяются значения почвенных параметров $W_{\text{г/ч}}$, $W_{\text{НВ}}$ и $(\bar{V}_{\text{вп}})_{1\text{час}}$;

- устанавливается влажность почвы в подкапельном почвенном пространстве и строится вертикальное сечение контура увлажнения при опытном капельном поливе для наиболее приемлемой величины поливной нормы и глубины увлажнения почвенного профиля. При этом с учетом принятой точности измерений параметры контура определяются по двум, трем или четырем радиальным направлениям;

- по полученным при камеральной обработке вертикальным сечениям контуров

капельного увлажнения почвы устанавливаются опытные значения соотношения $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ и определяется его среднеопытная величина $(\overline{d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}})_{\text{опыт}}$;

- расчетом по зависимостям (1), (2) и (3) определяются значения $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{г/ч}}}$, $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{W_{\text{нб}}}$ и $(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}})_{\bar{V}_{\text{нб}}}$ и по зависимости (7) среднее расчетное значение $(\overline{d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}})_{\text{расч}}$;

- при приемлемой точности определения значений $(\overline{d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}})_{\text{расч}}$ в сравнении с опытными значениями $(\overline{d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}})_{\text{опыт}}$ расчетная зависимость принимается за основу для последующих определений значений среднего по глубине зоны увлажнения диаметра контура $d_{\text{ср}}$, в соответствии с которым определяется поливная норма капельного полива.

Выводы

1 В результате исследования и дисперсионно-корреляционного анализа установлено наличие функциональной связи между средним диаметром капельного контура и его поверхностным значением.

2 Получены экспериментальные зависимости, позволяющие определить величину среднего диаметра контура по замеренному значению диаметра локального контура в приповерхностном (пятисантиметровом) почвенном слое, для широкого спектра почвенных условий проведения капельного полива.

3 Статистическая оценка результатов сопоставления расчетных и опытных значений соотношений $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ показала приемлемость полученных экспериментальных зависимостей для практического использования.

4 На базе полученных данных и экспериментальных зависимостей предложен экспресс-метод определения среднего диаметра контура капельного увлажнения почвы по величине его поверхностного диаметра.

Список использованных источников

1 Ясониди, О. Е. Капельное орошение на Северном Кавказе / О. Е. Ясониди, Д. П. Гостищев // Вопросы мелиорации. – 2003. – № 5–6. – С. 19–26.

2 Гаджиев, М. К. Особенности капельного орошения виноградников в условиях Дагестанской АССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Гаджиев Магомед Кебедович. – Новочеркасск, 1985. – 24 с.

3 Карпенко, О. Н. Капельное орошение и агротехника возделывания роз в теплице / О. Н. Карпенко // Проблемы агротехники и мелиорации. Труды ЦКРНИИГиМ. – Днепропетровск, 1989. – С. 71.

4 Торбовский, В. И. Режим и техника капельного орошения малины: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Торбовский Василий Иванович. – Новочеркасск, 1992. – 24 с.

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

6 Штанько, А. С. Изменение параметров локальных контуров капельного увлажнения почв в постполивной период / А. С. Штанько, В. Н. Шкура // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 227–233.

УДК 631.674.6

А. В. Колганов, А. С. Штанько

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

О ГРАНИЦАХ КОНТУРОВ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Цель исследования – обоснование критериального показателя для определения координат линии (поверхности), которая ограничивает контур увлажнения, форми-

рующийся в почвенном пространстве при капельном поливе. Объект исследования – оконтуривающая зону капельного увлажнения почвенного профиля поверхность (линия). Предмет исследования – критериальный показатель для определения координат граничной поверхности (линии) контура капельного увлажнения почв. В современной практике определения линейных площадных и объемных параметров контуров капельного увлажнения почв используются различные критерии определения координат оконтуривающих их поверхностей (линий), что приводит к получению разных и не всегда сопоставимых результатов. В работе приведен анализ известных подходов, сформулированы предложения и дано обоснование использования наиболее приемлемого показателя для определения положения контурных поверхностей зон капельного увлажнения почв.

Ключевые слова: капельное орошение, капельный полив, контур увлажнения, изоплета влажности, оконтуривающая поверхность, граничная линия контура.

A. V. Kolganov, A. S. Shtanko

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

ON DRIP IRRIGATION CONTOURS BORDERS

The purpose of the research is the substantiation of the criterion index for determining the coordinates of the line (surface), which limits the moisture contour formed in soil space during drip irrigation. The object of the research is the surface (the line) contouring the zone of drip wetting of the soil profile. The subject of the research is the criterion index for determining the coordinates of the boundary surface (line) of soil drip wetting contour. In modern practice of determining the linear areal and volumetric parameters of soil drip moisture contours, various criteria to determine the coordinates of the surfaces (lines) contouring them that leads to different and not always comparable results are used. The analysis of the known approaches is given, the proposals are formulated and the rationale for using the most acceptable indicator for determining the position of the contour surfaces of the drip-wetting zones of soils is provided.

Key words: drip irrigation, drip watering, moisture contour, humidity isopleth, contouring surface, border contour line.

Введение. Современные предложения по расчету поливных норм капельного полива и методики таких расчетов предусматривают определение линейных, площадных и объемных показателей контуров (зон) увлажнения, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве. Указанные геометрические параметры контуров увлажнения могут быть получены по материалам непосредственных измерений влажности почв в подкапельном пространстве путем лабораторного анализа почвенных образцов и камеральной обработки его результатов, которая предусматривает построение сечений контуров вертикальной плоскостью, проходящей через ось капания. При определении искомых геометрических параметров зон капельного увлажнения почв особое внимание уделяется установлению их внешних границ – очертаний контуров.

Решению указанной задачи уделялось должное внимание. Известны различные подходы к ее разрешению, сформулированные в публикациях О. Е. Ясониди, В. И. Горбовского, В. Н. Шкуры, С. М. Васильева, Д. Л. Обумахова [1–7] и других специалистов. Несмотря на важность определения очертаний капельных контуров, в известных работах применяются разные критериальные (как качественные, так и количественные) показатели для определения координат граничных (оконтуривающих) линий. В большей части публикаций с наличием в них графических образов контуров или количественных значений их глубины $h_{\text{кон}}$, максимального горизонтального диаметра $d_{\text{кон}}$, площади вертикального $\omega_{\text{кон/верт}}$ и горизонтального $\omega_{\text{кон/гор}}$ сечений контура (увлажнения) и

объема увлажняемого пространства $W_{\text{кон}}$ не приводятся сведения о таком критериальном показателе, как влажность координаты зоны капельного увлажнения почвы. Например, такие сведения отсутствуют в публикациях Н. О. Кохно, О. Н. Карпенко, Е. Ю. Галиуллиной, Д. О. Завадского и ряда других исследователей.

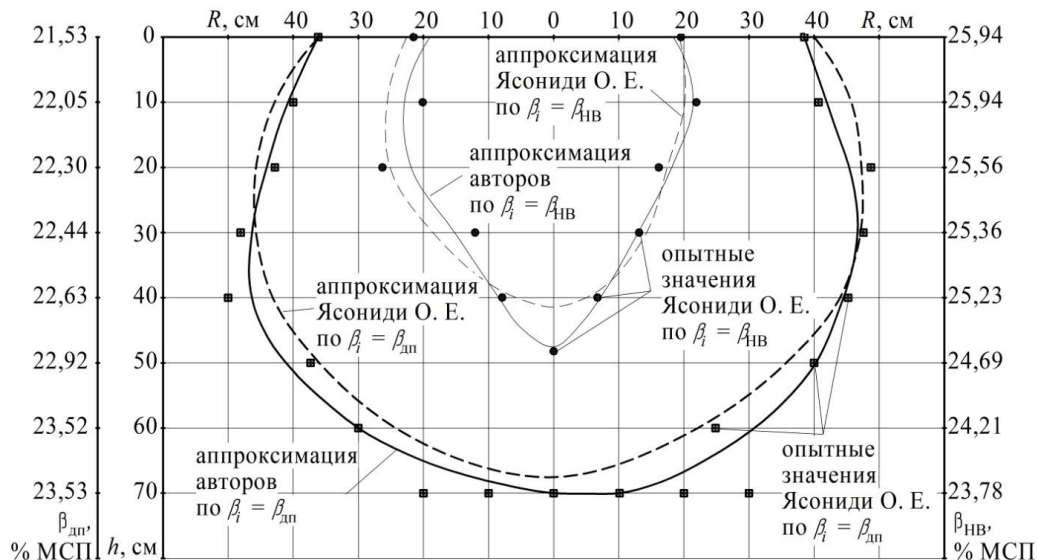
Исследователи агрономического направления (П. С. Попов, М. А. Акулинина, В. А. Федосеева и др.) при назначении необходимых размеров зон (контуров) увлажнения при капельном поливе ограничивались требованием постоянного поддержания порога предполивной влажности на определенном уровне (обычно 70, 80 или 90 % от влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости $\beta_{\text{НВ}}$) в определенном почвенном горизонте (чаще всего на глубинах (в слоях почвы) от 0,3 до 0,7 м и реже от 0,7 до 1,0 м). Исходя из указанного требования значения допоявляемой влажности $\beta_{\text{дп}}$, равные 70, 80 или 90 % $\beta_{\text{НВ}}$, принимаются в качестве критериального показателя для определения координат оконтуривающей зону увлажнения линии (поверхности). Указанный уровень влажности должен выдерживаться на заданной глубине корнеобитаемого почвенного пространства вне зависимости от «увлажненности» окружающего контур почвенного пространства. Отметим, что в реальных условиях при влажности законтурного почвенного пространства, меньшей указанных нижнепороговых значений, фактические границы влияния контура на педосферу будут простираться значительно дальше изоплетной поверхности (линии) с $\beta_{\text{из/п}} = 70, 80 \text{ или } 90 \% \beta_{\text{НВ}}$. Указанное обстоятельство затрудняет или делает невозможным сопоставление и обобщение имеющегося опытного материала. На устранение указанного недостатка в описании результатов исследований в части определения ограничивающих (оконтуривающих) зону капельного увлажнения поверхностей (линий) направлено настоящее исследование.

Материалы и методы. В качестве материала для аналитического исследования рассмотрена матрица опытных данных измерений контура капельного увлажнения тепличного почвогрунта, приведенная в монографии О. Е. Ясониди [1], и данные по измерениям геометрических и влажностных параметров контура капельного увлажнения почвы («открытого грунта»), приведенные в рекомендациях О. Е. Ясониди, М. В. Григоренко [2]. Методика аналитического исследования предусматривала построение оконтуривающих зону увлажнения подкапельного почвенного пространства линий (изоплет) с использованием разных критериальных показателей. В процессе исследования построенные с применением разных подходов очертания контуров анализировались и взаимно сопоставлялись. И на завершающем этапе аналитического исследования сформулировано заключение о достоинствах и недостатках рассмотренных подходов и сделано предложение по обоснованному способу построения огибающих (ограничивающих) контуры капельного увлажнения линий (изоплет).

Результаты и обсуждение. В реальной практике специалисты и исследователи капельного орошения не определились с критериями фиксации положения линии, которая ограничивает контур увлажнения, сформировавшийся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе. В результате часть специалистов за границу (граничную линию) контура принимают линию с четким отличием цвета увлажненной и неувлажненной почвы и определяют очертание условно названного «видимого контура». При этом положение оконтуривающей линии не привязывается к определенному уровню влажности на границе «увлажненной» и «неувлажненной» почвенной среды. Имеющий при таком подходе место «субъективизм» исследователей в определении границ контура позволяет получать преимущественно качественную картину по распределению (распространению) влаги в почвенном пространстве. Точность такого подхода чаще всего не устанавливалась. В известном примере сопоставления параметров зрительно видимого контура с инструментальным его определением сделан вывод о возможно-

сти использования такого подхода только в качестве вспомогательного средства для предварительного установления зон отбора почвенных проб с целью определения значений влажности почвы в приграничной зоне контуров увлажнения [2].

Рядом исследователей применяется способ определения внешнего очертания контура по значениям влажности почвы, соответствующим доливному уровню, т. е. по линии, приближенной к зоне увлажнения, но не затронутой влиянием полива. Такая граничная линия проводится по точкам подкапельного пространства, в которых влажность почвы соответствует доливному уровню. Пример такого методического подхода проиллюстрирован рисунками 1 и 2.



β_i – влажность почвы в подкапельном пространстве, % от массы сухой почвы (% МСП);
 R – расстояние от оси капания, см; h – глубина, см

Рисунок 1 – Очертания контура капельного увлажнения, сформировавшегося во влагонасыщенном защищенном (тепличном) грунте (по первичным данным, приведенным в рекомендациях О. Е. Ясониди, М. В. Григоренко [2])

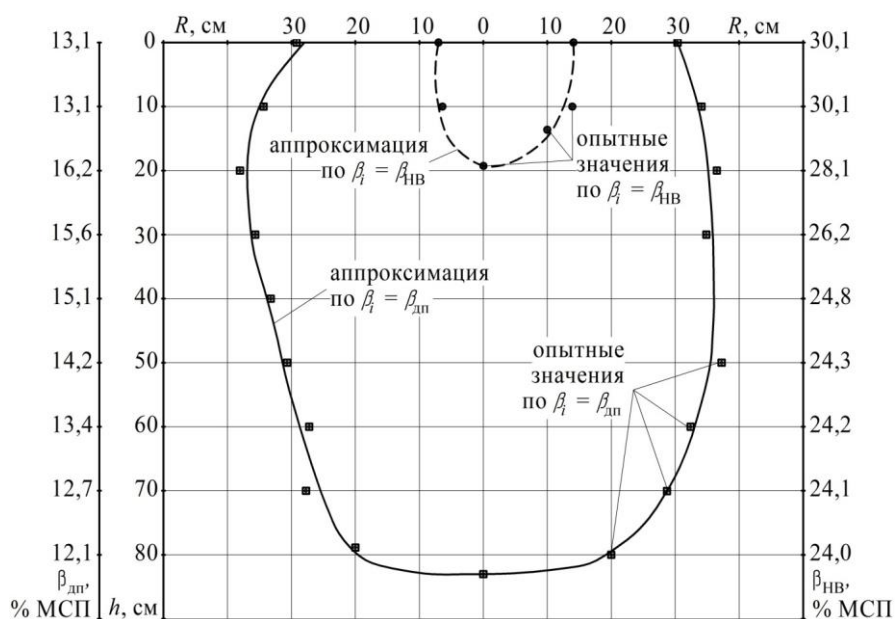


Рисунок 2 – Очертания контура капельного увлажнения, сформировавшегося во влагодефицитном открытом грунте (по первичным данным, приведенным в монографии В. Н. Шкуры, Д. Л. Обумахова, А. Н. Рыжакова [4])

Граничные линии контуров на рисунках 1 и 2, проведенные по погоризонтным значениям доливной влажности почвы, не являются изоплетами, так как уровень влажности почвенного профиля не постоянен. При незначительных колебаниях значения уровня доливной влажности почвы по глубине увлажняемого слоя в качестве влажностного критерия использовалось осредненное по глубине увлажняемого почвенного профиля значение $\beta_{дп}$. Такой подход приводит к определенному осреднению очертания контура. Указанные подходы к определению ограничивающих контуры увлажнения поверхностей (линий) и на их основе установлению линейных, площадных и объемных параметров контуров позволяют получить максимальные значения, но в настоящее время практически не используются.

Широкое распространение получила методика определения координат границы контура по относительному параметру $\beta_i/\beta_{нв}$. При этом оконтуривающая зону увлажнения линия строится по процентному значению соотношения $\beta_{дп}/\beta_{нв}$, определенному по средним в пределах глубины контура увлажнения значениям $\bar{\beta}_{дп}$ и $\bar{\beta}_{нв}$. Указанное соотношение позволяет определить предельные геометрические параметры контура, за границу которого влияние искусственного увлажнения почвы практически не распространяется. Пример такого подхода проиллюстрирован рисунками 3 и 4.

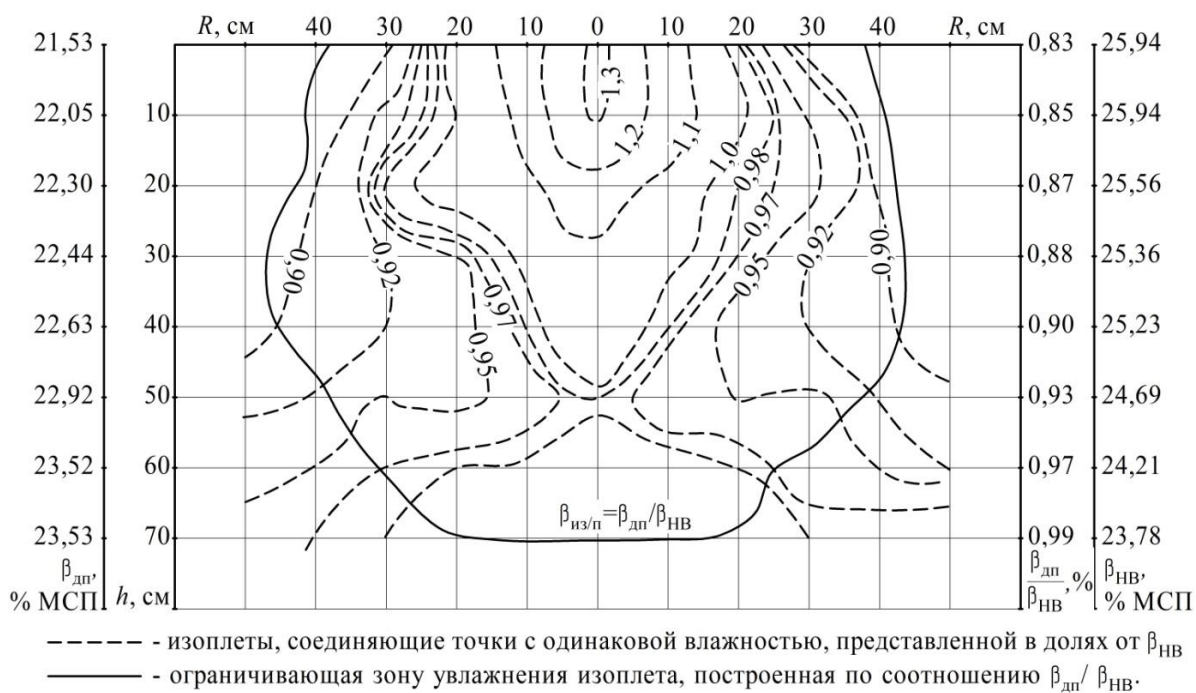


Рисунок 3 – Контур капельного увлажнения почвы, представленный системой изоплет в долях от $\beta_{нв}$ и относительной влажности, по рекомендациям О. Е. Ясониди, М. В. Григоренко [2]

Для приведенного на рисунке 3 контура характерны следующие особенности. Среднее значение соотношения $\bar{\beta}_{дп}/\bar{\beta}_{нв}$ по увлажняемому слою глубиной 0,7 м составляет 0,93. При $\bar{\beta}_{дп}/\bar{\beta}_{нв} = 0,93$ изоплета с таким уровнем влажности в нижней части почвенного профиля не прослеживается. Учитывая указанное обстоятельство, а также сложность точного определения координат точек оконтуривающей линии с таким значением уровня влажности, в работах О. Е. Ясониди и др. [1, 2] предлагалось в качестве критериального показателя принимать значения $(1,05...1,10) \cdot \bar{\beta}_{дп}/\bar{\beta}_{нв}$. С учетом данно-

го предложения в данном контуре расчетное значение $\bar{\beta}_{\text{дп}}/\bar{\beta}_{\text{НВ}}$ составляет 0,98, что соответствует замкнутой изоплете с таким уровнем относительной влажности.

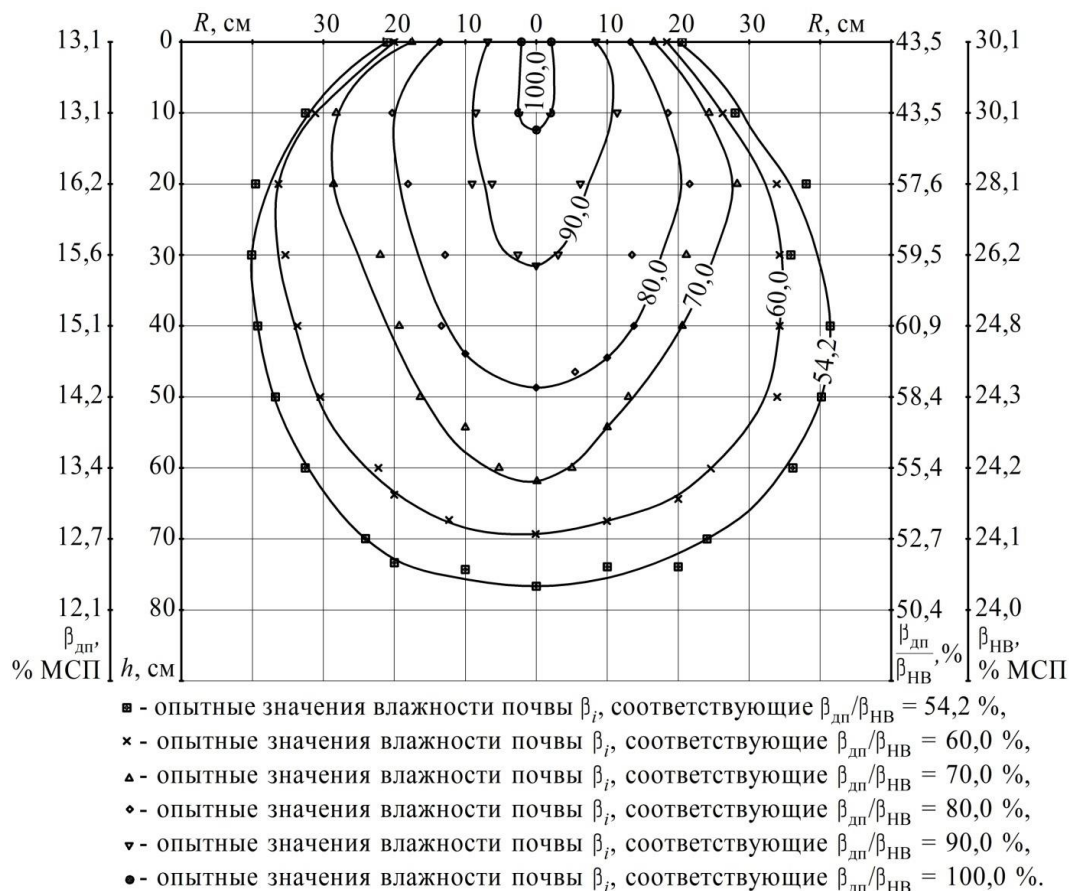


Рисунок 4 – Контур капельного увлажнения почвы, представленный системой изоплет относительной влажности, по данным В. Н. Шкуры, Д. Л. Обумахова, А. Н. Рыжакова [4]

В соответствии с данными рисунка 4 в наблюдаемых почвенных и влажностных условиях контурообразования ограничивающая контур линия характеризуется значением $\beta_{\text{дп}}/\beta_{\text{НВ}} = 54,2 \%$. Отметим, что в реальных условиях капельного орошения значения $\beta_{\text{дп}}$ (в большей степени) и $\beta_{\text{НВ}}$ (в меньшей степени) подвержены изменениям во времени и пространстве, что приводит к изменению их соотношения, а следовательно и к «плавающему» положению ограничивающей контуры линии.

На последующем этапе унификации подходов к построению ограничивающих контуры увлажнения линий специалисты пришли к выводу о целесообразности рассмотрения и построения изоплет (линий относительной влажности) по определенным уровням влажности от $(\beta_{\text{дп}}/\beta_{\text{НВ}})_{\text{min}}$ до $(\beta_i/\beta_{\text{НВ}})_{\text{max}}$ (от 50 до 90 % $\beta_{\text{НВ}}$) с градацией через 10 % (чаще) и через 5 % (реже).

Выводы

1 До настоящего времени исследователи контуров капельного увлажнения почвенного пространства при определении их геометрических размеров и положения оконтуривающих их поверхностей и линий используют различные критериальные показатели влажности почвы. В большей части научных публикаций и материалов исследований отсутствуют указания на используемый их авторами влажностный критерий. В результате даже в сходных почвенных и технологических условиях капельного полива приводятся различные значения глубин, диаметров, площадей и объемов контуров

увлажнения. Указанное обстоятельство затрудняет или делает невозможным проведение оценок, сопоставлений и обобщений результатов исследований.

2 В результате выполненного аналитического исследования на реальных контурах капельного увлажнения почвы показаны примеры применяемых подходов к использованию разных критериальных показателей при определении координат ограничивающих контуры поверхностей. По материалам анализа в качестве влажностного критерия предложено использовать процентное соотношение средних по увлажняемому почвенному профилю значений дополивной влажности почвы $\bar{\beta}_{\text{дп}}$ и влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости $\bar{\beta}_{\text{нв}}$, в виде $(\bar{\beta}_{\text{дп}}/\bar{\beta}_{\text{нв}}) \cdot 100\%$.

Список использованных источников

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

2 Ясониди, О. Е. Капельное орошение томатов в весенних пленочных теплицах: рекомендации / О. Е. Ясониди, М. В. Григоренко. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 60 с.

3 Торбовский, В. И. Режим и техника капельного орошения малины: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Торбовский Василий Иванович. – Новочеркасск, 1992. – 24 с.

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

5 Анохин, А. М. Основы мелиорации вод и водных объектов / А. М. Анохин, М. М. Мордвинцев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: НГМА, 2001. – 290 с.

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

7 Шкура, В. Н. Расчетный метод определения параметров контура увлажнения при подземно-капельном орошении / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 4(16). – С. 25–36. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec294-field6.pdf.

