

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ имени А.Н. КОСТЯКОВА»**

**ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
МЕЛИОРАЦИЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА
НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Материалы международной юбилейной
научно-практической конференции
23-24 октября 2019 г.

Том I

Москва 2019

УДК 631.6

ББК 40.6

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. Материалы международной юбилейной научно-практической конференции. Том I.-М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019. - 296 с.

ISBN 978-5-6042439-7-8

ISBN 978-5-6042439-3-0

Юбилейный сборник научных трудов в двух томах посвящен 95-летию Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова.

Изложены результаты научно-исследовательских работ по основным направлениям деятельности ВНИИГиМ. В первый том включены работы по информатизации и цифровым технологиям в области мелиорации и водного хозяйства, по созданию гидрометеостанций нового поколения, рассмотрены вопросы восстановления плодородия почв, а также технологического и технического обеспечения мелиоративных работ.

Юбилейный сборник научных трудов предназначен для научных работников, специалистов, аспирантов и студентов магистратуры, занимающимся проблемами сельскохозяйственной мелиорации, водного хозяйства и охраны окружающей среды.

Все доклады публикуются в авторской редакции в соответствии с заявленными требованиями.

Редакционный совет: д.с-х.н. В.А. Шевченко, д.с-х.н. Г.Г. Гулюк, д.т.н. Л.В. Кирейчева, д.т.н. С.Д. Исаева, д.т.н. О.А. Леонов, д.с-х.н. В.П. Максименко, д.т.н. И.Ф. Юрченко, к.т.н. А.О. Щербаков, к.т.н. Г.Х. Бедретдинов, к.г.-м.н. Н.В. Коломийцев, к.т.н. Е.Э. Головинов, А.Л. Бубер, Е.Н. Гетьман

УДК 631.6

ББК 40.6

ISBN 978-5-6042439-7-8

ISBN 978-5-6042439-3-0

©ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2019

©Издательство ВНИИГиМ, 2019

УДК 631.6

**ВСЕРОССИЙСКОМУ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ
ИНСТИТУТУ ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ ИМЕНИ
А.Н. КОСТЯКОВА - 95 ЛЕТ**

В.А. Шевченко

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Москва, Россия

В многолетней деятельности нашего института отразилась история становления и развития мелиорации и водного хозяйства страны. У истоков мелиоративной науки стояли великие ученые и мелиораторы В.В. Докучаев, В.Р. Вильямс, И.И. Жилинский, В.И. Масальский, А.Н. Костяков, И.А. Шаров, Г.К. Ризенкамф и другие, которые заложили основу отечественной мелиоративной науки как самостоятельной отрасли знаний.

Основные направления мелиоративной науки были обозначены в работах В.В. Докучаева. В своей фундаментальной работе «Наши степи - прежде и теперь» он сформулировал научные основы мелиорации земель и связанных с ними водных объектов, указывал на необходимость проведения мелиорации с учетом ее комплексности, систематичности и последовательности.

В.Р. Вильямс, развивая идеи В.В. Докучаева, в своих трудах писал о необходимости увязки всех видов мелиоративных мероприятий, направленных на регулирование водного режима почв, а вместе с ним и всех почвенных процессов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

А.Н. Костяков обобщил теоретические разработки и опыт мелиоративных работ в аридной и гумидной зонах страны. В своем фундаментальном труде «Основы мелиорации», он изложил теоретические основы новой науки о сельскохозяйственных гидротехнических мелиорациях, сформировавшейся на стыке агрономических и инженерных отраслей знаний, разработал систему комплексных мероприятий, направленных на коренное изменение природных условий, неблагоприятных для возделывания сельскохозяйственных культур.

А.Н. Костяков по праву считается основоположником научных основ создания мелиоративных систем в нашей стране, им впервые разработана программа и методика мелиоративных исследований. Он является создателем учения о режимах орошения, методах расчета техники полива, проектирования оросительных систем и гидротехнических мероприятий, направленных на предотвращение засоления земель.

В 1919 г. организуется Мелиоративная лаборатория под руководством А.Н. Костякова при инженерном отделении Московского сельскохозяйственного института (ныне Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева) в Москве. На базе этой лаборатории в 1923 г. Наркомземом

РСФСР организован Государственный институт сельскохозяйственных мелиораций. Однако рождение института состоялось в 1924 году во исполнение приказа Наркомзема РСФСР (№104 от 20.11.1923 г.). Первым его директором стал А.Н. Костяков.

С первых лет в институте проводились исследования по наиболее актуальным вопросам мелиорации земель сельскохозяйственного назначения. Разрабатывались мероприятия по борьбе с эрозией почвы; осушению переувлажненных сельскохозяйственных угодий каналами и дренажем; по орошению посевов сточными водами. Были сформулированы первоочередные задачи и перспективы мелиорации в России, принципы мелиоративного районирования, правила эксплуатации ирригационных систем и др. Организованы опытные участки для исследований режимов и способов мелиорации в Поволжье, Средней Азии, на Украине, в Белоруссии, Закавказье, Эстонии. Созданы опытные станции в Новгороде, Минске, Архангельске.

На институт были возложены задачи по научно-методическому руководству опытно-мелиоративными станциями и опорными пунктами, на которых отрабатывались способы мелиоративного благоустройства земельных угодий, разрабатывались и внедрялись в практику сельского хозяйства нормы и способы орошения и осушения.

Работавшая под научно-методическим руководством института сеть станций мелиоративного направления к 1925 году включала 37, а к 1930 году 55 опытно-мелиоративных станций и участков.

С 1930 г. в институте стала действовать аспирантура для подготовки высококвалифицированных специалистов-мелиораторов.

В 1931 г. институт был преобразован во Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ), а с 1958 г. носит имя основоположника мелиоративной науки А.Н. Костякова.

За свою длительную историю ВНИИГиМ стал родоначальником многих современных институтов отрасли: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, ВНИИ кормов, ЦИНАО ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, РосНИИПМ, САНИИРИ и др. На базе опытных станций ВНИИГиМ образованы ВНИИ механизации и техники полива (ныне ФГБНУ ВНИИ «Радуга»), ВНИИ по сельскохозяйственному использованию сточных вод (НИИССВ «Прогресс»), ВолжНИИГиМ, ДальНИИГиМ, ТуркменНИИГиМ.

Довоенный период характеризуется значительным расширением института. Мелиоративное строительство, которое развернулось в нашей стране, требовало разработки и создания специальной мелиоративной техники и технологий. В институте организуются лаборатории сельскохозяйственного водоснабжения и механизации мелиоративных работ, увеличивается круг вопросов и направлений,

разрабатываемых в институте. Во ВНИИГиМ приглашены крупные специалисты из Средней Азии – Е.А. Замарин, Д.Я. Соколов и П.И. Шипенко, из Наркомзема – М.В. Потапов.

Институтом снаряжаются большие экспедиции на Дальний Восток и в низовья Амударьи. Учеными института разрабатываются технологии орошения в хлопкосеющих районах страны, для обеспечения хлопковой независимости СССР; мероприятия по борьбе с засухой, в первую очередь в Заволжье; решаются проблемы засоления и заболачивания орошаемых земель, и осушения переувлажненных земель в Нечерноземной зоне России и других районах страны; разрабатываются технологии сельскохозяйственного обводнения и водоснабжения, эксплуатация мелиоративных систем; механизация мелиоративных и культуртехнических работ.

Во время войны работа института, его станций и опытных участков не приостановилась. Основной состав института был эвакуирован на Кировскую луго-болотную опытную станцию, и частично - в Ташкент, где продолжилась работа в соответствии с тематическим планом.

Ученые решали вопросы мобилизации водных ресурсов на нужды обороны, а также введения в севообороты на орошаемых землях Средней Азии и Закавказья новых культур оборонного характера. В эти годы были предложены первые системы с закрытой внутрихозяйственной сетью для орошения хлопчатника, риса, овощных и зерновых культур; разработаны технологии по совершенствованию техники полива по полосам и засеваемым бороздам для хлопчатника и овощных культур; методы расчета элементов оросительной сети и оптимальные режимы орошения основных культур севооборотов; мероприятия по борьбе с засолением почв; проведены исследования осушающего действия дренажа и открытых каналов, по агротехнике возделывания новых для болотных почв стратегических культур, а также по эксплуатации осушительных систем.

В преддверии 75-летия Победы в Великой Отечественной войне мы вспоминаем наших коллег мелиораторов, внесших достойный вклад в победу над фашистскими захватчиками. С первых дней войны многие ученые, инженеры, техники и специалисты института ушли на фронт.

Война нанесла тяжелый урон коллективу, многие талантливые научные сотрудники, аспиранты, специалисты и рабочие института не вернулись с войны. На фронтах Великой Отечественной в боях за Родину погибли 23 сотрудника института.

На мемориальной стелле, которая установлена в здании института, запечатлены их имена: Алексеев А.П., Андреев П.А., Анохин И.А., Большаков А.А., Брудастов В.И., Гавырин Н.Г., Демьянов В.С., Дьяченко И.К., Ерохин

А.Д., Жегалов В.К., Забоев М.А., Зибаров М.А., Лахтерман Я.Е., Петров В.П., Порывкин С.В., Почтарев П.И., Рудченко И.И., Саенко Г.И., Скворцов А.И., Соловьева К.М., Сунцов Н.Г., Фельдшеров И.Ф., Честных Н.М.

После войны основное содержание исследований института определялось задачами восстановления и развития народного хозяйства. В этот период выходит ряд фундаментальных работ: по гидротехническим сооружениям; по внедрению противофильтрационных устройств; по отстойникам на оросительных системах; по борьбе с наносами методом поперечной циркуляции; по оросительным системам и др.

Большой вклад ученые нашего института внесли в выполнение Программы, принятой Правительством СССР в 1966 году «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур».

В рамках реализации Программы были разработаны и усовершенствованы конструкции, технические средства, технологии эксплуатации, реконструкции мелиоративных систем, структура сельскохозяйственного использования мелиорированных земель. Внедрены в практику мелиоративного строительства бестраншейный и узкотраншейный способы строительства дренажа на базе использования специальных дренажукладчиков в сочетании с лазерными системами регулирования уклона дрен. Разработаны новые технологии строительства оросительных и осушительных каналов, намыва земснарядами дамб и плотин обжатого и распластанного профиля, планировки орошаемых земель и др. По агротехническим требованиям института были созданы и используются в производстве до настоящего времени более 80 машин и технических устройств для выполнения строительных и ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах. Созданы принципиально новые технологии орошения: синхронное импульсное дождевание на склоновых землях аридной зоны, локальное микроорошение садов, виноградников и других сельскохозяйственных культур, стационарные системы дождевания и мелкодисперсное дождевание. Внесен немалый вклад в разработку конструкций и методов проектирования гидротехнических сооружений, внедренных при строительстве Краснодарского, Андиганского, Токтогульского, Хаузханского и других водохранилищ, Каракумского, Каршинского, Северо-Крымского каналов, Баксанского, Мало-Кабардинского и других гидроузлов.

Накопленные за многие годы учеными нашего института результаты научных исследований и обобщения практического опыта по мелиорации легли в основу научно-технического и производственного потенциала мелиорации и водного хозяйства как самостоятельной отрасли. Создана научная основа для широкомасштабного развития мелиорации на всем пространстве нашей страны.

Коллектив института продолжает и развивает традиции, заложенные предшественниками, используя и обогащая созданный ими интеллектуальный потенциал и проводит научные исследования по широкому кругу фундаментальных и прикладных исследований по научному обеспечению дальнейшего развития мелиорации и водного хозяйства в России.

Научные исследования проводятся в подразделениях института и трех филиалах: Мещерском (Рязанская область), Волгоградском, Калмыцком и в ФГУП «Харада» (республика Калмыкия).

В рамках реализации Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук учеными института разработаны конструкции систем комбинированного орошения с новыми техническими решениями, направленными на совершенствование технологии полива, разработаны конструкции элементов гидромелиоративных систем, обеспечивающие непрерывный оперативный контроль и управление работой оросительной техники с расширенным функционалом для реализации принципов координатного земледелия.

Разработаны новые конструкции дренажа, технологии для очистки каналов, дрен на переувлажненных землях. Усовершенствованы технологии комплексного восстановления осушительных систем на малопродуктивных и деградированных землях. Обоснованы технические и технологические решения по снижению рисков от загрязнения водных объектов дренажными и сбросными водами с оросительных систем.

Определены пути повышения водообеспеченности регионов, испытывающих дефицит водных ресурсов. Система методов направлена на решение актуальной проблемы - повышение водообеспеченности в условиях развивающихся климатических изменений.

Разработана автоматизированная система управления водными ресурсами реки Кубань, которая позволяет осуществлять оптимальное водораспределение на рисовые оросительные системы на основе краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогнозов. Автоматизированная система обеспечивает регулирование гидроузлами реки пропуска паводковых вод с целью защиты территорий от затопления при наводнениях.

Предложены технологии восстановления плодородия деградированных и малопродуктивных мелиорированных земель с помощью регулирования их водного режима шлюзованием и дождеванием совместно с применением новых органоминеральных удобрений и комплексов мелиоративных мероприятий. Выполнен подбор культур-фитомелиорантов для воссоздания и повышения биологического потенциала деградированных земель, воспроизводства плодородия и повышения рассоляющего эффекта почв аридных экосистем. Эта технология с

использованием растений-мелиорантов, обеспечивает восстановление биоразнообразия средне- и сильно сбитых пастбищ и прошла апробацию в полупустынной зоне Северо-Западного Прикаспия. Ее применение дает возможность восстанавливать экосистемы.

Предложены биотехнологии очистки и детоксикации загрязненных земель сельскохозяйственного назначения от тяжелых металлов и нефтепродуктов на основе применения фиторемедиантов и органоминерального удобрения «Сапросил», что позволяет значительно ускорить биодеструкцию нефтепродуктов в почве и таким образом очищать почву.

Приоритетное направление в работе института - разработка современных методов строительства, защиты и реконструкции гидротехнических сооружений. Учеными научно обоснованы новые технологии строительства крупных водохранилищ, магистральных каналов, защиты берегов от размыва и разрушения с применением современных конструкций и методов.

Разработаны методические положения по расчету и регулированию стока в водопроводящей сети и элементах гидромелиоративных систем с использованием современных измерительных методов, для обеспечения надежности гидротехнических сооружений и экологической безопасности водных объектов и орошаемых земель. Полученные результаты позволяют с высокой точностью определять направленность русловых деформаций, прогнозировать русловые процессы на реках и каналах.

Подводя итог научной деятельности института, можно констатировать, что в его исследованиях представлены все основные направления сельскохозяйственной мелиорации. Институт, как старейшее научно-исследовательское учреждение страны в области сельскохозяйственных мелиораций и водного хозяйства, на протяжении многих лет проводил и проводит большую работу по координации исследований прежде всего мелиоративного профиля, осуществляет международные научные связи, активно развивает научное и образовательное сотрудничество в сфере мелиорации и водного хозяйства, аграрной науки и сельскохозяйственного производства, ежегодно проводит всероссийские конференции с международным участием, активно сотрудничает с Международной комиссией по ирригации и дренажу.

Основными направлениями научных исследований института являются - развитие сельскохозяйственных мелиораций и водохозяйственного комплекса при изменении климата и техногенной нагрузки, создание высокоэффективных безопасных мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, повышение продукционного потенциала мелиорированных агроландшафтов, оптимизация и управление водными ресурсам на базе цифровых технологий. Внедрение цифровой мелиорации позволит достичь большего потенциала и эффекта при эксплуатации мелиоративных систем, использовании водных ресурсов и принятия оптимальных управленческих решений.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.67:626.81:004.94

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАССЕЙНОВ РЕК В ИНТЕРЕСАХ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОФИЛЯ

А.Л. Бубер, Ю.П. Добрачев

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Введение

Концепция развития отдела Мелиоративно-водохозяйственного комплекса определяется решением перспективных научных проблем экосистемного водопользования и управления водными ресурсами, особенно в условиях нарастающего водного дефицита, выявления возможности и места возникновения аварийных ситуаций, прохождения катастрофических половодий и паводков, восстановления эффективного функционирования мелиоративных систем.

Развитие научных исследований соответствует общей направленности программ Российской Академии Наук (РАН), Федеральных целевых программ (ФЦП) «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2017 годы и на период до 2020 года» и «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012– 2020 годах».

Поставленные задачи решаются на основе создания эффективных цифровых технологий, основанных на использовании имитационного моделирования водохозяйственных, водноэнергетических и гидравлических расчетов, гидродинамического моделирования движения поверхностных и подземных вод и распространения загрязняющих веществ в водной среде, геоинформационных технологий и средств аэрокосмического зондирования, цифрового моделирования рельефа местности, оптимизационных методов поиска компромиссных решений водообеспечения и водопользования.

На основе фундаментальных исследований отделом проводится:

- Углубленное изучение и совместное решение мелиоративных, экологических, технических и эксплуатационных задач водообеспечения и водопользования на гидромелиоративных системах;

- Решение вопросов безопасности гидротехнических сооружений и защиты прилегающих территорий от наводнений в период высоких половодий и паводков;

- Эффективное планирование и использование водохозяйственными системами водных ресурсов в условиях их дефицита в интересах водопользователей сельскохозяйственного профиля.

Отделом за последние 12 лет выполнено более 40 научных исследований по указанной проблематике, затрагивающих, как ключевые проблемы управления

водными ресурсами в интересах объектов АПК, так и применение этих исследований при экстремальных водохозяйственных событиях, произошедших в Российской Федерации. Ниже приведены основные значимые НИР, выполненные сотрудниками отдела с 2007 года:

1. Разработка оценок надежности работы водохозяйственного комплекса реки Кубань и рекомендаций по повышению водообеспеченности в условиях маловодий, в том числе затяжных, разработка программы моделирования возможных сценариев совместного регулирования сбросов из Крюковского, Варнавинского и Краснодарского водохранилищ.

В настоящее время Краснодарский край является основным регионом производства риса в Российской Федерации. В последние годы площадь возделывания риса в этом регионе составляет порядка 140 тыс. га, на которой собирается урожай более 1 млн. тонн. Однако в связи с интенсивной индустриализацией и урбанизацией этого региона, аграрный сектор испытывает нарастающий дефицит водных ресурсов даже в годы средней водности, что приводит к недобору урожая и не позволяет обеспечить устойчивость производства риса. Так, из-за дефицита водных ресурсов, который по оценкам ряда специалистов составляет не менее 1 куб. км, потери урожая в маловодные годы достигают 70 тыс. тонн.

Разработка водохозяйственных мероприятий для обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственных систем, рационального использования водных ресурсов требует надежного научного обоснования с применением имитационного моделирования. Для реализации имитационных моделей при исследовании различных методов управления водными ресурсами целесообразно использовать компьютерные технологии, которые позволяют моделировать в оперативном режиме реальные физические процессы и на основе расчетов осуществлять информационную поддержку лиц, принимающих решения (ЛПР).

Цель работы - получение научно-обоснованных рекомендаций и инструментов по разработке комплекса водохозяйственных мероприятий в сфере сельскохозяйственного водопользования бассейна р. Кубань.

В результате выполнения темы были:

- Разработаны варианты компенсации дефицита сельскохозяйственного водопользования в бассейне р. Кубань в условиях маловодий с учетом структуры посевов, урожайности, оросительных норм и КПД оросительных систем.

- Разработан компьютерный комплекс моделей для совершенствования правил управления и оценки надежности функционирования системы водохранилищ на Нижней Кубани для целей ирригации.

- На основе компьютерного моделирования разработаны принципы управления системой водохранилищ Нижней Кубани и оценена надежность водообеспечения потребителей сельскохозяйственного комплекса в маловодный период.

На основе созданной компьютерной модели [1, 2], краткосрочных и долгосрочных прогнозов стока, разработаны правила управления гидротехническими сооружениями бассейна Нижней Кубани в вегетационный период в условиях дефицита водных ресурсов, а также набор электронных таблиц, позволяющих анализировать выполненные модельные расчеты и принимать оперативные решения

по минимизации ущербов в период затяжных маловодий. В работе были сформулированы основные мероприятия по экономии водных ресурсов на Рисовых оросительных системах (РОС): снижение деформации плоскости чеков, устранение террасности и кулисная планировка, реконструкция ГТС (повышение КПД), сохранение проектного севооборота (насыщение рисами 68-78%), расчистка оросительной и коллекторной сети, пропорциональное использование ранне-, средне- и позднеспелых сортов риса, оптимальный режим водоподачи по межхозяйственной сети.

2. Разработка компьютерных программ по ведению паспортов мелиоративных систем и ГТС, комплексов мероприятий, технологий и технических средств для повышения безопасности и надежности эксплуатации оросительных систем и гидротехнических сооружений, обеспечивающих экономию оросительной воды. Выполнение системного мониторинга мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений Минсельхоза России для составления Государственного водного реестра РФ.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2007 г. № 253 «О порядке ведения государственного водного реестра (ГВР)» и приказом Министерства природных ресурсов РФ от 30 ноября 2007 г. N 316 «Об утверждении порядка представления и состава сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, для внесения в Государственный водный реестр» Министерство сельского хозяйства Российской Федерации ежегодно представляет сведения о государственных мелиоративных системах и отдельно расположенных ГТС на водных объектах для внесения в ГВР.

Цель работы – Актуализировать и подготовить на электронных носителях информацию о государственных мелиоративных системах и отдельно расположенных ГТС Минсельхоза РФ.

Набор требуемых сведений обеспечивается информацией Базы данных (БД) инвентаризации ГТС и паспортизации МС, разработанной ВНИИГиМ для Депмелиорации Минсельхоза РФ. Перенос данных из БД в формы для заполнения таблиц ГВР осуществляется автоматически с использованием специально разработанного программного обеспечения.

Для сбора недостающих данных разработаны электронные формы, которые были разосланы для дальнейшего заполнения. Сбор и анализ полученных от 79 ФГУ «Управления мелиорации» данных осуществлялся в режиме системного мониторинга.

При выполнении НИР были получены следующие результаты:

- Разработаны электронные формы для представления данных в ГВР.
- Определен полный набор показателей, подлежащих сбору с мест (от территориальных ФГУ «Управлений мелиорацией»).
- Осуществлен сбор и анализ данных в режиме системного мониторинга.
- Выполнена интеграция данных инвентаризации, паспортизации и дополнительных данных в выходные формы, определенные структурой ГВР

В результате выполнения темы были сформированы, выпущены и переданы в Росводресурсы в установленные регламентом сроки таблицы (электронные

формы), содержащие информацию по 1990 гидромелиоративным системам и более 60000 ГТС. Информация по мелиоративным системам для ведения ГВР ежегодно передавалась отделом в Росводресурсы вплоть до 2014 года (7 лет).

3. Разработка научно-методического обоснования разделов схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) в части обеспечения водными ресурсами агропромышленного комплекса (АПК) Российской Федерации.

Научно-исследовательская работа по базовому проекту выполнялась в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» и была успешно выполнена отделом в 2012-2015 гг.

Целью исследований являлось научно-методическое обоснование разделов СКИОВО, в которых рассматривались вопросы обеспечения водными ресурсами объектов АПК РФ [3-5].

В соответствии со стратегией развития водохозяйственного комплекса (ВХК) АПК, направленной на удовлетворение потребностей сельского населения и сельхозпроизводства в водных ресурсах, при соответствующих природоохранных ограничениях рассматривались существующие, реконструируемые и вновь строящиеся гидромелиоративные системы, по которым было выполнено научное обоснование целесообразности проведения первоочередных мероприятий, отвечающих современным экологическим требованиям.

Геосистемный, ландшафтный и бассейновый подходы явились методологической основой разработки инструментария, включающего цифровое картирование, ландшафтное моделирование, водобалансовые расчеты, методы оптимизации мелиоративных режимов (орошение и дренирование), оценку допустимой нагрузки на водные объекты и др.