УДК 631.671

Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, А. Н. Бабичев

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

К ПРОБЛЕМЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

Цель исследований – обосновать экологические нормы водопотребности основных орошаемых почв Крыма для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия. По коэффициенту благоприятного экологического состояния почв и агроландшафтов рассчитаны экологические нормы водопотребности основных почв Крыма. Это количество воды, которое ежегодно может подаваться на почвы, исключая возникновение негативных почвенных процессов. Экологические нормы водопотребности для южных черноземов составили 1750 м³/га, а для темно-каштановых почв – 2116 м³/га. Так как культура для своего развития требует воды больше, чем почва, необходимо сочетание орошаемых и неорошаемых режимов, что возможно при циклическом виде орошения. Соотношение орошаемых и неорошаемых режимов для южных черноземов Крыма составило 70:30, а для темно-каштановых почв – 80:20. При циклическом орошении могут осваиваться как 4-польные, что удобно мелким хозяйствам, так и 6- и 8-польные севообороты. В условиях Крыма периодичность орошаемых и неорошаемых режимов составляет соответственно в 4-польных севообо-

ротам 3 и 1 год, в 6-польных для южных черноземов – 4:2, для темно-каштановых – 5:1, а для 8-польных – соответственно 5(6):3(2) и 6(7):2(1).

Ключевые слова: почвообразовательные процессы, нормы водопотребности, орошаемый режим, неорошаемый режим, почвенное плодородие.

L. M. Dokuchaeva, R. E. Yurkova, A. N. Babichev

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

ON THE PROBLEM OF WATER REGIME OF IRRIGATED LANDS IN THE REPUBLIC OF CRIMEA

The aim of the research is to substantiate the ecological norms of water requirements of the main irrigated lands of the Crimea for optimizing the reclamation state and soil fertility. According to the coefficient of favorable ecological condition of soils and agrolandscapes, the ecological norms of water demand for the main soils of the Crimea have been calculated. This is the amount of water that can be delivered annually to soils, excluding the negative soil processes emergence. Ecological norms of water demand for southern chernozems amounted to 1750 m³ per ha, and for dark chestnut soils – 2116 m³ per ha. Since crop requires more water for its development than soil, a combination of irrigated and non-irrigated regimes is necessary that is possible with the cyclic form of irrigation. The ratio of irrigated and non-irrigated regimes for the southern chernozems of the Crimea was 70:30, and for dark chestnut soils – 80:20. Both four year crop rotation which is convenient for small farms and six-eight year crop rotations can be developed with cyclic irrigation. Under the conditions of the Crimea, the periodicity of irrigated and non-irrigated regimes is correspondingly 3 and 1 year for 4-year crop rotations, for southern chernozems in 6-year rotations – 4:2, for dark chestnut – 5:1, and for 8 – 5(6):3(2) and 6(7):2(1).

Key words: soil-forming processes, water demands, irrigated regime, non-irrigated regime, soil fertility.

Введение. Сложившиеся обстоятельства с дефицитом поливной воды, удорожанием электроэнергии, недостатком дождевальной техники заставили производителей сельскохозяйственной продукции перейти на хаотичный вид орошения. Как показывает анализ, землепользователи в основном 2 года возделывают влаголюбивые культуры, затем 2–3 года выращивают засухоустойчивые культуры (зерновые). После этого поле используют под сидераты для восполнения органических веществ. Севообороты, а тем более с многолетними травами, практически не соблюдаются [1]. Отсюда на таких землях наблюдается агроистощение в еще большей степени, чем при регулярном орошении.

Исходя из этого, возникла необходимость разработки нового вида орошения, совмещающего орошаемые и неорошаемые режимы. Такой вид орошения в разработках ФГБНУ «РосНИИПМ» представлен как циклический [2]. Его основная цель – корректировать почвообразовательные процессы при отклонении в отрицательную сторону, т. е. не допускать проявления негативных процессов в почве.

Цель исследований – обосновать экологические нормы водопотребности основных орошаемых почв Крыма для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия.

Материалы и методы. При расчете средневзвешенных биологически оптимальных оросительных норм (БООН), удовлетворяющих потребности растений, использовались нормативные показатели водопотребности для орошения с дифференциацией по зонам различной природной влагообеспеченности [3].

Норма водопотребности для орошения – БООН в данной работе определялась по зависимости [3]:

$$I_{n,и} = \sum D_{\text{вег}} + D_{\text{пром}} + \sum D_0 - D_{\text{под.ГВ}},$$

где $I_{n,и}$ – оросительная норма нетто, м³/га;

$\sum D_{\text{вег}}$ – суммарное значение дефицита водопотребления за вегетационный период культуры, м³/га;

$D_{\text{пром}}$ – количество поливной воды, обеспечивающее при необходимости соблюдение промывного режима, м³/га;

$\sum D_0$ – суммарное значение вневегетационных поливов (влагозарядковых, предпосевных), м³/га;

$D_{\text{под.ГВ}}$ – подпитка из грунтовых вод при их близком залегании, м³/га.

Результаты расчета норм водопотребности сельскохозяйственных культур за вегетационный период для среднемноголетних условий, карты изолиний пространственной изменчивости коэффициентов увлажнения позволили рассчитать значения оросительных норм сельскохозяйственных культур для условий:

- сухого года (вероятность превышения 1 раз в 20 лет):

$$M_{5\%} = K_{5\%} \cdot M_0;$$

- среднесухого года (вероятность превышения 1 раз в 4 года):

$$M_{25\%} = K_{25\%} \cdot M_0;$$

- среднего года (вероятность превышения 1 раз в 2 года):

$$M_{50\%} = K_{50\%} \cdot M_0;$$

- средневлажного года (вероятность превышения 3 раза в 4 года):

$$M_{75\%} = K_{75\%} \cdot M_0;$$

- влажного года (вероятность превышения 19 раз в 20 лет):

$$M_{95\%} = K_{95\%} \cdot M_0.$$

Представленные нормы водопотребности для орошения (оросительные нормы) сельскохозяйственных культур являются нормами нетто. При практическом использовании в орошаемом земледелии их следует скорректировать с учетом коэффициента полезного действия оросительных систем.

Расчет экологических норм водопотребности почв (ЭНВП) проводился по коэффициенту благополучного экологического состояния почв и ландшафтов (Кэ), представляющему собой отношение оросительной нормы к годовым осадкам [4].

Результаты и обсуждение. Как показали наши исследования, причины возникновения негативных процессов на различных типах почв разные, но основными из них являются превышение водной нагрузки на почвы при поливах и применение без научного обоснования для орошения слабоминерализованных вод, чаще сульфатно-натриевого состава [5].

Текущие нормативные показатели водопотребности для орошения почв Крыма приведены в виде средневзвешенных значений и с дифференциацией по зонам различной природной влагообеспеченности. Такая зональность установлена по коэффициентам увлажненности (таблица 1).

Нами для расчетов средневзвешенной БООН взяты по коэффициенту увлажненности данные по наиболее встречаемым годам, а именно: среднесухой – 25 %, средний – 50 % и средневлажный – 75 %.

Почвы для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия требуют совершенно иных режимов увлажнения, чем растения. Учеными установлено, что осуществление поливов оросительными нормами, рассчитанными строго по дефициту влагозапасов по наименьшей влагоемкости (БООН), чтобы комфортно было растению, приводит к переполивам и, соответственно, к развитию деградационных процессов [6–8].

Таблица 1 – Нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур в Республике Крым (нетто) [9]

Зона естественной увлажненности по K_y	Орошаемая культура	Обеспеченность, %					
		5	25	50	75	85	95
0,4–0,5	Пшеница озимая	1100	1700	1900	2100	2300	2500
	Кукуруза на зерно	1200	1800	2000	2400	2700	3000
	Соя	1050	1700	2000	2300	2650	2900
	Томаты	1550	2200	2900	3400	3600	3900
	Капуста поздняя	1700	2400	3100	3650	3850	4000
	Кормовая свекла	1700	2200	2800	3300	3550	3850
	Кукуруза на силос	1100	1600	1900	2200	2400	2800
	Многолетние травы 2-го года	2200	2700	3200	4000	4200	4600
	Кукуруза пожнивная	950	1400	1650	1900	2050	2300
Менее 0,4	Пшеница озимая	1200	1800	2000	2200	2350	2600
	Кукуруза на зерно	1300	1900	2100	2550	2800	3200
	Соя	1200	1750	2200	2400	2700	3100
	Томаты	1600	2300	3150	3600	3750	4000
	Капуста поздняя	1800	2500	3200	3750	4000	4200
	Кормовая свекла	1800	2300	3000	3500	3700	4000
	Кукуруза на силос	1150	1800	2000	2300	2700	2900
	Многолетние травы 2-го года	2300	2900	3400	4100	4300	4800
	Кукуруза пожнивная	1000	1500	1750	1900	2000	2300

Для того чтобы удовлетворять потребности культур в воде и создавать необходимые условия для оптимизации почвенных процессов, нами рассчитаны ЭНВП, т. е. то количество воды, которое ежегодно может подаваться на почвы, исключая возникновение негативных почвенных процессов. Но, так как культура требует воды больше, чем почва, необходимо сочетание орошаемых и неорошаемых режимов. В орошаемом режиме возделываются влаголюбивые культуры при подаче БООН, а в неорошаемых условиях – засухоустойчивые культуры, позволяющие создать естественные условия для протекания почвообразовательных процессов, таких как гумификация, нитрификация и т. д. ЭНВП рассчитаны по коэффициенту благоприятного экологического состояния почв и ландшафтов (K_y). Для различных типов почв K_y имеет разное значение [4]. При расчетах для условий Крыма в зависимости от зон увлажнения и типа почв применен K_y для черноземов южных 0,5, а для темно-каштановых почв – 0,8 (таблица 2).

Для южных черноземов средневзвешенная БООН для возделывания культур равна 2385 м³/га, а для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия требуется теоретически всего 1750 м³/га. Отсюда соотношение орошаемых и неорошаемых режимов составляет 70:30. Для темно-каштановых почв согласно таким же расчетам – 80:20 (см. таблицу 2).

Важно определить не только соотношение орошаемых и неорошаемых режимов, но и периодичность их поддержания, т. е. сколько лет поле должно находиться в одном, а сколько в другом режиме.

Периодичность соблюдения предлагаемых режимов для почв Крыма составлена с учетом структуры севооборотов. Они могут быть в основном 6- и 8-польные, как наиболее распространенные. В небольших хозяйствах число полей в севообороте может быть три или четыре [10]. Возделываемые культуры в севообороте следует размещать

по рекомендуемым предшественникам, исходя из закона плодосмена. Также при подборе культур для севооборотов, осваиваемых при циклическом орошении, следует учитывать их отношение к влаге и продуктивность как в орошаемых, так и в богарных условиях.

Таблица 2 – Средневзвешенная биологически оптимальная оросительная норма для сельскохозяйственных культур и экологическая норма водопотребности для почв Республики Крым

Почва	Зона увлажнения по Ку	Культура	Для культур БООН, м ³ /га	Средневзвешенная БООН, м ³ /га	Осадки, мм	Коэффициент благополучного экологического состояния	Среднегодовая ЭНВП, м ³ /га	Соотношение орошаемых и неорошаемых режимов, %
Чернозем южный	0,4–0,5	Пшеница озимая	1900	2385	350	0,5	1750	70:30
		Кукуруза на зерно	2070					
		Соя	2000					
		Томаты	2833					
		Капуста поздняя	3050					
		Кормовая свекла	2760					
		Кукуруза на силос	1900					
		Многолетние травы 2-го года	3300					
		Кукуруза пожнивная	1650					
Темно-каштановая	Менее 0,4	Пшеница озимая	2000	2512	270	0,8	2116	80:20
		Кукуруза на зерно	2183					
		Соя	2116					
		Томаты	3016					
		Капуста поздняя	3150					
		Кормовая свекла	2933					
		Кукуруза на силос	2033					
		Многолетние травы 2-го года	3466					
		Кукуруза пожнивная	1716					

В таблице 3 представлено, сколько лет можно поддерживать почву при различных севооборотах в орошаемом и неорошаемом режимах, чтобы периодически создавать условия для естественного почвообразования.

Таблица 3 – Периодичность орошаемых и неорошаемых режимов на различных почвах Крыма

Почва	Суммарная ЭНВП, м ³ /га			Севооборот					
	Севооборот			4-польный		6-польный		8-польный	
	4-польный	6-польный	8-польный	орошаемый	неорошаемый	орошаемый	неорошаемый	орошаемый	неорошаемый
Чернозем южный	7000	10500	14000	3	1	4	2	5(6)	3(2)
Темно-каштановая	8464	12696	16928	3	1	5	1	6(7)	2(1)

Как видно из данных таблицы 3, при любых севооборотах и на черноземах южных, и на темно-каштановых почвах преобладают года, когда следует поддерживать орошаемый режим. С какого режима необходимо начинать освоение земель, определяется по показателям почвенного плодородия и экологического состояния земель. Если на участке грунтовые воды расположены выше критического уровня, безусловно, потребуется неорошаемый режим [11].

При наличии негативных почвенных процессов, таких как щелочность, солонцеватость, подкисление, требующих проведения химической мелиорации, необходимо осуществление поливов, т. е. в этом случае следует предпочесть орошаемый режим [11]. При благоприятной экологической ситуации орошаемого массива при составлении севооборотов рекомендуется учесть прогнозы погоды на последующие годы.

Выводы

1 Для того чтобы удовлетворять потребности культур в воде и создавать необходимые условия для оптимизации почвенных процессов, нами по коэффициенту благоприятного экологического состояния почв и агроландшафтов рассчитаны экологические нормы водопотребности основных почв Крыма, то количество воды, которое ежегодно может подаваться на почвы, исключая возникновение негативных почвенных процессов. Экологическая норма водопотребности почв для южных черноземов составила 1750 м³/га, а для темно-каштановых почв – 2116 м³/га.

2 Так как культура для своего развития требует воды больше, чем почва, необходимо сочетание орошаемых и неорошаемых режимов, что возможно при циклическом виде орошения. В орошаемом режиме возделываются влаголюбивые культуры при подаче биологически оптимальных оросительных норм, а в неорошаемых условиях – засухоустойчивые культуры, позволяющие создать естественные условия для протекания почвообразовательных процессов. Соотношение орошаемых и неорошаемых режимов для южных черноземов Крыма составило 70:30, а для темно-каштановых почв – 80:20.

3 При циклическом орошении могут осваиваться как 4-польные, что удобно мелким хозяйствам, так и 6- и 8-польные севообороты. В условиях Крыма периодичность орошаемых и неорошаемых режимов составляет соответственно в 4-польных севооборотах 3 и 1 год, в 6-польных для южных черноземов – 4:2, для темно-каштановых – 5:1, а для 8-польных – соответственно 5(6):3(2) и 6(7):2(1).

Список использованных источников

1 Методические указания по выбору комплекса мероприятий, сохраняющих и восстанавливающих почвенное плодородие земель при циклическом орошении / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, Т. П. Андреева, А. В. Акоюн; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2013. – 78 с. – Деп. в ВИНТИ 01.07.13, № 191-В2013.

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

3 Нормы водопотребности и экологически безопасные режимы орошения сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе: рекомендации / А. В. Колганов [и др.]; под ред. А. В. Колганова, В. Н. Щедрина. – М.: Эдэль-М, 2000. – 153 с.

4 Седых, В. А. Почвенно-экологический мониторинг / В. А. Седых, В. И. Савич, П. Н. Балабко. – М.: Изд-во ВНИИА, 2013. – 584 с.

5 Скуратов, Н. С. Использование и охрана орошаемых черноземов / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2001. – 246 с.

6 Экологически сбалансированные режимы орошения черноземов / О. Г. Ревенков, А. Ю. Черемисинов, Г. О. Ревенков, А. А. Черемисинов // Вопросы мелиорации. – 2011. – № 1–2. – С. 98–105.

7 Докучаева, Л. М. Экологическая оценка регулярного и циклического орошений / Л. М. Докучаева, Э. Н. Стратинская // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2011. – Вып. 45. – С. 99–103.

8 Кирейчева, Л. М. Мелиорация земель в России: планы и реальность / Л. М. Кирейчева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 2–5.

9 Дифференцированные оросительные нормы сельскохозяйственных культур для почвенно-климатических условий Республики Крым / А. Н. Бабичев, В. И. Ляшевский, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 4(68). – С. 133–137.

10 Ермоленко, В. П. Орошаемое земледелие Юга России / В. П. Ермоленко, П. Д. Шевченко, А. Н. Маслов. – Ростов н/Д., 2002. – 447 с.

11 Комплекс мероприятий, направленных на сохранение и восстановление почвенного плодородия при циклическом орошении сельскохозяйственных культур в Краснодарском крае / В. Н. Щедрин [и др.]; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 76 с.

УДК 614.777

И. А. Усманов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ РАЗНЫХ ТИПОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

Целью исследований явилось определение приоритетных для г. Ташкента видов землепользования и показателей загрязнения почвы с учетом общей номенклатуры показателей санитарного состояния почвы и характеризующих ими свойств почвы. В статье рассмотрен выбор показателей загрязнения почвы, приоритетных для различных видов землепользования в условиях Узбекистана. Исследования, проведенные в г. Ташкенте, показали, что почвы разных типов землепользования на территории города отличаются по составу загрязнения, удельному весу проб, нестандартных по химическим и бактериологическим показателям, а также по наличию гельминтов. При этом в разных административных районах города характер и уровни выявленных загрязнений почвы неодинаковы. Возможные варианты приоритетных показателей санитарного состояния почвы разных типов (видов) землепользования следует учитывать при проведении научно-исследовательских работ, связанных с оценкой опасности возможного загрязнения почвы для здоровья населения, а также в практической работе территориальных органов государственного санитарно-эпидемиологического надзора Министерства здравоохранения Республики Узбекистан.

Ключевые слова: загрязнение почвы, показатели степени загрязнения почвы, населенные пункты, здоровье населения, охрана почвы и землепользование.

I. A. Usmanov

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

SOIL CONTAMINATION INDICATORS OF VARIOUS TYPES OF LAND USE UNDER UZBEKISTAN CONDITIONS

The purpose of the research was to determine the priority of land use and soil pollution indicators for the city of Tashkent taking into account the general nomenclature of the

sanitary state of soil indicators and the soil properties characterized by them. The selection of priority of indicators of soil contamination for different types of land use in Uzbekistan is discussed. Studies conducted in Tashkent showed that soils of different types of land use on the city's territory differ by the composition of pollution, the relative weight of samples, non-standard in terms of chemical and bacteriological parameters, and also by the presence of helminthes. At the same time, in different administrative districts of the city the nature and levels of identified soil contamination are not the same. Possible variants of priority indicators of the sanitary state of soil of different types (kinds) of land use should be taken into account when carrying out research work related to the hazard assessment of possible soil contamination for public health, as well as in the practical work of the local agencies of state sanitary and epidemiological supervision of the Ministry of Health of the Republic Uzbekistan.

Key words: soil contamination, soil pollution indicators, communities, public health, soil conservation and land use.

Введение. В настоящее время во многих районах Узбекистана наблюдается достаточно выраженное загрязнение почвы разнообразными химическими веществами и органическими соединениями промышленного происхождения, пестицидами и минеральными соединениями, применяемыми для удобрения полей и борьбы с сельскохозяйственными вредителями, сточными водами разного состава, часто содержащими патогенные микроорганизмы. В таких условиях все большую актуальность и научно-практическое значение приобретает решение проблем экологической и гигиенической оценки степени загрязнения почвы и опасности его для здоровья населения.

Оценка степени загрязнения почвы и возможного ее неблагоприятного влияния на здоровье населения должна проводиться дифференцированно для разных видов почв и районов, а также разных типов землепользования. При этом следует учитывать хозяйственное использование территорий (почвы населенных мест, сельскохозяйственных угодий, рекреационных зон и т. д.), а также наиболее значимые для этих территорий пути воздействия загрязнений почвы на организм человека. Поэтому методы и схемы экологической и гигиенической оценки опасности почв различных видов землепользования для здоровья населения могут значительно отличаться и иметь свои особенности.

Одновременно экологическая и гигиеническая оценка степени загрязнения почв должна проводиться по утвержденной методике с применением единой номенклатуры показателей санитарного состояния почв (предусмотренной соответствующими документами), которая должна использоваться не только при разработке нормативно-технической документации по исследованию санитарно-экологического состояния почвы, но и при оценке степени ее загрязнения.

Это необходимо, так как использование унифицированных методик способствует получению сопоставимых данных при оценке уровней загрязнения почвы и возможных последствий загрязнений для здоровья населения в разных регионах республики. С другой стороны, территориальные органы государственного санитарно-эпидемиологического надзора (ГСЭН) имеют право, учитывая краевые особенности, использовать при этом приоритетные для тех или иных регионов показатели загрязнения почвы [1–3].

Целью исследований явилось определение приоритетных для г. Ташкента видов землепользования и показателей загрязнения почвы с учетом общей номенклатуры показателей санитарного состояния почвы и характеризующих ими свойств почвы.

Материал и методы исследований основывались на изучении и анализе литературных материалов, данных отчетных форм 18/0 ташкентского городского Центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора и результатов исследований, выполненных в лаборатории гидроэкологии и охраны водных ресурсов Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследованиями, проведенными в г. Ташкенте, установлено, что почвы разных типов землепользования на территории города отличаются по составу загрязнения, удельному весу проб, нестандартных

по химическим и бактериологическим показателям, а также по наличию гельминтов. Причем в разных административных районах города характер и уровни выявленных загрязнений почвы неодинаковы.

Выявленные высокие показатели общего удельного веса нестандартных проб почвы по санитарно-бактериологическим показателям в селитебных зонах и на территории детских учреждений (соответственно от 12,0 до 21,4 % и от 8,6 до 15,2 %) являются значительными факторами риска для здоровья взрослого и особенно детского населения.

Эти данные подтверждают, что в программы эколого-гигиенической оценки степени загрязнения почвы населенных мест, а также в действующие нормативно-методические документы необходимо дополнительно включать показатели удельного веса нестандартных проб почвы (в процентах) по их общему числу, химическим и бактериологическим показателям, пестицидам, тяжелым металлам, содержанию гельминтов.

Как известно, общая номенклатура показателей санитарного состояния почвы включает 14 санитарно-химических, четыре санитарно-бактериологических, по одному санитарно-гельминтологическому и санитарно-энтомологическому показателю¹. При этом указано, что выбор подлежащих определению показателей зависит от химического состава средств химизации сельского хозяйства, применяемых в конкретной местности, а также от характера выбросов имеющихся промышленных предприятий.

Таким образом, экологам и врачам территориальных органов государственного санитарно-эпидемиологического надзора предоставляется право самостоятельно определять перечень контролируемых показателей, подлежащих определению в том или другом административном районе республики.

Такой вариант представлен в таблице 1, в которой приведены показатели (обозначенные знаком минус), не обязательные для определения на территории населенных пунктов в селитебных зонах и на территории детских учреждений.

Таблица 1 – Перечень показателей, характеризующих степень загрязнения почвы

Наименование показателя	Применяемость
1 Санитарное число	–
2 Аммонийный азот	+
3 Нитратный азот	+
4 Хлориды	–
5 pH	–
6 Пестициды	+
7 Тяжелые металлы	+
8 Фенолы летучие	+
9 Сернистые соединения	+
10 Канцерогенные вещества	+
11 Радиоактивные вещества	+
12 Удобрения	–
13 Термофильные бактерии	–
14 Бактерии группы кишечной палочки	+
15 <i>Clostridium perfringens</i>	+
16 Яйца и личинки гельминтов	+
17 Личинки и куколки синантропных мух	+

¹ Санитарные правила и нормы гигиенической оценки степени загрязнения почвы разных типов землепользования в специфических условиях Узбекистана [Электронный ресурс]: СанПиН РУз № 0212-06: утв. Гл. гос. санитар. врачом 07.07.06. – Режим доступа: http://www.lex.uz/pages/GetAct.aspx?lact_id=1932321, 2017.

Как видно из данных таблицы 1, список обязательных для определения показателей сокращен на пять показателей для территорий населенных мест, к тому же патогенные микроорганизмы определяются только по эпидемиологическим показателям. Для зон отдыха этот список короче на 10 показателей, для зон санитарной охраны – на 15.

В заключение следует отметить, что оценка опасности загрязнения почвы населенных пунктов определяется следующими основными моментами:

- эпидемиологической значимостью загрязненной почвы;
- ролью почвы как источника загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха и при непосредственном контакте с человеком;
- значимостью степени загрязнения почвы в качестве индикатора загрязнения атмосферного воздуха и выращиваемых растений.

Экологическая и гигиеническая опасность загрязнения почвы химическими веществами промышленного происхождения и пестицидами обуславливается величинами их предельно допустимых концентраций (ПДК) и лимитирующим показателем вредности: общесанитарным, воздушно-миграционным, водно-миграционным и транслокационным (по возможности перехода в растения).

Выводы

1 При определении санитарного состояния почвы разных типов (видов) землепользования необходимо учитывать возможные варианты приоритетных показателей в условиях проведения научных эколого-гигиенических исследований, связанных с оценкой опасности загрязнения почвы для здоровья населения.

2 Использование рекомендуемых показателей в практической работе органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора позволит определить наиболее неблагоприятные районы республики по степени загрязнения почвы и разработать оздоровительные меры.

Список использованных источников

1 Санитарные правила и нормы гигиенической оценки степени загрязнения почвы разных типов землепользования в специфических условиях Узбекистана / И. И. Ильинский, Г. Т. Искандарова, Ш. Т. Искандарова, Н. С. Калиникова, А. Б. Искандаров. – Ташкент, 2006. – 8 с.

2 Искандаров, Т. И. Санитарно-гигиенические проблемы охраны почвы от загрязнения в специфических природно-климатических условиях Узбекистана / Ш. Т. Искандаров, И. И. Ильинский, Ш. Т. Искандарова. – Ташкент, 2010. – 130 с.

3 Искандаров, Т. И. Гигиенические основы мероприятий по охране почвы от загрязнения в условиях Узбекистана / Т. И. Искандаров, И. И. Ильинский, Ш. Т. Искандарова. – Ташкент, 2010. – 122 с.

УДК 631.6(476-13)

Ю. Н. Дуброва, Е. А. Савастеева, Л. Е. Рыбалко, А. С. Кукреш
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки,
Республика Беларусь

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЮЖНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Целью исследований являлся анализ состояния и использования мелиорированных земель южной части Республики Беларусь. За период с 2010 по 2016 г. наметилась тенденция к уменьшению площадей осушенных сельскохозяйственных земель. Причиной уменьшения использования мелиорированных сельскохозяйственных земель является снижение их продуктивности.