В результате исследований разработаны предложения по внесению изменений и дополнений в следующие нормативные документы, связанные с разработкой СКИОВО в части обеспечения водными ресурсами агропромышленного комплекса:

- Методические указания по разработке Схем комплексного использования и охраны водных объектов (утв. приказом МПР РФ от 4 июля 2007 г., N 169);
- Методика расчета водохозяйственных балансов водных объектов (утв. приказом МПР РФ от 30 ноября 2007 г., N 314);
- Приказ МПР РФ от 6 февраля 2008 г. N 30 «Об утверждении форм и порядка представления сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками водных объектов и водопользователями».

Для адекватного учета специфики водообеспечения объектов гидромелиорации разработаны проекты следующих Стандартов организации (СТО), которые внесены на утверждение в Министерство сельского хозяйства РФ:

- Методика расчета объемов стока и оценки качества дренажных и возвратных вод с орошаемых и осушаемых земель;

- Методы прогнозных расчетов водного режима и продуктивности земель, расположенных на различных ландшафтных катенах водосборов, до и после реализации водных мелиораций;

- Методы расчета энергетических затрат доставки воды от водисточника до мест локализации объекта мелиорации.

Представленные Предложения являются обобщением и практической реализацией выполненных исследований и научно-методических разработок. Технологическая схема расчетов представлена на рисунке 1.

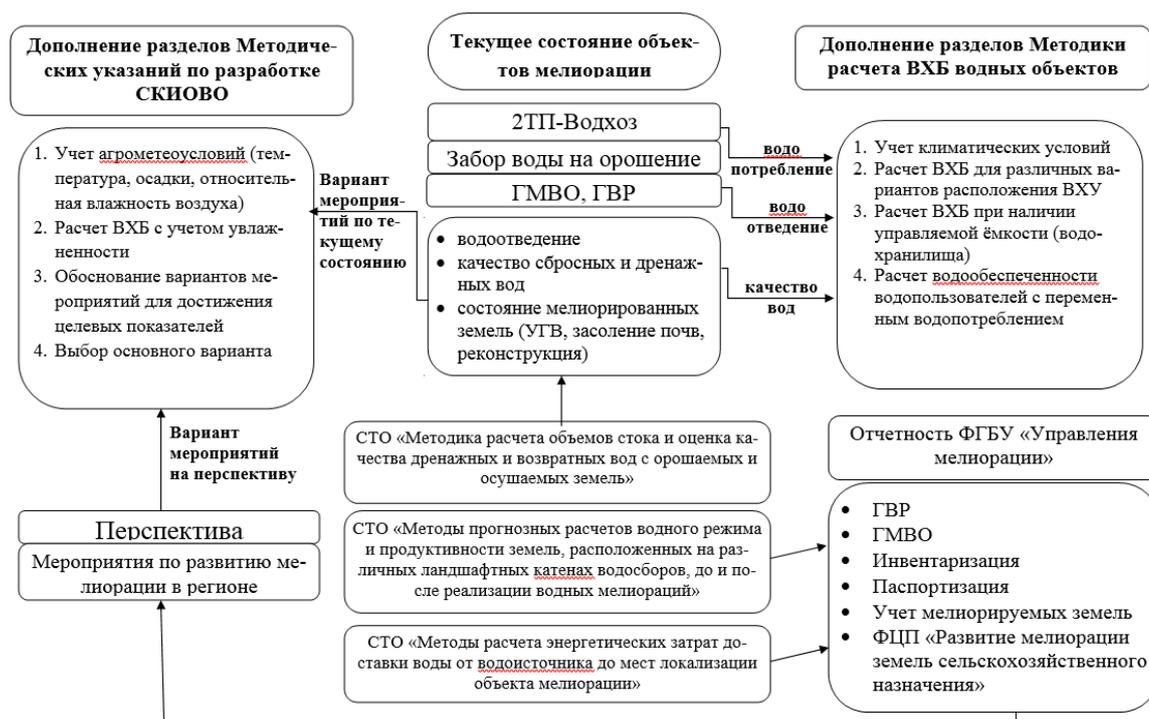


Рисунок 1 - Технологическая блок – схема расчетов водообеспеченности объектов при разработке СКИОВО

4. Разработка гидродинамической компьютерной модели прохождения дождевых паводков и половодий высокой водности в т.ч. паводка 2012 г. по территории г. Крымск для обоснования научных рекомендаций по обеспечению безопасного пропуска катастрофических паводков

Цель исследований - научное обоснование возможного проектирования гидротехнических мероприятий (обводного канала, дамб обвалования, мостовых сооружений и т.д.) для отведения катастрофических половодных и паводковых вод обеспеченностью до 0.1% на основе использования гидродинамической компьютерной модели (ГДМ) речной сети, поймы, дамб обвалования и мостовых сооружений на р.Адагум (ниже устья р.Неберджай до впадения в Варнавинское водохранилище) [6].

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Создана Цифровая модель рельефа, с матрицей высот на квадратах размером 1 кв.м.

- Разработана и откалибрована ГДМ распространения дождевого паводка.

- Реконструирован с помощью ГДМ дождевой паводок 06-07 июля 2012 г.
- Выполнены расчеты на ГДМ пропуска паводков 1% и 0.1% обеспеченности.
- Для гидрографа притока 1% обеспеченности нанесены зоны и определены площади затопления на электронных топографических картах.
- Определен размер вероятного вреда от возникшей чрезвычайной ситуации.
- Выполнена оценка эффективности существующей системы инженерной защиты селитебных территорий и других инфраструктурных объектов г. Крымска, а также комплекса проектируемых мероприятий для паводка 1% обеспеченности.

5. Оценка изменений русла реки Амур в результате прохождения экстремального паводка 2013 года, разработка и внедрение имитационной математической модели р. Амур с целью подготовки рекомендаций по комплексу защитных и руслоформирующих мероприятий на прибрежной территории Российской Федерации.

В июле - сентябре 2013 на территории пяти субъектов Российской Федерации имело место катастрофическое наводнение, вызванное обширными дождевыми осадками. Наводнение охватило почти полностью бассейн Амура. На многих водомерных постах был превышен исторический максимум расходов и уровней воды. Сельское хозяйство, промышленность, объекты инфраструктуры понесли значительные ущербы (десятками миллиардов рублей).

Катастрофический паводок носил сложный характер. На первую волну наводнения, сформировавшуюся на Среднем Амуре, наложилась волна паводочного стока, сформировавшаяся в бассейнах рек Сунгари (КНР) и Уссури, что привело к серьезному осложнению паводочной ситуации на р. Амур в районе г. Хабаровска и ниже по течению. Анализ информации показал наличие произошедших в последние десятилетия существенных изменений гидролого - морфологических условий прохождения высоких паводков в результате планомерной реализации комплекса защитных сооружений и руслоформирующих мероприятий как на китайской, так и на российской прибрежных территориях.

Основная цель работы - оценка изменений русла реки Амур и его пропускной способности в результате прохождения экстремального паводка 2013 года, разработка и внедрение имитационной математической модели р. Амур с целью подготовки рекомендаций по комплексу защитных и руслоформирующих мероприятий на прибрежной территории Российской Федерации [7].

Для достижения поставленной цели был создан комплекс гидрологических и гидродинамических моделей, и решен ряд задач, обеспечивающих получение расчетных значений уровня воды с учетом различных защитных и руслоформирующих мероприятий.

ГДМ Среднего и нижнего Амура позволила рассчитать параметры прохождения высоких паводковых вод 1958, 1984 и 2013 гг. На основе ГДМ был создан, инструментарий, позволяющий:

- Выполнять, расчеты возможной катастрофической ситуации в основных населенных пунктах, расположенных на р. Амур, с выдачей результатов по руслу

и пойме р. Амур (уровни и расходы воды, скорости, время прихода фронта волны, гребня волны и время спада волны до безопасного уровня и т.д.).

- Отслеживать в оперативном режиме опасную паводковую ситуацию и выполнять краткосрочный прогноз возникновения такой ситуации.

- Отображать на картах различного масштаба зоны и площади возможного затопления, используя разработанную цифровую модель рельефа и инструментарий ГИС проекта.

- Обосновать существенное изменение современного состояния русла и поймы р. Амур в сторону уменьшения его пропускной способности.

6. ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах»: Научное обоснование мероприятий, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранение уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы.

Создание гидроузлов Волжско-Камского каскада (ВКК) водохранилищ изменило коренным образом гидрологические условия Нижней Волги. Нарушение характера внутригодового распределения стока, перекрытие путей миграции на нерест ценных и особо ценных видов проходных и полупроходных рыб, и другие значительные антропогенные нагрузки в границах бассейна р. Волги создали угрозу устойчивому функционированию ряда отраслей экономики на Нижней Волге, привели к серьезным нарушениям и деградации водных экосистем региона. В связи с неконтролируемой застройкой нижних бьефов гидроузлов каскада, новыми требованиями по обеспечению работы водозаборов и прочими причинами, осложнилось регулирование стока ВКК водохранилищ для обеспечения безопасного пропуска паводковых вод.

Целью НИОКР была разработка научно обоснованной Концепции, определяющей комплекс мер и мероприятий, реализация которых обеспечит в Волго-Ахтубинской пойме, дельте Волги и зоне Западных подстепных ильменей (далее - регион Нижней Волги) устойчивое функционирование [8-10].

В результате выполнения НИОКР были решены следующие задачи:

- Проведен анализ состояния мелиоративного водохозяйственного комплекса.

- Подготовлены материалы о состоянии и развитии системы мелиорации Нижней Волги для структурного плана Концепции рационального использования водных ресурсов.

- Выполнено научно-методическое обоснование приоритетных мероприятий в области сельского хозяйства и мелиорации.

- Выполнена оценка перспективных потребностей в водных ресурсах и разработаны предложения по водообеспечению сельского хозяйства и сельских поселений на Нижней Волге.

- Подготовлены разделы Концепции в части водообеспечения сельхозпроизводителей.

- Разработаны на основе многовариантных расчетов научно обоснованные мероприятия.

- Разработаны математическая модель, алгоритм и вычислительная технология для формирования режимов работы водохранилищ Волжско-Камского каскада, основанная на гидродинамическом моделировании и многокритериальном анализе сложных систем.

7. Оценка влияния уровня режима озера Байкал (Иркутского водохранилища) на его экологическое состояние и связи с современными социально-экономическими требованиями региона в условиях экстремально высокой и экстремально низкой водности. Анализ нормативных правовых основ регулирования стока и предложения по их совершенствованию.

Действующими нормативными и правовыми документами, на основе которых регулируются расходы воды в нижний бьеф Иркутской ГЭС и уровень озера Байкал, являются Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского и Усть-Илимского) РВ-269-87, 1988 г., и постановление Правительства Российской Федерации от 26.03.2001 г. № 234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности», согласно которому уровень воды в озере Байкал должен быть ограничен отметками 457,0 – 456,0 м. Результаты наблюдений показывают, что невозможно соблюдать указанный диапазон, как в естественных условиях, так и в период эксплуатации Иркутского гидроузла. Для обеспечения устойчивого водопользования и, одновременно, поддержания необходимых гидробиологических условий функционирования водных и околоводных экосистем в условиях отсутствия надежного долгосрочного прогноза необходимо было обосновать допустимые границы диапазона колебаний уровня воды в озере Байкал.

Исходя из компромисса противоречивых интересов водопользования и требований экосистемы при значительной изменчивости гидрометеорологических условий бассейна, были решены следующие задачи [11-13]:

- Разработана математическая модель, алгоритм и вычислительная технология для выполнения водобалансовых, гидравлических и гидроэнергетических расчетов комплекса «оз. Байкал и Иркутское водохранилище» по заданному многолетнему гидрологическому ряду и координатам диспетчерского графика.

- Выполнены водобалансовые, гидравлические и гидроэнергетические расчеты комплекса «оз. Байкал и Иркутское водохранилище» по заданным Заказчиком различным вариантам многолетних гидрологических рядов и видам диспетчерских графиков.

- На основе методов многокритериального анализ выполнен поиск «оптимальных» в смысле Эджворта-Парето координат диспетчерского графика управления режимами работы комплекса «оз. Байкал и Иркутское водохранилище».

8. Фундаментальные проблемы создания и эксплуатации оросительных и осушительных систем нового поколения, в том числе систем двустороннего регулирования влажности почвы в целях сохранения природно-ресурсного потенциала и производства высококачественной сельскохозяйственной продукции. Разработка модели водоресурсного обеспечения и информационные технологии управления водохозяйственными системами АПК.

Цель исследований - получение научно-обоснованных рекомендаций и инструментария по реализации методов оптимального управления водными ресурсами бассейна реки для водоресурсного обеспечения и водопользования объектов АПК (объектов мелиорации) [14-15].

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Выполнен анализ литературных источников, отечественного и зарубежного опыта в рассматриваемой области, сформирована исходная база данных региональных пространственных описаний по водообеспечению и водопользованию на примере каскада водохранилищ Нижней Кубани.

- Рассмотрены многовариантные сценарные исследования влияния природных и антропогенных факторов на различные водохозяйственные и гидромелиоративные объекты.

- Разработана гидродинамическая модель (ГДМ), включающая: р. Кубань, рук. Протока, вдхр. Краснодарское, Шапсугское, Крюковское, Варнавинское, Варнавинский сбросной канал. На основе ГДМ осуществлен поиск вариантов оптимизации водообеспечения и водопользования гидромелиоративных систем.

- Разработаны постановка задачи, математическая модель и алгоритмы оптимального управления водными ресурсами бассейнов рек на примере Нижней Кубани.

- Сформулированы теоретические подходы, математическая модель, алгоритм и вычислительная технология, позволяющие реализовать оптимизационные методы формирования региональных схем водоподдачи и водопотребления.

- На основе ГДМ и методов многокритериального анализа выполнен поиск оптимальных вариантов, основанных на прогнозных оценках экономической эффективности и экологической безопасности функционирования рассматриваемой водохозяйственной системы.

- Проведено опытное внедрение разработанных вычислительных технологий на примере водохозяйственного комплекса Нижней Кубани.

В настоящее время отделом выполняются следующие научные исследования:

1. Разработка прототипов экспертных систем поддержки принятия решений по оптимизации мероприятий, направленных на охрану водных объектов от диффузных загрязнений, на основе имеющихся данных мониторинга, расчетных данных о величине диффузного загрязнения и оценок эффективности альтернативных стратегий водоохраны при различных сценариях антропогенной нагрузки на водные объекты и их водосборы

2. ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 – 2020 годах», «Долгосрочный прогноз изменения водных ресурсов для целей обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса бассейна реки Дон в условиях дефицита водных ресурсов и неопределенности прогнозов долгосрочных изменений водного режима». ВНИИГиМ поручена «Разработка гидродинамической модели участка р. Дон ниже Цимлянского гидроузла», предназначенной для определения расчетных уровней воды при определении сбросов в нижний бьеф с учетом влияния низконапорных гидроузлов и сгонно-нагонных явлений.

Отдел принимает участие в научных исследованиях по тематике ВНИИГиМ и выполняет работы по трем грантам РФФИ:

1. 19-416-34004 «Разработка технологии управления орошением на основе имитационного моделирования гидротермического режима агроценоза».

2. 18-45-34002 «Разработка гидродинамической модели для решения задач обводнения дельты р. Волги и зоны Западных подступных ильменей в интересах воспроизводства водных биоресурсов, сохранения уникальной экосистемы и водообеспечения водопользователей».

3. 17-29-05108 «Развитие оптимизационных подходов к управлению водными ресурсами водохранилищ Ангарского каскада гидроузлов и обоснование диапазона колебаний уровня озера Байкал».

Список использованных источников

1. Бубер А.Л., Волинов М.А., Трошина М.В. Гидродинамическое моделирование зимнего половодья 2001/02 года по водотокам Нижней Кубани // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 34-40.

2. Бубер А.А., Гетьман Е.Н., Енакаева В.Р., Попова Н.М., Хомутов Ю.А. Гидродинамическая модель Нижней Кубани / Основные результаты научных исследований института за 2017 год. Сборник научных трудов / — М.: ИЗД. ВНИИГиМ, 2018, с.49-62.

3. Брайнин А.Л., Бубер А.Л., Добрачев Ю.П. Определение оптимального места расположения водозабора для орошаемого массива // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 27 – 31.

4. Раткович Л.Д. Методология обосновывающих водохозяйственных расчетов. Мелиорация и водное хозяйство, № 6, 2007, с.32-35, ISSN 0235-2524.

5. Loucks D.P, van Beek E. Water resources systems planning and management. An introduction to methods, models and applications. Paris: UNESCO Publishing, 2005. 680 pp.

6. Болгов М.В., Коробкина Е.А., Осипова Н.В., Бубер А.Л. /Предотвращение катастрофических паводков и обеспечение безопасности территории Крымского района Краснодарского края/ Институт водных проблем РАН. - Москва, 2013. - 36 с.

7. Болгов М.В., Алексеевский Н.И., Гарцман Б.И., Георгиевский В.Ю., Дугина И.О. и др. / Экстремальное наводнение в бассейне Амура в 2013 году: анализ формирования, оценки и рекомендации / География и природные ресурсы, 2015. выпуск № 3. С. 17-26

8. Болгов М.В., Бубер А.Л., Лотов А.В. Поддержка принятия стратегических решений по обеспечению водой Нижней Волги на основе визуализации границы Парето. /Искусственный интеллект и принятие решений. 2017. №1. С.84-97.

9. M.V. Bolgov, A.L. Buber, A.A. Komarovskii, and A.V. Lotov /Searching for Compromise Solution in the Planning and Managing of Releases into the Lower Pool of the Volgograd Hydropower System. 1. Strategic Planning / Water Resources, 2018, Vol. 45, No 5, pp. 819-826.

10. M.V. Bolgov, A.L. Buber, A.A. Komarovskii, and A.V. Lotov / Search for Compromise Decisions in the Planning and Managing of Releases into the Lower Pool of the Volgograd Hydro-power System.2. Tactical Planning and Dispatching Control / Water Resources, 2019, Vol. 46, No 3, pp. 480-491.

11. Болгов М.В., Бубер А.Л., Коробкина Е.А. / Водные ресурсы озера Байкал и возможные стратегии управления его уровнем режимом / Водное хозяйство России, 2017. выпуск № 3. С. 89-102.

12. Лотов А.В., Бубер А.Л., Рябиков А.И. Визуализация границы Парето при разработке правил управления ГЭС. Журнал РАН «Искусственный интеллект и принятие решений», Москва, № 1, 2013, стр. 70-84.

13. Бубер А.Л., Раткович Л.Д., Рябиков А.И. /Имитационное моделирование водохозяйственных систем в режиме оптимизации диспетчерских правил управления на примере уникального природно-технического комплекса «Озеро Байкал – Иркутское водохранилище» / Природообустройство № 3, 2018, с. 31-38.

14. Бубер А.А., Бубер В.Б. Использование методов оптимизации водообеспечения и водопользования на гидромелиоративных системах на примере Водохозяйственного комплекса Нижней Кубани / Основные результаты научных исследований института за 2017 год. Сборник научных трудов. М.: ВНИИГиМ, 2018. -С. 62-67.

15. Бубер А.Л., Бондарик И.Г. Бубер А.А. Развитие оптимизационных подходов к управлению водными ресурсами Нижней Кубани для обеспечения требований водопользователей в маловодные годы / Журнал «Мелиорация и Водное хозяйство» № 6, 2018 г. С. 40-44.

УДК 631.674.5:504.064.36

ТЕХНОЛОГИЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИВОВ

Е.Э. Головинов

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Современные дождевальные машины оборудованы сложной системой управления режимом полива, регулируется скорость передвижения, поливная норма, интенсивность дождя и так далее в зависимости от типа машины. На большинстве машин штатно устанавливаются только манометры, проконтролировать фактический режим работы машины невозможно. Обслуживающий персонал дождевальной техники должным образом не ведет журнал производства работ. В большинстве хозяйств в лучшем случае отчет о производстве полива представлен в виде даты и количества поливов, что затрудняет или делает невозможным планирование поливов и осуществление оперативного управления.

Современное телеметрическое оборудование и компьютерные технологии позволяют разработать техническое устройство для осуществления оперативного контроля работы дождевальной техники [1].

Технологии оперативного контроля работы позволяют перейти на новый технологический уровень эксплуатации оросительных систем. Устройства дистанционного мониторинга позволяют контролировать качество поливных работ, а именно, соблюдение заданных поливных норм, сроков поливов и других производственных параметров.

Блок оперативного контроля работы дождевальной техники в режиме реального времени является неотъемлемой частью при работе оросительных систем, обеспечивающий при производстве полива:

- экономию водных, земельных, энергетических, материальных, трудовых и временных ресурсов;
- экологическую безопасность среды;
- повышение продуктивности и стабильности производства;
- оптимизацию трудозатрат и средств на полив.

Разработанная технология включает критерии оценки работы, ограничения при производстве поливных работ, методическое обеспечение и описание технических устройств телеметрии.

Критерии оценки работы дождевальной техники при орошении:

- биологические и экологические нормы контроля при орошении и их методическое обоснование;
- технический и технологический контроль работы дождевальных машин в режиме реального времени;
- приборное и методическое обеспечение контроля работы современной дождевальной техники.

При оценке качества проведения поливных работ необходимо осуществлять:

- учет экологических ограничений региона;
- учет биологических потребностей компонентов кормовых ценозов;
- учет схем применения дождевальной техники;
- нормативный режим работы поливной техники;
- возможность использования современных методов и приборов контроля работы дождевальной техники.

Биологические и экологические нормы контроля включают:

Мелиоративный режим орошаемого участка. Соблюдение заданных поливных норм.

Временные нормы. Работа оросительной техники должна обеспечить своевременную подачу оросительной воды установленными поливными нормами. То есть соблюдение заданных временных интервалов начала и окончания полива.

Бесстоковый режим полива. Недопущение образования поверхностного стока.

В отделе мелиоративных систем было разработано устройство для дистанционного мониторинга позиции и гидравлического режима работы дождевальной техники.

Разработка устройства велась полностью силами отдела. Был разработан макет печатной платы. Подобрана элементная база. Корпус изготовлен из черного пластика, толщина стенок 1,8 мм. Соединение нижней и верхней части осуществляется 4 саморезами. Габаритные размеры 72x50x21 мм. Конструкция корпуса позволяет обеспечить влагозащищенность электронных компонентов устройства. В качестве вычислительного ядра используется микроконтроллер. За счет выполнения большинства инструкций за один машинный цикл микроконтроллер достигает производительности 1 млн. операций в секунду при тактовой частоте 1 МГц.

Микроконтроллеры снабжены энергонезависимой памятью высокой емкости, что позволит сохранить полученные с датчиков данные даже при поломке устройства.

Геопозиционирование осуществляется с помощью Модуля ГЛОНАСС/GPS НАВИА ML8088s. Модуль ГЛОНАСС/GPS предназначен для вычисления текущих координат и скорости объекта в реальном масштабе времени в автономном

режиме формирования секундной метки времени и обмена с внешним оборудованием.

Передача данных в сеть Интернет осуществляется с помощью модуля GSM Quectel M95. Модуль имеет малый размер и оптимизированное энергопотребление. Модуль поддерживает передачу данных по GPRS, SMS и другим каналам связи. M95 имеет поддержку сетевых протоколов PPP, TCP, UDP, FTP, HTTP, MUX, что вполне достаточно для реализации подавляющего большинства M2M приложений.

Для определения гидравлического режима работы дождевальной техники применяются преобразователи давления. Преобразователь давления представляет собой устройство, физические параметры которого изменяются в зависимости от давления измеряемой среды. Такое устройство преобразует избыточное давление в аналоговый сигнал постоянного тока.

Нами выбран преобразователь давления ОТ-1 компании ЗАО «ВИКА МЕРА». Он предназначен для пропорционального преобразования избыточного давления жидкостей, паров и газов в выходной сигнал и имеет следующие характеристики [2]:

- диапазон измерения давления 0...10 бар;
- погрешность 1% от измеряемого диапазона;
- выходные сигналы 4...20 мА;
- пылевлагозащита IP 67.

Для проверки работы устройства проведен ряд экспериментов. Стандартизированной методики проверки устройств подобного рода не существует. За основу были приняты ГОСТы и отраслевые стандарты, относящиеся к отдельным элементам устройства [3-8].