Ключевые слова: мелиорированные земли, нормы осушения, торфяные почвы, площадь осушенных земель, продуктивность земель, реконструкция мелиоративных систем.

Yu. N. Dubrova, E. A. Savasteeva, L. E. Rybalko, A. S. Kukresh
Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus

MODERN STATE AND USE OF RECLAIMED LANDS OF THE SOUTHERN PART OF THE REPUBLIC OF BELARUS

The aim of the research was to analyze the state and the use of reclaimed lands in the southern part of the Republic of Belarus. Over the period from 2010 to 2016, there has been a tendency towards a reduction of the area of drained agricultural lands. The reason for the decrease of reclaimed agricultural lands use is the decrease of their productivity.

Key words: reclaimed land, drainage rate, peat soils, drained land area, land productivity, reclamation systems reconstruction.

На 1 января 2017 г. общая площадь осушенных земель Республики Беларусь составила 3415,1 тыс. га, или 74 % мелиоративного фонда переувлажненных земель, требующих проведения первоочередного осушения. Освоение мелиоративного фонда по областям происходит неравномерно. В Брестской и Гомельской областях он освоен более чем на 80 %, в Минской – на 77 %, в Гродненской – на 70 %, в Витебской – на 63 % и в Могилевской области – на 61 %.

Большая часть осушенных земель (63 %) находится в Брестской, Гомельской и Минской областях. В Витебской и Могилевской областях осушенные сельскохозяйственные земли отличаются высокой распаханностью, значительным дефицитом высокопродуктивных луговых земель. В Витебской области уровень обеспеченности улучшенными луговыми землями почти в 1,5 раза ниже, чем в других областях республики [1].

Из 2874,4 тыс. га осушенных сельскохозяйственных земель (34 % от общего наличия) пахотные площади составляют 1404,2 тыс. га (таблица 1). В 20 районах республики площади осушенных сельскохозяйственных земель занимают более 50 % всех сельскохозяйственных земель, и в 36 районах – от 30 до 50 % сельскохозяйственных земель. В свое время были построены 27 хозяйств полностью на осушенных землях. Площадь осушенных сельскохозяйственных угодий в расчете на одно хозяйство в стране превышает 1000 га [2].

Таблица 1 – Наличие земель в границах административно-территориальных единиц Республики Беларусь

Наименование областей	Общая площадь	В т. ч. с.-х. земли	Пахотные земли	В тыс. га				
				С.-х. земли в % от общей площади	Осушенных земель	В т. ч. с.-х. земель	Из них пахотных земель	Всего орошаемых земель
Республика Беларусь	20760,0	8540,2	5683,8	41,1	3415,1	2874,4	1404,2	30,3
Брестская	3278,7	1388,7	834,4	42,4	759,0	698,8	317,2	4,9
Витебская	4005,0	1467,2	914,4	36,6	628,9	514,8	366,1	2,0
Гомельская	4037,2	1323,8	914,2	32,8	652,0	497,6	261,1	4,4
Гродненская	2512,7	1230,8	844,2	49,0	331,6	297,9	74,4	1,6
Минская	3984,8	1843,3	1314,1	45,9	707,9	598,6	292,0	1,9
Могилевская	2906,8	1283,6	860,6	44,2	335,7	266,7	93,4	15,5

Производственные возможности ряда районов и сельскохозяйственных предприятий полностью зависят от состояния мелиоративных систем. Осушенные земли для них являются основным средством производства, жизнеобеспечения огромного производственного и социального потенциала.

Для обеспечения соблюдения проектных норм осушения земель используется сложный комплекс гидротехнических и других сооружений (158,1 тыс. км каналов и водоприемников, 977,5 тыс. км закрытой дренажной сети, 3,2 тыс. мостов, 2,2 тыс. шлюзов-регуляторов, 24,2 тыс. труб-регуляторов, 54,6 тыс. труб-переездов, 499 насосных станций, 4,8 тыс. км защитных и ограждающих дамб, 17,7 тыс. км эксплуатационных дорог, 1074 пруда и водохранилища).

Более половины мелиорированных сельскохозяйственных земель занимают земли с песчаными и супесчаными почвами, что требует реализации культуртехнических мероприятий и значительных затрат на их проведение. Основная доля таких земель приходится на Брестскую и Гомельскую области.

Площадь мелиорированных земель с применением закрытого дренажа составляет 2,2 млн га. На площади 752,9 тыс. га построены мелиоративные системы с двухсторонним регулированием водного режима, на площади 252,6 тыс. га – польдерные системы.

Среди осушенных сельскохозяйственных земель земли с торфяными почвами занимают около 900 тыс. га. В Минской области таких земель насчитывается 263,3 тыс. га, в Брестской – 207,7 тыс. га, в Гомельской – 206,1 тыс. га, в Гродненской – 93,4 тыс. га, в Могилевской – 74,7 тыс. га, в Витебской области – 55,5 тыс. га. Около 70 % этих почв представлено маломощными торфяниками (до 1 м).

В состав осушенных сельскохозяйственных земель с торфяными почвами передаются земли после рекультивации, выбывшие из промышленной эксплуатации торфяных месторождений с остаточным слоем торфа не менее 0,5 м. В результате деградации утрачиваются генетические признаки торфяных почв и они переходят в категорию антропогенно-деградированных почв с содержанием органического вещества менее 50 %.

Сельскохозяйственная освоенность территории областей колеблется от 32,8 % в Гомельской области до 49,0 % в Гродненской (таблица 1). При этом в Минской области максимальная площадь сельскохозяйственных земель – 21,5 % от общей площади сельскохозяйственных земель страны, минимальная – в Гродненской (14,4 %).

На территории Брестской области находится 759 тыс. га мелиорированных земель, или 23,1 % от общей площади региона (таблица 1). В том числе более 698,8 тыс. га занимают сельскохозяйственные угодья, а это более 50 % от общего количества их площадей. Они, по существу, определяют развитие аграрного сектора большинства районов. На восстановленных землях хозяйства получают около половины продукции растениеводства и две трети травяных кормов.

За период с 2010 по 2016 г. наметилась тенденция к уменьшению площадей осушенных сельскохозяйственных земель. При этом сокращение площадей произошло в пяти областях. Существенное уменьшение площадей осушенных сельскохозяйственных земель в период с 2010 по 2016 г. произошло в Гомельской (на 4,9 %) и Могилевской (на 5,6 %) областях. На долю орошаемых сельскохозяйственных земель по состоянию на 1 января 2017 г. приходится 0,15 % (30,3 тыс. га). Более 50 % всех орошаемых земель находится в Могилевской области (таблица 2).

Основные площади мелиорированных земель сконцентрированы в центральной части Брестской области, куда входят Пинский, Лунинецкий, Столинский, Ивановский, Ганцевичский районы. Следует отметить, что по типу почвообразовательного процесса, механическому составу, условиям увлажнения почвы района являются типичными для Полесья. Из 133,3 тыс. га всех сельскохозяйственных угодий Пинского района 87,5 тыс. га, или 65,6 %, составляют осушенные земли. Из них около 44 % приходится на пашню, остальные – на пастбища и сенокосы [3].

Таблица 2 – Наличие осушенных сельскохозяйственных земель по годам

В тыс. га

Наименование области	Год						
	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016
Республика Беларусь	2895,1	2922,3	2914,4	2910,9	2880,4	2877,9	2874,4
Брестская	685,5	700,1	699,7	701,7	701,3	700,1	698,8
Витебская	521,8	520,5	518,1	517,1	516,4	517,1	514,8
Гомельская	517,3	523,1	515,9	514,5	498,6	497,7	497,6
Гродненская	291,1	295,5	296,5	298,3	298,1	298,1	297,9
Минская	592,9	600,5	599,7	599,5	598,9	598,9	598,6
Могилевская	286,5	282,5	284,5	279,8	266,0	266,0	266,7

Мелиорированные земли в составе сельскохозяйственных земель всех категорий хозяйств Гомельской области занимают 37,6 % (497,6 тыс. га). В настоящее время порядка 111 тыс. га этих земель требуют реконструкции. Общая площадь осушенных сельскохозяйственных земель на 2010 г. составляла 523,1 тыс. га, что на 4,9 % меньше, чем в 2016 г. На долю орошаемых сельскохозяйственных земель приходится 14,2 %. В сельскохозяйственных организациях удельный вес осушенных земель еще выше (41 %), а в некоторых районах Полесского региона они составляют около 70 %.

Следует отметить, что наряду с уменьшением площадей осушенных сельскохозяйственных земель за период с 2010 по 2016 г. произошло значительное увеличение посевных площадей сельскохозяйственных культур во всех категориях хозяйств. В целом по Республике Беларусь посевные площади увеличились на 4,4 %. В Брестской области посевные площади сельскохозяйственных культур увеличились на 5,5 %, в Гомельской области увеличение произошло на 18,8 % (таблица 3) [4].

Таблица 3 – Посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий

В тыс. га

Наименование области	Год						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Республика Беларусь	5599,0	5738,3	5826,9	5739,2	5860,8	5869,2	5845,1
Брестская	879,6	905,9	914,6	893,0	928,6	937,2	927,8
Витебская	910,8	941,6	938,4	919,8	942,4	933,9	927,4
Гомельская	863,3	935,0	1022,6	1000,4	1021,2	1023,8	1025,5
Гродненская	807,6	814,8	814,9	813,6	809,2	807,3	809,1
Минская	1292,5	1309,7	1301,5	1276,5	1312,7	1322,0	1313,1
Могилевская	845,2	831,3	834,8	835,9	846,7	845,0	842,2

Причиной уменьшения использования мелиорированных сельскохозяйственных земель является снижение их продуктивности. В целом по Брестской и Гомельской областям произошло значительное сокращение продуктивности, а в районах и сельскохозяйственных организациях, где преобладают осушенные земли, этот показатель еще ниже. Помимо недостатков агротехники сельскохозяйственных культур, на снижении продуктивности этих земель сказалось ухудшение их мелиоративного состояния. Объемы реконструкции мелиорированных систем в последние годы значительно сократились.

Важной причиной снижения использования мелиорированных сельскохозяйственных земель является сокращение использования земель с торфяными почвами в качестве пахотных. Вместе с тем продолжается интенсивное использование мелиорированных торфяных земель для выращивания сельскохозяйственных растений.

Торфяные почвы отличаются особой чувствительностью к внешним воздействиям. Осушение болот вызвало обезвоживание части автоморфных песчаных и супесча-

ных почв, расположенных на прилегающих территориях (особенно в Полесье). Постепенно эти земли выводились из сельскохозяйственного оборота и передавались под лесение. Земледелие закономерно перемещалось на более плодородные, казавшиеся неисчерпаемым источником высоких урожаев торфяные почвы. Однако оказалось, что осушенные торфяники в процессе использования не сохраняют свои качества неизменными, а трансформируются в сторону ухудшения водно-физических свойств и структуры почвенного покрова. С точки зрения естественного плодородия наблюдается деградация торфяных почв, обусловленная их постепенным уплотнением, аэробным разложением органического вещества торфа, снижением водоудерживающей способности и высокой подверженностью эрозии [5].

В условиях длительной эксплуатации мелиоративные системы и их элементы выходят из строя. Происходят изменения продольного и поперечного профилей каналов за счет заиления, размыва, обрушения откосов и дна каналов, осадки грунта, зарастания их травяной и древесной растительностью, заиления, зарастания, разрушения дренажных линий, уменьшения их глубины в связи с разложением торфа, разрушения водорегулирующих и других сооружений, их креплений и облицовок, изменяются состояние поверхности и структура почвы в результате уплотнения ее сельскохозяйственной техникой.

Следствием этого являются нарушение оптимальных агротехнических сроков посева и уборки сельскохозяйственных растений, условий их выращивания и значительное снижение продуктивности мелиорированных земель.

На 1 января 2016 г. нуждаются в реконструкции мелиоративные системы на площади 356,6 тыс. га, в т. ч. в Брестской области – 95,3 тыс. га, в Витебской – 63 тыс. га, в Гомельской – 54,1 тыс. га, в Гродненской – 37,2 тыс. га, в Минской – 61,8 тыс. га и в Могилевской области – 45,2 тыс. га. Преимущественно это мелиоративные системы, построенные в 50–70-е гг. XX в., отработавшие нормативные сроки эксплуатации и физически изношенные [6].

На сельскохозяйственных землях площадью 58,6 тыс. га реконструкция осушительных, осушительно-увлажнительных мелиоративных систем и сооружений нецелесообразна по экологическим и экономическим соображениям, в связи с чем они подлежат переводу в другие категории и виды земель с обеспечением экологической безопасности окружающей среды.

Таким образом, исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что в течение продолжительного периода времени в южной части Республики Беларусь проводились мелиоративные работы, направленные на повышение плодородия сельскохозяйственных почв и улучшение состояния малопродуктивных земель. В настоящее время площадь осушенных земель, используемых в сельскохозяйственном производстве, уменьшается по ряду причин. Основными из них являются длительная эксплуатация мелиоративных систем, требующих реконструкции, и сокращение использования земель с торфяными почвами в качестве пахотных.

Список использованных источников

1 Аношко, В. С. Мелиоративная география Беларуси: учеб. пособие / В. С. Аношко. – Минск: Высш. шк., 1987. – 254 с.

2 Государственный земельный кадастр РБ (по состоянию на 1 января 2017 г.): сборник / Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь. – Минск: Госкомимущество, 2017. – 57 с.

3 Государственная программа социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья на 2010–2015 гг. – Минск: ЮНИПАК, 2010. – 129 с.

4 Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 230 с.

5 Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сб. докл. Междунар. науч. конф., г. Минск, 14–17 сент. 2016 г. В 2 т. Т. 1 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2016. – 618 с.

6 Государственная программа развития аграрного бизнеса Республики Беларусь на 2016–2020 годы: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 11 марта 2016 г. № 196 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://economy.gov.by/ru/>, 2018.

УДК 631.43:556.01

Н. Н. Хожанов, Д. М. Нурабаев, К. А. Естаев, Х. И. Турсунбаев
Таразский государственный университет имени М. Х. Дулати, Тараз,
Республика Казахстан

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ КРИТЕРИЕВ

Целью настоящих исследований явилось изучение тенденции современного развития природопользования и природообустройства, которая заключается в создании условий для стабильного управления биологическим и геологическим круговоротом воды и химических веществ. На основе системного и структурного анализа установлены методы оценки продуктивности климата по показателям, характеризующим энергетические ресурсы ландшафтов, процесс теплообмена в конкретной географической точке пространства за известный промежуток времени (которые характеризуются балансом прихода и расхода энергии). С учетом эколого-мелиоративных и экономических аспектов орошаемого земледелия и данных радиационного баланса возникла необходимость дальнейшего совершенствования методологии регулирования почвенно-мелиоративных критериев на основе энергетических ресурсов конкретной местности. Для выявления влияния абсолютной высоты местности Н. Н. Хожановым предложена зависимость $R_H = R/H$ для оценки продуктивности климата. При этом с учетом абсолютной высоты местности дана оценка продуктивности растений и почвы, детально охарактеризованы реальные возможности той или иной территории для размещения сельскохозяйственных культур, рационального использования земельно-водных ресурсов, направленного на оздоровление экологической обстановки в орошаемом земледелии.

Ключевые слова: абсолютная высота местности, природопользование и природообустройство, радиационный баланс, продуктивность климата, земельно-водные ресурсы.

N. N. Khozhanov, D. M. Nurabaev, K. A. Estaev, Kh. I. Tursunbaev
Taraz State University named after M. Kh. Dulati, Taraz, Republic of Kazakhstan

ON THE QUESTION OF METHODOLOGY IMPROVEMENT OF SOIL-RECLAMATION CRITERIA REGULATION

The purpose of this research was to study the trend of current nature management and environmental engineering development, which is to create conditions for sustainable management of the biological and geological hydrologic cycle and chemicals. The methods for estimating the climate productivity according to the indices characterizing the energy resources of landscapes, the heat exchange process at a specific geographical space point over a certain period of time (which are characterized by the input and consumption energy balance) are established on the basis of the system and structural analysis. The necessary for further methodology improvement for regulating soil-reclamation criteria on the basis of energy resources of a particular locality emerged taking into account the ecological-reclamation and economic aspects of irrigated agriculture and the data of radiation balance. To determine the

influence of absolute altitude N. N. Khozhanov proposed the dependence $R_H = R/H$ for estimating the climate productivity. At the same time, the plants and soil productivity assessment is given taking into account the absolute altitude of the terrain, the actual possibilities of a given territory for locating agricultural crops, rational use of land and water resources aimed at improving the ecological situation in irrigated agriculture are defined in detail.

Key words: absolute altitude of terrain, natural resources use and environmental engineering, radiation balance, climate productivity, land and water resources.

Введение. В послании главы государства народу Республики Казахстан от 31 января 2017 г. «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность» отмечено, что аграрный сектор должен стать новым драйвером экономики. Это означает, что необходимо эффективно использовать земли в течение 5 лет, увеличить площадь орошаемых земель на 40 % и довести до 2 млн га с ростом объема инвестиций в аграрные научные исследования. При этом осуществление приоритетного направления путем диверсификации производства сельскохозяйственной продукция в аграрном секторе позволяет повысить уровень переработки продукции с созданием эффективной системы хранения, транспортировки и сбыта товаров, обеспечить увеличение экспорта продовольственных товаров на 40 % к 2021 г.

Тенденция современного развития природопользования и природообустройства заключается в создании условий для стабильного управления биологическим и геологическим круговоротом воды и химических веществ. Для устойчивого развития природно-социальных систем необходимо установление гармоничных взаимоотношений между всеми компонентами окружающей природной среды. В начале XX в. почвоведом В. В. Докучаевым сформулирован закон географической зональности [1], в котором установлена взаимозависимость распределения вида почвы и растительности и предусматривается соотношение осадков и возможного испарения.

Как известно, количество влаги в почвенном покрове определяется не только количеством выпадающих атмосферных осадков, но и их расходом на сток и испарение. Главным фактором испарения при наличии влаги служит солнечная энергия, а также в определенной степени дефицит влажности и температура воздуха, испаряемость с дневной поверхности. Поэтому количественные характеристики влагообеспеченности естественных ландшафтов наряду с атмосферными осадками формируются и определяются количеством тепла, достигающего дневной поверхности. На основе этого был сформулирован периодический закон географической зональности В. В. Докучаева – А. А. Григорьева – М. И. Будыко, который характеризуется соотношением между энергетическим балансом и количеством осадков, выраженных в тепловых единицах [2].

В настоящее время в природном и сельскохозяйственном районировании земельных фондов широко используется понятие продуктивности климата. При этом под сельскохозяйственной продуктивностью климата понимают комплексную характеристику метеорологических факторов, положительно влияющих на рост и развитие растений, представляющих собой агроклиматические ресурсы природной системы.

Методы оценки продуктивности климата по выбору показателей, характеризующих энергетические ресурсы, на основе системного и структурного анализа можно разделить на четыре группы: по дефициту влажности воздуха, по температуре воздуха, по испаряемости, по радиационному балансу.

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

Преимущество показателя индекса сухости R' перед другими считают очевидным [5–8]. Во-первых, он характеризует условия тепло- и влагообеспеченности ландшафтов, во-вторых, определяет в значительной степени условия формирования почвенных, гидрогеологических и геохимических условий, в-третьих, позволяет учесть характер и интенсивность антропогенной деятельности.

Однако во всех вышеотмеченных методах расчета обеспеченности ресурсами климата природных систем не отражается показатель абсолютной высоты местности, так как солнечная радиация в этом отношении показывает не одинаковые результаты. На основании проведенного мониторинга существующих методов выявлено новое направление, основанное на аналитическом анализе, т. е. метод совершенствования определения индекса радиационного баланса в зависимости от абсолютной высоты местности.

Результаты и обсуждение. С учетом эколого-мелиоративных и экономических аспектов орошаемого земледелия и данных радиационного баланса возникла необходимость дальнейшего совершенствования методологии регулирования почвенно-мелиоративных критериев на основе энергетических ресурсов конкретной местности. Предложенная Н. Н. Хожановым зависимость $R_H = R/H$ для оценки продуктивности климата позволяет дать оценку продуктивности растений и почвы, детально охарактеризовать реальные возможности той или иной территории для размещения сельскохозяйственных культур с учетом абсолютной высоты местности, рационального использования земельно-водных ресурсов, направленного на оздоровление экологической обстановки в орошаемом земледелии (таблица 1).

Таблица 1 – Показатель радиационного баланса на единицу абсолютной высоты местности R_H

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

Для равнинной зоны Казахстана $2,0 < R_H < 28,96$, для предгорной зоны $0,3 < R_H < 2,0$, для горной зоны $0 < R_H < 0,3$. Выявленная классификация природной системы позволяет рационально размещать сельскохозяйственные культуры и совершенствовать систему земледелия, направленную на оздоровление продуктивности природной системы.

Для предгорной зоны Казахстана, как следует из данных таблицы 1, отношение радиационного баланса к абсолютной высоте местности составляет 0,61–2,20. Так, в одинаковых почвенно-климатических зонах показатели R_H не одинаковы. Это дает основание считать, что используемые в многолетнем разрезе агротехнические и мелиоративные мероприятия, направленные на получение больших урожаев сельскохозяйственных культур, себя полностью не оправдали.

Таким образом, на протяжении многих лет при разработке технологии программированного выращивания урожая сельскохозяйственных культур на основе прогнозных расчетов с использованием эмпирических формул мы существенно искажали расчетные данные, которые в конечном счете отразились на экологическом состоянии агроландшафтов орошаемой зоны. Рассчитанные по предлагаемой методике коэффициенты биоэнергетических ресурсов растений приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет коэффициента использования биоэнергетических ресурсов растений

Метеостанция	Расчетный биоэнергетический коэффициент K_{63}	Потенциальная урожайность кукурузы на силос, т/га		Биоэкологическая оценка Π_{63}
		при R по t_B	при расчетном R	
Сузак	0,061	63,2	104,4	0,005
Туркестан	0,090	69,1	155,1	0,007
Тюлькубас	0,096	63,8	164,5	0,021
Арыс	0,091	69,9	172,2	0,007
Шымкент	0,127	65,9	217,5	0,019
Шардара	0,095	69,7	162,6	0,007

Выводы. Таким образом, модернизация производства требует введения энергосберегающих технологий, которого можно достичь путем удовлетворения материальных и культурных потребностей. В многолетнем разрезе из-за нерационального использования энергетических ресурсов усилились процессы антропогенного опустынивания, что резко отразилось на валовом урожае и устойчивости сельскохозяйственного производства. Поэтому назрела необходимость перехода на новый уровень оценки основных принципов и методов системы земледелия.

Список использованных источников

- 1 Докучаев, В. В. Избранные труды / В. В. Докучаев; под ред. Б. Б. Полынова. – М.: Изд-во АН СССР, 1949. – 643 с.
- 2 Будыко, М. И. Глобальная экология / М. И. Будыко. – М.: Мысль, 1977. – 327 с.
- 3 Ольдекоп, Э. М. Об испарении с поверхности речных бассейнов / Э. М. Ольдекоп // Труды Юрьевской обсерватории. – М., 1911. – С. 12–24.
- 4 Григорьев, А. А. Географическая зональность и некоторые ее закономерности / А. А. Григорьев // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1954, № 5, С. 15–23; 1954, № 6, С. 23–35.
- 5 Мустафаев, Ж. С. Почвенно-экологическое обоснование сельскохозяйственных земель в Казахстане / Ж. С. Мустафаев. – Алма-Ата: Наука, 1997. – 358 с.
- 6 Каримов, Э. К. Улучшение эколого-мелиоративного состояния и повышение продуктивности орошаемых земель Узбекистана (на примере Голодной и Каршинской степей): автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Каримов Эргаш Каримович. – М., 1997. – 50 с.
- 7 Айдаров, И. П. Моделирование почвенно-мелиоративных процессов / И. П. Айдаров, А. И. Корольков, В. Х. Хачатурьян // Биологические науки. – 1987. – № 9. – С. 27–28.
- 8 Волобуев, В. Р. Введение в энергетику почвообразования / В. Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 120 с.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 666.972.123:691.322

М. А. Ашрабова

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНА

Целью исследований является изучение способов тепловой обработки бетона с использованием основных источников тепла: пара, электрического тока и продуктов сжигания природного газа. Тепловая обработка бетона является завершающим и ответственным этапом технологии производства бетонных работ и определяет конечный эффект всех достижений на предыдущих этапах. Тепловая обработка железобетонных конструкций и изделий является энергоемкой, так как энергетические затраты составляют около 65 % на производство 1 м³ железобетонных изделий. На сокращение энергоемкости процесса тепловой обработки бетона направлена разработка технических решений применительно к конкретным изделиям и конструкциям, а также технологии их изготовления.

Ключевые слова: способы тепловой обработки, бетон и железобетон, основные источники тепла, пар, электрический ток, продукт сжигания, природный газ.

M. A. Ashrabo va

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

IMPROVEMENT OF CONCRETE HEAT TREATMENT METHODS

The purpose of the research is to study the methods of heat treatment of concrete using the main heat sources: steam, electric current and products of natural gas combustion. Heat treatment of concrete is the final and crucial stage of the production process of concrete works and determines the final effect of all achievements on the previous stages. The heat treatment of reinforced concrete structures and products is energy consuming, since energy costs make up about 65 % for the production of 1 m³ of reinforced concrete products. The development of technical solutions for specific products and structures, as well as technology for their production is directed towards the energy consumption reduction of the concrete heat treatment.

Key words: heat treatment methods, concrete and reinforced concrete, main heat sources, steam, electric current, combustion product, natural gas.

В настоящее время для ускорения твердения бетонов наибольшим эффектом обладает тепловая обработка. Интенсивное твердение бетона является современной технологией производства бетонных работ как в заводских условиях, так и на строительной площадке [1–5].

Твердение бетона преследует следующие цели:

- в заводских условиях производства сборного железобетона – достижение бетоном требуемых прочностных характеристик в минимальные сроки, увеличение оборачиваемости металлоемкой формовочной оснастки, повышение производительности технологических линий на одних и тех же производственных площадках;
- на строительной площадке при возведении монолитных железобетонных кон-

струкций – сокращение сроков сдачи объекта в эксплуатацию, получение бетона с требуемой высокой прочностью, морозостойкостью, водонепроницаемостью при бетонировании в период низких отрицательных температур наружного воздуха или жаркой сухой погоды, сокращение продолжительности ухода за бетоном в зимнее и летнее время года.