Проблемы автоматизации процесса полива современной дождевальной техникой связаны с необходимостью организации непрерывного контроля состояния орошаемого ценоза и работы дождевальных машин в режиме реального времени [9].

Главной функцией оперативного контроля работы дождевальной техники является соблюдение нормативных режимов орошения, обеспечивающих благоприятный мелиоративный режим орошаемых земель.

В работе дано методическое обоснование биологических и экологических норм контроля при орошении культурных пастбищ, сенокосов, представлена их количественная оценка.

Установлены нормативные характеристики и параметры работы современной дождевальной техники, используемой для полива культурных пастбищ и сенокосов.

Приведены результаты оценки приборного обеспечения современной дождевальной техники, показаны возможности и схемы реализации функций оперативного контроля работы дождевальных машин в режиме реального времени.

Список использованных источников

1. Головинов, Е. Э., Лытов М. Н. Оперативный контроль работы дождевальной техники при производстве поливов // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: материалы юбилейной междунар. науч.-практ. конф. – Москва: ВНИИГиМ, 2014. – С. 23–28.
2. Бородычев В.В., Головинов Е.Э., Лытов М.Н. Аппаратное обеспечение мониторинга работы дождевальной техники на основе технологий глобального спутникового позиционирования // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 2 (62). С. 48-52.
3. ГОСТ 8.092-73 Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, тягомеры, напоромеры и тягонапоромеры с унифицированными электрическими (токовыми) выходными сигналами. Методы и средства поверки.
4. СТО АИСТ 11.1–2010 Испытания сельскохозяйственной техники. МАШИНЫ И УСТАНОВКИ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ. Методы оценки функциональных показателей.
5. СТО АИСТ 11.3-2004 Испытания сельскохозяйственной техники. МАШИНЫ И УСТАНОВКИ ПОЛИВНЫЕ. Методы оценки функциональных показателей.
6. СТО АИСТ 11.4–2010 Испытания сельскохозяйственной техники. МАШИНЫ И УСТАНОВКИ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ. НАДЕЖНОСТЬ. Классификация отказов по группам сложности.
7. СТО АИСТ 12.1–2010 Испытания сельскохозяйственной техники. МАШИНЫ МЕЛИОРАТИВНЫЕ ОСУШИТЕЛЬНЫЕ И ОРОСИТЕЛЬНЫЕ. Методы оценки функциональных показателей.
8. СТО АИСТ 12.4–2010 Испытания сельскохозяйственной техники. МАШИНЫ МЕЛИОРАТИВНЫЕ ОСУШИТЕЛЬНЫЕ И ОРОСИТЕЛЬНЫЕ. НАДЕЖНОСТЬ. Классификация отказов по группам сложности.
9. Бородычев В.В., Лытов М.Н., Головинов Е.Э. МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ ОРОШЕНИЕМ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ // Монография. Рецензенты: А.С. Рулев; А.С. Овчинников. Москва, 2017.

УДК 528.856.044.1

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА БАССЕЙНА РЕКИ ЯХРОМА

Е.Э. Головинов, В.С. Афанасьев, С.А. Киселев

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Работы выполнялись в рамках научных исследований ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» по государственному заданию.

На данном этапе решались задачи создания геоинформационной системы (ГИС) р. Яхрома, были выполнены следующие работы:

Сбор необходимой картографической информации для создания исходной картографической основы;

Определение общего контура исследуемой площади, и разработка общей структуры геоинформационной системы (состав и структура картографических слоев и атрибутивной информации) [1];

Оцифровка растровых картографических материалов (геологические карты и иные тематические карты из открытых источников) [2];

Создание цифровой модели рельефа по данным из открытых источников (SRTM - Shuttle radar topographic mission).

Обобщение исходных данных было осуществлено в программном комплексе Профессиональная ГИС «Карта 2011» (лицензия № 22108). Это универсальная геоинформационная система, имеющая средства создания и редактирования электронных карт, выполнения различных измерений и расчетов, оверлейных операций, построения 3D моделей, обработки растровых данных, средства подготовки графических документов в электронном и печатном виде, а также инструментальные средства для работы с базами данных

Программное обеспечение поддерживает несколько десятков различных проекций карт и систем координат, включая системы 42 года, ПЗ-90, WGS-84 и другие.

Возможен экспорт и импорт в формат MapInfo, AutoCAD, ArcGIS и другие популярные форматы хранения данных.

При создании Геоинформационной системы (ГИС) р. Яхрома использованы следующие картографические материалы:

- топографические карты и планы;
- данные о рельефе - SRTM;
- карты административно-территориального устройства;
- кадастровые карты и планы;
- спутниковые снимки из открытых источников;
- карты природного районирования и схемы природных контуров;
- карты использования земель и др.

За основу ГИС были приняты данные OpenStreetMap (OSM) некоммерческий веб-картографический проект (Рис. 1.).

Построение цифровой модели рельефа (ЦМР) в виде ГИС-проекта

Для создания ЦМР данные о рельефе были получены из открытых источников, а именно результаты съемки Земли SRTM. В феврале 2000 г. с помощью специальной радарной системы, двумя радиолокационными сенсорами SIR-C и X-SAR, было собрано более 12 терабайт данных, в результате обработки которых получена матрица высот, захватывающая территорию суши от 60°с.ш. до 54°ю.ш. и некоторые участки моря. Данная матрица носит название Shuttle radar topographic mission (SRTM). Общедоступными являются данные этой матрицы с размером ячейки 3x3 угловых секунды. Их заявленная точность не ниже 16 м чего достаточно для основы при построении цифровой модели рельефа исследуемого участка [3].

В исходном формате матрицы рельефа SRTM имеют референц-эллипсоид данных - WGS84.

В разработанной ГИС применяется система координат СК-95 основанная на с референц-эллипсоиде Красовского.

Трансформация матриц рельефа проводилась в программном комплексе ГИС «Карта 2011» с помощью задачи «Преобразования проекции матриц высот». Задача преобразования проекции матрицы позволяет изменить вид проекции, параметры проекции, эллипсоид и датум. Одновременно был изменен плановый размер ячейки матрицы высот до 90м X 90м (Рис. 2.) [4].

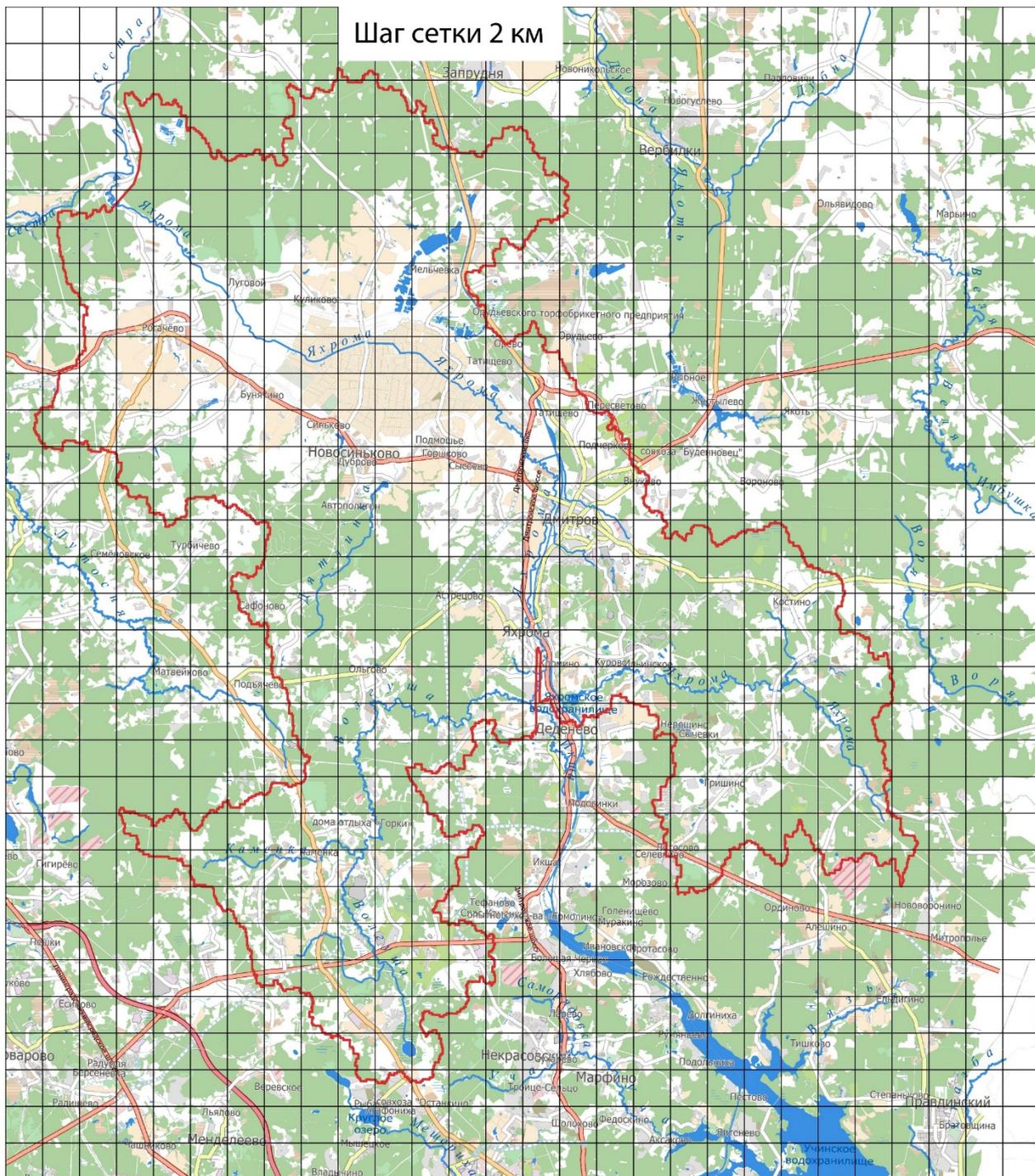


Рисунок 1 – Обзорная карта, созданная на основе данных из открытого источника OpenStreetMap (OSM). (Шаг сетки 2 км)

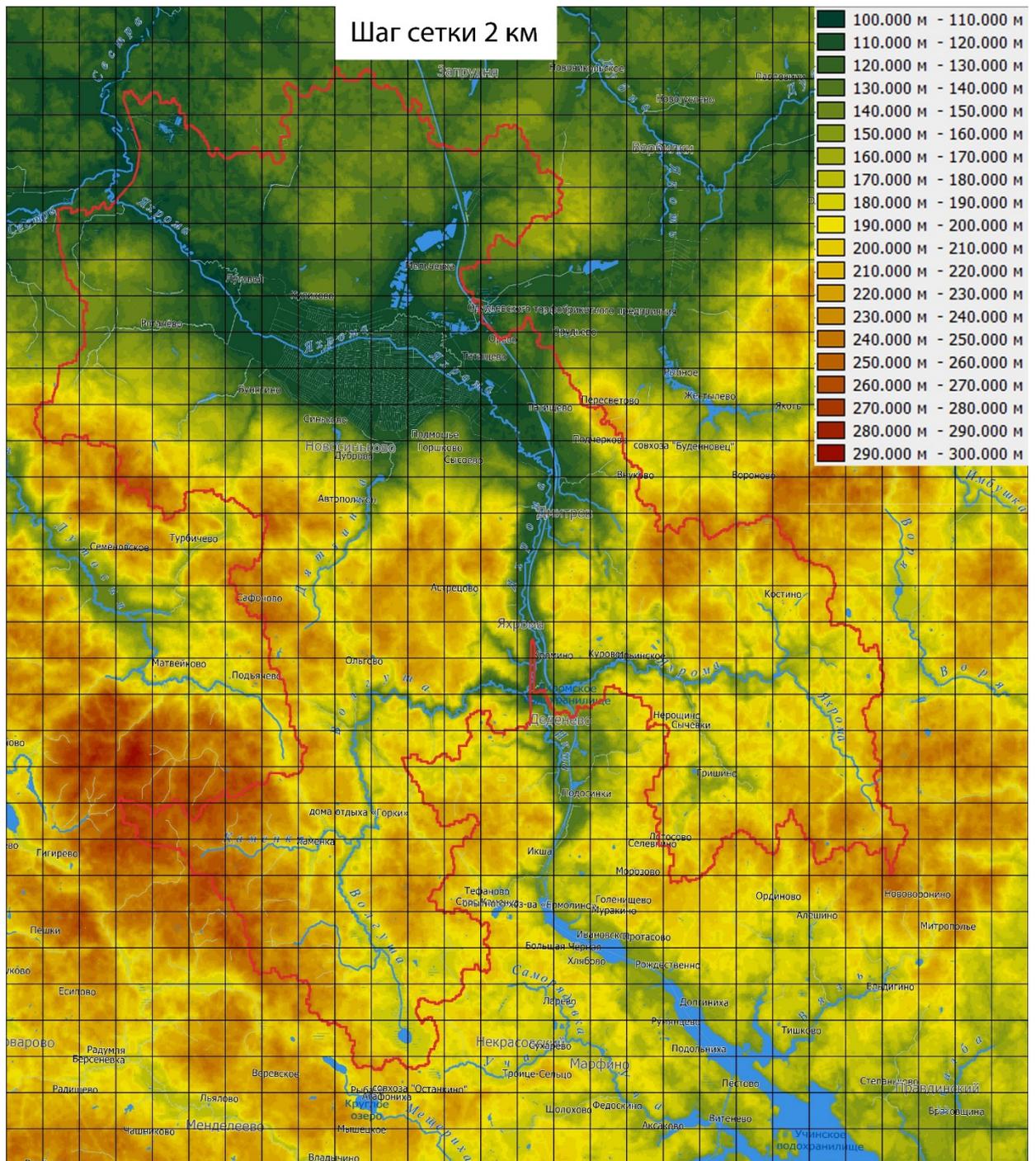


Рисунок 2 - Карта-схема цифровой модели рельефа местности бассейна реки Яхромы. Красным обозначены границы водосборной площади р. Яхромы

В качестве информационного слоя на рисунке 2 добавлена информация об основных объектах – основные притоки р. Яхромы, основные населенные пункты.

Построение матрицы и карты векторов уклонов

Для анализа рельефа бассейна р. Яхромы была решена задача построения матрицы уклонов по модели рельефа.

Использовалась задача «Построение матрицы и карты векторов уклонов» в программном комплексе Профессиональная ГИС «Карта 2011»

Процедура предназначена для создания матрицы уклонов МТQ по матрице высот МТW.

Одновременно создается карта уклонов, в которую заносятся векторные объекты – направления уклонов (Рис. 3).

Значение уклона вычисляется в градусах с использованием восьми соседних элементов и в матрицу записывается максимальное значение.

Перед вызовом задачи должна быть открыта векторная карта с добавленной к ней одной или несколькими матрицами высот.

Для выполнения обработки необходимо:

- выбрать исходную матрицу высот;
- указать имя выходной матрицы и карты уклонов;
- ввести размер элемента создаваемой матрицы;
- ввести значение минимального угла для создания объектов направления уклона (по умолчанию 45 градусов);
- выбрать тип объекта направления уклона.

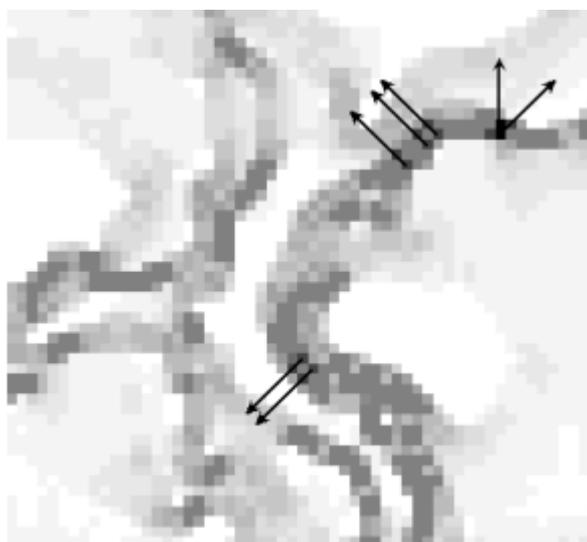


Рисунок 3 - Построение матрицы уклонов

Имя результирующей матрицы уклонов МТQ и карты уклонов, а также размер элемента матрицы уклонов устанавливаются автоматически при выборе исходной матрицы высот. [5]

Представленный в статье подход по обработке картографического материала и последующего построения цифровой модели рельефа позволяет убедиться в надежности использования современных геоинформационных технологий.

Список использованных источников

1. Головинов Е.Э., Киселев С.А., Семенова К.С. МОНИТОРИНГ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ // В сборнике: ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНСТИТУТА ЗА 2017 ГОД Сборник научных трудов. Москва, 2018. С. 94-102.

2. Кирейчева Л.В., Лентяева Е.А. ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ДРЕНАЖНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ В РЕЧНУЮ СЕТЬ БАСЕЙНА РЕКИ ВОЛГИ С ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ

// В сборнике: Мелиорация земель - неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации Материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 215-221.

3. Головинов Е.Э., Киселев С.А. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИКИ И СРЕДСТВА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ // В сборнике: Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования Материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 208-213.

4. Бубер А.Л., Головинов Е.Э., Бубер А.А., Талызов А.А., ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НИЖНЕГО ДОНА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НИЗКОНАПОРНЫХ ГИДРОУЗЛОВ И СГОННО-НАГОННЫХ ЯВЛЕНИЙ // В сборнике: Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления») материалы Международной научной конференции. 2019. С. 106-110.

5. Комплекс 3D анализа ПАРБ.00091-01 Руководство оператора <http://gistoolkit.ru/download/doc/3danalysiscompl.pdf> (актуальность ссылки 01.03.2019)

УДК 631.6

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Н.Н. Дубенок

ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года для достижения национальной безопасности, в том числе продовольственной, определен уровень производства продуктов питания по отношению к 2007 г. Валовой сбор зерна планируется довести до 120-25 млн. т. Производство мяса за эти годы планируется увеличить в 1,7 раза, а молока – на 27%.

Если же ориентироваться на среднестатистические данные текущего десятилетия, то показатель фактического годового производства зерна составляет 106,4 млн т., так в 2008 году - 108 млн т., в 2016 г. - 119 млн т., в 2017 г. - 135 млн т. Тогда в 2020 г. объем производства зерна необходимо увеличить на 20 млн т., чтобы достичь контрольных цифр Концепции [11,13].

Мелиоративный комплекс России представлен 9,1 млн. га мелиорированных земель, в числе которых орошаемых более 4,3 млн га и осушенных почти 4,8 млн га. В нем занято около 5% населения страны.

Большая часть основных фондов создана в 60-80 годы прошлого века, поэтому около 43% оросительных и свыше 24% осушительных систем нуждаются в проведении работ по техническому улучшению, перевооружению и восстановлению

В результате нарушения функциональных возможностей мелиоративных систем уровень их технического состояния резко упал.

Основные площади осушенных земель находятся в Нечерноземной зоне России, в том числе в Северо-западном Федеральном Округе 1,8 млн га.

Анализируя динамику основных показателей водопользования за 16 лет в России видно, как уменьшается водопотребление для целей орошения, обводнения пастбищ и сельскохозяйственного водоснабжения (таблица 1).

Так в 2000 году водопотребление для орошения и обводнения сельскохозяйственного водоснабжения составляло 12,6 км³, а в 2015 году 7,2 км³. Мы видим резкое уменьшение водопотребления в сельскохозяйственном производстве.

Таблица 1 - Динамика основных показателей водопользования в России с 2000 г. по 2015 г., км³

Показатель	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Забор воды (вкл. морскую) из природных источников	85,9	79,5	79,0	72,1	69,9	70,8	68,6
В т.ч. водозабор для использования	75,9	69,3	69,7	63,9	61,0	63,2	60,8
в том числе:							
из поверхностных источников	65,7	60,2	61,7	56,1	53,35	54,5	51,9
из подземных источников	10,2	9,1	8,0	7,8	7,65	8,7	8,9
Использовано свежей воды, всего в т.ч. на нужды:	66,9	61,3	59,5	56,9	53,6	56,0	54,6
хозяйственно-питьевые	13,6	12,3	9,6	9,0	8,7	8,5	8,2
производственные	38,8	36,5	36,4	33,9	31,5	32,4	31,4
из них:							
питьевого качества	3,7	3,7	3,8	2,7	2,6	2,54	2,42
для орошения, обводнения пастбищ и сельхозводоснабжения	12,6	10,4	8,3	7,8	7,0	7,6	7,2
Расход в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения	133,5	135,5	140,7	142,3	138,5	136,6	138,8

По данным ряда институтов Отделения сельскохозяйственных наук РАН [3,7,8] получение с каждого поливного гектара продукции на уровне 7,0-7,5 тыс. корм. ед. в зоне Среднего Поволжья и Юга России в зерно-кормовом севообороте возможно на фоне внесения в среднем за ротацию на 1 га севооборотной площади 195...205 кг д.в. минеральных удобрений при средневзвешенной оросительной норме 3000 м³/га и энерговооруженности работников орошаемого земледелия не ниже 44...52 кВт. Обеспеченность полевого орошаемого земледелия в этой зоне денежно-материальными ресурсами при такой продуктивности должна составлять не менее 20...24 тыс. руб. на 1 га. Получение более высокой продуктивности, на уровне 12,0...13,5 тыс. корм. ед. с 1 га, в тех же условиях связано с увеличением дозы внесения удобрений до 240...265 кг д.в., оросительной нормы – 4100 м³/га и энерговооруженности – 80...90 кВт. Потребность в финансировании при этом возрастает до 29,0...31,0 тыс. руб. на 1 га.

В условиях постоянно возрастающего дефицита пресной воды дальнейшее расширение орошения и повышение эффективности орошаемого земледелия возможно только на основе внедрения водосберегающих технологий орошения. Поэтому проблема разработки и освоения в практике орошаемого земледелия экологически обоснованных и ресурсосберегающих технологий, позволяющих повысить продуктивность орошаемого гектара, остается весьма актуальной и своевременной.

Проведенный анализ использования орошаемых земель и оценка климатических условий за последние 45 лет (1973-2018 гг.) убедительно показывают, что в новых экономических условиях в Российской Федерации орошению в сочетании с другими видами мелиорации принадлежит ведущая роль в устойчивом производстве сельскохозяйственной продукции [2, 8].

В условиях возрастающего дефицита водных ресурсов наибольшую перспективу имеют менее энергозатратные способы и технологии орошения, позволяющие повысить продуктивность орошаемого гектара и эффективность использования поливной воды, к которым относятся капельное, комбинированное орошение (капельное+мелкодисперсное) (рисунок 1).



Рисунок - Комбинированное орошение (капельное + мелкодисперсное) на посевах сахарной кукурузы

Следовательно, мелиоративное земледелие может стать высокопродуктивным и устойчивым по объему производства сельскохозяйственной продукции сегментом аграрной экономики только при достаточном ресурсном его обеспечении. Ресурсное обеспечение Российской Федерации позволяет увеличить площади как орошаемых, так и осушаемых земель до уровня, необходимого для обеспечения продовольственной безопасности страны.

«Подушка» продовольственной безопасности зерна, как и кормов, гарантированно получаемых с мелиорированных земель, должна быть не менее 30% от общей потребности в них, или в расчете на зерно 25...28 млн т. Обеспечить такой объем производства зерна в стране возможно получением с осушенных земель

7...9 млн. т при условии увеличения денежных средств на материально-техническое и технологическое обеспечение и 17...19 млн. т – с орошаемых. Такое станет возможным при расширении площади поливных угодий до 9...10 млн. га, из которых под посевы зерновых и зернобобовых культур, главным образом, кукурузу и сою, будет отводиться не менее 3,5...4,0 млн. га. Даже при такой площади орошаемых земель доля их в структуре пашни не достигнет 10%, однако они станут надежным гарантом обеспечения продовольственной независимости страны [7, 8].

Особое внимание необходимо обратить на разработку водосберегающих технологий в орошаемом земледелии.

В мировой практике орошения риса наибольшее распространение получил способ полива продолжительным затоплением чеков слоем воды. По такой технологии в настоящее время рис возделывается в мире на площади более 100 млн.га.