Несмотря на дополнительные энергетические, финансовые затраты и в отдельных случаях некоторое снижение качественных показателей бетона как материала для изделий и конструкций, тепловая обработка занимает ведущее место как в заводском производстве, так и на строительной площадке монолитного строительства. Это вызывает необходимость поиска путей дальнейшего совершенствования тепловой обработки, которая является завершающим и ответственным этапом технологии производства бетонных работ и определяет конечный эффект всех достижений на предыдущих этапах.

В настоящее время в качестве основных источников тепла можно рассматривать только три вида: пар, электрический ток и продукты сжигания природного газа. На территории Узбекистана в ближайшие годы перспективным может оказаться использование солнечной и ветровой энергии, также возможно ее преобразование в энергию пара или электричества.

Пар (как теплоноситель при тепловой обработке бетона) нашел наибольшее применение в заводских условиях и производстве железобетонных изделий и конструкций. Для этого все предприятия имеют либо свою котельную, либо снабжаются паром от расположенных рядом теплоэлектростанций (ТЭЦ). Количество пропарочных агрегатов в целом по стране достигает нескольких десятков тысяч. Такая ориентированность строительного производства дает основание утверждать, что тепловлажностная обработка железобетонных изделий и конструкций сохранит свое доминирующее положение на предприятиях стройиндустрии еще в течение многих лет.

Пар как теплоноситель при тепловой обработке сборных железобетонных конструкций чаще всего используется на крупных предприятиях, где имеются современные котельные хозяйства, которые отапливаются местным топливом. Во всех других случаях приоритет переходит к использованию электрического тока как источника тепловой энергии.

Полученные данные показывают, что кинетика изменения функции «прочность бетона – расход тепла» для образцов, подвергнутых тепловлажностной обработке и твердевших в нормальных условиях, почти идентична, отмечается увеличение прочности на 20–50 %. Меньшее значение прироста прочности характерно для более высоких расходов тепла. Прочность бетона нормального твердения в возрасте 1 сут (при расходе тепла в зависимости от вида энергии) составляет 6–12 МПа, в возрасте 7 сут – 18–39 МПа. Бетоны, подвергнутые тепловлажностной обработке, отличаются замедленным ростом прочности во времени и в более позднем возрасте (180 сут). Прочность пропаренных образцов оказалась ниже прочности бетона аналогичного состава, твердевшего при нормальной температуре.

Кроме преимуществ тепловая обработка имеет и некоторые недостатки.

Во-первых, значительные капитальные затраты на строительство и эксплуатацию котельного хозяйства, необходимость транспортирования большого объема топлива для снабжения котельной, загрязнение окружающей среды продуктами сжигания топлива, значительные потери тепла при транспортировке пара к месту потребления, нестабильность параметров пара, трудность обеспечения однородности температурного поля как в конструкции, так и в объеме теплового агрегата в процессе тепловой обработки.

Во-вторых, преимущества электрического тока – простота доставки к месту потребления, минимальные потери при транспортировании, возможность легко и просто управлять режимом теплоподвода к конструкции, отсутствие загрязнения окружающей среды.

В-третьих, перспективы развития энергетики. Энергетический потенциал страны

(энергия солнца, ветра горных районов) будет увеличиваться за счет роста производства электроэнергии в результате строительства электростанций.

Необходимо отметить, что использование первичных источников энергии, таких как солнце и ветер, требует их аккумуляции и транспортирования, что наиболее просто осуществить, преобразуя их в электрический ток.

Электрическая термическая обработка бетона является основным способом монолитного бетонирования в зимнее время года. В сухой и жаркий периоды такой способ применяется и в заводских условиях при изготовлении сборных железобетонных конструкций и изделий.

В последнее время расширяется применение электрического тока как источника тепловой энергии, потому что с каждым годом ужесточаются требования в области защиты окружающей среды от загрязнения продуктами сжигания топлива.

Если говорить об использовании природного газа, то его применение как топлива для тепловой обработки сокращается. Природный газ может применяться лишь в порядке исключения на предприятиях, расположенных в труднодоступных нефтегазоносных районах страны.

Тепловая обработка железобетонных конструкций и изделий является энергоемкой, так как энергетические затраты составляют около 65 % на производство 1 м³ железобетонных изделий. Температурный уровень тепловой обработки и энергетические затраты могут быть снижены за счет использования перерывов между сменами и выходных дней для увеличения продолжительности твердения бетона в заводских условиях.

В целях снижения энергоемкости тепловой обработки необходимо стремиться к загрузке камер однотипными изделиями и конструкциями, хотя бы по массе и габаритам. Для совершенствования тепловой обработки необходимо создание режимов и способов, которые обеспечивали бы сменность оборота формовочной оснастки.

Также необходимо обратить внимание на возможность использования (при тепловой обработке сборного железобетона) местных источников тепла: солнечной энергии, тепловых отходов рядом расположенных промышленных предприятий, которые могут отпускать их в порядке утилизации.

Таким образом, можно сделать вывод, что основными энергоносителями в строительстве и промышленном производстве сборного железобетона по-прежнему остаются пар и электрический ток. На сокращение энергоемкости и совершенствование тепловой обработки бетона направлена разработка технических решений применительно к конкретным изделиям и конструкциям, а также технологии их изготовления.

Список использованных источников

1 Карапчанский, Н. Исследование некоторых вопросов в области пропаривания бетонов / Н. Карапчанский, А. Пеев // Труды международной конференции по проблемам ускорения твердения бетона при изготовлении сборных железобетонных конструкций. – М., 1998. – С. 136.

2 Крылов, Б. Технология и долговечность железобетонных конструкций / Б. Крылов // Труды научно-технических институтов. Гидротехническое строительство / ВНИИ гидротехники. – М., 1986. – С. 174.

3 Скрамтаев, Б. Г. Испытание прочности бетона / Б. Г. Скрамтаев, М. Ю. Лещинский // Труды научно-технических институтов. Гидротехническое строительство / ВНИИ гидротехники. – М., 1983. – С. 241.

4 Баженов, Ю. М. Технология бетона: учеб. для вузов / Ю. М. Баженов. – М.: Высш. шк., 1987. – 187 с.

5 Комар, А. Г. Строительные материалы и изделия: учеб. для вузов / А. Г. Комар. – М.: Высш. шк., 1993. – 290 с.

УДК 631.671:626.8

А. И. Тищенко

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

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПЕРЕЛИВА ВОДЫ ЧЕРЕЗ ДАМБЫ ДЕРИВАЦИОННЫХ КАНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Целью исследований являлось изучение работоспособности гидротехнических сооружений мелиоративных систем для недопущения создания негативных ситуаций на деривационных каналах (от возникновения размывов и прорывов дамб в земляном русле). В статье рассматривается состояние регулирующих сооружений по результатам многочисленных наблюдений и исследований, недостатки работы сетевых гидротехнических сооружений и повреждения за ними и на них. Для предотвращения негативных ситуаций предлагаются конструкции автоматических устройств, позволяющие улучшить работу сооружений и каналов на деривационных системах.

Ключевые слова: предотвращение прорывов дамб каналов, затвор-автомат, гидротехническое сооружение, водный поток.

A. I. Tishchenko

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

PREVENTION OF DAM OVERFLOW IN POWER CANALS BY AUTOMATIC DEVICES

The aim of the research was to study the efficiency of hydraulic structures of reclamation works to prevent the negative situations on power canals (as a result of washout and dam failure in the earth canal). The state of regulation structures based on the results of numerous observations and studies, the shortcomings of the network hydraulic structures operation and the damage to them and on them are considered. To prevent negative situations the designs of automatic devices which allow improving the operation of structures and canals on derivational systems are proposed.

Key words: dam failure prevention in canals, automotive watergate, hydraulic structure, water flow.

Стабильность функционирования таких динамических систем, как оросительные, в определенной степени зависит от автоматизации процесса водораспределения. Каждая оросительная система устраивается с комплексом гидротехнических сооружений, в состав которых входят открытые и трубчатые сооружения. Основным недостатком трубчатых сооружений является то, что они забиваются растительностью (в частности, камышом), скошенной с внутренних откосов дамб канала, плывущими ветками, корягами и другим, попадающими в сооружение с водой. В результате этого возникают сбои в работе как в верхнем и нижнем бьефах каналов, так и в водопроводящей части гидротехнического сооружения.

Не являются исключением и перегораживающие (регулирующие) сооружения открытого типа с плоскими затворами. Так как затворы не поднимаются полностью, а открываются на определенную высоту для обеспечения положения уровня воды в верхнем бьефе на необходимой отметке, то при механическом регулировании уровня воды в верхнем бьефе канала могут возникнуть аварийные или чрезвычайные ситуации по непреднамеренной вине регулировщика. Изучением работоспособности гидротехнических сооружений на мелиоративных системах в XX в. занимался ряд ученых:

М. М. Скиба [1], Ю. Н. Казиев и А. И. Костин [2, 3], Ц. Е. Мирцхулава [4, 5] и многие другие [6–10].

Возникновению негативных явлений способствует затвор в водопропускных отверстиях перегораживающих сооружений, расположенных по трассе канала, образованный плавником. В результате возникновения такой ситуации на межхозяйственных, хозяйственных или участковых каналах происходит резкий подъем уровня воды и перелив ее через дамбы каналов, что влечет за собой затопление близлежащих территорий. При этом чем больше времени потребуется на выявление и устранение аварии, тем более масштабным будет затопление площадей и больший ущерб будет нанесен сельскохозяйственным угодьям.

Вторым негативным фактом является то, что переливающийся поток может размывать дамбу канала. В таком случае будет нанесен урон еще и оросительной системе. Чтобы ликвидировать образовавшиеся промоины, необходима техника и дополнительные объемы грунта из запасных кавальеров. А это дополнительные затраты средств, трудовых и денежных ресурсов.

Выход из такого положения возможен при применении автоматических регуляторов уровней воды. Такие конструкции были применены с середины прошлого столетия до 1990-х гг. В то время оросительные системы находились на бюджетном обеспечении, на балансе государства и могли использовать электричество для автоматизации регулирования затворов гидротехнических сооружений.

В настоящее время на балансе государства находятся только магистральные каналы и сооружения на них. Остальная оросительная сеть с гидротехническими сооружениями находится на балансе товаропроизводителей.

Естественно, значительная часть гидротехнических сооружений, пробывших в эксплуатации более 50 лет, пришла в негодность, так как ремонтные работы не выполняются в достаточном объеме. Тем более что оснащение сооружений оборудованием для автоматического регулирования уровня воды является слишком дорогим удовольствием. Для этого необходимо подведение электроэнергии, оснащение сооружения электродвигателями и различными датчиками уровней, за которыми нужно вести наблюдение и которые нужно охранять.

Предотвратить возникновение аварийных ситуаций можно путем перевода гидротехнических сооружений на автоматическое регулирование с использованием энергии воды, пропускаемой по каналам. Для этого достаточно существующие затворы переоборудовать так, чтобы при поднятии уровня воды затвор сам поднимался от ее действия на высоту, необходимую для пропуска скапливающегося плавника.

При проектировании и строительстве деривационных оросительных систем на горных и предгорных территориях Российской Федерации следует учесть особенности рельефа местности для устройства экономичных регулирующих сооружений с автоматическими функциями по поддержанию уровня воды в верхнем бьефе.

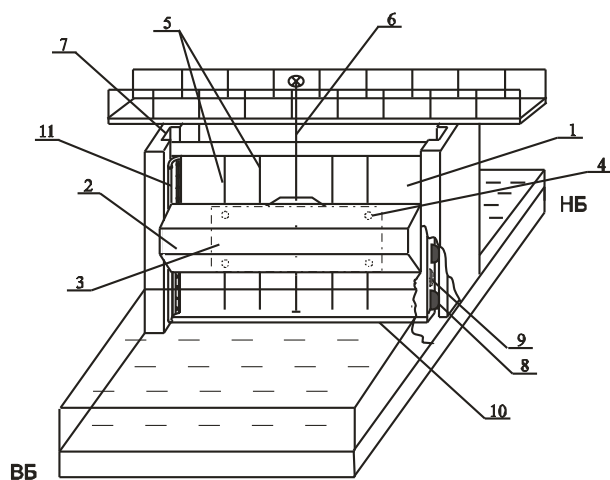
Целью настоящих исследований явилась разработка конструкций автоматических устройств, способствующих предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций.

В настоящее время автором разработаны конструкции авторегулятора уровня воды верхнего бьефа (патент на изобретение № 2486311) (рисунок 1) и устройства для предотвращения начальных разрушений от паводков (патент № 2385382), позволяющие предупредить указанные проблемы.

Помимо основных достоинств автоматических затворов (не требуют подключения электричества и увеличенного штата регулировщиков, просты по конструкции, обладают высокой чувствительностью и т. д.), работающих только за счет энергии воды, данная конструкция способна не только поддерживать необходимый уровень воды, но и равномерно пропускать плавник, присутствующий в водном потоке.

Принцип работы автоматического регулятора уровня воды в верхнем бьефе со-

оружения следующий. При расчетном уровне воды в верхнем бьефе устройство находится в статическом положении на заданной высоте, обеспечивая пропуск необходимого расхода в нижний бьеф. При превышении допустимого уровня воды под действием выталкивающей силы поплавков 2 поднимает затвор 1, тем самым производится пропуск воды под затвором.



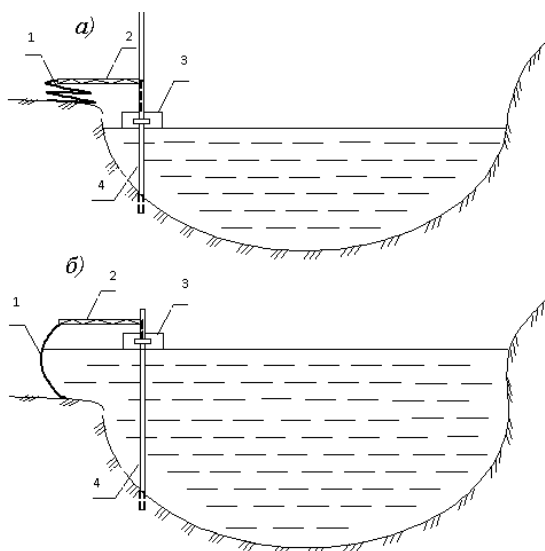
- 1 – плоский затвор; 2 – герметичная съемная камера, заполненная воздухом (поплавков); 3 – передвижная пластина, к которой крепится поплавок;
- 4 – крепление поплавка к пластине;
- 5 – направляющие для передвижения пластины;
- 6 – червячный механизм для регулирования положения поплавка;
- 7 – паз для передвижения затвора;
- 8 – боковые ролики; 9 – тыльные ролики;
- 10 – донный уплотнитель;
- 11 – боковой уплотнитель

Рисунок 1 – Конструктивная схема затвора-автомата

Для изменения поддерживаемого уровня воды необходимо с помощью червячного механизма установить герметичную камеру на требуемый уровень.

Технический результат, который достигается применением предлагаемой конструкции затвора (в сравнении с конструкциями, представленными в работах Ш. С. Бобохидзе [11] и Я. В. Бочкарева [12–14], В. Н. Щедрина [15, 16] и других исследователей [17–19]), обеспечивается следующими характеристиками. Полость, заполненная воздухом, герметична, прикреплена к пластине, которая передвигается по направляющим затвора посредством червячного механизма. Конструкция регулятора уровня предусматривает работу по регулированию уровня воды путем перемещения поплавка по затвору на требуемый уровень.

Надежность в работе и экономическая эффективность обеспечиваются за счет простой конструкции устройства, не требующей постоянного присутствия регулировщика. Устройство для предотвращения начальных разрушений от паводков устанавливается на гребне каждой дамбы параллельно продольной оси русла водотока. Конструкция выполняется следующим образом (рисунок 2).



- 1 – модульная конструкция (полотнище);
- 2 – пустотелая консоль со скользящей опорой, насаженной на сваю; 3 – поплавок;
- 4 – железобетонная свая с поперечным сечением произвольной формы

Рисунок 2 – Устройство для предотвращения начальных разрушений от паводков с нормальным (а) и повышенным (б) уровнями воды

У бровки откоса каждой дамбы забиваются железобетонные сваи через определенное расстояние. В нижней части прорезиненное полотнище 1 закрепляется на гребне дамбы (ближе к бровке) с помощью деревянной накладки (доски) длиной, равной расстоянию между сваями (для герметичного примыкания к откосу дамбы). В верхней части полотнище заправляется в пустотелую консоль 2, которая вместе со скользящей опорой жестко соединена с поплавком 3.

На рисунке 2, а приведено статическое положение устройства, а на рисунке 2, б показано динамическое (рабочее) положение конструкции.

При подъеме уровня воды в канале (или водоеме) выше отметки гребня дамбы поплавок, перемещаясь вдоль тел свай, распрямляет полотнище с перемещением верхней его части по высоте, не допуская перелив воды через дамбу. Ширина полотнища может достигать двух и более метров и, соответственно, уровень воды может подняться на такую же высоту.

Вывод. Нежелательных ситуаций, связанных с воздействием водного потока, можно избежать, если своевременно принять необходимые меры, применив автоматические средства безопасности, использующие энергию водного потока.

Список использованных источников

1 Костин, А. И. Отчет о результатах лабораторных исследований трубчатого перепада падением до 5 м конструкции Южгипроводхоза / А. И. Костин, Т. Н. Севастьянов, М. М. Скиба. – Новочеркасск, 1955. – 75 с.

2 Казиев, Ю. Н. О трубчатых напорных перепадах / Ю. Н. Казиев // Гидротехника и мелиорация. – 1950. – № 9. – С. 77–79.

3 Костин, А. И. Исследование гидравлического режима трубчатых сооружений на оросительных системах Дона: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Костин А. И. – Новочеркасск, 1955. – 25 с.

4 Мирцхулава, Ц. Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости / Ц. Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1967. – 180 с.

5 Мирцхулава, Ц. Е. Современные исследования в области местных размывов русел за гидротехническими сооружениями / Ц. Е. Мирцхулава, А. М. Мухаммедов // ГТС. – 1968. – № 12. – С. 22–35.

6 Автономов, Б. П. Некоторые результаты обследования гидротехнических сооружений оросительных систем Краснодарского, Ставропольского краев и Ростовской области / Б. П. Автономов, И. Х. Овчаренко, Е. Н. Белоконев // Сб. тр. НИМИ. – Новочеркасск, 1974. – Т. 13, вып. 5. – С. 224–233.

7 Тищенко, А. И. Сетевые гидротехнические сооружения: монография / А. И. Тищенко. – Новочеркасск, 2008. – 246 с.

8 Овчаренко, И. Х. Параметры воронки местного размыва в нижнем бьефе регулирующих сооружений / И. Х. Овчаренко, А. И. Тищенко // Гидротехника и мелиорация. – 1979. – № 3. – С. 37–39.

9 Кавешников, А. Т. Исследование параметров процесса гидродинамического давления на крепление нижнего бьефа / А. Т. Кавешников, А. В. Варывдин // Гидротехническое строительство. – 1999. – № 12. – С. 4.

10 Тищенко, А. И. К вопросу о расчете коллекторов сбросной сети / А. И. Тищенко, И. Х. Овчаренко, Л. Н. Рогозная // Известия СКНЦ ВШ. Серия: Технические науки. – 1987. – № 4. – С. 27–31.

11 Бобохидзе, Ш. С. Гидравлическая автоматизация водораспределения на оросительных системах / Ш. С. Бобохидзе. – М.: Колос, 1973. – 248 с.

12 Бочкарев, Я. В. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов в гидромелиорации / Я. В. Бочкарев, Е. Е. Овчаров. – М.: Колос, 1981. – 335 с.

13 Бочкарев, Я. В. Гидроавтоматика в орошении / Я. В. Бочкарев. – М.: Колос, 1978. – 188 с.

14 Бочкарев, Я. В. Математические модели оперативного планирования и управления, принципы и схемы автоматизации водораспределения на магистральных (межхозяйственных) каналах при автоматизации методом динамического регулирования / Я. В. Бочкарев // Локальные системы автоматизации в мелиорации. – Фрунзе: Изд-во Кирг. СХИ, 1986. – С. 3–17.

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

16 Щедрин, В. Н. Системные принципы водоучета и управления водораспределением на оросительной сети / В. Н. Щедрин. – Новочеркасск: НГТУ, 1994. – 235 с.

17 Коваленко, П. И. Выбор режима водораспределения автоматизированных оросительных систем / П. И. Коваленко, Л. М. Осинина // Гидротехника и мелиорация. – 1983. – № 6. – С. 31–33.

18 Коваленко, П. И. Автоматизация мелиоративных систем / П. И. Коваленко. – М.: Колос, 1983. – 304 с.

19 Коваленко, П. И. Схема регулирования водораспределения по норме расхода / П. И. Коваленко, Л. М. Кузмичева // Вопросы строительства и эксплуатации мелиоративных систем. – Киев: УкрНИИГиМ, 1980. – С. 84–90.

УДК 631.67:631.671.1:631.675.2

А. Р. Муратов, С. М. Муратов, Ш. Ф. Рахматиллаев

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА КАНАЛАХ В ЗЕМЛЯНОМ РУСЛЕ

В Узбекистане особое внимание уделяется коренному улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель в сельском хозяйстве. Эта задача стала одной из приоритетных, так как эффективность сельскохозяйственного производства, обеспечение экономической и продовольственной безопасности страны и материальное благосостояние населения Узбекистана неразрывно связаны с эффективным использованием водных и земельных ресурсов и постоянным улучшением продуктивности и качества земли. В статье приводятся результаты проведенных авторами экспериментальных исследований по изучению водопроницаемости грунтовых экранов путем введения в них инъективных материалов на основе смеси, состоящей на 37 % из цемента, на 62 % из воды и на 1,0 % из глины.

Ключевые слова: грунтовые каналы, фильтрация, орошение, расход воды, внутрigrрунтовая инъекция.

A. R. Muratov, S. M. Muratov, Sh. F. Rakhmatillaev

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

IMPERVIOUS COATINGS USE FOR CANALS IN EARTH CHANNELS

Special attention is paid to the radical improvement of the meliorative state of irrigated lands in agriculture in Uzbekistan. This problem has become one of the high-profile issues as the agricultural production efficiency, ensuring the economic and food security of the country and the material welfare of the Uzbekistan population are closely connected with the efficient use of water and land resources and the continuous improvement of land productivity

and quality. The results of experimental studies carried out by the authors on water permeability of ground membranes by injecting into them the injectable materials based on a mixture of 37 % of cement, 62 % of water and 1.0 % of clay are presented in the article.

Key words: earth channels, filtration, water discharge, irrigation, intra-soil injection.

Введение. Узбекистан расположен в центре Центрально-Азиатского региона. Две крупных реки региона, такие как Амударья и Сырдарья, протекают через территорию страны. Это позволило стране накопить большой опыт в аграрной сфере. Данная отрасль обеспечивает население необходимыми продуктами питания, а различные отрасли промышленности – сырьем. Сельскому хозяйству, как крупной механизированной отрасли, отводится приоритетная роль в экономике республики. Большая часть посевных площадей (а под техническими культурами практически все) – это орошаемые земли, которые обслуживаются мощной государственной ирригационной системой [1].

Известно, что основная часть существующих ирригационных сетей в стране – это грунтовые каналы, поэтому важной задачей является разработка эффективных технологий экранирования их русла, которая позволит существенно снизить потери воды при транспортировке.

Материал и методы. Создание новых методов и выбор материалов для гидроизоляции ирригационных систем является ключевым вопросом рационального использования водных ресурсов. Существующие оросительные системы построены в земляном русле, и только 15–20 % от общей протяженности каналов выполнены с противofильтрационными покрытиями, все это приводит к значительным потерям и снижению коэффициента полезного действия. В то же время коэффициенты полезного действия многих ирригационных систем в настоящее время не превышают 0,5–0,6, т. е. от 30 до 40 % воды, направленной из оросительных каналов, теряется при транспортировке [2].

Анализ существующей литературы показывает [1–3], что большие потери воды и низкая гидравлическая эффективность наблюдаются не только на грунтовых каналах, но и на каналах, выполненных с покрытиями. Если общие потери воды на системе принять за 100 %, то они будут распределяться следующим образом (рисунок 1): потери на фильтрацию – 70–75 %, потери на испарение – 3–5 %, технические потери – 20–25 % [2].

132993 км (76 %) из 173181 км оросительных каналов в системе управления водными ресурсами выполнены в земляном русле, а их коэффициент полезного действия составляет около 50–60 %. На остальных 24 % бетонные покрытия – 12230 км (7 %), сборные железобетонные лотки – 24255 км (14,5 %), закрытые трубы – 3762 км (2,5 %). С учетом этого в перспективе может быть выполнена экранизация грунтовых каналов [3].

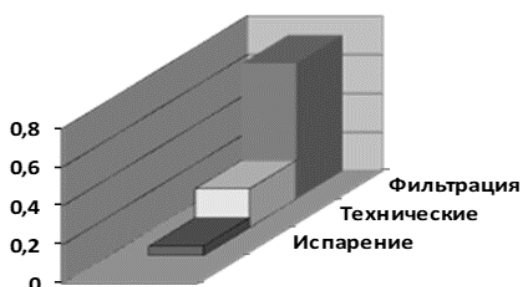


Рисунок 1 – Распределение потерь воды в оросительных сетях

Бетонные покрытия эффективны в случае периодического и капитального ремонта и обеспечивают срок службы до 50 лет. Кроме того, в отличие от других типов покрытий они имеют незначительную шероховатость и обеспечивают высокую проницаемость.