Оросительная норма риса, выращиваемого по такой технологи, находится в пределах от 20 до 25 тыс. м³/га и более, что значительно превосходит биологическое потребление воды рисовым агроценозом. Значительная часть ее теряется на фильтрацию, сброс и боковой отток.

На основании многолетних исследований впервые в России была разработана технология возделывания риса при капельном орошении.

В данной технологии обоснованы дифференцированные водные режимы почвы, позволяющие в сочетании с рекомендованными дозами макроудобрений получать конкурентоспособную урожайность риса при снижении затрат оросительной воды по сравнению с традиционной технологией орошения в 3-5 раз (таблица 2) [9, 10].

Таблица 2 - Сочетание управляемых факторов для получения планируемой урожайности риса (среднее с 2013 по 2015 гг.)

Урожайность, т/га		Оросительная норма м ³ /га	Сочетание факторов	
планируемая	фактическая		влажность почвы перед поливом, % НВ, глубина увлажнения, м	дозы минеральных макроудобрений, кг д.в./га
5,00	4,88	4440	(80%, h = 0,6 м)	N ₁₀₉ P ₆₂ K ₇₅
	5,29	5550	(80%, h = 0,4 и 0,6 м)	
	5,13	4810	(80% и 70%, h = 0,4 и 0,6 м)	
6,00	5,70	4933	(80%, h = 0,6 м)	N ₁₃₁ P ₇₄ K ₉₀
	6,23	5357	(80%, h = 0,4 и 0,6 м)	
	6,11	4920	(80% и 70%, h = 0,4 и 0,6 м)	
7,00	6,64	4510	(80%, h = 0,6 м)	N ₁₅₇ P ₉₀ K ₁₀₈
	6,95	5500	(80%, h = 0,4 и 0,6 м)	
	6,87	4750	(80% и 70%, h = 0,4 и 0,6 м)	

Осушаемым землям принадлежит значительная роль в решении проблемы производства кормов, использование которых имеет выраженную кормовую направленность, а также овощей. Совсем недавно исполнилось 44 года принятия Программы развития сельского хозяйства Нечерноземной зоны России. После проведения мелиоративных работ, а также строительства дорог, жилья, школ, детских садов, производственных мощностей в Нечерноземье производилось 30% продукции земледелия и животноводства, из них – 31% мяса, 40% молока и яиц, 45% картофеля, 33% овощей, 95% льноволокна, кормов – до 70% и другая продукция.

Результаты переписи 2016 года показали, что площадь фактически используемых сельскохозяйственных угодий практически сохранена по сравнению с 2006 г. (снижение 0,5%), а общая площадь посевов увеличена на 4342 тыс. га, или на 5,8%, в то время как в 90-е годы мы потеряли 33 млн. га посевов.

Наблюдается укрупнение средних размеров землепользования всех категорий хозяйств: сельхозорганизаций, фермеров и даже личных подсобных хозяйств.

Перепись показала, что практически не произошло прогресса в мелиорации земель. Площадь земель с действующей оросительной системой в сельхозорганизациях и у фермеров возросла всего на 65 тысяч гектаров, а с осушительной системой в сельхозорганизациях сократилась на 450 тыс. га, а у фермеров возросла на 18 тыс. га (таблица 3).

Таблица 3 - Мелиорированные земли, тыс. га

	2006	2016	2016 -2006
Земли с действующей оросительной системой:			
- сельхозорганизации	810,3	814,9	4,6
- фермеры	129,0	188,1	59,1
Земли с действующей осушительной системой:			
- сельхозорганизации	1058,9	608,0	- 450,9
- фермеры	41,5	59,4	17,9

Сокращение сельскохозяйственной деятельности, и в первую очередь сокращение поголовья КРС, при отсутствии рабочих мест в других отраслях является основной причиной социального опустынивания сельских территорий, что также зафиксировала перепись. В 2016 году число личных подсобных хозяйств и других индивидуальных хозяйств граждан с заброшенными земельными участками и пустующими домами составило 2064, тыс. (13,7% от их общего числа), в то время как в 2006 г. было 1361,3 тыс. (9,2%). За десятилетие увеличение пустующих личных подсобных хозяйств составило 703,5 тыс. В городских поселениях эти показатели почти в 2 раза ниже [12].

Особенно высок удельный вес ЛПХ с заброшенными участками и пустующими домами в сельской местности исторического центра и приграничных регионов (рисунок 2).

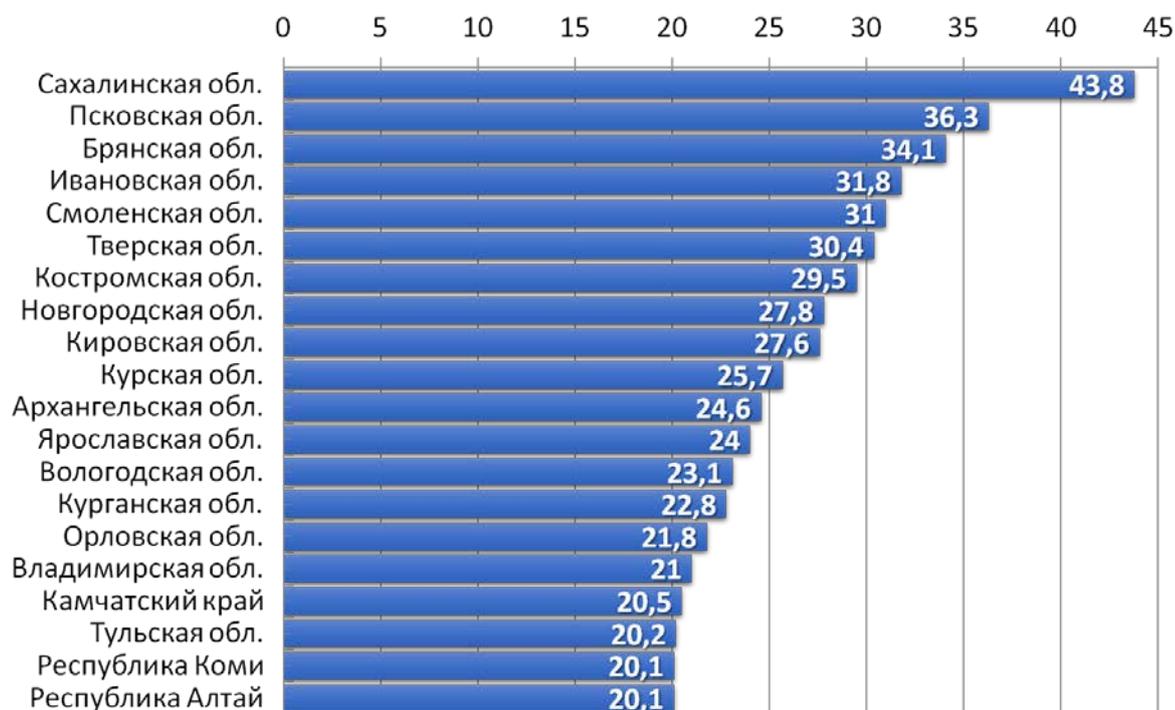


Рисунок 2 - Регионы с наибольшим удельным весом личных подсобных хозяйств и других индивидуальных хозяйств граждан с заброшенными земельными участками (пустующими домами) в сельских поселениях, на 1 июля 2016 г., в процентах от общего числа хозяйств

В Российской Федерации реализуется Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на 2014-2020 годы», в рамках которой осуществляется реконструкция и ремонт мелиоративных систем, ведутся культуртехнические работы, вводятся в оборот не используемые в сельскохозяйственном производстве земли. Важной составной частью работ по наблюдению за техническим состоянием и проведением ремонта мелиоративных систем является их обследование и наблюдение за водно-воздушным, питательным и микробиологическим режимами почв.

Контроль за мелиоративным состоянием мелиорированных земель, позволяет сделать заключение о состоянии водно-воздушного, питательного и теплового режимов почв, сроках прекращения стоков воды с осушаемых территорий, аккумуляции дренажного стока, определения времени дополнительного увлажнения, оперативного отвода избыточной влаги при паводковых ситуациях.

Агрофизический научно-исследовательский институт совместно с РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на протяжении нескольких лет проводят научные исследования по применению дистанционных методов обследования осушенных мелиорированных земель с использованием беспилотных летательных аппара-

тов (рисунок 3). По полученным аэрофотоснимкам можно определить техническое состояние осушительных мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.



Рисунок 3 – Беспилотные летательные аппараты (БПЛА)

Результаты наблюдений и обследований используются для разработки мероприятий по улучшению мелиоративного состояния мелиорированных земель, обеспечению на них оптимального водно-воздушного, питательного и микробиологического режимов в течение всего вегетационного периода. Проведение наблюдений и обследований по действующим методикам является весьма дорогостоящим мероприятием, достоверность полученных показателей в некоторых случаях сомнительна, а убытки сельскохозяйственных предприятий от неисправных мелиоративных систем значительны и составляют около 20% только по недобору урожая.

Расшифровка аэрофотоснимков, полученных в различных диапазонах света беспилотными летающими аппаратами, а также информация со спутников позволяет получить требуемую информацию о техническом состоянии осушительных и оросительных систем. Применение автоматизированных метеорологических измерений, анализаторов качества стоков воды с полей, измерение уровня грунтовых вод, использование георадаров и других средств измерений в режиме контроля и фиксации географических координат места проведения исследований по установленной программе позволяет повысить производительность труда и получить более достоверные показатели обследования [1, 4, 5].

Обследование осушенных мелиорированных земель по действующим методикам позволяет определить только локальные неисправности мелиоративной системы (рисунок 4). Более точно определить участок, где вышел из строя элемент мелиоративной системы возможно только дистанционно, по снимкам, показывающим всю мелиоративную систему, включая водоприемник, коллекторы, дренаж, транспортирующие каналы и гидротехнические сооружения. Предлагаемые подходы к обследованиям дистанционными способами, позволяют предложить владельцам мелиоративных систем методику сокращающую время и ручной труд инженеров-гидротехников, получать более достоверные данные и составлять дефектные ведомости для ремонта объектов мелиорации.



Рисунок 4 - Локальные неисправности мелиоративной системы

Определение степени зарастания каналов и полей древесно-кустарниковой растительностью по площади и густоте зарастания, породе и толщине стволов по снимкам возможно при сравнении их со снимком модельного участка, заросшего подобной растительностью. Фото (видео) съемка сооружения (участка поля) подтверждает визуально его техническое состояние с указанием координат и времени (рисунок 5).

Использование беспилотных летательных аппаратов для проведения съемки является более информативным и достоверным, особенно при съемках не только в видимом, но и инфракрасном диапазонах. БПЛА так же используются для построения горизонталей местности, это удешевляет топографические и геодезические работы при составлении проекта реконструкции мелиоративных систем в несколько раз.



Рисунок 5 - Заращение каналов и полей древесно-кустарниковой растительностью

При использовании БПЛА составляется ортофотоплан. **Ортофотоплан** – разновидность плана местности на точной геодезической основе, который дает возможность с максимальной достоверностью воссоздать земную поверхность [14].



Рисунок 6 - Ортофотоплан

Разрешающая способность ортофотоплана зависит от высоты, а также физических размеров матрицы съемочной аппаратуры. Такое пространственное разрешение, получаемое с помощью БПЛА, на данный момент превосходит результаты, полученные любыми другими способами (спутниковая съемка, съемка с самолетов и вертолетов, работа «вручную»).

На ортофотоплан накладывается с помощью ГИС-систем план осушительной сети участка (рисунок 7). На получившемся изображении находят смотровые

колодцы, устья коллекторов. После чего на самом ортофотоплане находят эти объекты, а также нарушения в работе осушительной сети и другие негативные процессы и явления на полях [1, 4, 5, 6].

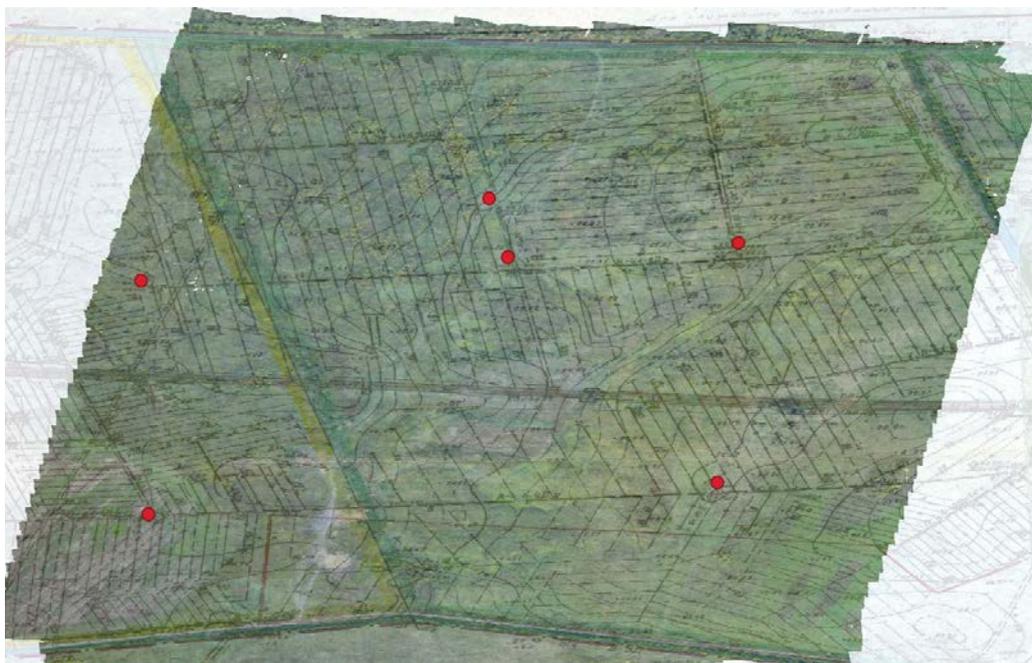


Рисунок 7 - Наложение плана осушительной сети на ортофотоплан

На основе полученной информации гораздо легче найти эти объекты на местности для детального изучения и разработки плана устранения нарушений (рисунок 8).



Рисунок 8 - Нарушение в работе осушительной сети

Цифровые технологии в мелиорации дают большой экономический и временной эффект при эксплуатации мелиоративных систем, а также при изысканиях и проектировании для целей реконструкции осушительных и оросительных систем.

Список использованных источников

1. Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. // М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.
2. Дубенок Н.Н. Мелиорация земель - основа успешного развития агропромышленного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. - 2013.-№ 3.-С. 7-9.
3. Дубенок Н.Н. Приоритеты научного обеспечения развития мелиорации // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. -2014.-№ 1.-С. 96-104.
4. Дубенок Н.Н., Янко Ю.Г., Петрушин А.Ф., Калиниченко Р.В. Перспективы использования данных дистанционного зондирования в оценке состояния мелиоративных систем и эффективности использования мелиорированных земель // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 96–104.
5. Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В., Крашенинникова Ю.С. (2011а) Технологии построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 26–43.
6. Лупян Е.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Кобец Д.А., Крашенинникова Ю.С., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А., Флитман Е.В. (2015б) Создание технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 53–75.
7. Кружилин И.П. Комплексная мелиорация земель обеспечит устойчивое развитие сельского хозяйства Поволжья // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2011. - № 1. - С. 14-16.
8. Кружилин И.П. Мелиорация земель - необходимое условие высокого уровня развития сельскохозяйственного производства // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2013. - № 1. -С. 16-19.
9. Кружилин И.П., Дубенок Н.Н., Абду Н.М., Ганиев М.А., Родин К.А. Продуктивность суходольного риса при капельном орошении // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 92-100.
10. Кружилин И.П., Дубенок Н.Н., Н.М. Абду Влияние водных режимов капельного орошения на динамику влажности почвы и эвапотранспирацию риса // Мелиорация и водное хозяйство, М:2015 г. - № 6 с.9-15
11. Ольгаренко Г.В. Научно-техническое обеспечение программы развития мелиорации в России // Мелиорация и водное хозяйство. - 2013.-№ 6. - С. 2-4.
12. Петриков А.В. Классификация и экономическое поведение личных подсобных хозяйств. По материалам всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 7. С. 13-18
13. Щедрин, В.Н. Сенчуков Г.А., Гостищев В.Д. О направлениях развития мелиорации и ее роли в обеспечении безопасности России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2013. - № 4 (12).-С. 1-14.
14. Якушев В.П., Дубенок Н.Н., Лупян Е.А. Опыт применения и перспективы развития технологий дистанционного зондирования Земли для сельского хозяйства// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. №3. С. 11–23.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОЧВ И ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОУРОВНЕВЫХ СЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ

Н.П. Карпенко

ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

В основе прецизионного регулирования мелиоративного состояния агроэкосистем и мелиорируемых земель должны быть положены методологические положения мониторинга системы сбора, накопления, контроля и обработки данных многоуровневых цифровых датчиков измерения термического режима почв и приземного слоя атмосферы.

Непрерывная и автоматическая система мониторинга сбора необходимой информации позволяет не только непрерывно и оперативно собирать информацию о температурных показателях почв и приземного слоя атмосферы, но и накапливать, систематизировать, анализировать информацию и проводить прогноз возможного изменения термического режима мелиорируемых земель [1].

Сбор информации о температурных показателях почв и приземного слоя атмосферы – это целенаправленный процесс, который сводится к поиску, отбору, получению и накоплению нужных для дальнейшего использования полученных параметров. Процедуры сбора, обработки, хранения, обмена, предоставления и распространения информации о термическом режиме почв и приземном слое атмосферы определяются с учетом необходимости решения следующих задач:

- получение и постоянный анализ результатов наблюдений за температурным режимом почв и приземным слоем атмосферы;
- оперативное выявление фактов существенного изменения температуры почв и приземного слоя атмосферы.

Процедура сбора информации о температурных показателях почв и приземного слоя атмосферы должна обеспечивать необходимый уровень оперативности, полноты и достоверности данных о температурах почв и приземного слоя атмосферы на Европейской территории Российской Федерации. Основными видами информации, подлежащих сбору, являются:

- данные стационарных метеостанций и динамических постов для наблюдений и контроля температурного режима почв и приземного слоя атмосферы;
- результаты измерений температурного режима почв и приземного слоя атмосферы с помощью многоуровневых сенсорных датчиков;
- обобщенные данные о температурном режиме почв и приземного слоя атмосферы на Европейской территории Российской Федерации;
- аналитическая и прогностическая информация, содержащая динамику температурного режима почв и приземного слоя атмосферы под воздействием природных и (или) антропогенных факторов.

Данные мониторинга температурного режима почв и приземного слоя атмосферы должны содержать следующие сведения:

- координаты места расположения пункта наблюдения;
- идентификатор пункта наблюдения (название населенного пункта, предприятия, объекта);
- измеряемый параметр (температуру);
- дату и время измерения и (или) отбора пробы;
- значение измеряемой величины (температуры) и ее погрешность;
- время осреднения измерения (при измерениях на автоматизированных постах радиационного контроля).

В структуре возможных операций с данными и информацией по термическому режиму почв и приземного слоя атмосферы выделяют следующие процедуры:

- сбор данных и информации – это накопление информации по термическому режиму почв и приземного слоя атмосферы с целью обеспечения достаточной полноты для принятия решений по регулированию термического режима;
- форматизация данных и информации по термическому режиму почв и приземного слоя атмосферы – это приведение данных, поступающих из разных источников, к одинаковой форме, чтобы сделать их сопоставимыми между собой и повысить их уровень доступности;
- сортировка данных и информации по термическому режиму почв и приземного слоя атмосферы – это упорядочение данных по определенному признаку с целью удобства их использования при повышении их доступности;
- архивация данных и информации по термическому режиму почв и приземного слоя атмосферы – это организация хранения данных в удобной и легкодоступной форме для повышения общей надежности информационного процесса в целом.

Представление информации – это приведение информации к форме, наиболее удобной для ее использования (методы: сортировка, систематизация, подача в табличной или графической форме). Хранение информации – это обеспечение возможности воспользоваться найденной информацией в дальнейшем (носители информации – лазерные диски и т.д.). Передача информации – перемещение информации в пространстве – от источника до потребителя (носители информации – звуковые, световые волны и т.д.).

К современным техническим средствам работы с информацией, обеспечивающим ее передачу, обработку и хранение данных по температурному режиму почв и приземного слоя атмосферы с использованием многоуровневых сенсорных датчиков, относят:

- персональные компьютеры;
- персональные компьютеры со специализированным программным оборудованием;
- сетевое оборудование (модемы, кабели, сетевые адаптеры);

- аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи;
- цифровые фото- и видеокамеры, цифровые диктофоны;
- записывающие устройства (CD-R, CD-RW, DVD-RW и др.);
- полиграфическое оборудование;
- сканеры в архивах и наблюдательных пунктах;
- ТВ-тюнеры для подачи сигнала в компьютер;
- плоттеры и различные принтеры;
- мультимедийные проекторы;
- мобильные телефоны.

Система многоуровневых сенсорных датчиков для считывания информации по температурному режиму почв и приземного слоя атмосферы устанавливается непосредственно на территории агроэкосистем и мелиорируемых землях на стационарных площадках (метеостанциях) и динамических точках с учетом характерных особенностей мезо- и микрорельефа. Количество и расположение таких постов и точек выбирается в зависимости от геоморфологического строения территории, зонального типа почв, особенностей климатических условий и т.д. [2].

Для автоматического регулирования термического режима почв и приземного слоя атмосферы необходимо, чтобы полученная информация о распределении температурных показателей была достоверной. Достоверность полученной информации обеспечивается использованием высокоточных датчиков на постах измерения, методикой расположения этих постов, а также моделями, позволяющими определять поля распространения показателей по точечным замерам. Автоматизированная информационно-измерительная система мониторинга должна накапливать, систематизировать и анализировать достоверную измерительную информацию о температурных показателях почв и приземного слоя атмосферы.

Исходя из основных задач, в структуре автоматизированной системы мониторинга можно выделить *три подсистемы*:

- *подсистема непрерывного сбора наблюдений* для получения показателей температурного режима данных метеостанций и динамических постов;
- *подсистема непрерывной передачи и хранения* информации температурного режима данных с метеостанций и динамических постов;
- *подсистема обработки, анализа и отображения* информации температурного режима данных метеостанций и динамических постов.

Структурная схема мониторинга регулирования термического режима почв и приземного слоя атмосферы показана на рисунке.

Подсистема обработки, анализа и отображения информации температурного режима на метеостанциях и динамических постах осуществляется на персональных компьютерах со специализированным программным обеспечением для обработки анализа информации. Вся необходимая информация сбора, накопления, анализа и архивирования проводится в специальных центрах формирования постояннодействующей системы автоматизированной информационно-измерительной информации сбора, передачи и хранения серверной базы данных.

Подсистема обработки и анализа информации основана на базе современных технологий (платформа NET) и для хранения данных используются системы управления базами данных (Microsoft SQL Server или Oracle).

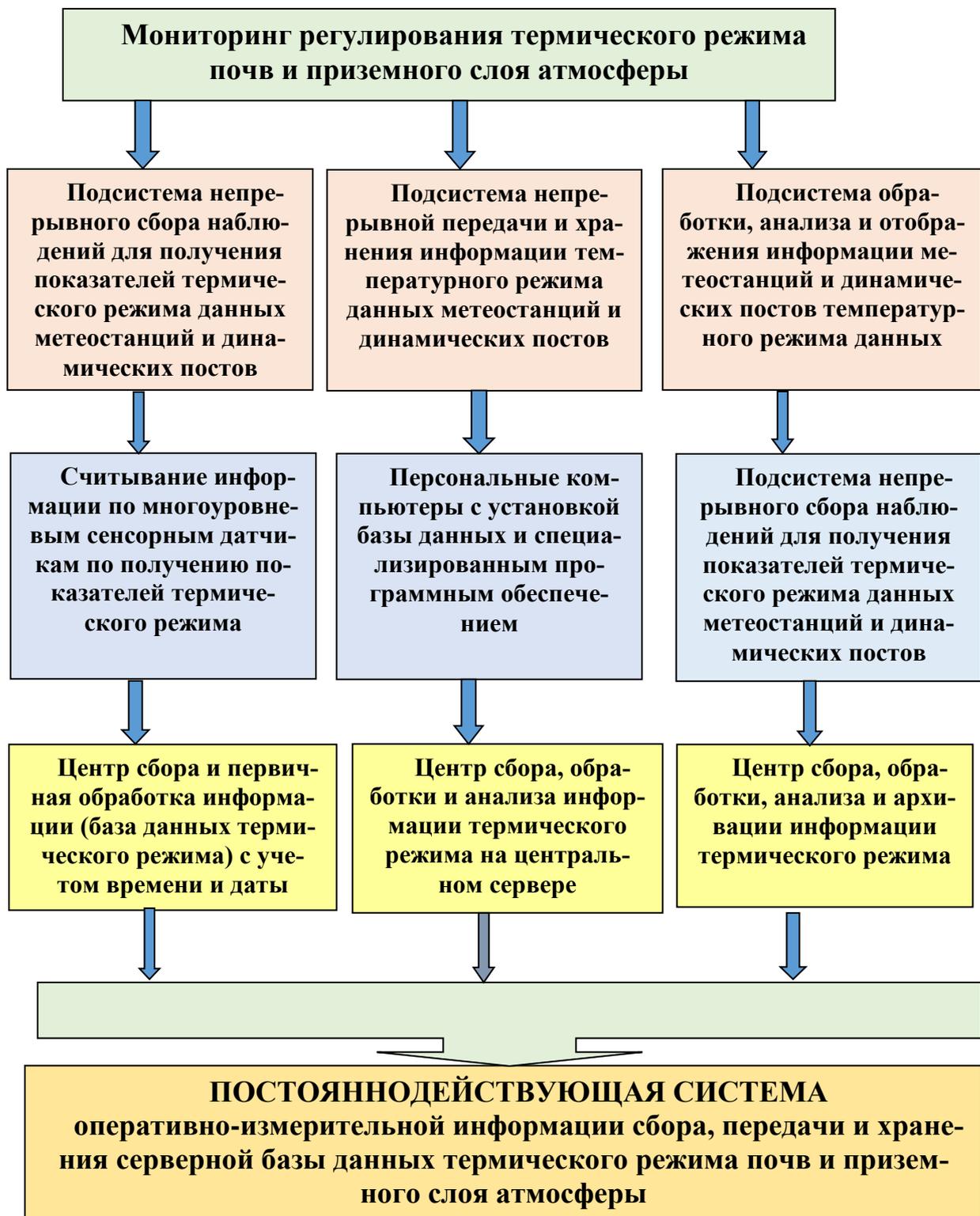


Рисунок - Структурная схема автоматизированного мониторинга термического режима почв и приземного слоя атмосферы

На стационарных и динамических постах происходит сбор информации посредством считывания данных, посылаемых датчиками на порт персонального компьютера. На компьютере происходят разбор данных и первичная обработка, после чего они записываются в локальную базу данных. Датчики, входящие в аппаратную часть данной системы, позволяют осуществлять замеры температур приземного слоя атмосферы и почв. Посты мониторинга должны располагаться непосредственно на территориях агроландшафтов как на стационарных полигонах, метеостанциях, так и на мобильных участках. Подсистема передачи и хранения информации в виде специальной службы через определенный интервал времени осуществляет опрос постов и записывает данные из локальной базы данных на сервер, после чего удаляет данные из локальной базы данных.

Сервер представляет собой мощный компьютер со специальным программным обеспечением, может располагаться как на метеостанциях и динамических постах мелиорируемых земель и агроландшафтов, так и вблизи них и является *центром* сбора и первичной обработки информации, на котором ведется база данных, содержащая информацию об изменении показателей.

К функциям центра мониторинга относятся сбор и накопление информации, поступающей из информационно-измерительной сети. Таким образом, обрабатывается информация, поступающая со всех стационарных полигонов, метеостанций, мобильных участков, постов, динамических точек и т.д. С аппаратной точки зрения передача информации происходит по различным каналам связи и с помощью различного оборудования [3].

Подсистема обработки и анализа информации представляет собой программу, которая устанавливается на рабочее место оператора и отображает информацию о температурном режиме почв и приземного слоя атмосферы. На мониторе оператора отображается электронная карта или схема с точками мониторинга, расположение которых соответствует расположению стационарных постов, находящихся в различных местах.

Основная часть информации расположена на центральном сервере и позволяет через Интернет-браузер получать информацию о термическом режиме почв и приземном слое атмосферы из любой точки, где есть доступ в Интернет. Подсистема строится на базе персонального компьютера, укомплектованного современным программным обеспечением, позволяющим в режиме реального времени получать информацию о динамике температурного режима почв и приземного слоя атмосферы.

К функциям подсистемы обработки и анализа информации относятся оперативный анализ текущей информации о температурах, накопление и архивирование данных измерений и наблюдений, информационный поиск и доступ к архивной информации. Подсистема сбора информации предназначена для снятия информации с многоуровневых сенсорных датчиков, осуществляющих непрерывные замеры температур. Данная подсистема должна располагаться на рабочей станции (компьютере пользователя) и сохранять показания датчиков с учетом времени и даты.

Таким образом, система мониторинга сбора, накопления, контроля и обработки данных многоуровневых цифровых датчиков измерения термического режима почв и приземного слоя атмосферы является базовым блоком научных основ прецизионного регулирования мелиоративного состояния в области цифровизации мелиоративной отрасли.

Список использованных источников

1. Манукьян Д.А., Карпенко Н.П. Экологическая безопасность функционирования техноприродных систем: состояние, проблемы и пути решения. – Монография, М.: МГУП. – 2007. – 294 с.
2. Карпенко Н.П. Экологомелиоративный мониторинг в задачах управления мелиоративными системами. – Материалы Четвертой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2010)» 4-6 октября 2010 г., г. Москва, Россия, Том II. М.: Учреждение Российской академии наук, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, РАН. – М.: РГГУ. – 2010. – С.359-361.
3. Карпенко Н.П. Информационная технология обеспечения оценки и управления геоэкологическими рисками при создании и эксплуатации оросительных систем нового поколения. – Материалы XXV международной научной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем», декабрь 2017 г. – М.: РГГУ. – 2017 – С. 384-387.

УДК 626.823

ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

А.М. Кушер

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

В работе рассмотрены практические основы численного моделирования гидрометрических сооружений в открытых каналах водохозяйственных систем с помощью программно-вычислительного комплекса DisCo4 [1]. Принцип работы комплекса основан на численном решении уравнений движения (Навье-Стокса) и сохранения в трехмерной постановке методом конечных объемов. Свободная поверхность вычисляется методом VOF. Задачей моделирования является: а) нахождение зависимости расхода воды от геометрического напора (при отсутствии порога-глубины) перед гидрометрическим сооружением или конечной глубины на ребре свободного перепада $Q = f(h)$ и б) определение режима течения на выходе сооружения, поскольку наличие сверхкритического режима потока ($Fr > 1$) в нижнем бьефе сооружения является условием предельной точности измерений. Для исключения влияния пульсаций свободной поверхности на точность отсчета уровня воды режим течения в подводящем канале всегда докритический, что задается краевыми условиями на входе расчетной области.

В отличие от большинства задач движения жидкости, решаемых численным моделированием, в которых на входе расчетной области задаются расход жидкости или скорость (поле скоростей) потока, в расчете гидрометрических конструкций, исходя из задачи $Q = f(h)$, входным краевым условием является гидростатическое давление:

$$P = \rho g h_{in},$$

где: ρ - плотность воды; g - ускорение свободного падения; h_{in} - глубина верхнего бьефа.

Расчетная область включает участки подводящего и отводящего каналов. В расчете конструкций, принцип действия которых основан на измерении уровня свободной поверхности перед сжатым участком русла, длина подводящего канала L_{in} выбирается в зависимости от максимального геометрического напора h_{max} . Для большинства конструкций этого типа:

$$L_{in} = (3 \div 4) h_{max},$$

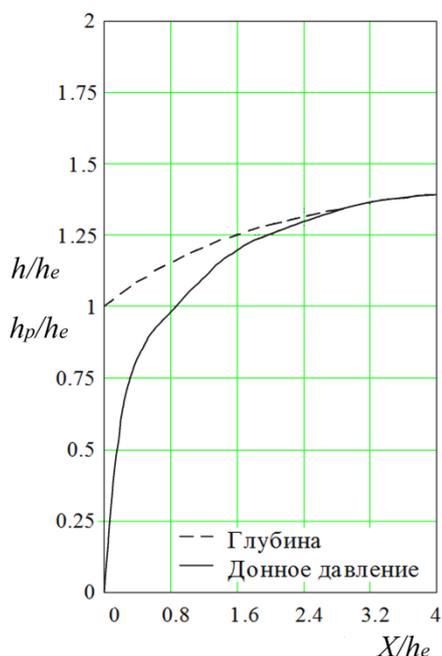


Рисунок 1 - Зона негидростатического давления перед свободным перепадом в прямоугольном канале с гладкими стенками

За исключением лотка Паршалла и его разновидностей (конструкции без выходной секции и лотка Монтана), в которых измерение напора производится перед горловиной, при моделировании конструкций данного типа входная граница расчетной области совмещается с измерительным сечением уровня верхнего бьефа. Глубина верхнего бьефа задается высотой патча (группы внешних граней ячеек) входной границы, на которых задаются краевые условия для параметров потока (в том числе, для скорости и давления).

При использовании перепада в качестве гидрометрической конструкции задачей моделирования является определение зависимости расхода Q от конечной глубины h_e . В расчете расходной зависимости перепада входная граница расчетной области располагается вне водопадной зоны с негидростатическим профилем давления на расстоянии L_{in} от ребра перепада. В прямоугольном канале протяженность зоны с негидростатическим профилем давления

согласно экспериментальным данным не более $3h_e$ (рис. 1) [2]. Здесь h_p - пьезометрическая высота p/γ . Отсюда, длина подводящего канала $L_{in} > (4 \div 5) h_e$.

В расчете перепада заранее неизвестна глубина воды на входе расчетной области, зависящая от формы свободной поверхности перед перепадом. Исследованию формы свободной поверхности в области перепада посвящены многочисленные теоретические и экспериментальные исследования, например, [3, 4]. В настоящей работе для задания глубины потока на входе расчетной области использовались результаты экспериментальных исследований перепада, согласно которым профили свободной поверхности геометрически подобны независимо от соотношения ширина канала - критическая глубина B/h_{cr} (рис. 2) [2,5]:

Полином, аппроксимирующий экспериментальные данные методом наименьших квадратов, имеет вид:

$$y = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + a_4 \cdot x^4 + a_5 \cdot x^5 + a_6 \cdot x^6,$$

где: $x = X/h_e$, $y = h/h_e$, $a_0 = 1.002$; $a_1 = 0.2689$; $a_2 = -0.1219$; $a_3 = 0.04031$;

$a_4 = -0.007802$; $a_5 = 0.000784$; $a_6 = -3.171 \cdot 10^{-5}$.

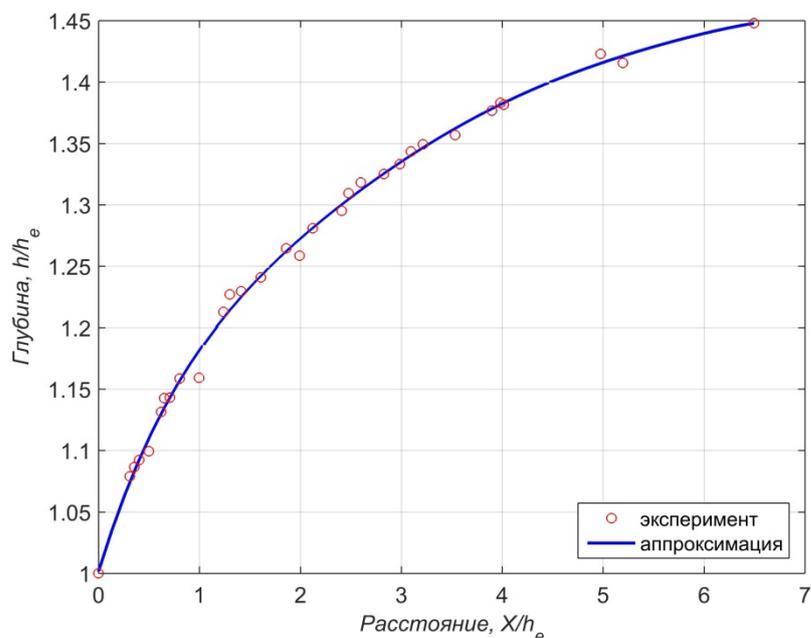


Рисунок 2 - Профиль свободной поверхности перед свободным перепадом в прямоугольном канале с гладкими стенками

В расчете всех конструкций длина отводящего канала L_{out} выбирается из условия отсутствия влияния краевых условий на выходной границе на структуру потока в сооружении, обычно, на участке установившегося движения. В режиме работы без подпора со стороны нижнего бьефа и при отсутствии выходящей из сооружения струи длина отводящего канала $L_{out} = L_{in}$. Выходное граничное условия для скорости - нулевой градиент продольной компоненты. При наличии струи (например, на гидрометрическом перепаде или на выходе водослива с широким порогом) длина отводящего участка увеличивается на длину полета струи на максимальном напоре. При расчете устойчивости конструкции к затоплению подъем уровня нижнего бьефа обеспечивается введением твердой стенки на выходной границе расчетной области.

Величина максимального геометрического напора выбирается с учетом известных ограничений на диапазон измерений или исходя из строительной глубины канала. В последнем случае во избежание перелива вводится коэффициент запаса по глубине 10-20%.

В исследовательских целях (в частности, для изучения влияния профиля осредненных скоростей, степени турбулентности потока и для улучшения сходимости решения) гидравлический расчет выполняется в нескольких последова-

тельных циклах с автоматически изменяемыми краевыми условиями. Предусмотрен численный расчет на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений движения (RANS) и двух турбулентных моделей (k-ε и k-ω).

В текущей версии комплекса DisCo4 в разработанный пакет включены 11 вариантов гидравлического расчета. Наиболее универсальным, применимым к расчету большинства конструкций, является вариант:

1-й цикл: Любая модель (ламинарная или турбулентная); на нижнем входном патче- давление; на выходе- нулевой градиент скорости или твердая стенка в режиме расчета предельного затопления.

2-й цикл: Любая модель (ламинарная или турбулентная), на нижнем входном патче- вычисленная в 1-м цикле скорость (поле скоростей с заданным профилем); на выходе - нулевой градиент скорости или твердая стенка в режиме расчета предельного затопления.

Расчет профиля скорости в подводящем канале выполняется на основе модели, согласно которой рассеивание избыточной энергии турбулентных пульсаций происходит на ближайшей к рассматриваемой точке стенке канала [6-8]. Эта модель подразумевает разделение поперечного сечения русла на независимые в гидравлическом смысле области (например, для трапецеидального русла области, разделенные биссектрисой угла при основании трапеции).

Из уравнения равномерного осредненного потока:

$$\frac{\tau_0}{\gamma} = J \cdot R = J \cdot \frac{\omega}{\chi}$$

(τ_0 - среднее касательное напряжение на стенках русла; J - энергетический уклон (уклон дна для равномерного потока); R - гидравлический радиус; ω - площадь живого сечения; χ - смоченный периметр), согласно принятой концепции, локальное касательное напряжение:

$$\tau_p = J \cdot \gamma \frac{d\omega}{dp} = J \cdot \gamma \cdot R_p$$

где: τ_p - локальное касательное напряжение на элементарном смоченном периметре dp ; $d\omega$ - элементарная площадь между 2-мя соседними нормальями к стенке; R_p - локальный гидравлический радиус.

В отличие модели Yang'a, дающей нефизические результаты, расчет эпюр скорости выполняется вдоль нормалей к стенке с последующим интегрированием в ячейках расчетной сетки [9]. В трапецеидальном русле:

$$R_p^1 = \frac{(0.5B_t - y) \cdot \operatorname{tg}(\alpha)}{\cos(\alpha)}$$

$$R_p^2 = \left(\frac{1}{\sin(\alpha)} - \frac{0.5B_t - y}{H \cdot \cos(\alpha)} \right) \cdot \operatorname{tg}(\beta) \cdot H$$

$$R_p^3 = \left(\frac{0.5B_t - y}{H} - \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)} \right) \cdot \operatorname{tg}(\beta) \cdot H$$

$$R_p^4 = H.$$

где: α - внутренний угол между стенкой и поверхностью, β - внутренний угол между стенкой и дном, B_t - ширина канала по урезам воды; $R_p^1 - R_p^4$ - локальный гидравлический радиус в области 1) между боковой стенкой и свободной поверхностью, 2) между боковой стенкой и биссектрисой угла между стенкой и дном, 3) между дном и биссектрисой угла между стенкой и дном, 4) между дном и свободной поверхностью.

Алгоритм расчета профиля скоростей в подводящем канале (B - ширина подводящего канала по дну, m - коэффициент откоса, H - глубина, I - уклон канала, k_s – эффективная высота выступов шероховатости):

- формирование двумерной расчетной сетки (y, z) ,
- расчет локальных значений гидравлического радиуса $R_p = f(B, H, m, y)$,
- расчет локальных касательных напряжений $\tau_p = \rho g I R_p$,
- расчет локальных значений скорости трения $u_{*(p)} = \sqrt{\tau_p / \rho}$,
- расчет логарифмических эпюр скорости вдоль нормалей к стенке $u = f(u_*, k_s)$,
- интерполяция вычисленных скоростей в ячейки расчетной сетки,
- интегрирование скоростей в отдельных ячейках и расчет профиля относительных скоростей, как отношений скорости в ячейках исходной сетки к средней скорости на входной границе.

При постобработке для повышения точности отсчета глубины и уменьшения влияния вертикальной дискретизации предусмотрено сжатие размытой свободной поверхности (несколько ячеек по вертикали, в которых $0 < \text{VOF} < 1$).

На рисунке 3 показан пример расчета расходной зависимости донного порога с наклонной передней стенкой (водослива с широким порогом) [10].

Средняя разность значений расхода в диапазоне напоров 0.1 ÷ 0.5 м равна 1.2%. В расчете конструкции вдвое меньших размеров ($B=0.5$ м, $P=0.2$ м) в диапазоне напоров 0.1 ÷ 0.2 м среднее различие вычисленных расходов составило 1.6%.

Заключение

Компьютерное моделирование позволяет повысить точность и расширить диапазон измерений гидрометрических конструкций. Данный метод может использоваться для совершенствования, разработки новых типов и углубленного исследования работы средств водоучета. По результатам тестирования погрешность расчета расходной характеристики 10-ти наиболее распространенных гидрометрических конструкций в пределах 1 ÷ 4%. Точность расчета достаточна для обеспечения водоучета на открытых мелиоративных каналах.

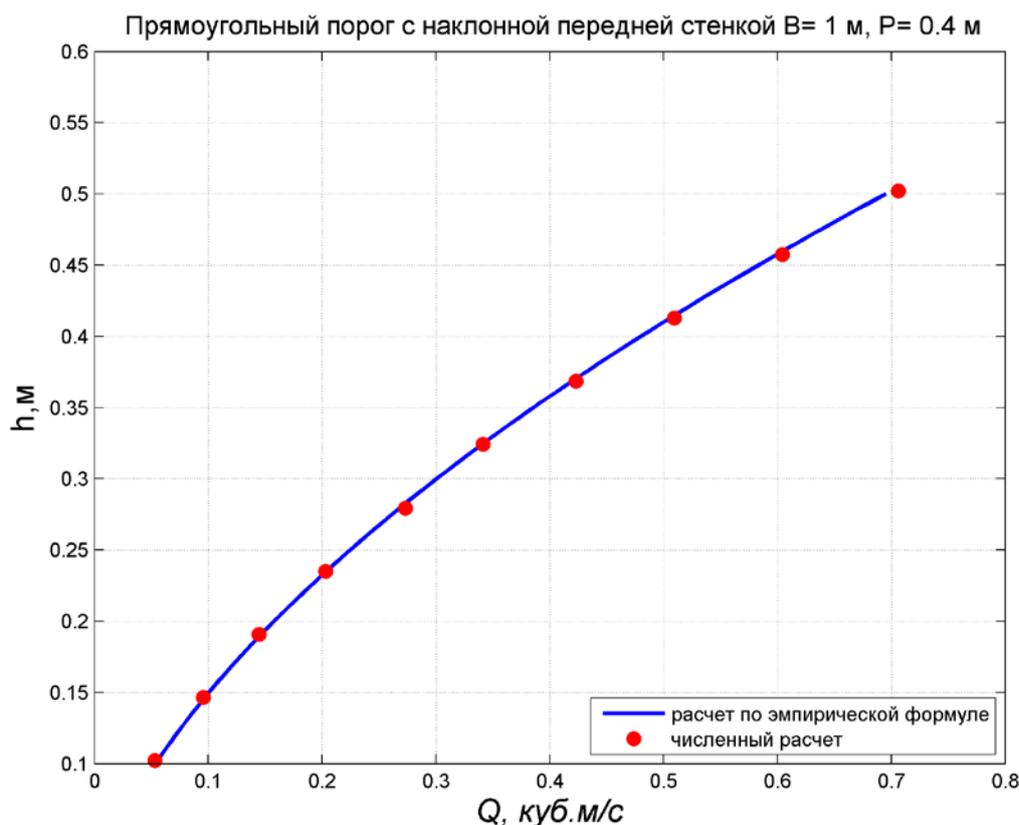


Рисунок 3 - Зависимость $Q = f(h)$, найденная по эмпирической формуле из МИ 2406-97 и компьютерным моделированием

Список использованных источников

1. Кушер А.М. Моделирование гидрометрических сооружений в каналах водохозяйственных систем. Мелиорация и водное хозяйство, 2015, №6, с. 19-23
2. Kusher A.M. Flow-Measuring and Hydraulic Properties of Free Overfall // ICID International Conference «Food Production and Water Social and Economic Issues of Irrigation and Drainage», Moscow, Russia, 2004.
3. Markland E. Free Overfall as Flow Measuring Device. // Proc. of the ASCE, IR4, December 1971, p. 657
4. Strelkoff T., Moayeri M.S. Pattern of Potential Flow in a Free Over-fall. // Proc. of the ASCE, HY4, April 1970, pp. 879-900.
5. Кушер А.М. Численный расчет и анализ характеристик гидрометрического перепада. Сборник статей «Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации», ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», М., 2018.
6. Einstein, H. A. (1942) «Formulas for the transportation of bed load.» Trans. Am. Soc. Civ. Eng., v.107, pp.133–169
7. S.Q. Yang, S.K. Tan, S.Y.Lim. «Velocity Distribution and Dip-Phenomenon in Smooth Uniform Open Channel Flows». J. Hydraul. Eng., 2004, 130(12), pp. 1179–1186.
8. S.Q. Yang. «Depth-Averaged Shear Stress and Velocity in Open-Channel Flows». J. Hydraul. Eng., 2010, 136(11), pp. 952–958.
9. A.M. Kusher. : Discussion of «Depth-Averaged Shear Stress and Velocity in Open-Channel Flows». J. Hydr. Eng., vol. 138, issue 10, 2012
10. НТО «Разработать новые методы расчета стока в водопроводящей сети и элементах гидромелиоративных систем», РАСХН, ФГБНУ ВНИИГиМ, М.: 20016.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ ПИЛОТНОГО ВОДОСБОРА С УЧЕТОМ КАТЕГОРИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИФFUЗНЫХ СТОКОВ НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА р. ЯХРОМА

Е.А. Лентяева, А.Д. Тимошкин, А.Л. Аветисян

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В последнее время все большее внимание уделяется роли диффузного загрязнения как основного фактора неблагоприятного экологического состояния водных ресурсов. Для оценки ситуации и разработки мер по снижению диффузного сельскохозяйственного загрязнения существует необходимость в создании прототипов экспертных систем поддержки принятия решений по оценке рисков и оптимизации мероприятий, направленных на охрану водных объектов от диффузных загрязнений,

Прототипы экспертных систем должны включать специализированные геоинформационные системы (ГИС), которые содержат тематические слои, созданные на основе разработанных архивов данных по пилотным водным объектам и их водосборным территориям.