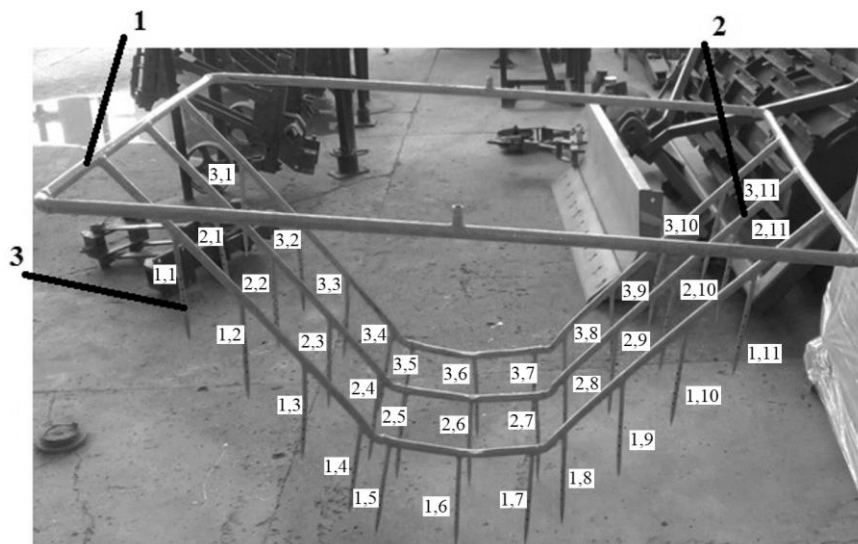
В США первые бетонные противofильтрационные покрытия для оросительных каналов появились еще в 1880 г. Бетонные покрытия часто используются в основном на магистральных (и крупных) каналах. При выборе бетона значительное внимание уделяется инертным материалам, поскольку они обеспечивают долговечность покрытия, прочность, водонепроницаемость и морозоустойчивость.

Полимерные пленки впервые на крупных каналах использовались в Италии в 1951 г., а в 1953 г. в США (в штате Монтана), но не были широко распространены из-за высокой цены. Некоторые такие покрытия хорошо сохранились до нашего времени и имеют высокое качество. Лабораторные исследования полиэтиленовых пленочных покрытий спустя 4 года показали, что существенных изменений в свойствах этих материалов не произошло. Полоски пленки на каналах хорошо сохранились через 10 лет [4].

В 1961 г. во время строительства новых каналов в зоне Мирзачул ученые ВНИИГиМ провели полевые исследования по применению открытых экранов с использованием полихлорида. В результате этих исследований в каналах было установлено, что 25–30 см каменистых песчаных защитных покрытий устойчивы вдоль длины канала (скольжения по пленке не наблюдается). Однако в таких случаях пленки необходимо беречь от воздействия солнечных лучей и других повреждений (растрескивания, разрывания, продавливания и т. д.). Из-за вышеупомянутых недостатков идея строительства бетонных конструкций вместо полиэтиленового экрана в Узбекистане заключалась в формировании положительных свойств полимерных экранов и сборных железобетонных покрытий. Таким образом, В. А. Духовный и инженер В. К. Ковалев вместе изобрели комбинированное покрытие.

При изучении технологий и конструкций для предотвращения фильтрации воды в ирригационных системах ученые Ф. Рахимбаев, А. А. Рачинский, М. Х. Хамидов, Н. П. Киселев, Ю. М. Косиченко, А. В. Ищенко, О. А. Баев, М. А. Батулин, Ш. Б. Бекжанов и др. провели соответствующие научные исследования.

Результаты и обсуждение. Исследования по выбору параметров технологии создания противофильтрационных покрытий способом инъекции в грунтовых каналах проводились путем изучения накопленных зарубежных экспериментов и анализов. Нами был создан опытный образец, состоящий из 33 свай в трех рядах, расстояние между рядами 20 см (рисунок 2). Эксперименты проводились в специальной лаборатории, задаваемые параметры подбирались для наиболее распространенных каналов с глубиной до 3,0 м (учитывая параметры гидромелиоративных систем Узбекистана).



1 – прямоугольная рама из стальных труб; 2 – трапециевидные трубы в три ряда, выполненные по периметру канала; 3 – 33 сваи для создания противофильтрационного экрана внутри грунта

Рисунок 2 – Опытный образец для создания противофильтрационного покрытия

В ходе первоначальных экспериментов из комбинированных местных материалов была изготовлена смесь на основе бетона. Изначально смесь закачивается под давлением $1,0 \text{ кг/см}^2$, а затем подается при давлении $2,0 \text{ кг/см}^2$ в грунт. После обработки результатов экспериментальных исследований были построены графики (рисунок 3).

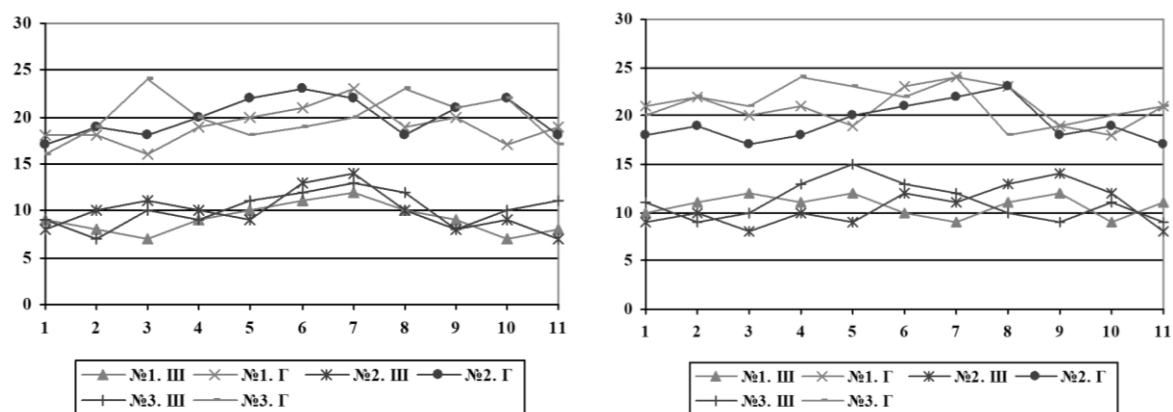


Рисунок 3 – Графики распространения влаги в ширину (№ 1, 2, 3 Ш, мм) и глубину (№ 1, 2, 3 Г, мм), направленной через сваи агрегата в грунт под давлением 1 и 2 кг/см²

На рисунке 4 представлено распределение влаги в почве на глубину 20 см и образование конусообразной формы вокруг сваи.

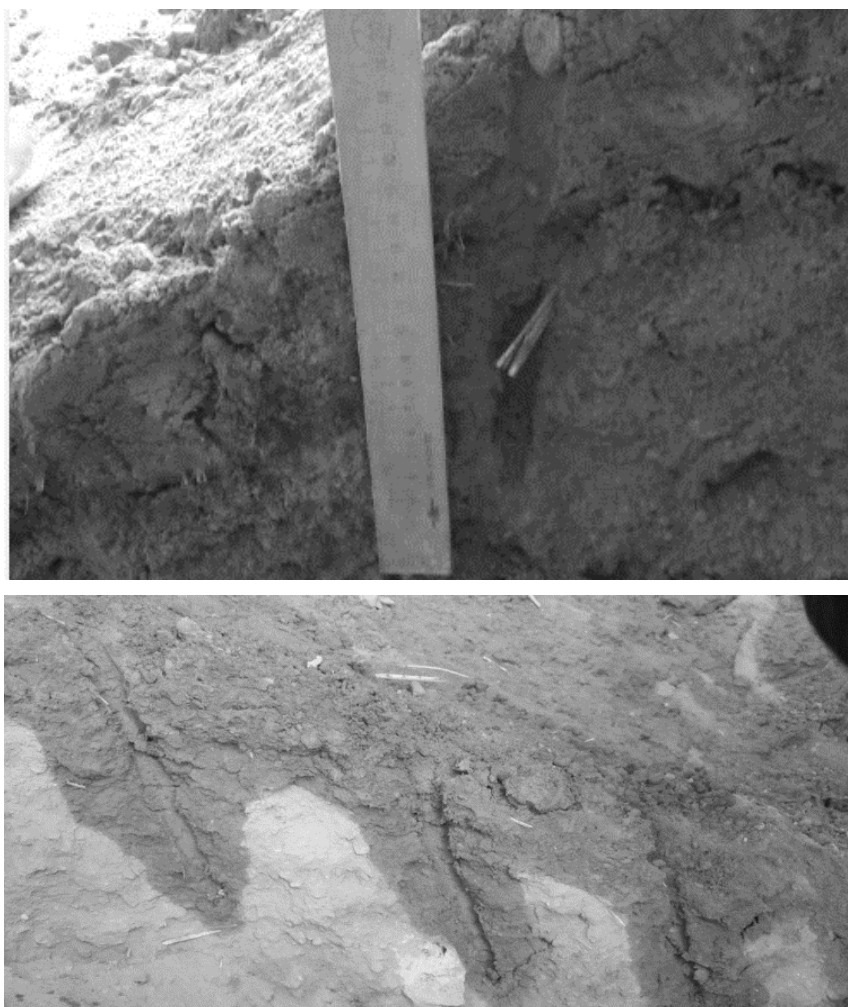


Рисунок 4 – Распределение влаги в почве на глубину 20 см и образование конусообразной формы вокруг сваи

Выводы. Анализ результатов исследований, представленных на рисунке 3, показывает, что существует линейная зависимость между гранулометрическим составом почвы и инъецированной смеси (состоящей на 37 % из цемента, на 62 % из введенной

воды и на 1,0 % из глины). На рисунке 4 можно увидеть, что смесь на основе бетона проникает на глубину 20 см, и коническую форму вокруг сваи. Расстояние между рядами составляет $L = 20$ см, при этом оптимальный радиус действия каждой сваи должен быть равен 13,88 см. Как видно из рисунка 4, радиус конусообразного покрытия составляет около 20 см на поверхности сваи и 3 см в глубине. Таким образом, во всех экспериментах толщина искусственного экрана, создаваемого введением инъекции вокруг сваи, очень близка друг к другу, но на качество материалов влияет тип искусственного экрана и водопоглощение.

Список использованных источников

1 Муратов, А. Р. Проблемы механизированной уборки камней в условиях Узбекистана / А. Р. Муратов, С. М. Муратов, Ф. А. Бекчанов // Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. году экологии в России / ФГБНУ «ПНИИАЗ», с. Соленое Займище, 18–19 мая 2017 г. – Соленое Займище, 2017. – С. 603–607.

2 Косиченко, Ю. М. Рекомендации по применению геосинтетических материалов для противofiltrационных экранов каналов, водоемов и накопителей / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2015. – 64 с. – Деп. в ВИНТИ 12.01.15, № 1-В2015.

3 Хамраев, Ш. Р. Вода – необходимый жизненной ресурс для будущего Узбекистана / Ш. Р. Хамраев // Современные проблемы развития мелиорации и водного хозяйства Республики Узбекистан: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Ташкент: Узбекистан, 2008.

4 Баев, О. А. Противofiltrационные покрытия с применением бентонитовых матов для накопителей жидких отходов / О. А. Баев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2013. – № 3(11). – С. 115–124. – Режим доступа: <http://rosnipm-sm.ru/archive?n=188&id=199>.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 633.63:338.43(476)(47+57)4

С. В. Набздоров

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ПО СРАВНЕНИЮ СО СТРАНАМИ СНГ И ЕВРОПЫ

Целью исследования являлось изучение и анализ фактических производственных данных по выращиванию сахарной свеклы в Республике Беларусь в сравнении со странами СНГ и Европы. Беларусь полностью закрыла потребности внутреннего рынка в сахаре, кроме того, значительную часть продукции поставляет на внешний рынок, и необходимо увеличивать данные показатели. Беларусь среди стран СНГ занимает третье место по весу убранного урожая сахарной свеклы, уступив таким странам, как Россия и Украина, но занимает первое место по производству сахарной свеклы на душу населения. Необходимо пересмотреть и оптимизировать площади посева данной культуры, устранять все недочеты в ее возделывании и по возможности орошать ее, так как в Беларуси наблюдается неустойчивая влагообеспеченность и при этом сахарная свекла теряет урожайность из-за недостатка влаги в свой период развития.

Ключевые слова: возделывание сахарной свеклы, свеклоперерабатывающие предприятия, рост производства сахара, статистический анализ фактических данных, урожайность сахарной свеклы.

S. V. Nabzdorov

Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus

ANALYSIS OF THE SUGAR BEET PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS COMPARED WITH THE CIS AND EUROPEAN COUNTRIES

The purpose of the study was to study and analyze the actual production data on sugar beet cultivation in the Republic of Belarus in comparison with the CIS and European countries. Belarus completely met the domestic market needs in sugar, besides, a significant part of the products are delivered to the foreign market, and it is necessary to increase these figures. Belarus ranks third among the CIS countries in terms of the weight of harvested sugar beet yield giving way to such countries as Russia and Ukraine, but occupies the first place in sugar beet production per capita. It is necessary to revise and optimize this crop planting areas, eliminate all the shortcomings in its cultivation and irrigate it if possible, as there is an unstable moisture supply in Belarus, while sugar beet loses its yield due to the soil moisture deficit in its development.

Key words: sugar beet cultivation, sugar beet processing enterprises, sugar production growth, statistical analysis of actual data, sugar beet yield.

Введение. Сахарная отрасль Республики Беларусь характеризуется устойчивым ростом производства сахара как для внутреннего рынка, так и для внешнего. Многие хозяйства, в которых возделывают сахарную свеклу, работают уже на высоком уровне, увеличивают засеваемые площади и совершенствуют технологию возделывания. Белорусские свеклоперерабатывающие предприятия провели существенную модернизацию. Производством сахара-песка в Республике Беларусь занимаются четыре сахарных завода: ОАО «Городейский сахарный комбинат», ОАО «Жабинковский сахарный завод»,

ОАО «Скидельский сахарный комбинат», ОАО «Слуцкий сахарорафинадный комбинат». В модернизацию четырех сахарных заводов инвестируется более 55 млн долл. [1]. Программа техперевооружения предприятий принята четыре года назад, и уже требуется ее корректировка, рассматриваются направления обновления до 2020 г., чтобы выходить на рынки с конкурентной продукцией [2].

Нынешнее положение сельского хозяйства Беларуси свидетельствует о том, что не существует больших проблем, которые бы не позволяли сельскохозяйственным организациям работать эффективно, увеличивать производство сахара и завоевывать больше внешних рынков.

Теперь все технологические процессы возделывания сахарной свеклы обеспечены высокопроизводительными техническими средствами. Это означает, что в Беларуси теперь полностью исключен ручной труд по выращиванию сахарной свеклы, и это способствует получению хороших урожаев.

Особенностью Республики Беларусь является то, что она расположена в зоне неравномерного распределения осадков – участились периоды продолжительной засухи, поэтому природно-климатические условия для возделывания сахарной свеклы не всегда являются оптимальными.

Материал и методы. Данная статья базируется на статистическом анализе фактических данных, содержащихся в сборнике Национального статистического комитета Республики Беларусь («Сельское хозяйство Республики Беларусь») за 2017 г.

Результаты и обсуждение. Развитие производства сахарной свеклы не только одно из условий обеспечения продовольственной независимости страны, но и гарантия рабочих мест, доходов свекловодов, значительный фактор повышения культуры земледелия, крупный источник ценных кормовых ресурсов для животноводства.

Сахарная свекла – высокопродуктивное культурное растение, выращивание которого и для Республики Беларусь имеет первостепенное экономическое значение. Вместе с тем достигнутая урожайность в Беларуси не соответствует возможностям этой культуры. Урожайность сахарной свеклы и сбор сахара с гектара в странах Европы сильно колеблются в зависимости от почвенно-климатических условий, уровня культуры земледелия и применяемых технологий. Если такие страны, как Австрия, Бельгия, Великобритания, Германия, Голландия, Дания, Швеция, Швейцария и Франция, получают 8–12 т/га сахара, то Албания, Беларусь, Болгария, Грузия, Латвия, Литва, Россия, Румыния и Украина – только 1–3 т/га.

В таблице 1 приведено сравнение производства сахарной свеклы в Республике Беларусь с другими странами.

Таблица 1 – Сравнение производства сахарной свеклы в Республике Беларусь с другими странами

Страна	В млн т				
	Год				
1	2010	2011	2012	2013	2014
1	2	3	4	5	6
Австрия	3,1	3,5	3,1	3,5	4,2
Беларусь	3,8	4,5	4,8	4,3	4,8
Бельгия	4,5	5,4	5,4	4,8	4,8
Венгрия	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1
Германия	23,4	29,6	27,7	22,8	29,7
Дания	2,4	2,7	2,8	2,3	2,7
Италия	3,6	3,5	2,5	2,2	3,8
Канада	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6
Китай	9,3	10,7	11,5	9,3	8,0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Польша	10,0	11,7	12,3	11,2	13,5
Румыния	0,8	0,7	0,7	1,0	1,4
Великобритания и Северная Ирландия	6,5	8,5	7,3	8,4	9,4
Соединенные Штаты Америки	29,1	26,2	32,0	29,7	28,4
Турция	17,9	16,1	15,0	16,5	16,7
Финляндия	0,5	0,7	0,4	0,5	0,6
Франция	31,9	38,1	33,7	33,6	37,8
Швеция	2,0	2,5	2,2	2,3	2,1
Япония	3,1	3,5	3,8	3,4	3,6
Примечание – Источник – статистический ежегодник «Сельское хозяйство Республики Беларусь» за 2017 г. [3].					

Анализ данных таблицы 1 показывает, что Беларусь по количеству убранной сахарной свеклы за период с 2010 по 2014 г. занимает среди восемнадцати приведенных стран восьмое место, это свидетельствует о высоком уровне развития данной отрасли и способности конкурировать со странами Европы. Нам, конечно, далеко до таких стран, как Франция, Германия, США, Турция и Польша. Эти страны лидируют по производству сахарной свеклы, и догнать их практически невозможно, хотя над этим нужно продолжать работать.

Можно сделать вывод, что за период 2010–2014 гг. в хозяйствах Беларуси наблюдался значительный рост урожайности сахарной свеклы. За этот период сбор сахарной свеклы возрос почти на 1 млн т, это около 20 % по сравнению с 2010 г. Очевидная положительная динамика производства свеклосахарного сырья связана с повышенным вниманием к свекловодческой отрасли в республике.

Однако если вспомнить, что Германия и Польша сейчас получают по 800–1000 ц/га, а ведущие французские производители – 1200–1400 ц/га, станет очевидно, что резерв для наращивания производства еще очень велик.

Несколько лет назад в Беларуси было нормой получать 3,5–4,0 т/га сахара, но если сейчас получать такие показатели, то они могли бы считаться провальными. Наука и практика в Беларуси подтверждают, что урожайность сахарной свеклы 500 ц/га – далеко не предел для Беларуси. Хозяйства могут получать урожайность 550–570 ц/га, тем более что лучшие хозяйства уже вышли на 700–750 ц/га.

На перспективу специалисты предлагают более массово использовать скороспелые гибриды и сорта, способные к 1 сентября достичь сахаристости свыше 15 %. Также акцент будет сделан на семена ускоренного прорастания, которые дают всходы на 3–4 дня раньше обычного. Это важно, поскольку 1 день весеннего развития приравнивается к 5 дням осеннего.

Основы производства сахара на территории Беларуси формировались в советский период. В то время считалось, что для возделывания сахарной свеклы наиболее пригодны суглинистые почвы, в целом по республике на них размещается около 37 % пашни. Больше всего их в Витебской, Могилевской и Минской областях [4].

Беларусь должна стремиться к росту, но нужно помнить и о биоклиматическом потенциале. На данный момент даже юг Польши, не говоря уже о юге Франции, по длине вегетационного периода, сумме активных температур намного превосходит Беларусь. Так что климатические ресурсы Беларуси ограничены. Тем не менее необходимо искать резервы и совершенствовать технологии возделывания, новые сорта семян. Нужно расширять рынок сбыта сахарной свеклы в страны СНГ.

Согласно данным Федеральной таможенной службы РФ, в январе – апреле 2015 г. Россия импортировала 371,4 тыс. т сахара-сырца на сумму 145,3 млн долл. США (это на 2,1 % меньше, чем в 2014 г.).

Например, в январе – апреле 2015 г. Беларусь импортировала 74 тыс. т сахара в твердом состоянии, что на 51,4 % меньше аналогичного показателя 2014 г. Общая стоимость составила 26,613 млн долл. США. Это хорошая перспектива для дальнейшего роста в этом направлении [5].

Но как Беларусь смотрится на общей картине стран СНГ по производству сахарной свеклы и кто основные конкуренты в данной отрасли? Полученные данные показывают, как изменялась динамика производства сахарной свеклы за 2010–2016 гг. в тонном эквиваленте (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика производства сахарной свеклы в странах СНГ

В тыс. т

Страна	Год						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Азербайджан	252	253	174	188	173	184	317
Беларусь	3773	4487	4772	4343	4803	3300	4278
Казахстан	152	200	152	65	24	174	345
Кыргызстан	139	159	102	195	174	183	705
Молдова	838	589	587	1009	1356	538	590
Российская Федерация	20260	42667	40681	35369	30841	35797	44613
Туркменистан	234	235	235	238	240	–	–
Украина	13749	18740	18439	10789	15734	10331	13879
Примечание – Источник – статистический ежегодник «Сельское хозяйство Республики Беларусь» за 2017 г. [3].							

Данные показывают, что все страны, кроме России, с 2015 по 2016 г. имеют снижение производства сахарной свеклы, а Россия увеличила производство на 13772 тыс. т, это около 27 %.

В 2016 г. в России были рекордные показатели по многим позициям. Следует обратить внимание на рекордный урожай сахарной свеклы – около 45 млн т. Россия вышла на первое место в мире, опередив такие страны, как Франция, США, Германия. Такой урожай позволит произвести порядка 6 млн т сахара.

Беларусь среди стран СНГ занимает почетное третье место по весу собранного урожая сахарной свеклы, уступив таким странам, как Россия и Украина.

В таких странах, как Азербайджан, Казахстан, Кыргызстан, Молдова, Туркменистан, производство свеклы значительно меньше (в 6 раз), в некоторых странах и в 10 раз (за период 2010–2016 гг.).

Данные показывают, что за период 2010–2014 гг. в Беларуси шел процесс наращивания производства сахарной свеклы. За этот период рост составил более 21 %, затем производство уменьшилось на 31 и 11 % в 2015 и 2016 гг. соответственно.

Это связано с возделыванием сахарной свеклы и погодными условиями, которые были неблагоприятными в эти годы. Основные проблемы связаны со сроками внесения удобрений и отсчетом начала уборочной кампании, неравномерным распределением осадков в период роста сахарной свеклы.

Известно, что 80 % фосфора и калия под сахарную свеклу нужно вносить осенью под вспашку. Однако в это время далеко не все хозяйства в силу кредиторской задолженности и иных причин имеют необходимые средства. Поэтому распространена практика, в соответствии с которой внесение откладывают на весну. Весной же ввиду особенностей возделывания культуры вспашка запрещена и проводится только рыхление на глубину заделки семян (3–4 см). Соответственно, вносимые удобрения попадают толь-

ко в самый верхний слой почвы, где они малодоступны для корневой системы свеклы.

Как сказано выше, Беларусь занимает почетное третье место, но проблема в том, что это сравнение не указывает количество площадей под данную культуру. Тогда можно прибегнуть к другому сравнению и просчитать, сколько же килограммов сахарной свеклы приходится на душу населения, затем сравнить этот показатель. В таблице 3 приведено такое сравнение.

Таблица 3 – Динамика производства сахарной свеклы в странах СНГ на душу населения

Страна	Год						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Азербайджан	28	28	19	20	18	19	–
Беларусь	398	474	504	459	507	348	450
Казахстан	9	12	9	4	1	10	19
Кыргызстан	26	30	19	36	31	32	116
Молдова	235	165	165	284	381	151	166
Российская Федерация	142	298	284	246	211	245	304
Украина	300	410	404	237	366	241	326

В кг

Примечание – Источник – статистический ежегодник «Сельское хозяйство Республики Беларусь» за 2017 г. [3].

При анализе данных картина значительно изменилась, и Беларусь уже занимает почетное первое место по производству сахарной свеклы в странах СНГ на душу населения. Это говорит о том, что Беларусь имеет очень большой потенциал по производству сахарной свеклы и нужно расширять свои возможности.

Экспортные рынки сбыта белорусского свекловичного сахара не велики. Кроме того, из анализа видно, что крайне высока конкуренция на общих рынках сбыта с сахаром из Украины, России, Азербайджана, Бразилии и стран ЕС.

Рынок сахара по-прежнему остается конкурентным: действуют 33 независимых производителя (оператора заводов), сотни независимых производителей сахарной свеклы, но большой плюс в том, что на рынке присутствует Белорусская сахарная компания.

Емкость рынка стран СНГ для сахара-сырца продолжает сокращаться, среди поставщиков Австралия заменила Таиланд и Мексику, при этом в 2015–2016 гг. активно развивалась перевалка и хранение в портах Балтики. Активный экспорт свекловичного сахара из России, Беларуси и Украины не оставляет шансов сырцу на пространстве СНГ и сопредельных стран.

Согласно анализу данных Национального статистического комитета Республики Беларусь, в мае 2015 г. производство сахара в стране составило 43 тыс. т, что на 4,2 % меньше относительно апреля и на 16,8 % ниже показателя мая 2014 г. За январь – май 2015 г. в Республике Беларусь промышленное производство сахара составило 173,4 тыс. т, это меньше на 27,2 %, чем аналогичный показатель в 2014 г.

Выводы. Нынешнее положение сельского хозяйства свидетельствует о том, что существует ряд проблем, которые не позволяют хозяйствам работать более эффективно. Для того, чтобы увеличить конкурентную способность нашей страны, необходимо в ряде районов Беларуси (где показатели свекловодства и переработки остаются очень малы) в ближайшие годы пересмотреть площади посева данной культуры, а именно увеличить посев в Могилевской и Витебской областях, хотя многие говорят о малом световом дне в данных областях. Из этого следует необходимость применения более скороспелых сортов, использования более плодородных земель с благоприятными почвенными условиями.

Необходимо пересмотреть и оптимизировать площади посева данной культуры,

устранять все недочеты в ее возделывании и по возможности орошать ее, так как в Беларуси наблюдается неустойчивая влагообеспеченность и при этом сахарная свекла теряет урожайность из-за недостатка влаги в свой период развития.

Список использованных источников

- 1 Сахарная свекла / Инвестиц. компания ЮНИТЕР. – Минск, 2015. – 18 с.
- 2 О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы и внесении изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014 г. № 585: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 11 марта 2016 г. № 196.
- 3 Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 233 с.
- 4 Вострухин, Н. П. Сахарная свекла / Н. П. Вострухин. – Минск: МФЦП, 2011. – 384 с.
- 5 Научно-практический центр свеклосахарного производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sugarua.com./custom/files/Vestnik.ru>, 2018.

УДК 631.51:631.81:631.543.2:631.67:635.652.2

С. О. Лавренко, Д. А. Максимов, Н. Н. Лавренко

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ И ЕГО УСЛОВНЫЙ СБОР ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PHASEOLUS VULGARIS*) В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ НА ЮГЕ УКРАИНЫ

Целью исследований являлось изучение влияния технологических приемов выращивания (глубины вспашки, нормы минеральных удобрений, ширины междурядья) фасоли обыкновенной на содержание белка в зерне. Доказана высокая эффективность исследуемых факторов. Установлено, что содержание белка в зерне фасоли обыкновенной (23,24 %) было наибольшим при вспашке на глубину 20–22 см, внесении минеральных удобрений нормой N₉₀P₉₀ и ширине междурядья 15 см. Максимальный условный общий сбор белка (640 кг/га) отмечен в вариантах со вспашкой на глубину 28–30 см, внесением удобрений нормой N₄₅P₄₅ и шириной междурядья 45 см.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, вспашка, минеральные удобрения, ширина междурядья, белок, орошение.

S. O. Lavrenko, D. A. Maksimov, N. N. Lavrenko

Kherson State Agrarian University, Kherson, Ukraine

PROTEIN CONTENT IN GRAIN AND ITS RELATIVE YIELD AT COMMON BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS*) CULTIVATION UNDER IRRIGATED CONDITIONS IN THE SOUTH OF UKRAINE

The aim of the research was to study the influence of technological methods of growing (plowing depth, rate of mineral fertilizers, row width) common beans on the protein content in grain. High efficiency of investigated factors is proved. It was found that the protein content in a common bean grain (23.24 %) was the largest at the 20–22 cm plowing depth, mineral fertilizers application rate N₉₀P₉₀ and the 15 cm row width. The maximum relative total protein yield (640 kg/ha) is noted in the options with the 28–30 cm plowing depth, fertilizers application rate N₄₅P₄₅ and the 45 cm row width.

*Key words: common bean (*Phaseolus vulgaris*), plowing, mineral fertilizers, row width, protein, irrigation.*

Введение. Только бобовые культуры могут обеспечить непрерывное поступление на продовольственный рынок дефицитного пищевого белка, однако их количество не удовлетворяет потребности человечества. Товаропроизводители, которые нацелены на интенсивные технологии, стремятся создать большее количество продукта и на показатели качества почти не обращают внимания. Поэтому изучение оптимального сочетания технологических приемов выращивания фасоли обыкновенной, которые обеспечивают формирование высокого урожая и качества, является актуальным и своевременным.

Род фасоли *Phaseolus* L. включает около 230 видов, которые делят на две группы: американскую и азиатскую. У фасоли американского происхождения формируются большие плоские бобы с крупными семенами, у фасоли азиатского происхождения – узкие бобы с мелкими семенами [1–4]. В нашей стране наиболее распространенным видом является фасоль обыкновенная (*P. vulgaris* L.), которая относится к американской группе [5–7]. Наиболее популярными являются белозерные сорта. Однако в последнее время популярностью пользуются также сорта с черной окраской. Такую фасоль называют Preto – это небольшая фасоль шелковисто-черного цвета снаружи. Она имеет нежную и при этом плотную текстуру, сладковатый вкус с легкой горчинкой и приятным ягодным ароматом [6].

Материалы и методы. Исследования по усовершенствованию технологии возделывания фасоли обыкновенной в орошаемых условиях на юге Украины проводили путем постановки трехфакторного полевого опыта на территории сельскохозяйственного кооператива «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области. Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности. Расположение вариантов осуществлялось методом расщепленных участков с частичной рендомизацией.

В полевых опытах изучали такие факторы и их варианты:

- фактор А – глубина вспашки: 20–22, 28–30 см;
- фактор В – фон питания: без удобрений, N₄₅P₄₅, N₉₀P₉₀;
- фактор С – ширина междурядья: 15, 30, 45, 60 см.

При проведении исследований руководствовались общепризнанной методикой полевых опытов [7–9].

Агротехника фасоли была общепризнанной для орошаемых условий и юга Украины. После уборки предшественника (озимой пшеницы на зерно) проводили двукратное дискование стерни на глубину 6–8 и 10–12 см. Основную обработку почвы выполняли согласно схеме опыта. Под нее вносили минеральные удобрения согласно схеме опыта. С целью дополнительного уничтожения сорняков и выравнивания почвы проводили осенью сплошную культивацию на глубину 12–14 см. При наступлении физической спелости почвы весной осуществляли боронование. Предпосевную культивацию выполняли на глубину заделки семян. Посев проводили на глубину 5–7 см сеялкой СЗ-5,4 «Аккорд». Семена за 1–2 ч до посева обрабатывали биопрепаратами селекционных высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий. После посева поле прикатывали кольчатошпоровыми катками. Влажность почвы в период вегетации культуры поддерживали на уровне 75–80 % НВ. Поливы осуществляли дождевальными машинами ДДА-100МА. Уборку проводили прямым комбайнированием при полном созревании бобов.

Результаты и обсуждение. Основной ценностью бобовых культур является наличие в зерне большого количества белка, именно это формирует вкусовые свойства, технологические и экономические показатели [10, 11]. В зерне фасоли содержание перваримого протеина колеблется в широких пределах и зависит прежде всего от генетики сорта, природно-климатических и технологических условий выращивания. Проведенные нами исследования показали, что изучаемые факторы существенно влияли на содержание белка в зерне культуры, которое колебалось от 17,87 до 23,38 % в зависимости от того или иного сочетания технологических приемов (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание белка в зерне фасоли обыкновенной в зависимости от исследуемых факторов (среднее за 2014–2016 гг.)

Глубина вспашки, см (фактор А)	Фон питания (фактор В)	Ширина междурядья, см (фактор С)				Среднее
		15	30	45	60	
20–22	без удобрений	19,74	19,44	18,66	17,87	18,93
	N ₄₅ P ₄₅	21,81	21,32	20,35	19,72	20,80
	N ₉₀ P ₉₀	23,24	22,54	21,98	21,03	22,20
Среднее		21,59	21,10	20,33	19,54	20,64
28–30	без удобрений	19,81	19,94	18,85	17,92	19,13
	N ₄₅ P ₄₅	22,15	21,46	20,47	19,78	20,96
	N ₉₀ P ₉₀	23,38	22,69	22,09	21,32	22,37
Среднее		21,78	21,36	20,47	19,67	20,82
НСР ₀₅ за годы исследований колебалась, %: для фактора А – 0,16–0,19; В – 0,22–0,27; С – 0,19–0,23; для взаимодействия АВ – 0,31–0,38; АС – 0,27–0,33; ВС – 0,38–0,47; комплексного взаимодействия АВС – 0,54–0,66.						

При более детальном рассмотрении каждого исследуемого фактора видно, что наименьшее влияние на количество накопленного белка в зерне принадлежало обработке почвы. При выполнении вспашки на глубину 20–22 см содержание переваримого протеина в зерне фасоли обыкновенной колебалось от 17,87 до 23,24 %. Увеличение обрабатываемого слоя почвы до 28–30 см повлекло за собой рост показателя в среднем по опыту на 0,9 процентных пункта. В абсолютных цифрах это составило 20,82 %. Дисперсионный анализ полученных экспериментальных данных показал, что увеличение содержания белка в зерне при углублении пахотного слоя было в пределах погрешности, поэтому считать его достоверным нельзя.

Наиболее существенное влияние на величину анализируемого показателя имели нормы минеральных удобрений. Согласно полученным экспериментальным результатам, при вспашке на глубину 20–22 см в вариантах без удобрений содержание переваримого протеина составило в среднем по опыту 18,93 %, а при вспашке на глубину 28–30 см – 19,13 %. Внесение N₄₅P₄₅ увеличило содержание белка в зерне фасоли обыкновенной на 9,7 процентных пункта (оно составило по опыту 19,72–22,15 %). На фоне питания N₉₀P₉₀ были созданы наилучшие условия для накопления белка в зерне фасоли. В этих условиях его содержание в зерне было самым большим и колебалось от 21,03 до 23,38 %, что больше на 6,8 процентных пункта в сравнении с предыдущей нормой и на 17,1 процентных пункта в сравнении с вариантами без удобрений.

Изменение площади питания растений путем увеличения ширины междурядья привело к ухудшению условий роста и развития фасоли, что сказалось на количестве накопленного в зерне белка. Наибольшее его количество было при посеве обычным рядовым способом с междурядьем 15 см (19,74–23,38 %). Увеличение ширины междурядья вдвое, до 30 см, снизило содержание белка в зерне фасоли в среднем по опыту на 2,2 процентных пункта. Дальнейшее уменьшение расстояния между семенами в ряду путем увеличения ширины междурядья до 45 см обусловило ухудшение условий роста и развития растений и снизило содержание переваримого протеина в зерне до 18,66–22,09 %, что в сравнении с предыдущим показателем меньше на 4,1 процентных пункта. Наихудшими условия для накопления белка в зерне были при посеве фасоли с шириной междурядья 60 см. При этих условиях содержание переваримого протеина составило в среднем по опыту 19,61 %, что в сравнении с шириной междурядья 15 см меньше на 10,6 процентных пункта, а в сравнении с предыдущим – на 4,0 процентных пункта.

О продуктивности посевов фасоли свидетельствует общий сбор белка с площади. Он наглядно показывает эффективность предлагаемых технологических приемов выращивания фасоли, соединив продуктивность культуры и ее качество.

В отличие от показателей содержания белка в зерне условный сбор имел несколько иную динамику. Если сравнивать исследуемые глубины вспашки, преимущество было при обработке на глубину 28–30 см, что обеспечило сбор с гектара посева 427 кг переваримого протеина. Уменьшение глубины вспашки до 20–22 см привело к уменьшению условного сбора белка на 3,1 % (таблица 2).

Таблица 2 – Условный общий сбор белка при выращивании фасоли обыкновенной в зависимости от исследуемых факторов (среднее за 2014–2016 гг.)

Глубина вспашки, см (фактор А)	Фон питания (фактор В)	Ширина междурядья, см (фактор С)				Среднее
		15	30	45	60	
20–22	без удобрений	250	304	403	309	317
	N ₄₅ P ₄₅	353	420	541	425	435
	N ₉₀ P ₉₀	402	466	623	473	491
Среднее		335	397	523	403	414
28–30	без удобрений	254	319	419	318	328
	N ₄₅ P ₄₅	364	432	558	438	448
	N ₉₀ P ₉₀	410	480	640	489	505
Среднее		343	411	539	415	427

НСР₀₅ за годы исследований колебалась, кг/га: для фактора А – 3,84–4,61; В – 5,43–6,52; С – 4,71–5,65; взаимодействия АВ – 7,69–9,22; АС – 6,66–7,99; ВС – 9,41–11,29; комплексного взаимодействия АВС – 13,31–15,97.

Улучшение питательного режима растений фасоли обыкновенной привело к увеличению условного общего сбора белка. Наибольшим сбор был в вариантах с внесением удобрений нормой N₉₀P₉₀, он при вспашке на глубину 20–22 см в среднем по опыту составил 491 кг/га, а на глубину 28–30 см – 505 кг/га. Внесение минеральных удобрений нормой N₄₅P₄₅ уменьшило сбор переваримого протеина в среднем за годы исследований на 12,8 % (сбор колебался от 353 до 438 кг/га). Наименьший условный общий сбор белка получен в вариантах без удобрений (от 250 до 318 кг/га, что в сравнении с предыдущей нормой меньше на 36,9 %).

Лучшие условия для максимального условного сбора белка с площади обеспечивал посев семян фасоли обыкновенной с шириной междурядий 45 см. При этих условиях условный сбор переваримого протеина в среднем по опыту составил 531 кг/га. Уменьшение и увеличение ширины междурядья снижали анализируемый показатель. Так, при ширине междурядий 60 и 30 см условный общий сбор белка был почти одинаковым и составлял 409 и 404 кг/га соответственно. При сравнении данных показателей с предыдущей шириной междурядья снижение составило 29,8 и 31,4 % соответственно. Наименьший сбор переваримого протеина получен в вариантах опыта, в которых фасоль высевали обычным рядовым способом с шириной междурядья 15 см (в среднем по опыту 339 кг/га).

Выводы. Согласно экспериментальным данным и проведенному статистическому анализу, содержание белка в зерне фасоли обыкновенной (23,24 %) было наибольшим при вспашке на глубину 20–22 см, внесении минеральных удобрений нормой N₉₀P₉₀ и ширине междурядья 15 см. Условный общий сбор белка (640 кг/га) был максимальным в вариантах со вспашкой на глубину 28–30 см, внесением удобрений нормой N₄₅P₄₅ и шириной междурядья 45 см.

Список использованных источников

- 1 Бабич, А. А. Мировые земельные, продовольственные и кормовые ресурсы / А. А. Бабич. – Киев: Аграр. наука, 1996.
- 2 Биологические особенности фасоли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ultraagro.blogspot.com/2014/09/blog-post_949.html, 2018.
- 3 Биологические и ботанические особенности выращивания фасоли обыкновенной в дендропарке «Дружба» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://br.com.ua/diplom/Biology/40696-8.html>, 2018.
- 4 Лихочвор, В. В. Практические советы по выращиванию зерновых и зернобобовых культур в условиях Западной Украины / В. В. Лихочвор. – Львов: Укр. технологии, 2001. – 128 с.
- 5 Шляхтуров, Д. С. Урожайность фасоли обыкновенной в зависимости от технологии выращивания и погодных условий / Д. С. Шляхтуров // Сборник научных трудов ННЦ «Институт земледелия НААН». – Киев, 2008. – Вып. 334. – С. 85–89.
- 6 Фасоль черная Прето [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fasol.tv/fasolepedia/detail.php?ID=13>, 2018.
- 7 Методика полевого опыта (орошаемое земледелие): учеб. пособие / В. А. Ушкаренко, С. В. Коковихин, Р. А. Вожегова, С. П. Голобородько. – Херсон: Гринь Д. С., 2014. – 448 с.
- 8 Научные исследования в агрономии: учеб. пособие / В. А. Ушкаренко, В. А. Найденова, П. Н. Лазер, А. В. Свиридов, С. О. Лавренко, Н. Н. Лавренко. – Херсон: Гринь Д. С., 2016. – 316 с.
- 9 Дисперсионный и корреляционный анализ результатов полевых опытов: учеб. пособие / В. А. Ушкаренко, В. Л. Никищенко, С. П. Голобородько, С. В. Коковихин. – Херсон: Айлант, 2008. – 372 с.
- 10 Лавренко, С. О. Математическое моделирование урожайности зерна чечевицы в зависимости от технологических приемов ее выращивания / С. О. Лавренко, М. В. Максимов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 1(61). – С. 113–119.
- 11 Лавренко, С. О. Нейропрограммирование урожайности зерна нута на мелиорируемых почвах / С. О. Лавренко, Н. Н. Лавренко, В. И. Пичура // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 2(18). – С. 16–30. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec336-field6.pdf.

УДК 628.3

Я. Б. Мосейчук

Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины, Киев, Украина

ДООЧИСТКА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ ВТОРИЧНЫХ ВОД ДЛЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

Рассмотрены вопросы доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод для их повторного использования в техническом водоснабжении на предприятиях агропромышленного комплекса и для орошения технических сельхозкультур. Целесообразно использовать замкнутые системы водопользования на предприятиях агропромышленного комплекса, которые включают в себя сооружения доочистки и обеззараживания сточных вод на биореакторах и контактно-осветлительных фильтрах. Данная схема позволяет значительно уменьшить забор воды из природных водоисточников, снизить расходы на подготовку технической и питьевой воды, а также использовать питательные вещества, содержащиеся в сточных водах и их осадках.

Ключевые слова: предприятия агропромышленного комплекса, биореактор, контактно-осветлительный фильтр, технические культуры, активный ил.

Ya. B. Moseichuk

Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

HOUSEHOLD SECONDARY WASTE WATER POST-TREATMENT FOR THEIR APPLICATION IN THE RURAL AREA

The issues of domestic sewage water post-treatment for their reuse in technical water supply at the agro-industrial complex enterprises and for irrigation of technical crops are considered. It makes sense to use closed water consumption systems at the agro-industrial complex enterprises which include facilities for waste water post-treatment and disinfection on bioreactors and contact-clarifying filters. This scheme allows you to reduce significantly the water intake from natural water sources, to reduce the cost for technical and drinking water treatment as well as to use the nutrients from wastewater and sewage sludge.

Key words: agro-industrial complex enterprises, bioreactor, contact-clarifying filter, industrial crops, activated sludge.

Введение. В нынешних условиях ограниченных запасов пресных вод и их прогрессирующего загрязнения, недостаточной очистки сточных вод все большее значение приобретают вопросы доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод для их повторного использования в сельской местности, главным образом на предприятиях по переработке сельскохозяйственной продукции и для орошения технических сельхозкультур [1].

Предприятия АПК имеют особенности, которые заключаются в нетоксичности сточных вод, наличии в них большого количества органических веществ, а также расположении их в сельской местности, что дает возможность повторного использования очищенных стоков для орошения, а осадков – для удобрения сельхозкультур [2].

Создание замкнутых систем водного хозяйства на предприятиях АПК. Для экономного использования водных, материальных и энергетических ресурсов и минимизации сбрасывания очищенных сточных вод в природные водоемы на предприятиях АПК целесообразно применять замкнутые системы водоиспользования, в основу которых положены такие подходы [3]:

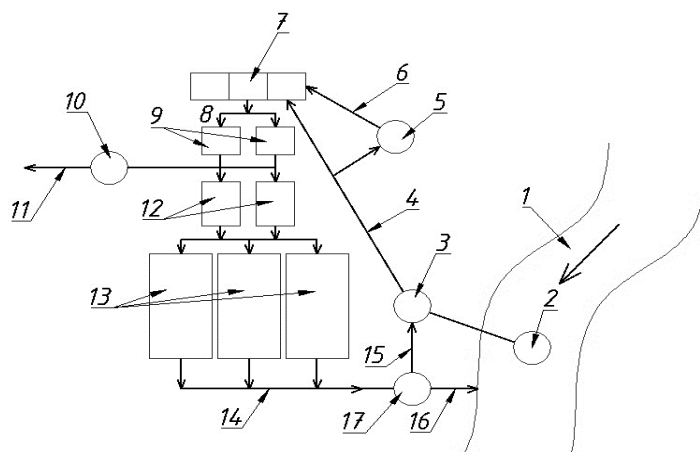
- разделение исходной воды на техническую и питьевую;
- использование сточных вод после их биологической очистки и обеззараживания для технического водоснабжения на предприятиях АПК и орошения технических культур;
- использование осадка сточных вод для удобрения сельхозкультур;
- отвод дренажных вод для повторного использования на технические нужды предприятий АПК.

При использовании поверхностного источника водоснабжения (рисунок 1) замкнутая система водоиспользования на предприятии АПК работает так. Вода из реки 1 забирается фильтрующим оголовком 2, очищается на сооружении 3 и подается по водоводу 4 на технические нужды предприятия 7.

Для доочистки и обеззараживания технической воды до нормативов качества питьевой воды используется установка 5 производительностью, соответствующей потребностям в питьевой воде на предприятии 7. Для очистки сточных вод, сбрасываемых по трубам 8, используются сооружения механической и биологической очистки [4, 5]. Осадок из этих сооружений перекачивается иловой насосной станцией 10 по трубопроводу 11 для удобрения сельхозкультур [6].

После биофильтров 12 сточные воды подаются на поля орошения технических

культур 13, а дренажные воды с них отводятся системой трубопроводов 14 в камеру управления стоками 17 для направления этих вод на повторное использование 15 или сбрасывание в реку 16.



1 – река; 2 – фильтрующий оголовок; 3 – водозаборно-очистное сооружение и насосная станция технической воды; 4 – подача технической воды на предприятие АПК; 5 – установка для доочистки и обеззараживания технической воды в соответствии с требованиями к качеству питьевой воды; 6 – подача питьевой воды; 7 – предприятие АПК; 8 – сброс сточных вод; 9 – сооружения для механической очистки сточных вод; 10 – иловая насосная станция; 11 – подача иловой смеси на запахи; 12 – установка для биологической очистки сточных вод; 13 – поля орошения; 14 – отвод дренажных вод с полей орошения; 15 – отвод дренажных вод для повторного использования; 16 – сброс лишних дренажных вод в реку; 17 – станция управления сточными водами

Рисунок 1 – Схема замкнутого водного хозяйства на предприятии АПК при использовании поверхностных вод

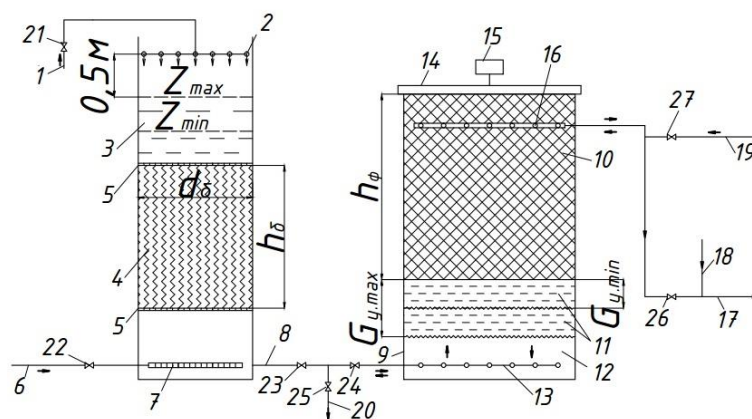
Такая система водоиспользования на предприятиях АПК имеет следующие преимущества:

- значительно уменьшается забор свежей исходной воды из природных водисточников;
- снижаются расходы на подготовку технической и питьевой воды;
- не сбрасываются неочищенные сточные воды в природные водоемы, а значит, осуществляется защита их от загрязнений;
- используются органические вещества, содержащиеся в сточных водах и их осадках, для удобрения сельхозугодий и выращивания технических сельхозкультур.

Установки для биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Сточные воды после механической очистки направляются на установку для их биологической очистки (рисунок 2), которая состоит из двух сооружений: биореактора (БР) и контактно-осветлительного фильтра (КОФ).

БР выполняет такие функции:

- насыщение сточной жидкости кислородом воздуха путем ее разбрызгивания в аэраторе 2 на мелкие капельки, которые падают с высоты не менее 0,5 м, а также вследствие подачи воздуха по трубопроводу 6 через воздухораспределительную систему 7;
- удаление газов из сточной воды для исключения пузырьковой коагуляции плавающей фильтрующей загрузки 10 КОФ;
- обеспечение постоянной скорости фильтрования воды на установке на протяжении фильтроцикла;
- биохимическое окисление органических веществ, содержащихся в сточной жидкости, при помощи аэробных микроорганизмов, которые прикреплены к капроновым ниткам волокнистой загрузки 4, натянутым между колосниковыми решетками 5.



1 – подача сточных вод после механической очистки; 2 – аэратор; 3 – биореактор (БР);
 4 – волокнистая загрузка из капроновых нитей; 5 – колосниковые решетки; 6 – подача воздуха от воздуходувок; 7 – воздухораспределительная система; 8 – подача жидкости от БР к КОФ; 9 – корпус КОФ; 10 – плавающая фильтровальная загрузка; 11 – активный ил; 12 – подфильтровое пространство КОФ; 13 – дренажно-распределительная система; 14 – крышка; 15 – вантуз; 16 – колпачковый дренаж; 17 – отвод фильтрованной воды; 18 – подача реагентов для обеззараживания воды; 19 – подача воды на промывку фильтра; 20 – сбрасывание осадка; 21–27 – задвижки

Рисунок 2 – Технологическая схема установки для биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод

Для обеспечения газоотделения из сточной воды должны выполняться условия [7]:
 - скорость нисходящего движения воды должна быть не более 0,05 м/с (180 м/ч);
 - время пребывания воды в БР должно быть не менее 1 мин.

Вода из БР подается через дренажно-распределительную систему 13 на КОФ и движется в нем снизу вверх через плавающую фильтрующую загрузку 10 из гранул пенополистирола или пенопласта, собирается колпачковым дренажом 16 и отводится по трубопроводу 17 на поля орошения. При фильтрации воды задвижки 25 и 27 закрыты, а все другие должны быть открыты. При этом в подфильтровом пространстве 12 КОФ накапливается активный ил 11 из осадков, которые выделяются из воды, происходит их стесненное осаждение и увеличение эффективности очистки воды по таким показателям: взвешенные вещества, ХПК, БПК, азот и фосфор.

Как показали исследования, эффективность очистки сточной воды на установке по всем контролируемым показателям качества воды изменяется на протяжении фильтроцикла: сначала увеличивается до максимума, а затем начинает уменьшаться (рисунок 3).

Эффективность очистки воды на установке определялась по формуле:

$$\Xi = \frac{C_0 - C_\phi}{C_0} \cdot 100 \%,$$

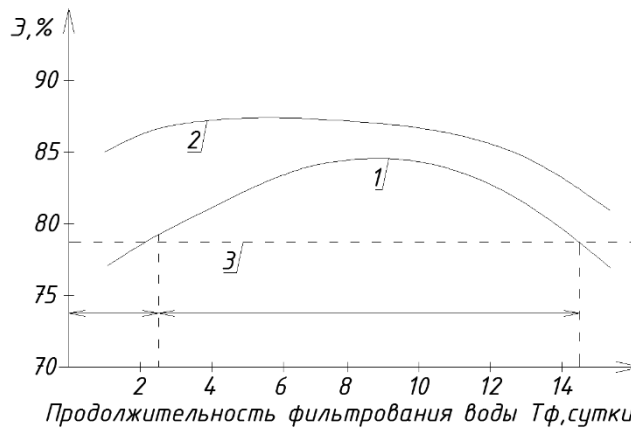
где C_0 и C_ϕ – показатели качества соответственно исходной и фильтрованной воды, мг/дм³.