Цель исследования – разработать прототип экспертных систем поддержки принятия решений по оптимизации мероприятий, направленных на охрану водных объектов от диффузных загрязнений, на основе имеющихся данных мониторинга, расчетных данных о величине диффузного загрязнения, оценок эффективности альтернативных стратегий водоохраны при различных сценариях антропогенной нагрузки на водные объекты и их водосборы для бассейна р. Яхрома.

Разработка ГИС системы бассейна реки Яхрома проводилась согласно перечню необходимой информации для проведения расчетов по оценке диффузного стока с сельскохозяйственных территорий, в частности мелиорируемых земель.

Для расчета и оценки рисков загрязнения водного объекта необходимо иметь следующую исходную информацию [1, 4]:

- техническую характеристику мелиоративной системы;
- геоморфологические, гидрологические особенности сельскохозяйственного участка;
- водно-физические свойства грунтов;
- агротехнические и агро мелиоративные условия;
- виды, формы используемых минеральных и органических удобрений.

За основу ГИС бассейна р. Яхрома была взята карта, полученная в результате сбора и обработки картографических материалов по топографии и рельефу из открытых источников, на которую была нанесена граница водосбора (рисунок 1).

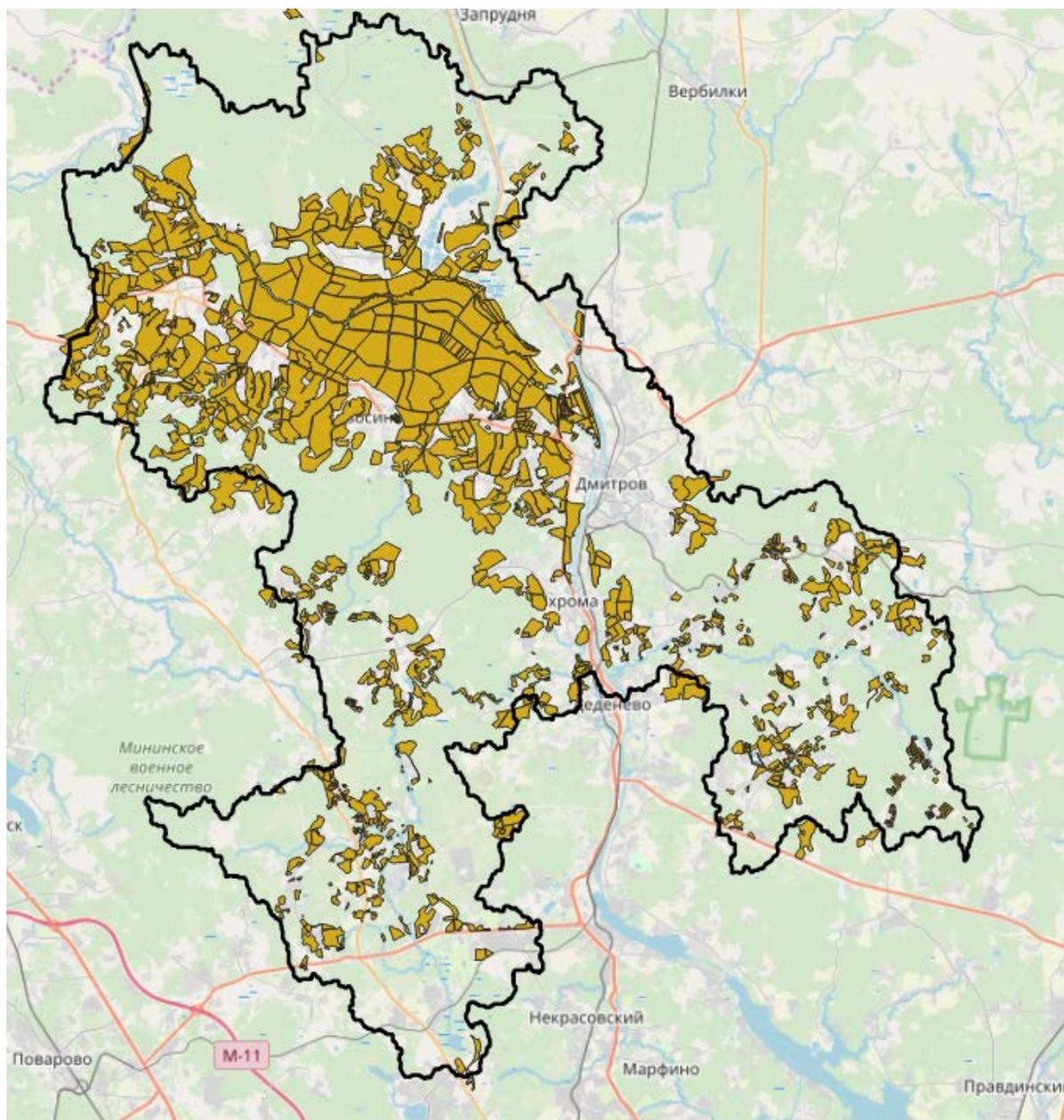


Рисунок 2 - Карта сельскохозяйственных участков

С целью дальнейшего уточнения технических характеристик мелиоративных систем и назначения использования сельскохозяйственных территорий была создана карта-схема с обозначением кадастровых участков в соответствии с данными Росреестра по состоянию на 12.03.2019 (представлена на рисунке 3) [2].

Для получения геоморфологических, гидрологических особенностей расчетного сельскохозяйственного участка были созданы карты гидрологической сети (рис. 4) и уклонов (рис. 5). Гидрографическая карта бассейна была создана в программе «Панорама 2011». Такая карта необходима для разработки мероприятий по снижению загрязнения реки Яхрома от загрязняющих веществ, поступающих по притокам и временным водотокам.

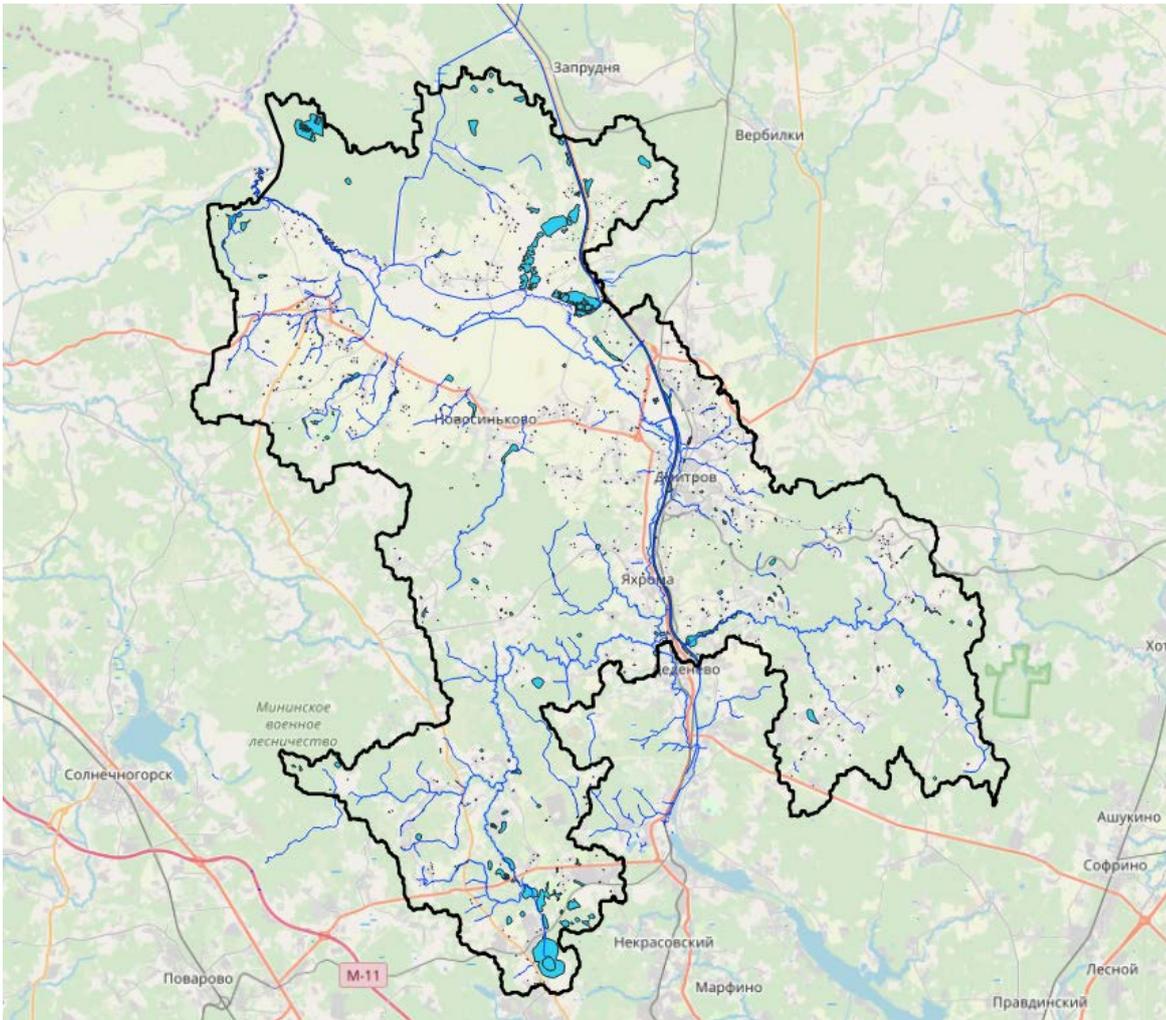


Рисунок 3 - Гидрографическая карта бассейна реки Яхрома

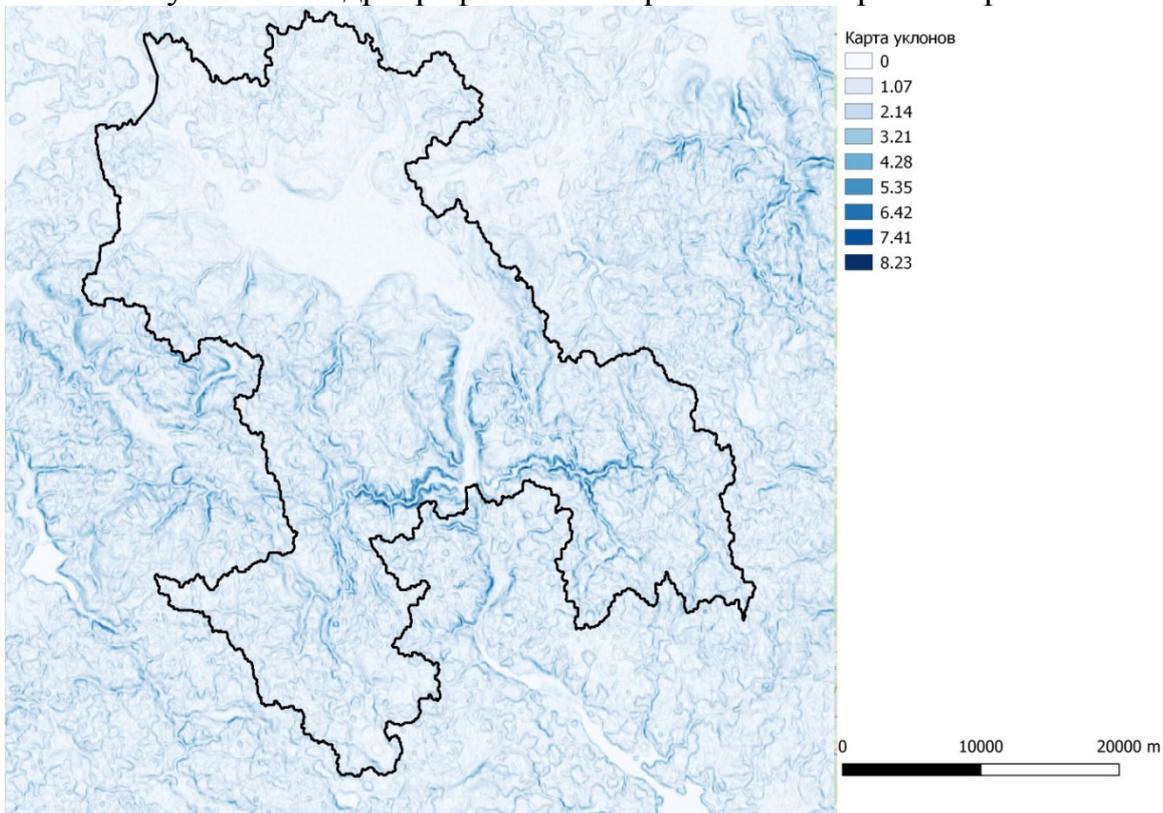
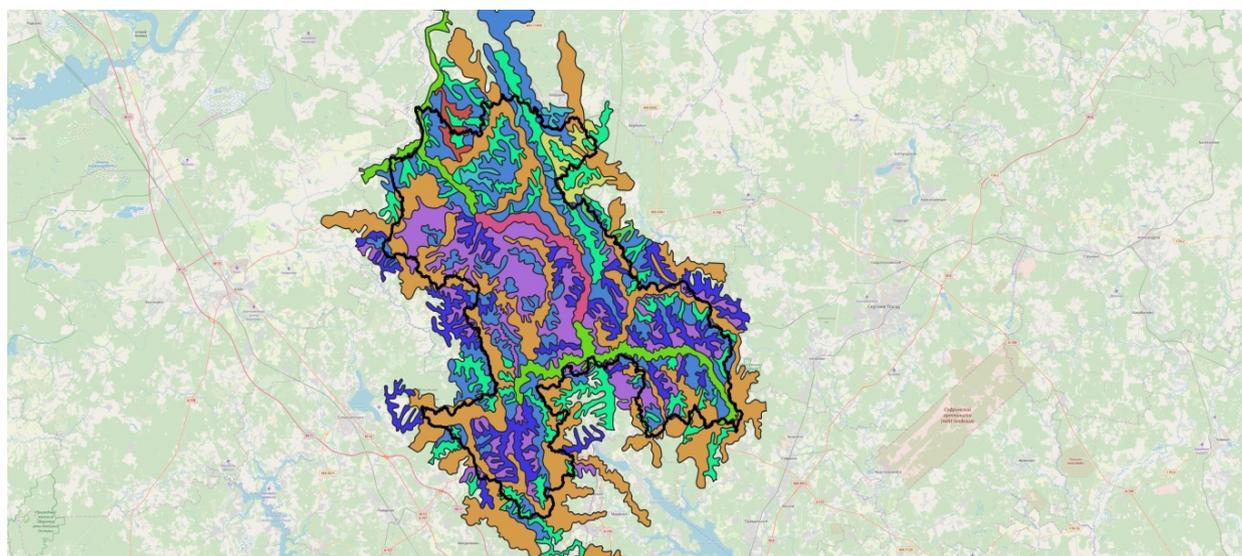


Рисунок 4 – Карта уклонов (зон по степени смыва) бассейна реки Яхрома

Для удобства расчетов по карте уклонов все расчетные участки были распределены на три группы уклонов с разной степенью смыва: $<0,01$ – зона слабого смыва, от $0,01$ до $0,05$ – зона умеренного смыва и более $0,05$ – зона сильного смыва.

В целях получения информации о водно-физических свойствах грунтов из открытых источников сети Интернет [3] была выгружена почвенная карта-схема с обозначением почв исследуемого участка бассейна реки Яхрома (рисунок 5).



Почвы		
■ Аллювиальные болотные иловато-торфяные	■ Дерново-подзолистые слабogleеватые	
■ Аллювиальные луговые кислые	■ Дерново-подзолистые смывые	
■ Болотные низинные торфянисто- и торфяно-глеевые	<span #d32f2f;"="" color:="" style="color: #f96</td></tr> <tr> <td>■ Болотные низинные торфяные на мелких и средних торфах	■ Смывые и намывые почвы оврагов, балок, пойм малых рек и прилегающих скло-
■ Дерново-глееватые	■ Торфянисто- и торфяно-подзолистые оглеенные	
■ Дерново-подзолистые глееватые и глеевые	■	

Рисунок 5 - Почвенная карта-схема бассейна реки Яхрома

На основе почвенной карты были определены преобладающие почвы для каждого расчетного сельскохозяйственного участка, что позволяет добавить в ГИС систему необходимую расчетную информацию, а именно:

- содержание минерального и валового азота, фосфора и калия в пахотном слое почвы;
- запас влаги при предельной полевой влагоемкости в расчетном слое почвы до уровня грунтовых вод и до глубины заложения дрен;
- значения поправочных коэффициентов на рельеф и фильтрацию;
- значения коэффициентов, характеризующих вынос сорбированных твердым стоком и растворенных с поверхностным стоком биогенных веществ, содержащихся в почве.

Все карты, загруженные в ГИС, должны явиться основой электронного архива данных прототипа экспертной системы бассейна водного объекта, позволяющей произвести оценочный расчет риска загрязнения водного объекта биогенными веществами, с целью дальнейшей разработки мероприятий по его снижению.

Список использованных источников

1. Лентяева Е.А. Методический подход к оценке неконтролируемых стоков с осушаемых территорий // Сборник: Мелиорация земель - неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации Материалы международной научно-практической конференции. Москва. 2019. С. 546-555.
2. Интернет ресурс: <https://pkk5.rosreestr.ru/> (дата обращения 04.02.2019)
3. Интернет ресурс: <http://www.etomesto.ru/map-pochvennaya/> (дата обращения 01.02.2019)
4. Головинов Е.Э., Киселев С.А. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИКИ И СРЕДСТВА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ. // В сборнике: Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования Материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 208-213.

УДК: 631.674.5:504.064.36

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ

М.Н. Лытов

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Информационные технологии на современном этапе своего развития позволяют реализовать несколько вариантов организации системы мониторинга и управления орошением с осуществлением всего комплекса функций в режиме реального времени. Следует учитывать, что данные технологии не разрабатывались специально для решения задач управления орошением, а включают наиболее универсальные технико-технологические решения, в значительной мере унифицированные и стандартизированные по отдельным элементам [1-4]. Освоение этих технологий для решения задач управления орошением требует учета специфики данного направления хозяйственной деятельности [5-8].

В общей совокупности вариантов организации информационной системы, реализующей функции мониторинга и управления орошением в режиме реального времени следует выделить концепты на базе серверных и без серверных технологий. В основу без серверной технологии положено прямое взаимодействие подсистемы мониторинга состояния и функций объекта (объектов) управления, оператора и подсистемы управления орошением (рисунок 1). При этом информационно-аналитические функции информационной системы в этом случае возлагаются на автоматизированное рабочее место оператора. Это определяет особые требования к техническим характеристикам автоматизированного рабочего места. Ведь довольно сложные и объемные вычисления необходимо выполнять в режиме реального времени, а это связано с проблемой вычислительных мощностей, аппаратной производительности модуля АРМ.

Сегодня в достаточной мере вычислительными мощностями могут быть обеспечены только стационарные модули автоматизированного рабочего места. Исполнение автоматизированного рабочего места в мобильном варианте связано с дефицитом вычислительных мощностей, что диктует необходимость сужения

обрабатываемых информационных потоков. На практике это может выражаться в сокращении каналов поступления информации и передачи управляющих инструкций на исполнительные механизмы. Это накладывает довольно жесткие ограничения на возможности реализации технологии, в частности: сужает возможности работы с большими объемами данных, требует упрощения вычислительных алгоритмов, исключает возможность освоения интеллектуальных технологий анализа данных. Существенно ограничиваются возможности системного управления отдельными функциональными элементами оросительных систем, задействуемых при реализации контролируемых (управляемых) процессов. Существенно снизить потребности в вычислительных мощностях автоматизированного рабочего места может также сокращение числа объектов управления.



Рисунок 1 – Модель организации информационной системы мониторинга и управления орошением без сервера

Технология в этом случае ориентирована на обслуживание небольших мелиорированных территорий. Сегодня это, пожалуй, наиболее оправданный вариант организации информационных систем мониторинга и управления орошением на бессерверной основе. Следует признать, что проблема дефицита вычислительных мощностей в мобильных АРМ временная и, учитывая динамику развития мобильных технологий, может быть решена в самом ближайшем будущем. Однако, еще одним, уже системным недостатком такого подхода к организации информационных систем мониторинга и управления орошением являются ограничения в развитии заложенных алгоритмов обработки данных. Сегодня поддержка таких компонентов, как правило, заканчивается на этапе коммерческой реализации изделия.

Безусловными достоинствами организации информационных систем мониторинга и управления орошением на основе бессерверных технологий является достаточно простая и надежная архитектура обмена данными. Это обеспечивает высокую скорость взаимодействия всех модульных компонентов системы с гарантированной реализацией процесса управления в режиме реального времени.

Серверные информационные системы применительно к решению задач мониторинга и управления орошением позволяют сформировать несколько рабочих конфигураций функционально-модульного исполнения. Одна из них, опирающаяся на использование мощностей корпоративного сервера, ориентирована на реализацию программно-аппаратных, модульных продуктов (рисунок 2). Ключевым преимуществом серверных информационных систем является отсутствие объективных ограничений в вычислительных мощностях, ресурсов которых

вполне достаточно для решения задач управления орошением. Это обеспечивает возможность работы с большими объемами данных, включая, наряду с фактологической мониторинговой информацией, технологии Big Data, использовать многокритериальные алгоритмы обработки информации, ориентированных исключительно на максимальную точность прогноза и выработку наиболее оптимальных управляющих решений, позволяет включать элементы интеллектуального управления. Другим преимуществом информационных систем, организованных на базе корпоративного сервера, является возможность оптимизации быстродействия системы, устанавливая очередность обмена информационными потоками между модулями и опционально наращивая число используемых каналов связи. Такая конфигурация системы может быть использована для организации многоуровневого управления орошением с учетом многоплановости технологического процесса и индивидуальным набором функций персонифицированных рабочих мест. Наряду с этим, следует учитывать, что функциональные элементы оросительной системы, находящиеся вне сферы ведения предприятия, не могут обслуживаться информационной управляющей системой с такими параметрами конфигурации. Поэтому речь о системном и полностью автоматизированном управлении орошением здесь может идти только в случае с внутривоздушными оросительными системами. Кроме того, развитие технологий обработки информации в рамках корпоративной информационной системы управления орошением так же, как правило, ограничено.

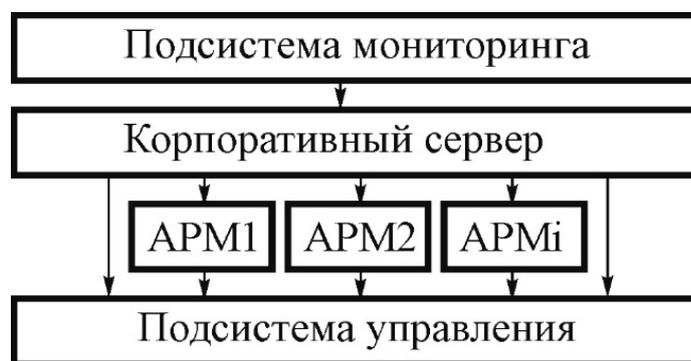


Рисунок 2 – Модель организации информационной системы мониторинга и управления орошением на основе корпоративного сервера

Информационная система мониторинга и управления водным режимом почвы на основе многопользовательского сервера реализуется в формате брендового рынка услуг. Такой подход позволяет создавать практически неограниченное или, по крайней мере, хорошо масштабируемое число автоматизированных рабочих мест, организованных как в формате многоуровневой системы, так и с персонифицированным ориентированием сфер управления. Автоматизированные рабочие места при такой конфигурации информационной системы можно легко объединять в корпоративные сети, в том числе на основе виртуальной машины с создаваемой пользователем архитектурой. Конфигурация не предполагает каких-либо объективных ограничений модульного развития системы

мониторинга и управления орошением, реализуется возможность системного управления всеми составляющими оросительной системы, продукт может быть реализован в форме самостоятельного бренда и не привязан к брендам современных производителей оросительной техники. Еще одним принципиальным достоинством такого подхода к организации систем управления орошением являются неограниченные возможности развития используемых алгоритмов обработки данных, включая технологии искусственного интеллекта и технологии больших данных (Big Data). Собственно, сам продукт, в рамках многопользовательского серверного концепта информационной системы управления орошением предполагает концентрацию ресурсов на совершенствование именно технологий обработки данных. В тоже время затраты на эту работу распределяются между всеми пользователями, при увеличении числа которых занимают все меньшую долю в себестоимости предложения.