Расчетной эффективностью очистки воды считается минимальная эффективность работы установки, при которой фильтрованная вода отвечает нормативным требованиям по всем показателям [8]. Она определяется по формуле:

$$\Xi_p = \left(1 - \frac{C_{\phi.n.}}{C_0} \right) \cdot 100\%,$$

где $C_{\phi.n.}$ – нормативная величина очищенной сточной воды по данному показателю ее

качества для возможности сбрасывания стоков в водоемы хозяйственно-питьевого или рыбохозяйственного назначения [2].



1 – БПК; 2 – взвешенные вещества; 3 – расчетная эффективность очистки воды для БПК

Рисунок 3 – График изменения эффективности очистки воды на протяжении ее фильтрования по показателям

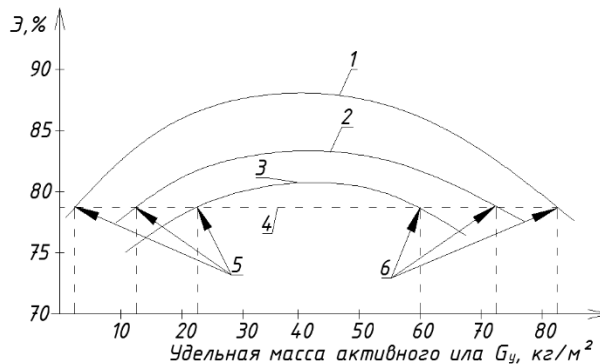
Для установки с выбранными конструктивными параметрами (диаметрами гранул и толщиной фильтрующей загрузки) величина E_p зависит от технологических параметров:

$$E_p = f(C_0, V_\phi, G_y),$$

где V_ϕ – скорость фильтрования воды через КОФ, м/ч;

G_y – удельная масса активного ила в подфильтровом пространстве КОФ, которая приходится на 1 м^2 его площади, $\text{кг}/\text{м}^2$.

После пуска в эксплуатацию установки в подфильтровом пространстве КОФ накапливается активный ил, что обуславливает сначала повышение эффективности очистки воды до ее максимальной величины, а затем ее уменьшение вследствие увеличения потерь напора на КОФ и выноса мелких частиц загрязнений с фильтрованной водой. Таким образом, величины $G_{y,\min}$ и $G_{y,\max}$ (рисунок 2) являются граничными значениями удельной массы активного ила в КОФ, в пределах которых обеспечивается нормативное качество фильтрованной воды для данной скорости ее фильтрования [8, 9]. При увеличении U_ϕ значения $G_{y,\min}$ повышаются, а $G_{y,\max}$ уменьшаются (рисунок 4), т. е. продолжительность фильтроцикла снижается.



1 – 7 м/ч; 2 – 9 м/ч; 3 – 11 м/ч; 4 – расчетная эффективность очистки воды для БПК;
 5 – точки для определения $G_{y,\min}$; 6 – точки для определения $G_{y,\max}$

Рисунок 4 – Графики зависимости $\mathcal{E} = f(V_\phi, G_y)$ при скоростях фильтрования воды

Величину удельной массы активного ила в течение фильтроцикла определяют по формуле, кг/м²:

$$G_y = 0,024 \sum_1^{T_\phi} (C_0 - C_\phi) \cdot V_\phi,$$

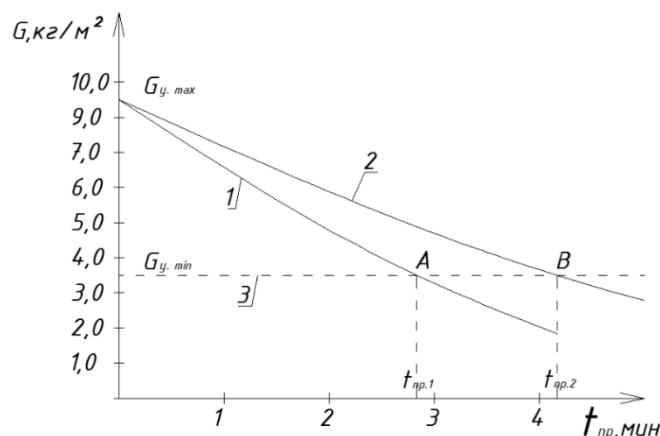
где C_0 и C_ϕ – среднее содержание взвешенных веществ соответственно в исходной и фильтрованной воде, мг/дм³;

T_ϕ – продолжительность фильтроцикла, сут;

V_ϕ – скорость фильтрования воды, м/ч.

Полезная работа установки происходит в период между $G_{y.min}$ и $G_{y.max}$ продолжительностью $T_{\phi.p.}$. Для новой установки на протяжении $T_{\phi.зар.}$ (рисунок 3) происходит «зарядка» КОФ, т. е. накопление в подфильтровом пространстве активного ила до величины $G_{y.min}$. В процессе фильтроцикла величина $G_{y.m}$ увеличивается от $G_{y.min}$ до $G_{y.max}$, растет гидравлическое сопротивление восходящему фильтрованию воды. При постоянной скорости фильтрования воды ($V_\phi = const$) повышается уровень воды на БР от z_{min} до z_{max} (рисунок 2). При достижении предельного значения $G_{y.max}$ и соответствующей ему отметки уровня воды в БР z_{max} КОФ необходимо промывать. Для этого закрывают задвижки 21, 23 и 26 (рисунок 2) и открывают задвижки 27 и 25. Вода движется в обратном направлении, сбрасывая осадок по трубопроводу 20.

Промывку фильтра необходимо выполнять так, чтобы в конце промывки оставить в подфильтровом пространстве КОФ необходимое количество активного ила величиной $G_{y.min}$ (для того чтобы в последующем фильтроцикле не производить его «зарядку»). Для этого необходимо подобрать соответствующие интенсивность $q_{пр}$, дм³/(с·м²), и продолжительность $t_{пр}$, мин, промывки (рисунок 5).



1 – остаточная удельная масса активного ила в КОФ в течение его промывки с интенсивностью $q_{пр1}$; 2 – то же с интенсивностью $q_{пр2}$;

3 – линия минимальной удельной массы активного ила $G_{y.min}$

Рисунок 5 – Графики зависимости выноса активного ила от интенсивности промывки фильтра

Остаточную удельную массу активного ила в КОФ в любой (k -й) момент времени его промывки определяют по формуле, кг/м²:

$$G_{y.k} = G_{y.max} - 0,06 \cdot q_{пр} \sum_0^k t_i C_{пр.i}, \quad (1)$$

где $q_{\text{пр}}$ – интенсивность промывки КОФ, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$;

t_i – продолжительность i -го периода промывки, мин;

k – количество измеряемых периодов промывки;

$C_{\text{пр},i}$ – количество взвешенных веществ в промывной воде в i -й момент времени, $\text{мг}/\text{дм}^3$.

По уравнению (1) для выбранных значений $q_{\text{пр}1}$ и $q_{\text{пр}2}$ определяют на основе исследований величины $C_{\text{пр},i}$, строят графики 1 и 2 (рисунок 5), пересечения которых с линией 3 определяют точки А и В. Абсциссы их определяют необходимую продолжительность промывки КОФ $t_{\text{пр}1}$ и $t_{\text{пр}2}$.

Выводы. При использовании замкнутых систем водопользования на предприятиях АПК значительно уменьшается забор воды из природных водоисточников, снижаются расходы на подготовку технической и питьевой воды, а также используются питательные вещества, содержащиеся в сточных водах и их осадках.

Для биологической очистки хозяйственно-питьевых сточных вод целесообразно применять установку с БР и КОФ, которая при меньших строительных и эксплуатационных затратах характеризуется высокой эффективностью очистки воды от загрязнений.

Список использованных источников

1 Водоотведение и очистка сточных вод / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, В. И. Калицин. – М.: Стройиздат, 1996. – 591 с.

2 Рациональное использование водных ресурсов / С. В. Яковлев, И. В. Прозоров, Е. Н. Иванов, И. Г. Губий. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.

3 Яцък, А. В. Экологические основы рационального водопользования / А. В. Яцък. – Киев: Генеза, 1997. – 640 с.

4 Экологическая биотехнология / под ред. К. Ф. Форстера, Д. А. Дж. Вайза; пер. с англ. В. А. Дымшица; под ред. А. М. Гинака. – Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1990. – 382 с.

5 Никитин, Г. А. Метановое брожение в биотехнологии / Г. А. Никитин. – Киев: Высш. шк., 1990. – 207 с.

6 Обработка и удаление осадков сточных вод: в 2 т. / пер. с англ. Т. А. Карюхиной, И. Н. Чурбановой, И. Х. Заена. – М.: Стройиздат, 1985. – 484 с.

7 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СП 31.13330.2012: утв. М-вом регионал. развития Рос. Федерации 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. – М.: Минстрой России, 2015. – 139 с.

8 Правила охраны поверхностных сточных вод от загрязнений сточными водами: утв. Гос. ком. по охране природы СССР 21.01.91. – М., 1991. – 34 с.

9 Канализация. Наружные сети и сооружения: СП 32.13330.2012: утв. М-вом регионал. развития Рос. Федерации 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. – М.: Минрегион России, 2012. – 94 с.

ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

УДК 631.15:631.6

С. В. Куприянова

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация; Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Российская Федерация

А. В. Медведев

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Российская Федерация; Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНЕШНЕГО КОНТЕКСТА МЕЛИОРАТИВНОГО СЕКТОРА АПК С ПОМОЩЬЮ МАТРИЦ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В настоящее время экономико-математические методы и модели стратегического анализа являются одним из наиболее перспективных и быстро развивающихся направлений экономической науки. Это обусловлено бурным развитием цифровых технологий и всеобщей компьютеризацией. Моделирование различных процессов в сельском хозяйстве (в мелиоративном комплексе) позволяет обосновать принятие стратегических решений (на длительную перспективу). Применение матриц SWOT- и PEST-анализа в оценке перспектив развития орошаемого земледелия помогает определить условия, необходимые и достаточные для эффективного функционирования данного вида мелиорации.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, матрицы стратегического анализа, SWOT-анализ, PEST-анализ, мелиоративный комплекс, орошаемое земледелие.

S. V. Kupriyanova

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation; Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

A. V. Medvedev

All-Russia Research Institute of Irrigative Agriculture, Volgograd, Russian Federation; Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

DETERMINATION OF EXTERNAL CONTEXT OF RECLAMATION SECTOR OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX WITH THE STRATEGIC ANALYSIS MATRICES

Nowadays economic-mathematical methods and strategic analysis models are one of the most promising and rapidly developing areas of economic science due to the rapid development of digital technology and universal computerization. Modeling of various processes in agriculture (in reclamation complex) allows to justify the strategic decision making (for a long-term perspective). The application of the SWOT- and PEST-analysis matrices in assessing the prospects for the development of irrigated agriculture helps determine the conditions necessary and sufficient for the effective operation of this type of land reclamation.

Keywords: economic-mathematical modeling, strategic analysis matrices, SWOT-analysis, PEST-analysis, reclamation complex, irrigated agriculture.

Используемый в науке термин «модель» в общем его понимании определяется как некий мысленный образ, отражающий особенности изучаемого объекта. В зависимости от целей исследования, для описания одного и того же объекта могут использо-

ваться несколько моделей, дополняющих и поддерживающих друг друга. При создании отраслевых и территориальных моделей могут применяться матрицы стратегического анализа, которые строятся на основе представлений об объекте исследования и факторов, влияющих на его состояние и развитие.

Основные требования к применению матриц анализа: использование параметров, которые должны быть константами в определенных промежутках времени, выбор факторов, которые должны раскрывать внешние и внутренние взаимозависимости объекта. В этой связи представляется вполне объяснимым при рассмотрении мелиоративного сектора АПК – сложной экономико-экологической системы – использование матриц стратегического анализа [1].

Основная цель моделирования процессов, протекающих в мелиоративном секторе АПК и объясняющих его развитие, – получение новых знаний и представлений для эффективного управления и прогнозирования [2]. Система управления мелиоративным сектором АПК России включает объекты и субъекты: федеральные, региональные и муниципальные органы власти; водохозяйственные и водоподающие организации; юридические и физические лица, хозяйствующие в АПК, оросительные каналы, мелиорированные земли и др. На каждом этапе государственного управления формируется своя система взаимозависимостей и дополнений: финансовых, материальных, кадровых и информационных.

Комбинируя и моделируя различные виды информационных массивов, можно разработать сценарные варианты развития мелиорации (от пессимистического до оптимистического) на достаточно длительный период, например до 2030 г. [3]. Существует несколько типов матриц стратегического анализа, в числе которых SWOT- и PEST-анализ, McKinsey, ADL/LC, Hofer/Schendel, Shell/DPM.

Необходимо отметить, что процесс моделирования не стоит на месте и первичные варианты матриц подвергаются изменениям и дополнению. Так, базовый вариант матрицы PEST-анализа со временем дополнился следующими вариациями: PESTELI – PESTEL + Industry Analysis (PESTEL-анализ, который отражал развитие отраслевых рынков); STEEP – PEST + Ethical (PEST-анализ, дополненный этическими факторами, обосновывающий развитие территориальных рынков); LONGPEST – PEST + Local + National + Global factors (PEST-анализ, нацеленный на оценку факторов местного, национального и глобального уровня развития рынков) [4].

С помощью матриц стратегического анализа, например на площадке ЕвразЭС, можно спрогнозировать усиление (или ослабление) экономических связей между субъектами АПК и органами власти, между объемами, сроками подачи воды и эффективностью сельскохозяйственного производства. На федеральном уровне можно отследить зависимости между вводом в оборот орошаемых (осушаемых) земель и объемами предоставляемых государственных субсидий (эффективность вложения бюджетных средств).

Модельное представление о деятельности мелиоративных организаций (далее – мелиоводхозы) позволяет строить графики взаимозависимости между объемами подачи воды, оплатой услуг по подаче воды, сроками реконструкции оросительных каналов. Методика PEST-анализа больше используется для оценки факторов, влияющих на развитие АПК, а матрица SWOT-анализа – для определения угроз развитию отрасли и его возможностей. PEST-анализ относятся к инструментам стратегического планирования и прогнозирования [4].

Одним из видов мелиорации, способствующих получению высоких и стабильных урожаев, является орошаемое земледелие, которое отличается высокой капиталоемкостью в сравнении с другими отраслями сельскохозяйственного производства. С помощью матриц PEST- и SWOT-анализа можно определить внутренний и внешний контекст развития орошаемого земледелия в стране (рисунок 1).

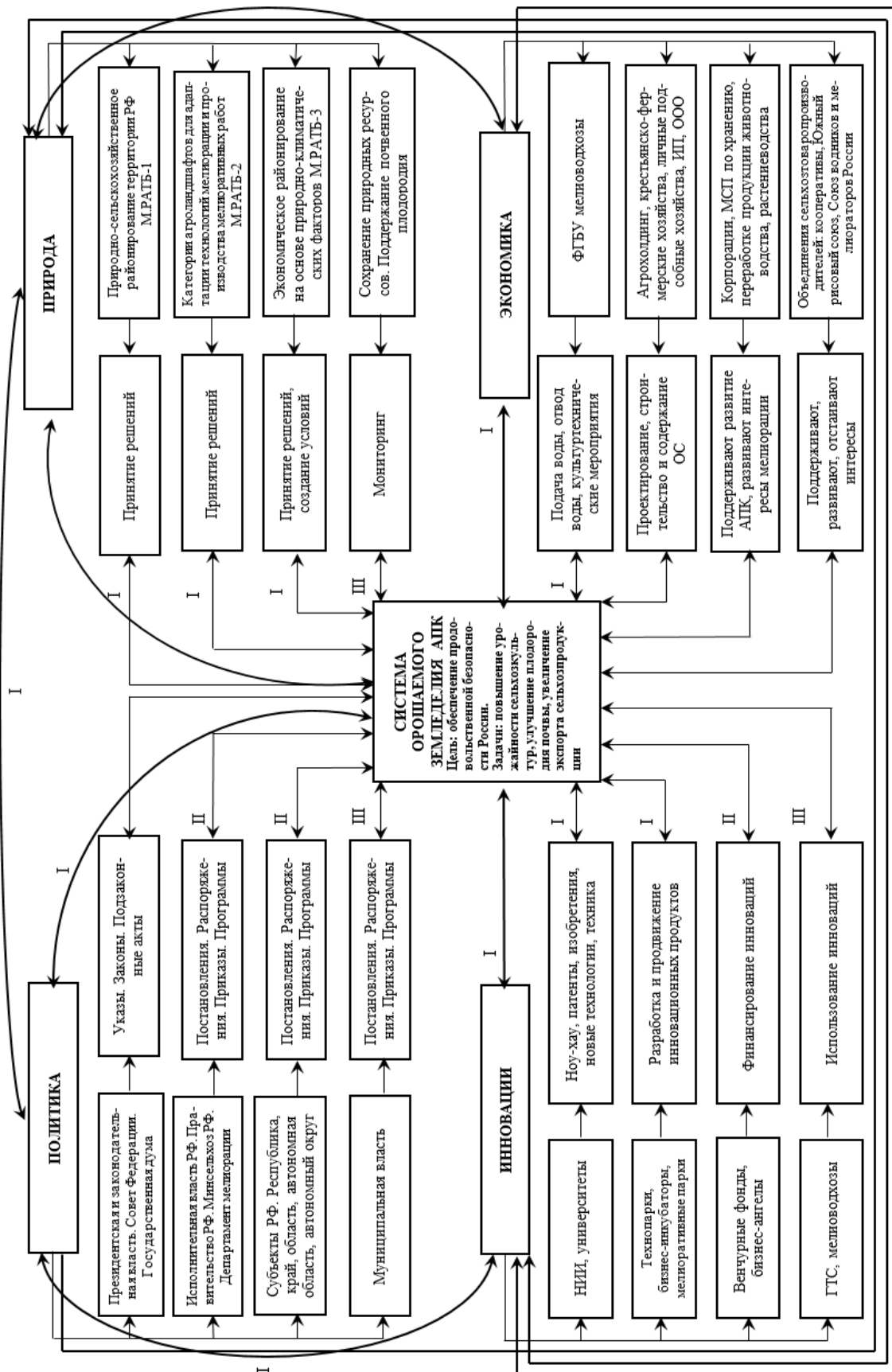


Рисунок 1 – Анализ факторов внешней среды орошаемого земледелия с помощью матрицы PEST-анализа

В число основных факторов PEST-анализа при исследовании процессов, протекающих в области орошаемого земледелия, входят политика, природа, экономика, инновации. «Политика» – факторы законодательно-правового пространства, которые могут ускорять или замедлять процессы модернизации орошаемого земледелия. «Природа» – факторы, которые определяют применение тех или иных методов орошаемого земледелия. «Инновации» – факторы, которые обеспечивают развитие инновационного потенциала мелиорации. «Экономика» – факторы, которые раскрывают эффективность использования орошаемого земледелия в тех или иных условиях, на тех или иных территориях [5, 6].

Фактор «Политика» отражает и выполнение государственных программ (далее – ГП) по развитию мелиорации земель. Одним из важных показателей реализации ГП является показатель бюджетной эффективности реализации программ (чистый дисконтированный бюджетный доход – ЧДД^{фб}). С помощью метода PEST-анализа (оценки факторов: политики, природы, инноваций, экономики) можно спрогнозировать показатели ЧДД^{фб}, которые будут достигнуты при реализации ГП. В первом варианте чистый дисконтированный доход федерального бюджета ЧДД^{фб} > 0. Данное значение встречается не так часто, поскольку главной целью ГП является получение значимого результата в виде стратегического развития мелиорации, ввода в оборот новых земель. Он показывает, что источники финансирования ГП использовались не с полной отдачей. Во втором варианте чистый дисконтированный доход федерального бюджета ЧДД^{фб} < 0, что указывает на неэффективное привлечение и расходование внебюджетных средств. В третьем варианте чистый дисконтированный доход федерального бюджета остается отрицательным (ЧДД^{фб} < 0) и после привлечения дополнительных инвестиций, что может свидетельствовать о дальнейшей нецелесообразности исполнения ГП. Важным остается вопрос участия региональных бюджетов в выполнении программ. Если поддержка ФЦП из регионального бюджета не планируется, а величина чистого дисконтированного дохода для регионального бюджета (ЧДД^{рб}) будет оставаться положительной, то возникают объективные предпосылки для определения формата участия региональных бюджетов в дальнейшем финансировании ГП. Если эффективность программы для федерального бюджета оказывается недостаточной, а для региона данная программа является общественно значимой, то поддержка со стороны федерального бюджета начинает носить компенсационный характер, и тогда объем средств будет рассчитываться исходя из следующих соотношений:

$$V_{рб} = \min(|\text{ЧДД}^{\text{фб}}|; a \cdot \text{ЧДД}^{\text{рб}}),$$

где $V_{рб}$ – возможный объем поддержки программы за счет средств регионального бюджета, руб.;

$|\text{ЧДД}^{\text{фб}}|$ – абсолютная величина отрицательного значения ЧДД^{фб};

a – доля получаемого региональным бюджетом эффекта от реализации ГП, направляемая на поддержку в зависимости от степени значимости программы для субъекта федерации ($a = 0$, если значимость программы низкая; $0 < a < 0,25$, если значимость программы средняя; $0,25 < a < 0,50$, если значимость программы высокая).

Если при исполнении рассмотренных выше управленческих решений чистый дисконтированный доход федерального бюджета будет удовлетворять условиям эффективности, то это будет свидетельствовать о целесообразности данной программы. Предпочтительным всегда будет оставаться вариант получения максимального значения показателя ЧДД^{фб} [3, 7, 8]. Оптимальный вариант реализации ГП можно выбрать на основе методики многокритериального анализа, применяемого в Евросоюзе, и метода PART (Programm Assessment Rating Tool), используемого в США.

Использование матрицы SWOT-анализа позволяет сделать глубокий анализ со-

стояния отрасли (мелиоративного сектора АПК) и спрогнозировать стратегии развития (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ состояния мелиоративного сектора АПК на основе применения показателей матрицы SWOT-анализа [3, 5, 6]

Сильные стороны	Возможности
<p>1 Строительство оросительных систем пятого поколения.</p> <p>2 Прирост объема производства продукции растениеводства на землях сельскохозяйственного назначения.</p> <p>3 Ввод в эксплуатацию мелиорируемых земель путем реконструкции, технического перевооружения и строительства новых мелиоративных систем, включая мелиоративные системы общего и индивидуального пользования.</p> <p>4 Защита земель от водной эрозии, затопления и подтопления посредством проведения противопаводковых мероприятий, расчистки мелиоративных каналов и технического оснащения эксплуатационных организаций.</p> <p>5 Вовлечение в оборот выбывших мелиорированных сельскохозяйственных угодий путем проведения культуртехнических работ сельскохозяйственными товаропроизводителями.</p>	<p>1 Постановление Правительства РФ от 13 декабря 2017 г. № 1544 «О внесении изменений в государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы».</p> <p>2 Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 12 января 2017 г. № 3 «О прогнозе научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года».</p> <p>3 Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы».</p> <p>4 Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 4 октября 2017 г. № 498 «Об утверждении предельного размера стоимости работ на 1 гектар площади мелиорируемых земель».</p>
Слабые стороны	Угрозы
<p>1 Изношенная материально-техническая база мелиоративного комплекса (изношенность насосной группы более 70 %).</p> <p>2 Увеличение минерализации поверхностных вод, загрязнение вод пестицидами, биогенными элементами, повышение трофического уровня водоемов в связи с ростом содержания биогенных элементов.</p> <p>3 Интенсивная эксплуатация почвенных ресурсов, несоблюдение севооборотов.</p> <p>4 Нарушение агроландшафтов: смена естественных угодий на антропогенные.</p> <p>5 Нарушение условий пользования водными объектами.</p>	<p>1 Отсутствие должного финансирования отрасли.</p> <p>2 Уменьшение суммы субсидий для сельхозтоваропроизводителей и увеличение стоимости подачи воды со стороны мелиоводхозов.</p> <p>3 Уменьшение запасов подземных вод за счет снижения инфильтрации поверхностных вод при осушении, загрязнение вод ядохимикатами, органическими и минеральными удобрениями.</p> <p>4 Гибель молоди рыб при заборе воды на орошение.</p> <p>5 Несбалансированное использование воды между отраслями экономики.</p>

Прикладное экономико-математическое моделирование и методы стратегического анализа являются одним из важнейших инструментов, которые способствуют пониманию процессов, протекающих в народном хозяйстве, в отдельных отраслях (в сельском хозяйстве), и структурных преобразований в них. К сожалению, непосредственно в процесс планирования, прогнозирования и принятия хозяйственных решений на региональном уровне экономико-математические методы внедряются не так быстро и используются недостаточно широко. Хотя, как известно, Нобелевская премия

по экономике в 1975 г. была присуждена российскому ученому академику Л. В. Канторовичу (совместно с Т. Купмансом) именно за построение экономико-математических моделей управления производством. Именно Россию можно считать отправной точкой в создании научной школы экономико-математического моделирования в народном хозяйстве [9].

Список использованных источников

1 Франс, Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Х. Торнли. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

2 Рогачев, А. Ф. Экономико-статистическое моделирование производства сельскохозяйственной продукции при обеспечении продовольственной безопасности / А. Ф. Рогачев, Т. И. Мазаева // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 4-1(57-1). – С. 447–449.

3 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.

4 Спиридонова, Е. В. PEST – анализ, как главный инструмент анализа факторов дальнего окружения / Е. В. Спиридонова // Современные научные исследования и инновации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2017/03/79940>.

5 Медведева, Л. Н. Программно-целевой подход в управлении АПК: показатели эффективности и реализуемости государственных программ / Л. Н. Медведева, А. В. Медведев, С. В. Куприянова // Тенденции и закономерности развития АПК России: национальный и международный аспекты: материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Ростов-на-Дону, 3–4 окт. 2017 г. – Ростов н/Д.: АзовПринт, 2017. – С. 329–335.

6 Медведев, А. В. Экономико-математический инструментальный инновационного потенциала мелиорации / А. В. Медведев, С. В. Куприянова // Актуальные направления научных исследований в АПК: от теории к практике: материалы Нац. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 10 нояб. 2017 г. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. – Ч. 2. – С. 225–230.