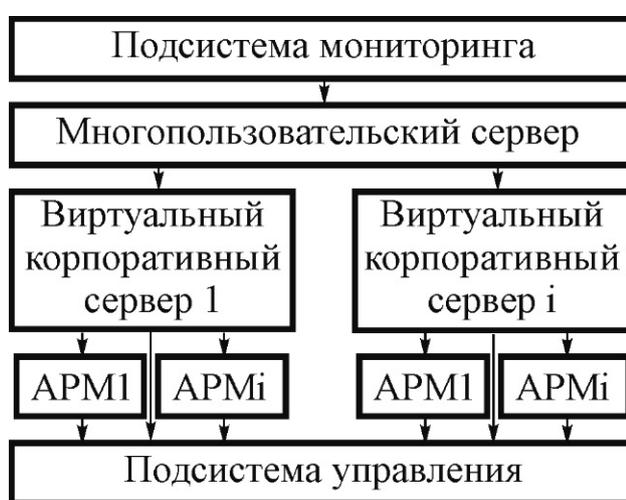


Рисунок 3 – Модель организации информационной системы мониторинга и управления орошением на основе многопользовательского сервера

Одним из главных недостатков конфигурации информационной системы на базе многопользовательского сервера является неопределенность по времени отклика сервера на запросы мониторингового и управляющего модуля. Скорость обмена данными в этом случае зависит от большого числа факторов, включая территориальную удаленность физического сервера от географического положения объекта управления, порядок обработки данных, загруженность сервера, загруженность каналов удаленной передачи данных и т.д. Пожалуй развитие технологий, решающих эти проблемы, и будет характеризовать конкурентные преимущества продукта на рынке аналогичных услуг.

Список использованных источников

1. Данилов, А.Д. Особенности архитектуры информационной системы реального времени / А.Д. Данилов, Д.В. Терехов // Системы управления и информационные технологии. - 2018. - № 4 (74). - С. 49-54.
2. Андреевский, И.Л. Клиент-серверные технологии СУБД / И.Л. Андреевский. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2015. – 144с.

3. Гридин, В.Н. Методы организации клиент-серверных взаимодействий в гетерогенных средах / В.Н. Гридин, В.И. Анисимов, А.Д. Ахмад // Информационные технологии в проектировании и производстве. - 2017. - № 1 (165). - С. 3-9.

4. Алмаев, А.С. Организация производственных процессов при внедрении корпоративной информационной системы (КИС) / А.С. Алмаев, Н.П. Есаулов // Научные технологии. - 2012. - Т. 13. - № 1. - С. 85-87.

5. Бородычев, В.В. Мониторинг и управление орошением в режиме реального времени / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, Е.Э. Головинов. – Москва: изд.: «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2017. – 154 с.

6. Щедрин, В.Н. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В.Н. Щедрин, А.В. Колганов, С.М. Васильев, А.А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – Ч1-Ч2. – 590 с.

7. Ovchinnikov, A.S. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A.S. Ovchinnikov, V.S. Bocharnikov, S.D. Fomin, O.V. Bocharnikova, E.S. Vorontsova, V.V. Borodychev, M.N. Lytov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. - 2018. - Т. 24. - № 5. - С. 909-913.

8. Бородычев, В.В. Моделирование процесса управления водно-солевым режимом почв в условиях орошения / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2016. - № 2 (42). - С. 26-33.

УДК 004.94: 631.6

ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ ПРОГРАММ ЦИФРОВОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОД РАЗЛИЧНЫЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К СОЗДАНИЮ БАЗЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

С.А. Меньшикова, А.А. Бубер

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ (№ 19-416-343004 p_mol_a) при финансовой поддержке Волгоградской области

Введение. Современная тенденция развития мелиоративных технологий определяет необходимость создания гидромелиоративных систем нового поколения, опирающихся на цифровые технологии и аспекты точной мелиорации.

Переход к новым технологическим укладам и развитие принципов точного мелиоративного регулирования – это продолжение того огромного фундамента, который был заложен основателями мелиоративной науки Алексеем Николаевичем Костяковым и Сергеем Федоровичем Аверьяновым [1].

Вместе с тем для точного мелиоративного регулирования факторов жизни растений необходим инструментарий обоснованного планирования и своевременного управления процессами формирования урожая. Успешное функционирование систем оперативного и оптимального управления факторами жизни сельскохозяйственных культур невозможно без синтеза агро-мелиоративных конструкций и кибернетических устройств, являющихся технической основой автоматизированных систем управления. Компьютерная имитационная модель как

составная функциональная часть системы в свою очередь налагает необходимость сбора и анализа исходных данных, на основе которых будет назначена та или иная стратегия управления.

На сегодняшний день имеется большой потенциал увеличения сферы возможностей имитационного моделирования наряду с высокоточной детальной проработкой отдельных параметров моделей. Современный уровень развития компьютерных технологий дает беспрецедентную возможность создания адаптивных программ, основанных на универсальных алгоритмах по моделированию процессов, протекающих в агробиоценозах, при этом доступные и простые интерфейсы обеспечивают удобство их использования наряду с универсальностью и простотой применения.

При этом модели формирования урожая посевов сельскохозяйственных растений признаны одной из важнейших в группе моделей биологических процессов [2; 3].

Однако точность прогнозных данных, позволяющих предвидеть ход процесса и его конечный результат, будет зависеть от исходной информации, необходимой для создания, калибровки и апробации модели. Также важно помнить, что из биологических процессов, описывающих функционирование агробиоценоза, необходимо моделировать деятельность почвенных микроорганизмов и процессы, связанные с вредителями и болезнями растений и методами борьбы с ними. Следует признать, что на данном этапе эта область исследований пока не достаточно проработана.

Материалы и методы. Проблема расширения возможностей применения цифрового имитационного моделирования при разных агроклиматических условиях и под различные задачи обусловила необходимость сбора и анализа литературных данных и проведения полевых исследований. Кроме формального описания сельскохозяйственной культуры для успешного моделирования формирования урожая и назначения стратегии управления необходим сбор большого числа эмпирических данных и подбор расчетных математических параметров, приемлемый для рассматриваемых условий.

Накопленный мировой и отечественной наукой опыт создания динамических имитационных моделей формирования урожая сельскохозяйственных культур позволил разработать достаточно простую модель, обеспечившую отображение всех вариантов постановки полевого опыта и обоснование роли каждого фактора в продукционном процессе с учетом эколого-физиологических особенностей культуры [4].

Концепция разрабатываемой имитационной модели опирается на стыковку биологических и абиотических процессов, описывающих энерго- и массообмен в системе «почва-растение-приземный слой атмосферы» и представлена тремя взаимосвязанными уровнями.

На первом уровне, уровне природных, технических и информационных ресурсов, происходит сбор и обработка метеорологических, агротехнических, почвенных характеристик и формирование базы исходных данных.

На следующем, агрометеорологическом уровне, собирается информация с метеостанций, влагомеров и тензиометров, на этом уровне происходит планирование урожайности и обоснование технологических операций.

На третьем, оперативном уровне, происходят имитационные расчеты и анализ состояния посева, а также сбор прогнозных метеоданных через доступные ресурсы, на основе чего рассчитывается эффективный вариант орошения и происходит оперативное управление гидротермическим режимом агроценоза. Рабочая гипотеза информационного обеспечения оперативного управления гидротермическим режимом посадок представлена на рисунке 1.

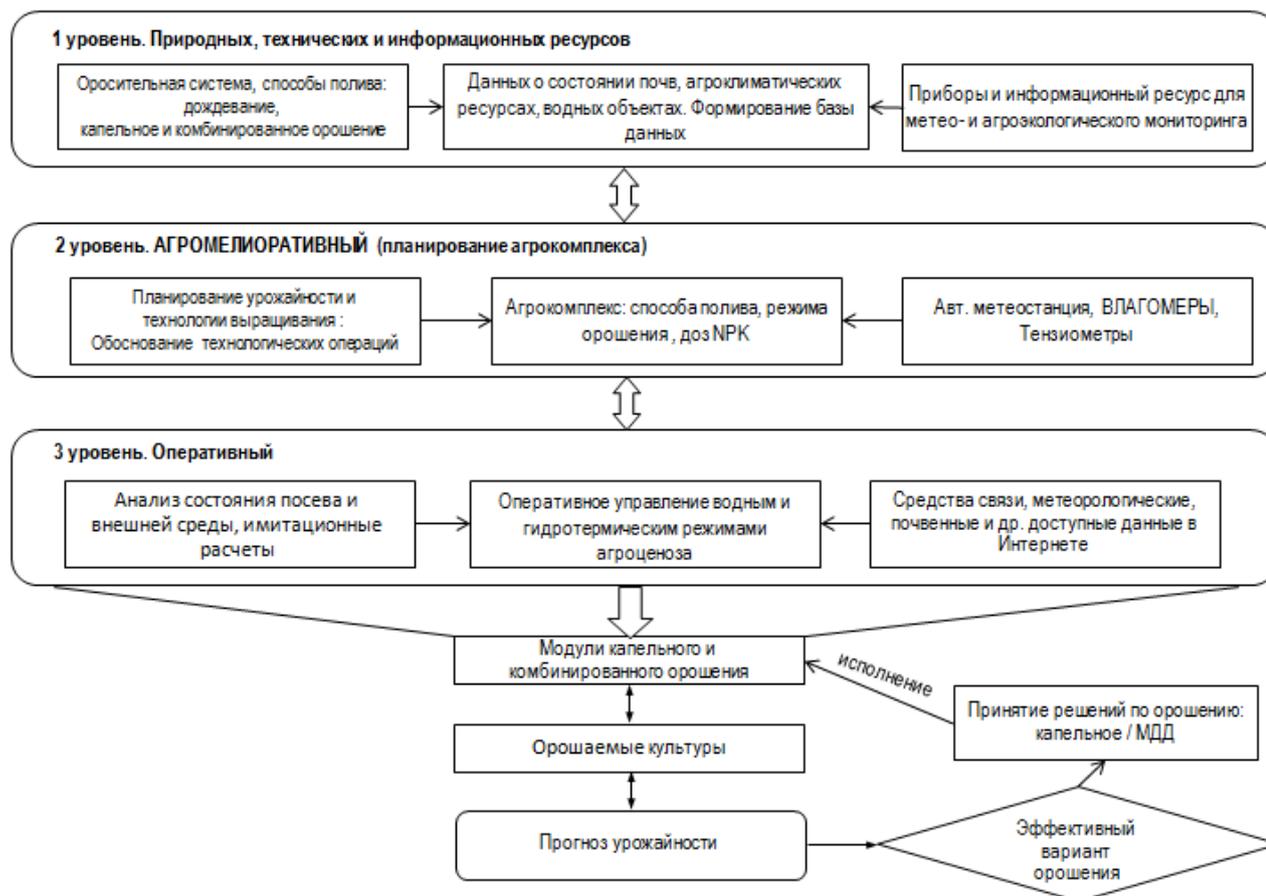


Рисунок 1 - Рабочая гипотеза информационного обеспечения управления гидротермическим режимом на основе динамической модели «РОТАТО» по агрометеоданным

Исходя из того, что любая модель строится на основе учета ограниченного количества закономерностей изучаемого явления и, как следствие, обладает большей или меньшей погрешностью при его описании, ошибка, формирующаяся из погрешности, имеет тенденцию накапливаться во времени [2].

Введение в систему управления оперативной корректировки управляющей стратегии на основе изменения характеристик реальных процессов позволяет снизить эту ошибку. Возможность адаптации разрабатываемой модели под различные агроклиматические условия обусловлена допустимостью изменения ее параметров и учета дополнительных элементов в описываемом процессе. Однако

точность прогнозных решений напрямую зависит от вносимых в программу исходных данных, их частоты и тщательности и требует детального пошагового описания всех агрометеорологических параметров. Примерный перечень сведений, требуемых для запуска процесса адаптации разрабатываемой модели под новые агроклиматические условия, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень параметров, необходимых для формирования базы исходных данных и последующей адаптации модели

Наименование блока параметров		
Наименование параметра		Количество замеров/данных за период, единица измерения
Природно-климатические характеристики		
температура воздуха		1 раз в час, С°
влажность воздуха		среднее значение за сутки, %
количество осадков		среднее значение за сутки, мм
скорость ветра		среднее значение за сутки, м/с
солнечная радиация или облачность		среднее значение за сутки
Почвенные характеристики <i>*для каждого слоя почвы</i>		
тип почвы		1 раз за период (описание)
водно-физические свойства*	гранулометрический состав	1 за вегетацию, мм (описание)
	степень структурности	1 за вегетацию, %
	плотность сложения	1 за вегетацию, г/см ³
	общая пористость	1 за вегетацию, %
	водопроницаемость	1 за вегетацию, мм/сут.
	максимальная гигроскопичность	1 раз за вегетацию, % от массы сухой почвы
	полная влагоемкость	1 раз за вегетацию, %
агрохимические свойства	гумус	1 раз за вегетацию, %
	рН	1 раз за вегетацию
	НРК	1 раз за вегетацию, %
	состав ППК	1 раз за вегетацию (описание), %, мг/л
	микроэлементы	1 раз за вегетацию (описание), %, мг/л
Фенологические параметры		
сортовые характеристики		1 за вегетацию (описание)
вес посевного материала		1 за вегетацию, гр. или кг
плотность посадки		1 за вегетацию, на м ² или га
сроки сева и уборки		2 за вегетацию
периоды наступления фенологических фаз		не менее 5 в зависимости от культуры, дата

Наименование блока параметров	
<i>Наименование параметра</i>	<i>Количество замеров/данных за период, единица измерения</i>
площадь листьев для всех фенологических фаз	не менее 3 раз за фазу, см ²
вес листьев (сухое вещество)	не менее 3 раз за фазу, гр.
вес стеблей (сухое вещество)	не менее 3 раз за фазу, гр.
вес корней (сухое вещество)	не менее 3 раз за фазу, гр.
глубины проникновения корней	не менее 3 раз за фазу, гр.
урожайность культуры	1 за вегетацию, кг/ м ² или т/га
Агротехнические параметры	
предпосевная обработка почвы	1 раз за вегетацию (описание)
способ посадки	1 раз за вегетацию (описание)
дозы и способы внесения минеральных удобрений	по мере внесения, кг/ м ² или т/га
способы обработки растений	по мере обработки, в зависимости от приема обработки
способы и сроки обработки почвы	по мере обработки, в зависимости от приема обработки
Оросительные параметры	
способ полива	1 раз за вегетацию (описание)
даты поливов	по мере проведения поливов
оросительная и поливные нормы	по мере проведения поливов, м ³ /га
влажность почвы перед посадкой культуры	1 раз за вегетацию, %
предполивной уровень влажности почвы	по мере проведения поливов, %

Таким образом, для адаптации модели необходим опытно-производственный участок, характеризующийся типичными для рассматриваемой территории условиями и оснащенный различными техническими средствами автоматизации и контроля параметров, указанных в таблице 1.

Важным вопросом при адаптации модели и для последующего выбора управляющей стратегии является оценка воздействий, оказываемых агротехническими мероприятиями на окружающую среду. Отсюда возникает необходимость разработки алгоритмов, учитывающих влияние негативных для ведения сельского хозяйства не только природных (длительное избыточное или недостаточное увлажнение), но и антропогенных факторов, таких как загрязнение дренажных вод, влияние поливов на засоление почв и других. Предлагаемая модель позволяет учитывать требования к водному режиму и менять параметры под конкретные условия.

Результаты и обсуждение. Разрабатываемая модель базируется на стандартном программном обеспечении в среде Excel, обладающем ценной возмож-

ностью программирования, но при этом доступном для пользователей. Центральное место в разрабатываемой модели «РОТАТО» занимает расчет водного баланса почвы орошаемого участка, используемого для выращивания культуры. В модели послойно рассматривается поток влаги с поверхности почвы (эвапорация) и с надземной части растений (транспирация) в атмосферу; учитывается возможный поверхностный и инфильтрационный стоки. Кроме того, в расчете водного обмена модель позволяет учитывать геометрические характеристики способа посадки культуры, влияющие на расчет водного баланса верхнего слоя почвы. В этой связи, вводятся поправки на объем почвы верхнего горизонта с учетом профиля посадки растений (рядовой или разбросной способ сева, ряды и междурядное расстояние).

Учитывая особенности технологии полива, из соображений привязки расчетов водного обмена верхнего слоя почвы к технике полива, выбирается алгоритм для расчета эвапорации и транспирации развивающегося фитоценоза.

На основе почвенных характеристик (водно-физические свойства, механический состав, данные агрохимического анализа) и данных стартовых условий о запасе влаги в корнеобитаемом слое в модели с временным шагом в одни сутки выполняется расчет актуальной влаги доступной для роста и формирования урожая с учетом испарения, выпадения осадков и поливов. В модели учитывается агротехническая информация: сроки посадки и поливов, продолжительности полива, дозы внесения минерального питания, сроки сбора урожая.

Астрономические и метеорологические параметры, собранные по координатам расположения рассматриваемого участка с 3-х часовым интервалом и обработанные с помощью общепринятых формул, используются для расчета радиационного баланса и потенциального испарения. Величина потенциального испарения с поверхности почвы рассчитывается моделью циклично на каждый день в зависимости от величины листового индекса и альбедо почвы. По мере увеличения площади листовой поверхности происходит затенение поверхности почвы листьями от падения на нее прямой солнечной радиации, альбедо и листовой индекс изменяются. Для учета этих изменений в интенсивности эвапорации в расчет потенциального испарения с поверхности почвы вводится поправка, учитывающая изменение альбедо, а также поток прямой солнечной радиации, снижающийся вместе с затенением, оцениваемой величиной проективного покрытия почвы надземной частью растений.

Формирование фитоценоза в модели рассматривается по периодам или фазам вегетации растений. Характеристики скорости прохождения фаз развития культуры зависят от температурного режима надземной и подземной частей и могут быть взяты согласно многолетним экспериментальным данным. Модель обеспечивает имитацию основных функций продукционного процесса растения: фотосинтеза, дыхания, накопления биомассы по органам растения (листьев, стеблей, корней и клубней), поглощения и накопления элементов минерального питания. В расчетах принимается, что суточное поглощение растениями минерального питания пропорционально дозе вносимых удобрений, показателю естественного плодородия почвы и интенсивности транспирации. Распределение продуктов фотосинтеза, сахаров и других органических веществ, идущих на рост

органов и накопление органического вещества, выполняется с помощью ростовых функций, подобранных под выращиваемую культуру. Коррекция итоговых параметров формирования растений (биомассы сухого вещества листьев, стеблей, корней), полученных с помощью ростовых функций, обеспечивается учетом влияния температурных и водных факторов на геометрические параметры органов (толщина листовая пластинки, роста корня в глубину, площадь корней по слоям почвы, расходы биомассы на дыхание роста и поддержания).

В разрабатываемой модели «РОТАТО» имитируется развивающийся посев раннеспелого картофеля от фазы «посадка» до фазы «техническая спелость», его орошение с помощью капельной линии и мелкодисперсного дождевания в сухостепной зоне Волгоградской области.

Имитационная модель имеет возможность формирования оптимального поливного режима, в зависимости от влажности почвы в прикорневой зоне и напряженности метеорологических условий, оцениваемых по температуре воздуха и испаряемости.

В качестве примера приведем один из вариантов многофакторного опыта по выращиванию раннеспелого картофеля при орошении с помощью капельного и комбинированного способа в сухостепной зоне Волгоградской области, проводимого с 2015 по 2017 гг. На рисунке 2 показаны динамика эвапорации и транспирации, полученная на одном из вариантов опыта и построенная на имитационной модели при оптимальном варианте управления орошением с позиции повышения урожайности (данные полевого опыта за 2015, вариант А2В2С2) [4].

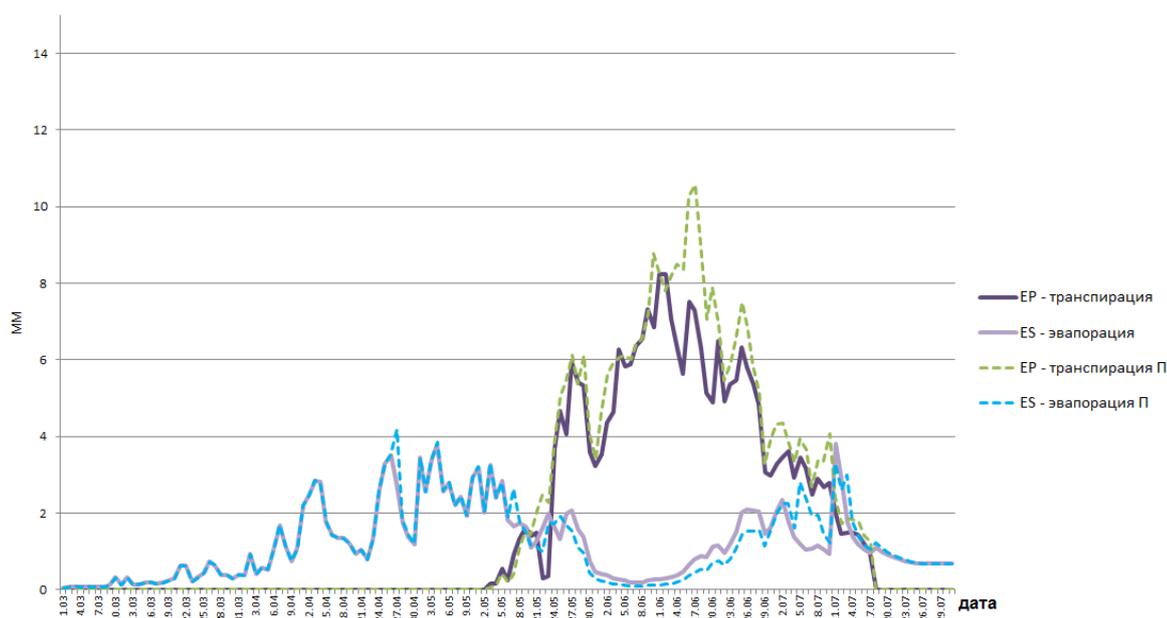


Рисунок 2 – Динамика расчетных суточных значений эвапорации и транспирации по данным опыта за 2015 год, вариант А2В2С2 при комбинированном орошении и при оптимальном управлении орошением на имитационной модели «РОТАТО»

Из анализа полученных опытных данных и результатов моделирования видно, что объем воды, расходуемый на полив при предлагаемой моделью схеме орошения, на 40,1 % больше фактического (2243 м³/га – фактический, 3143 м³/га

- предлагаемый), но урожайность при этом будет на 16,6 % выше (урожайность клубней фактическая - 54,1 т/га, на предлагаемом моделью варианте орошения - 63,1 т/га). Данная модель позволяет перебрать больше количество комбинаций, позволяя найти наилучшую схему поливов, которая сбалансирована расход ресурсов и приведет к максимуму урожая. Регулирование водного режима - это только один из комплекса возможных управляемых факторов жизни растений, который можно моделировать, оценивая конечный результат.

Выводы. Выполненные исследования показали, что изученность и состояние имитационного моделирования системы «почва-растение-атмосфера» позволяет создавать детальные и при этом достаточно простые и надежные расчетные схемы для понимания процессов влияния агротехнических и метеорологических факторов и почвенных условий на формирование агробиоценоза. Однако наблюдения, необходимые на этапе сбора данных для последующей адаптации и успешного функционирования модели, весьма трудоемки, кроме того к ним предъявляются достаточно жесткие требования в части точности и полноты собираемой информации. Предусмотренная разрабатываемой имитационной моделью возможность введения поправок в режиме реального времени и с учетом прогнозной информации позволяет увеличить число решаемых с ее помощью задач и разрабатывать стратегии управления гидромелиоративными системами в режиме, обеспечивающем экологическую устойчивость на осушаемых и орошаемых землях.