7 Кречетова, И. М. Основные направления повышения эффективности реализации государственных программ по мелиорации земель (на примере республики Алтай) / И. М. Кречетова, Л. Н. Медведева // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель юга России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), г. Новочеркасск, 7–24 нояб. 2017 г. / НИМИ им. А. К. Кортунова Донского ГАУ. – Новочеркасск: Лик, 2017. – С. 288–297.

8 Об утверждении Прогноза научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ на период до 2030 г.: Приказ М-ва сел. хоз-ва РФ от 12 января 2017 г. № 3: по состоянию на 1 августа 2017 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2018.

9 Канторович, Л. В. Математико-экономические работы / Л. В. Канторович. – Новосибирск: Наука, 2011. – 760 с.

НАУКА – ПРАКТИКЕ

УДК 631.542.3

А. К. Кладиев, Л. П. Радочинская

Калмыцкая научно-исследовательская агролесомелиоративная опытная станция – филиал Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Элиста, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ОБРЕЗКИ МЕЛИОРАТИВНО-КОРМОВОГО НАСАЖДЕНИЯ ТЕРЕСКЕНА СЕРОГО НА ЕГО РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ

Рекомендовано омоложение древесно-кустарниковой растительности проводить зимой и ранней весной до начала сокодвижения, когда растения находятся в периоде покоя. Нами изучена возможность омоложения пастбищного полукустарника терескена серого в различные сезоны вегетации (весна, лето) для увеличения общей продуктивности и биомассы, доступной для поедания животными. Сравнивались варианты обрезки на уровне корневой шейки, на высоте 10 и 20 см от уровня почвы. При необходимости обрезка терескена в период вегетации (апрель, июнь) допустима, но предпочтительнее весенняя обрезка на уровне корневой шейки, при которой продуктивность отрастающей биомассы в 1,5 раза выше, чем при обрезке в июне и на высоте 10 и 20 см от поверхности почвы.

Ключевые слова: терескен, омоложение, сроки обрезки, корневая шейка, воздушно-сухая биомасса, доступность для поедания, Черные земли.

A. K. Kladiev, L. P. Radochinskaya

Kalmyk Research Agroforestry Experimental Station – a branch of the Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Science, Elista, Russian Federation

INFLUENCE OF TERMS OF CUTTING OF RECLAMATIVE-FEEDING EUROTEA PLANTATION ON ITS GROWTH AND PRODUCTIVITY

The renovation of the tree and shrub vegetation is recommended in winter and early spring before the beginning of the sap flow when the plants are in the rest period. The possibility of renovation of eurotea in different growing seasons (spring, summer) for overall productivity and biomass increase available for eating animals is studied. Comparisons were made for the cutting at the root neck level, at a height of 10 and 20 cm from the ground surface. The eurotea cutting is permissible during the vegetation period (April, June) if necessary but spring cutting at the root neck level at which the productivity of growing biomass is 1.5 times higher than when cutting in June and at a height of 10 and 20 cm from the ground surface.

Key words: eurotea, renovation, terms of cutting, root neck, air-dry biomass, accessibility for eating, Black lands.

На пастбищах в полупустынной зоне Калмыкии, где животноводство является основной отраслью хозяйствования, всегда остро стоял вопрос обеспечения выпасающегося скота кормами, особенно когда процессы опустынивания природных кормовых угодий к 80-м гг. прошлого века достигали катастрофических размеров. В результате проведения экстренных, широкомасштабных фито- и лесомелиоративных работ процессы деградации пастбищ были остановлены, обширные очаги опустынивания благо-

даря созданию на них мелиоративно-кормовых насаждений были возвращены в категорию восстановленных пастбищных и лесопастбищных угодий.

Среди культур, используемых для закрепления песков в деструктивной области очагов опустынивания на Черных землях, важное место принадлежит терескenu серому, полукустарнику из семейства маревых.

Помимо защитной роли, которую выполняют кусты терескена при закреплении песков, он также является хорошим кормом для животных. Особенно ценно то, что в летний период выгорания пастбищ, когда снижается кормовая емкость природных угодий и питательность травостоя, терескен находится в зеленом состоянии и животные могут восполнять недостаток в витаминах и белках. О высокой питательной ценности терескена говорят данные химического анализа: на 1 к. е. в среднем приходится 160–180 г перевариваемого протеина, что полностью удовлетворяет зоотехническим требованиям, предъявляемым к кормам [1].

Вегетация терескена начинается в конце марта, цветет он в июле, плодоносит в начале октября. По продолжительности вегетационного периода, засухоустойчивости, сбору кормовых единиц и протеина с 1 га насаждений терескен занимает одно из первых мест среди аборигенной растительности в пустыне.

Терескен серый – хорошее кормовое растение для овец, крупного рогатого скота, верблюдов. Однако, в связи с систематическим отмиранием побегов при многократном стравливании, а также подмерзанием молодых побегов, доступность поедаемых частей растений для скота с возрастом ухудшается и возникает потребность в периодическом (через 5–6 лет) омоложении надземной части кустов.

Путем омоложения терескена решается задача восстановления и повышения как общей продуктивности мелиоративно-кормовых насаждений, так и количества доступной для поедания животными биомассы, а также предохранения почвы от повторной деградации.

Рекомендовано и принято омоложение кустарника проводить в зимний период во время покоя культур [2], что способствует более интенсивному отрастанию побегов. Но не всегда на производстве имеется возможность проводить работы по омоложению кустарника в зимний период по причине плохих погодных условий, отсутствия или ремонта техники. В силу этих обстоятельств приходится выполнять данную работу в весенний или летний период, т. е. в период интенсивного сокодвижения и роста растений.

Опыты по омоложению терескена, возраст которого составлял 6 лет, были заложены в мелиоративно-кормовом насаждении, созданном в деструктивной области очага опустынивания на предварительно подготовленной почве путем нарезки борозд плугом ПН-3-35 без отвалов с последующей посадкой сеянцев терескена машиной СЛЧ-1 с размещением 4 × 1 м (2500 шт./га) на площади более 200 га в СПК «Харахусовский» Яшкульского района, в трех вариантах в трехкратной повторности и в различные сроки вегетационного периода (апрель, июнь).

Механизированная обрезка кроны терескена проводилась через ряд в трех вариантах в трехкратной повторности (в каждой по 25 кустов):

- вариант 1 – срез у корневой шейки;
- вариант 2 – срез на высоте 10 см от поверхности почвы;
- вариант 3 – срез на высоте 20 см от поверхности почвы.

По причине неоднородности рельефа весьма проблематично выполнить срезание кустов на одной определенной высоте, поэтому опыт по срезанию надземной части кустарника был выполнен на различной высоте от поверхности почвы. Во всех вариантах исследований терескен с целью предотвращения повторной дефляции на участке срезали в два этапа (сезона), чередуя срезанные и несрезанные ряды.

Кустарники срезали машиной МСК-1 (машиной срезки кустарника). Она агрега-

тируется с трактором МТЗ-80 и может производить сплошное или выборочное срезание кустарника на любой высоте от поверхности почвы. Технологический процесс работы машины заключается в движении агрегата по междурядью, срезании ряда кустарника выдвинутыми в сторону рабочими органами и укладывании срезанной массы в соседнее междурядье. Срезающими рабочими органами управляет тракторист.

Обрезку кустов терескена провели в различные сроки вегетации: весна (апрель), лето (июнь). В течение всего вегетационного периода на обрезанных кустах образуются многочисленные, хорошо облиственные молодые побеги, доступность которых для поедания животными достигает 95–100 %, и в последующем они охотно поедаются животными без остатков.

Проведенный поздней осенью учет прироста побегов терескена весеннего омоложения показал, что к концу вегетации размеры кустов не только полностью восстанавливаются, но и превышают по высоте первоначальные размеры. Наибольший прирост побегов в высоту (71 см) дали кусты, срезанные на высоте 20 см от поверхности почвы. Прирост побегов в первых двух вариантах меньше и примерно одинаков (46 и 49 см) (таблица 1). Наибольшее количество нарастающей биомассы терескена образуется в варианте 1 с кустами, срезанными на уровне корневой шейки (60 г), а при срезе на высоте 10 и 20 см от поверхности почвы параметр составил 49,6 и 44,9 г воздушно-сухой биомассы на один куст соответственно.

Количество полученной поедаемой воздушно-сухой фитомассы терескена увеличивается со снижением высоты обрезки в 1,5 раза и составляет от 9,5 ц/га при высоте обрезки 20 см от уровня почвы до 14,3 ц/га при обрезке у корневой шейки. При омоложении в летний период количество отрастающей воздушно-сухой биомассы меньше в 1,5 раза в сравнении с результатами омоложения кустарника в весенний период и составляет соответственно от 6,3 до 8,8 ц/га [3, 4]. При омоложении кустарника значительно увеличивается емкость пастбища, повышается качество корма во всех вариантах, что стало возможным, так как в процессе роста терескена формирует мощную корневую систему, уходящую на глубину свыше 5 м, благодаря этому обеспечивает охват большого объема почвогрунта с использованием влаги и питательных веществ на протяжении всего вегетационного периода [5], но предпочтительнее обрезку производить весной (в апреле) на уровне корневой шейки.

Таблица 1 – Влияние обрезки 6-летних мелиоративно-кормовых насаждений терескена на состав надземной биомассы в условиях Прикаспия, в среднем на 1 куст

Высота обрез- ки, см	Срок омоложения терескена					
	Весна (апрель)			Лето (июнь)		
	Количе- ство побе- гов, шт.	Средняя высота побега, см	Воздуш- но-сухая биомасса, ц/га	Количе- ство побе- гов, шт.	Средняя высота побега, см	Воздуш- но-сухая биомасса, ц/га
0	13	46	14,3	11	31	8,8
10	21	49	10,9	16	29	7,0
20	18	71	9,5	14	46	6,3

Таким образом, опытным путем достигнуто восстановление и повышение продуктивности мелиоративно-кормовых насаждений терескена серого посредством омоложения кустарника в разные сроки вегетационного периода. Отрастающая биомасса становится более доступной для выпаса животных, так как она расположена в верхней части кроны. Поедаемость биомассы терескена после омоложения кустарника увеличивается до 95 %. В целях предотвращения дефляции почв работу по омоложению терескена следует проводить в два этапа (сезона), чередуя срезанные и несрезанные ряды.

Список использованных источников

1 Рекомендации по улучшению пастбищ в Астраханской области. – Астрахань, 1974. – 28 с.

2 Влияние механизированной обрезки на рост и продуктивность мелиоративно-кормовых насаждений. Информ. листок № 296-85 / Волгогр. межотраслевой территор. ЦНТИ. – 1985. – 4 с.

3 Разработать приемы повышения продуктивности лесопастбищных угодий на песках Западного Прикаспия: свод. науч. отчет Калмыцкой НИЛОС за 1983–1985 гг. – Элиста, 1985. – 49 с.

4 Петров, В. И. Лесомелиоративные способы повышения продуктивности пастбищных угодий и защиты животных от неблагоприятных климатических факторов / В. И. Петров // Проблемы комплексного освоения песков и мелиорации пастбищ: сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1984. – Вып. 2(82). – С. 40–48.

5 Рекомендации по улучшению природных угодий, закреплению открытых песков и семеноводству пастбищных растений в восточных районах Калмыцкой АССР / А. Н. Кузин [и др.]. – Элиста, 1972. – 21 с.

ОСОБОЕ МНЕНИЕ

УДК 631.1:631.587(575.1)

А. Рамазанов

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

О СОСТОЯНИИ И СТРУКТУРЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ОРОШАЕМОЙ ЗОНЕ УЗБЕКИСТАНА

В статье анализируется динамика и структура земельных угодий в орошаемой зоне Узбекистана. Выявлены причины и последствия снижения их продуктивности при экстенсивном использовании располагаемых земельных ресурсов. Обоснована необходимость совершенствования использования земельных ресурсов путем внедрения в широкую производственную практику современных мелиоративно-технических и организационно-технологических приемов, обеспечивающих устойчивое развитие аграрного сектора экономики в условиях рыночных отношений и дефицитного водопользования.

Ключевые слова: орошаемые почвы, динамика и структура земельных угодий, балл бонитета, производительная способность почвы, инвентаризация орошаемых почв, последствия экстенсивного использования земельных ресурсов, водохозяйственная обстановка, эколого-мелиоративное состояние почвы, стратегия повышения эффективности использования земельных ресурсов.

A. Ramazanov

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

ON THE STATE AND STRUCTURE OF LAND RESOURCES IN THE IRRIGATED ZONE OF UZBEKISTAN

The dynamics and structure of land in the irrigated zone of Uzbekistan are analyzed. The causes and consequences of their productivity decrease are revealed in the extensive use of available land resources. The necessity of improving the use of land resources is substantiated by introducing modern reclamative and organizational-technological methods to ensure a sustainable development of the agricultural sector of economy under the conditions of market relations and scarce water use in a wide-scale production practice.

Key words: irrigated soils, dynamics and structure of land, ball-bonitet, crop producing ability of soil, inventory of irrigated lands, consequences of extensive use of land resources, the water management situation, the ecological and meliorative state of soil, the strategy for increasing the efficiency of land use.

В Конституции, Земельном Кодексе и других нормативных актах Республики Узбекистан закреплено положение о том, что земля и другие природные ресурсы являются общенациональным богатством, подлежат рациональному использованию и охраняются государством как основа жизни и благосостояния народа. Решение этой важной государственной задачи предусматривает совершенствование и модернизацию использования располагаемых земельно-водных ресурсов, повышение их продуктивности путем внедрения в широкую производственную практику современных организационно-управленческих приемов землепользования, ресурсосберегающих технологий водопользования в орошаемой зоне республики, где производится более 90 % валовой про-

дукции аграрного сектора экономики. Орошаемое земледелие позволяет получать самые высокие и гарантированные урожаи возделываемых культур, которые в 3–5 раз выше, чем в богарном земледелии, широко применять повторные и уплотненные посевы, наиболее эффективно использовать земельные ресурсы.

Сопоставление и анализ динамики структуры и площадей земельных угодий при существующих формах организации территорий и ведения сельскохозяйственного производства свидетельствуют о существенном их изменении в разрезе областей, расположенных по стволу основных водотоков – р. Сырдарья, Амударья, за истекший период.

Принятый в советское время метод экстенсивного использования земельных ресурсов – увеличение орошаемых земель за счет освоения целинных, залежных массивов с достаточно высоким удельным весом хлопчатника – не соответствовал основополагающим принципам и требованиям их эффективного, высокопродуктивного использования. Из-за диспропорции между масштабами и темпами освоения новых земель и возможностями располагаемых водных ресурсов в равнинной части республики сложилась достаточно напряженная водохозяйственная и эколого-мелиоративная обстановка. При интенсивном темпе увеличения орошаемых земель среднесуточная водность основных водотоков – р. Сырдарья и Амударья, за исключением отдельных периодов, практически не менялась.

В сложившейся обстановке лимитирующим фактором устойчивого функционирования аграрного сектора и других отраслей народного хозяйства, обеспечения продовольственной безопасности республики является уровень водообеспеченности территории, при котором более 40 лет наблюдается устойчивый во времени и пространстве дефицит воды. Из-за недостатка речной воды в большинстве массивов Голодной, Джизакской и Шерабадской степей, низовьях Амударья не соблюдается оптимальный режим орошения возделываемых культур. На подверженных засолению землях промывные поливы или промывной режим орошения как основной агро-мелиоративный прием уменьшения количества водорастворимых солей в корнеобитаемой толще почвы не осуществляются или осуществляются на ограниченных площадях с недостаточной нормой воды.

После приобретения республикой политической и экономической независимости, формирования современных форм землепользования, диверсификации производства продуктов растениеводства, животноводства и других отраслей аграрного сектора в условиях рыночных взаимоотношений в целом наметилась тенденция к увеличению площадей пашни. В составе возделываемых культур помимо хлопчатника и озимой пшеницы, имеющих стратегический статус, увеличиваются посевные площади с зернобобовыми, овоще-бахчевыми, кормовыми растениями и плодово-ягодными насаждениями.

Этот процесс наиболее ощутимо прослеживается на территориях (старорошаемых массивах), где культура орошаемого земледелия имеет многовековую историю (таблица 1).

Таблица 1 – Структура и динамика земельных угодий

В тыс. га

Бассейн реки	Расположение по створу реки	Год	Площадь орошаемых земель	В т. ч.					
				пашня	многолетние насаждения	залежи орошаемые	пастбища и сенокосы	приусадебные земли	лесонасаждения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сырдарья	верхнее	1973	778,9	678,0	45,5	0,2	–	56,1	104,9
		2016	925,8	642,7	123,0	3,2	4,9	128,6	22,1
	среднее	1973	711,7	728,9	54,5	2,8	–	42,8	188,0
		2016	987,0	809,7	64,2	11,4	1,4	84,6	11,9

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амударья	верхнее	1973	214,3	233,1	10,1	0,1	–	12,7	155,6
		2016	325,6	240,4	31,5	–	–	50,4	3,3
	среднее	1973	762,2	1236,2	71,7	0,1	–	51,3	302,9
		2016	1293,9	962,0	127,5	18,2	–	170,3	14,0
	нижнее	1973	400,4	369,8	10,6	0,2	0,7	20,9	312,0
		2016	775,7	624,2	21,2	14,0	36,6	78,3	1,2

При отмеченных выше тенденциях пространственного изменения структуры и площадей земельных угодий в широкой производственной практике в целом, и особенно в равнинной части орошаемой зоны (пустынной зоне), производительная способность почв сравнительно низка. Так, балл бонитета орошаемых почв в разрезе времени (1985–2016 гг.) и в пространстве расположенности территорий по стволу основных водотоков устойчиво снижается. В целом по республике балл бонитета почв за сопоставляемый период снизился с 46–70 до 41–60 [1, 2].

По данным многолетних опытно-производственных исследований сотрудников НИИ селекции, семеноводства и агротехники хлопчатника (НИИССАХ) на землях зональных опытных участков, при соответствующей агротехнике районированных сортов хлопчатника можно получать 37–47 ц/га урожая [3]. В широкой производственной практике урожайность хлопчатника в бассейне р. Сырдарьи в 2016 г. варьировала в пределах 19–29 ц/га, р. Амударьи – 19–28 ц/га, что соответственно на 26–53 и 28–48 % ниже потенциально возможного на аналогичных почвах (таблица 2).

Таблица 2 – Производительная способность орошаемых почв и урожайность хлопчатника

Показатель	Год	Бассейн р. Сырдарьи		Бассейн р. Амударьи		
		верхнее течение	среднее течение	верхнее течение	среднее течение	нижнее течение
Балл бонитета	1985	60–70	54–66	70	46–57	46–56
	2016	56–60	51–59	56	51–59	41–54
Опыт, ц/га	2016	37–43	41–42	39	37–44	38–47
Производство, ц/га	2016	27–29	19–25	28	24–31	19–25

Низкая производительная способность находящихся в сельскохозяйственном обороте орошаемых земель также обусловлена низким уровнем технической эксплуатации существующих ирригационных и гидромелиоративных систем различного уровня, нерациональным использованием выделяемой по лимиту воды фермерскими, дехканскими хозяйствами и другими причинами организационно-управленческого и технологического порядка. Так, в республике, по результатам инвентаризации мелиоративного состояния орошаемых земель (январь 2014 г.), площади с неудовлетворительным состоянием по сравнению с предыдущим периодом (2002–2011 гг.) с 413,7 тыс. га увеличились до 456,8 тыс. га, из которых 66,8 % расположены на территории Республики Каракалпакстан, Кашкадарьинской, Джизакской, Ферганской и Хорезмской областей. Основными причинами неудовлетворительного состояния земель в данных областях являются высокий уровень грунтовых вод (УГВ), засоление, недостаток воды и неудовлетворительное состояние гидротехнических сооружений (ГТС). Неблагоприятное состояние земель Бухарской и Наманганской областей вызвано наличием больших площадей каменистых и гипсоносных почв, Андижанской – поднятием УГВ, Сырдарьинской – засолением, Самаркандской и Сурхандарьинской – недостатком воды и неудовлетворительным состоянием ГТС (таблица 3).

Таблица 3 – Мелиоративное состояние орошаемых земель республики на 1 января 2014 г.

Административно-территориальное распределение бассейна реки	по стволу реки	область	Площадь орошаемых земель	Выявленные в результате инвентаризации площади с неудовлетворительным состоянием земель	В т. ч.							В га		
					земли с неблагоприятным мелиоративным состоянием	непригодные в результате недостатка воды, неудовлетворительного состояния ЛТС	непригодные в результате нерабочего состояния мелиоративной сети	неиспользуемые в результате выщелачивания родниковых вод	роднированные почвы (смыв посевных земель в долине рек)	каменистые и глиноносные почвы	непригодные земли в результате неиспользования под посевы сельскохозий-стванных культур		неиспользуемые земли	
Бассейн р. Сырдарья														
Верхнее течение		Андижанская	233400	16871	9620	6359	12			168	712			
			234600	20092	6052	11017	12			20	2831	134	26	
			337400	31658	14636	15915	348			758				
Среднее течение		Ташкентская	221000	19997	6459	11037	160			123	1678	73	467	
			276500	41531	12706	22196	6466		14		119	10	20	
			266400	19104	11802	5962	88			2		1225	25	
Бассейн р. Амударья														
Верхнее течение		Сурхандарьинская	270500	23236	10975	10357	599	103		315	876		11	
			226600	20903	8156	9054	945			270	2478			
Среднее течение		Кашкадарьинская	458200	60554	22007	30717	6228			6	542	6	1048	
			107000	10030	4015	5119	16		81					
			308700	21401	6819	12133	893			15	1523	623		16
Нижнее течение		Каракалпакстан	476300	141490	60867	55246	3359					21863	155	
			298300	29992	17252	12395	167					176	2	
Итого по республике			3714900	456859	191366	207507	19293	198	919	11871	23936	1768		

Не умаляя значимость, состав, объем и масштабность выполняемых по государственной программе работ в орошаемой зоне республики, хотелось бы особо подчеркнуть следующее. Проводимые в орошаемой зоне республики мероприятия за счет средств мелиоративного фонда нацелены на решение следующих принципиальных задач:

- «качественное совершенствование механизмов» поддержания мелиоративных сетей, обеспечивающее их эффективное функционирование, а также «нормативный отвод» дренажных и сбросных вод через коллекторно-дренажную сеть (КДС);

- учет и оценка эксплуатационной надежности ирригационно-мелиоративной системы, необходимости проведения их ремонта и восстановления, а также строительства и реконструкции с позиции обеспечения и поддержания благоприятного мелиоративного состояния орошаемых земель.

Судя по официально опубликованным данным, выделяемые финансовые и материально-технические ресурсы в настоящее время в основном направлены на ремонт и восстановление работоспособности ирригационных и гидромелиоративных систем межхозяйственного и магистрального уровня. Доля затрат на восстановление работоспособности внутрихозяйственных ирригационно-мелиоративных систем не превышает 18–20 % от общего объема работ, выполняемых ежегодно. К сожалению, до настоящего времени у специалистов водохозяйственного комплекса различного уровня сформировалось твердое и необоснованное убеждение о том, что «мелиоративное улучшение орошаемых земель» – это доставка воды потребителю и восстановление работоспособности существующей сети коллекторов и дрен. Это далеко не так. КДС (в основном первичные и собирательные дрены) создают условия для рассоления корнеобитаемой толщи – зоны аэрации почвы только при эксплуатационных промывках с соответствующей нормой воды в зависимости от степени засоления или при промывном режиме орошения возделываемых культур (т. е. при подаче на поле воды больше на 10–30 % от их биологической потребности).

Сложность водохозяйственной и эколого-мелиоративной обстановки усугубляется и тем, что на всех массивах с засоленными почвами наблюдается устойчивый во времени процесс осолонцевания. Этот процесс наиболее четко прослеживается в пустынной зоне республики, где в силу изменения режима увлажнения почвы от автоморфного к полугидроморфному и гидроморфному также изменилась направленность гидрохимических процессов в системе «почва – грунтовые воды». Из-за обменных реакций между солями, имеющимися в грунтовых водах различной степени минерализации, происходит насыщение почвенного поглощающего комплекса катионами натрия или магния с соответствующим изменением их водно-физических и химических свойств в корнеобитаемой толще почвы. Дело в том, что состав агро-мелиоративных 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 агро- и гидромелиоративные приемы: капитальные, эксплуатационные промывки, промывной режим орошения возделываемых культур, соответствующая мощность 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 в среде условия для обменных реакций вытеснения из почвенного поглощающего комплекса катионов натрия или магния путем внесения различных мелиорантов химического или органоминерального происхождения.

В свете изложенных выше суждений и требований современности совершенно очевидна необходимость уточнения основных параметров государственной программы по «коренному совершенствованию систем мелиоративного улучшения земель» [4, 5]

с учетом требований, сформулированных в Указе Президента «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на период 2017–2021 гг.» [6].

Выводы

1 Мощность построенных дренажных систем для поддержания УГВ на глубине 1,9–2,7 м на орошаемых полях в период достаточно стабильной водообеспеченности территории не создает условия для целенаправленного регулирования водно-солевого режима зоны аэрации почвы при лимитированном водопользовании.

2 Стратегия планирования использования располагаемых земельных ресурсов, повышения их продуктивности должна опираться на адекватные мелиоративно-технические и технолого-производственные циклы в системе «дефицитное водопользование – плодородные почвы – водоотведение», обеспечивающие устойчивое, высоко-рентабельное сельскохозяйственное производство в орошаемой зоне в ближней и дальней перспективе.

Список использованных источников

1 Земельный фонд Узбекской ССР по состоянию на 1 ноября 1973 г. – Ташкент, 1974.

2 Национальный отчет о состоянии земельных ресурсов Республики Узбекистан. – Ташкент, 2017.

3 Энциклопедия хлопководства. – Ташкент, 2016. – 279 с.

4 О мерах по коренному совершенствованию систем мелиоративного улучшения земель: Указ Президента Республики Узбекистан от 29 октября 2007 г. № 3932.

5 О коренном улучшении мелиоративного состояния орошаемых земель на период 2008–2012 гг.: Постановление Кабинета министров Республики Узбекистан от 29 октября 2006 г. № 3239.

6 О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на период 2017–2021 гг.: Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № 4947.