Список использованных источников

1. Шабанов В.В., Голованов А.И. Некоторые аспекты точной мелиорации // Природообустройство. – 2019. - № 1. - С. 92 – 96.
2. Галямин Е.П., Шумаков Б.Б. Принципы и пути решения проблемы комплексного регулирования факторов жизни растений / Вопросы управления комплексом факторов жизни растений: сб. науч. трудов / ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. – М., 1978. – С. 5 – 19.
3. Добрачев Ю.П., Соколов А.Л. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. – 2016. - № 3. – С. 90 – 96.
4. Бубер А.А. Имитационная модель формирования урожая раннего картофеля Potato для климатических условий Нижнего Поволжья / Бубер А.А. // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск. - 2018. - № 3 (71). С. 64-71.

УДК 631.674

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

В.П. Филиппов¹, В.В. Алексеев¹, С.И. Чучкалов²

¹Чебоксарский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации, г. Чебоксары, Россия;

²Чувашский государственный университет, г. Чебоксары, Россия

Капельное орошение [1], получившее широкое распространение в странах с дефицитом пресной воды и большой долей аридных областей, постепенно начинает получать распространение и в России. Непрерывно повышающийся спрос

на пресную воду побуждает сельскохозяйственных производителей переходить на данный метод орошения из экономических соображений [2].

При осуществлении капельного орошения одной из важных задач является определение геометрических параметров получаемых контуров увлажнения в области развития корневой системы. Информация о глубине, ширине и форме контура увлажнения позволяет без лишних затрат оптимально обеспечить корневую систему водой, удобрениями и т.п. Форма и размеры контуров могут значительно различаться и существенно зависят от скорости, количества и качества подаваемой воды, наличия в ней растворенных удобрений, а также от водно-физических свойств и состояния самой почвы. Указанные факторы непосредственно влияют на поливные нормы, что обуславливает необходимость расчета их динамики для оптимизации и повышения экономической эффективности капельного полива. Во многих современных исследованиях [3, 4] при точечном увлажнении распределение влаги выражается в виде регрессионных зависимостей, приблизительно описывающих динамику геометрических форм контуров для различных значений влажности.

Исследования по изучению параметров контуров увлажнения для разных поливных норм часто проводятся на водно-балансовых площадках и имеют на начальном уровне описательно статистический характер. В ряде случаев применяется метод расчета, изучающий зависимость числа капельниц и их расположения относительно растения от объема подаваемой воды для одной капельницы, с возможностью масштабирования до произвольной площади. При этом идет учет значительного количества факторов [5]: степени начального увлажнения участка, ее зависимость от глубины, типа почв, водопроницаемости, пористости, засоленности, уплотненности почвенного профиля, климата и др. Для анализа значений объемной влажности производят либо установку на разных глубинах датчиков влажности, либо бурение для взятия образцов. Далее, с применением статистических методов выводят уравнения регрессии, показывающие влияние обозначенного ряда факторов на форму и размеры контура увлажнения. Такой подход далеко не всегда применим к экстраполяции полученных выводов для тех же самых почв находящихся в более уплотненном и разрыхленном состоянии, не говоря уже других типах почв. Однако, капельное орошение, несмотря на имеющийся ряд нерешенных вопросов [6], позволяет наиболее экономически эффективно и экологически безопасно поддерживать оптимальный водный режим почв растений. Комплексная задача дозирования подачи воды непосредственно к корневой системе сельскохозяйственных культур может быть описана численными методами, в качестве основы которых логично использовать основную гидрофизическую характеристику почв (ОГХ) и функцию влагопроводности. ОГХ определяет зависимость давления почвенной влаги от влагосодержания. Функция влагопроводности связывает ОГХ с коэффициентом влагопроводности, также зависящим от влагосодержания. ОГХ и функция влагопроводности напрямую зависят от физико-механических свойств почв. Они позволяют полно и однозначно детерминировать перемещение влаги. Большое число разработано моделей функций водоудерживающей и водопроницающей способности почв (таких,

например, как HYDRUS [7]), однако часто за используемым в них массивом вводимых констант и статистических расчетов перестает прослеживаться физическая обоснованность. Почвы Чувашской Республики (Россия) обладают невысоким природным плодородием и необходимо внешнее регулирование водного режима почв. Поэтому для подбора оптимальных поливных режимов и норм, позволяющих формировать должные контуры увлажнения, предлагается использовать не статистически описательный, а гидрофизический подход.

Рассмотрение почвенной влаги как фазы, имеющей поверхности контакта с почвенным воздухом и с твердой фазой почвы, позволяет осуществить анализ взаимодействия компонентов системы воздух – вода – почва в рамках энергетического подхода [8]. Градиент потенциала почвенной влаги $\psi = E/m$ (отношение энергии к массе воды) или эквивалентное давление $p = \rho\psi$ (ρ – плотность воды) задают перемещение влаги в почве. Значение потенциала складывается из взаимодействия влаги с твердой фазой почвы ψ' и почвенным воздухом ψ'' . Таким образом, определяются функция влагопроводности и основная гидрофизическая характеристика почвы. В работах [9, 10] для них получены следующие выражения:

$$\psi = \psi' + \psi'' = \frac{A\Omega_0^3}{\rho} \cdot \left(\frac{1}{w^3} - \frac{1}{\Pi_0^3} \right) + \frac{\Omega_0\sigma_{lg}}{\rho} \cdot \left(1 - \frac{w}{1 - \Pi_0 + w} \right) \cdot \left(1 - \frac{w}{\Pi_0} \right)^{2,5}, \quad (1)$$

$$K(w) = \frac{\pi^2}{\Omega_0\eta S^2} \cdot \frac{\lambda\Pi_0^{2,5}}{1 - \Pi_0} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{w}{\Pi_0} \right)^2 \right], \quad (2)$$

где: Ω_0 – объемная удельная поверхность, (m^2/m^3), σ_{lg} – удельная свободная поверхностная энергия на границе вода/воздух ($Дж/м^2$), ρ – плотность воды ($кг/м^3$), A – размерная константа ($Дж$); Π_0 – пористость сухого почвенного образца ($м^3/м^3$), η – вязкость воды, ($Па \cdot с$); S – площадь поперечного сечения почвенного образца ($м^2$), через который осуществляется перемещение влаги; λ – безразмерный коэффициент.

При проведении лабораторных и полевых экспериментов со светло-серой лесной почвой выяснено отсутствие деформации и смыва твердой фазы почвы. Также сделаны предположения о равенстве температуры поливной воды и воды в почве, невысокой концентрации солей, незначительном вкладе испарения и всасывания воды корнями растений. Эти факты позволили, сделав ряд приближений, упростить расчетную модель.

Использование формул (1) и (2), при современном уровне мощностей вычислительной техники, позволяет отказаться от использования дифференциальных уравнений влагопроводности Ричардса и использовать разностные уравнения Дарси. Задача определения контуров увлажнения при капельном орошении

в общем случае трехмерная. Она может быть сведена к осесимметричной двумерной задаче с капельницей, расположенной на оси только при нулевом уклоне орошаемой поверхности.

Расчет распределения влаги в почве выполнялся следующим образом: задавался объема влаги, поступающей в произвольную точку верхнего слоя (куб с ребрами в $\Delta h=1$ мм) за единицу времени. При вычислении разности потенциалов почвенной влаги для расчета переноса между соседними вертикальными слоями добавлялся гравитационный потенциал $g\Delta h$. Для горизонтального переноса это слагаемое отсутствовало. Одновременное решение двух уравнений Дарси позволило рассчитать вертикальный и горизонтальный перенос влаги. Условием корректности расчетов служил закон сохранения массы воды при соблюдении баланса давления почвенной влаги в теряющем и получающем воду объемах почвы.

Объемы ΔV_{Γ} влаги, перетекавшей между горизонтальными элементами объема и $\Delta V_{\text{В}}$ - в расположенный ниже (выше) элемент, рассчитывались по формулам Дарси:

$$\Delta V_{\Gamma} = K(w) \frac{\Delta p_{\Gamma}(w) + \rho g \Delta h}{\Delta h} S \Delta t, \quad (3)$$

$$\Delta V_{\text{В}} = K(w) \frac{\Delta p_{\text{В}}(w)}{\Delta h} S \Delta t, \quad (4)$$

где: $K(w)$ – коэффициент влагопроводности, $\Delta p_{\Gamma}(w)$ – разность давлений почвенной влаги в соседних горизонтально расположенных элементах почвы, $\Delta p_{\text{В}}(w)$ – разность давлений почвенной влаги в соседних вертикально расположенных элементах почвы, S – площадь основания элемента, Δt – время.

Для автоматизации расчетов составлена и использована программа на языке визуального программирования Delphi 10. Визуализация вычислений проводилась с использованием среды Golden Software Surfer 15.

Эксперименты проводились на светло серой лесной почве имеющей нулевой уклон и уклон в $i=11^{\circ}$. Это почвы с удельной поверхностью почвенных частиц $\Omega_0=46,2$ м²/г и пористостью $P_0=0,53$. В расчетах увеличение влажности с глубиной имитировали значения начальных распределений влажности линейно возрастающей с увеличением глубины от $w=0,39$ до $w=0,42$. Объемы подаваемой воды менялись от 0 до 0.5 л и от 0 до 2 л. Согласование результатов эксперимента и моделирования дано в виде таблицы 1 с коэффициентами детерминации для различных значений объемов прокапавшей воды.

Таблица 1 - Коэффициенты детерминации

Уклон $i, ^{\circ}$	Объем прокапавшей воды, л								
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7
0	0,7864	0,7525	0,7649	0,6644	0,6769	0,5886	0,6383	0,7355	0,6796
11	0,7827	0,7711	0,7650	0,6705	0,6361	0,7165	0,6369	0,7914	0,7522

Визуализация расчетов для капельного орошения представлена на рисунке 1 (без уклона) и рисунке 2 (с уклоном). Как показывают рисунки 1 и 2, наличие уклона практически не сказывается на начальном этапе орошения и левые столбцы рисунков практически не отличаются друг от друга. Однако правые столбцы уже заметно различаются тем, что при уклоне появляется сток. Таким образом, моделирование показывает неправильно подобранные режимы склонового орошения, что подтверждается экспериментами.

В алгоритме расчетов каждый элементарный объем почвы имеет следующие постоянные и рассчитываемые в итерационном режиме свойства: удельная поверхность, пористость, начальная влажность, коэффициент влагопроводности, давление почвенной влаги. Это позволяет, учитывая гидрофизические свойства почвы, рассчитывать профили увлажнения при дождевании и капельном орошении, необходимые при задании определенных геометрических параметров контуров увлажнения, что в свою очередь, непосредственно влияет на нормы и сроки проведения поливов.

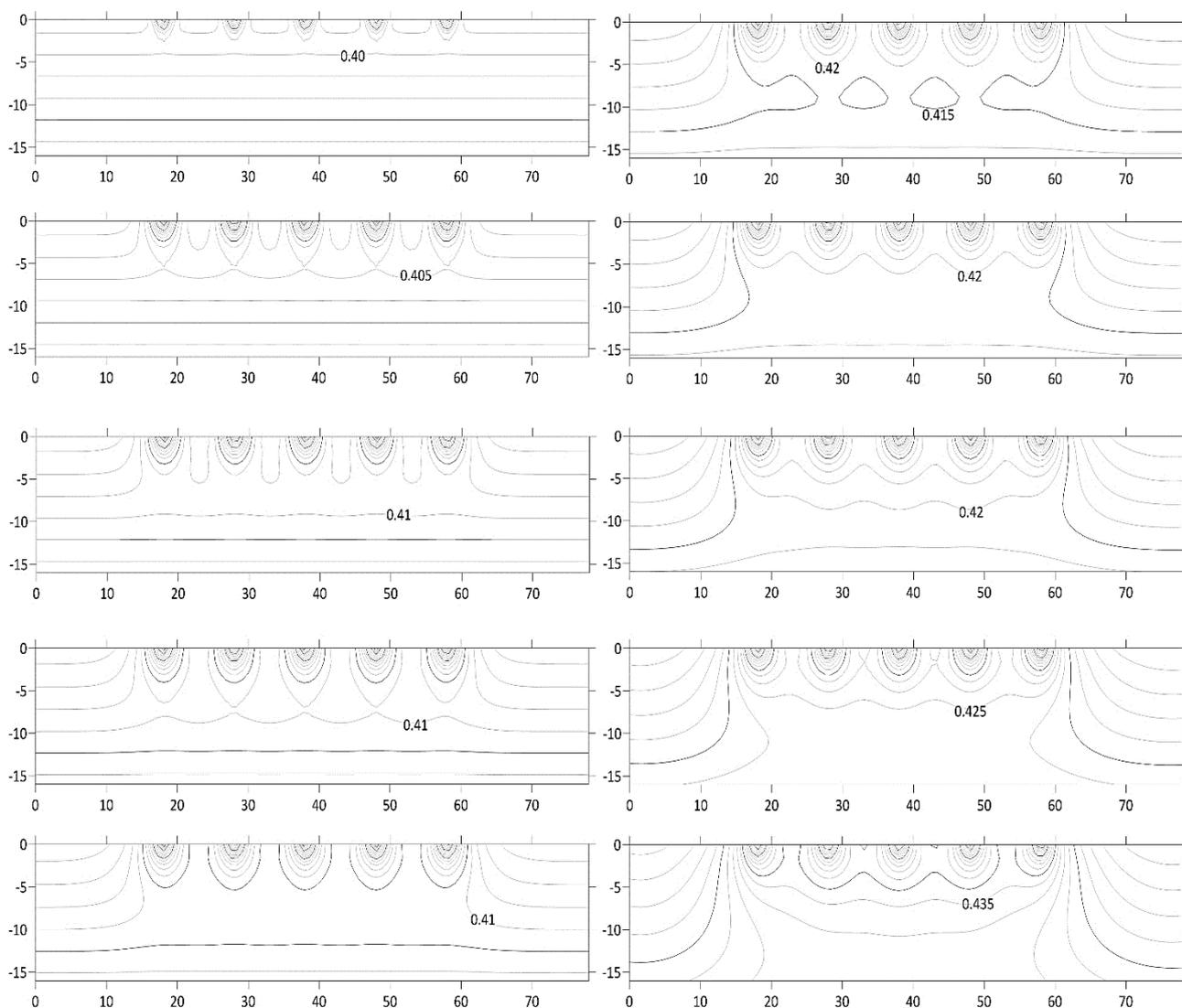


Рисунок 1 – Динамика контуров влажности почвы во времени при капельном орошении: нулевой уклон (на вертикальной и горизонтальной осях указаны линейные размеры в см)

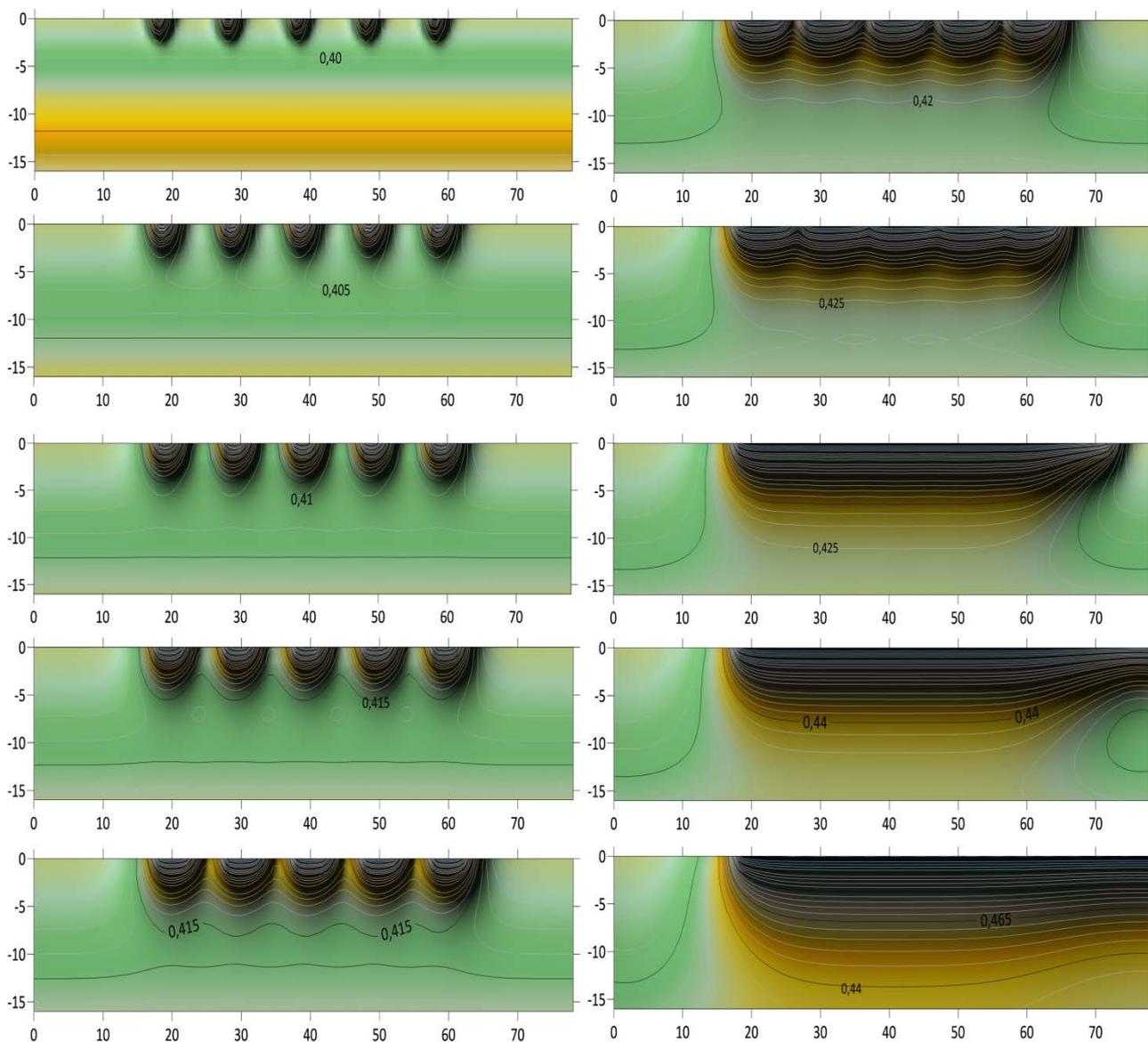


Рисунок 2 - Динамика контуров влажности почвы во времени при капельном орошении: уклон 11° (на вертикальной и горизонтальной осях указаны линейные размеры в см)

Разработанное программное средство, обладает функционалом, позволяющим с учетом основной гидрофизической характеристики почвы и функции влагопроводности задавать различные начальные градиенты влажности, количество и расположение капельниц, интенсивность и продолжительность водоподачи, отслеживая при этом динамику изменения контуров увлажнения. В качестве примера рассмотрено капельное орошение светло-серой лесной почвы.

На данном этапе при расчетах не рассматривается влияние солей на увеличение потенциала почвенной влаги. Для его учета планируется использование формулы Вант-Гоффа и корректировка формулы для ОГХ. Всасывание воды корнями растений планируется учитывать путем включения в формулу ОГХ значения всасывающего давления, соответствующего интересующему виду растений. Разности температур почвы и поливной воды необходимо учитывать по формулам теплового баланса, что позволяет вносить корректировки в значения коэффициентов вязкости и поверхностного натяжения.

Список использованных источников

1. Albaji, M., Golabi, M., Boroomand Nasab, S., Zadeh, F.N. Investigation of surface, sprinkler and drip irrigation methods based on the parametric evaluation approach in Jaizan Plain / M. Albaji // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. – 2015. – Vol. 14, № 1. – P. 1-10.
2. Devika, N., Narayanamoorthy, A., Jothi, P. Economics of drip method of irrigation in red chilli crop cultivation: an empirical study from Tamil Nadu / N. Devika // *Journal of Rural Development*. – 2017. – Vol. 36, № 3. – P. 293-310.
3. Ramah, K., Santhi, P., Thiyagarajan, G. Moisture distribution pattern in drip irrigated maize based cropping system / K. Ramah // *Madras Agricultural Journal*. – 2011. – Vol. 98, № 1-3. – P. 51-55.
4. Reyes-Cabrera, J., Zotarelli, L., Dukes, M.D., Rowland, D.L., Sargent, S.A. Soil moisture distribution under drip irrigation and seepage for potato production / J. Reyes-Cabrera // *Agricultural Water Management*. – 2016. – Vol. 169. – P. 183-192.
5. Selim, T., Berndtsson, R., Persson, M. Simulation of soil water and salinity distribution under surface drip irrigation / T. Selim // *Irrigation and Drainage*. – 2013. – Vol. 62, № 3. – P. 352-362.
6. Muršec, M., Leveque, J., Chaussod, R., Curmi, P. The impact of drip irrigation on soil quality in sloping orchards developed on marl – a case study / M. Muršec // *Plant, Soil and Environment*. – 2018. – Vol. 64, № 1. – P. 20-25.
7. Rowshon, M., Muhammed, H., Mojid, M., Ruediger, A., Soom, M. Two-dimensional modeling of water distribution under capillary wick irrigation system / M. Rowshon // *Pertanika Journal of Science and Technology*. – 2019. – Vol. 27, № 1. – P. 205-223.
8. Maksimov, I., Alekseev, V., Chuchkalov, I. Erosion resistance potential as a soil erodibility characteristic based on energy approach / I. Maksimov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – Vol. 226. – 012067.
9. Алексеев В. В. Исследование профилей увлажнения почвы с уплотненным слоем при дождевании и поверхностном поливе//*Природообустройство*. 2016. № 4. С. 92-96.
10. Сысуев В.А., Максимов И.И., Алексеев В.В., Максимов В.И. Получение основной гидрофизической характеристики почв на основе идеализированных моделей//*Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2013. № 5. С. 66-63.

УДК 631.171;631.6

ВОПРОСЫ ОБОСНОВАНИЯ НЕОБХОДИМОСТИ ТОЧНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ФАКТОРОВ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ

В.В. Шабанов, В.Н. Маркин, А.Д. Солошенко

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Развитие сельского хозяйства, в том числе арктических и сибирских территорий, в рамках Государственной программы [1] сопряжено с решением ряда экономических и экологических вопросов. Экономические – связаны с обеспечением данных территорий продовольствием, получаемом с собственных угодий, что дешевле использования завозных продуктов. Экологические вопросы включают малую пригодность природно-климатических условий для выращивания растений. В первую очередь это относится к температурным условиям, водному и питательному режимам почв. При этом, если водный и питательный режимы регулируются соответствующими мелиоративными мероприятиями, то тепловой режим, в пределах открытого поля, практически не управляем. Решение данных

вопросов, необходимое для обоснования вида и объема управляющего мелиоративного воздействия, связано с учетом почвенной неоднородности условий выращивания растений, которая проявляется на макро, мезо и микроуровнях.

На макроуровне определяются экономическая и экологически целесообразность выращивания растений в конкретном сельскохозяйственном регионе определенной природно-климатической зоны. Определяющее значение имеют факторы внешней среды: количество фотосинтетически активной радиации, что в совокупности с содержанием гумуса и биологической активностью почвы определяет потенциальную урожайность, длительностью вегетационного периода и отдельных его фаз, теплообеспеченность, что определяется, например, суммой активных температур, тип почв, рельеф местности, влагообеспеченность территории (характеризуемая например, гидротермическим коэффициентом) и другими почвенно-климатическими характеристиками зональных условий.

Характеристика условий, сибирских и северных территорий для выращивания растений, на макроуровне (уровень регионов) подтверждает их несоответствие требованиям большинства сельскохозяйственных растений (рис.1). Однако известно, что растениеводство (очаговое) осуществляется на пойменных участках, на которых в теплое время года температуры достаточно высокие, приводящие к оттаиванию вечной мерзлоты в пределах одного метра, что создает благоприятные условия для произрастания культурных растений, например, картофеля [2,3].

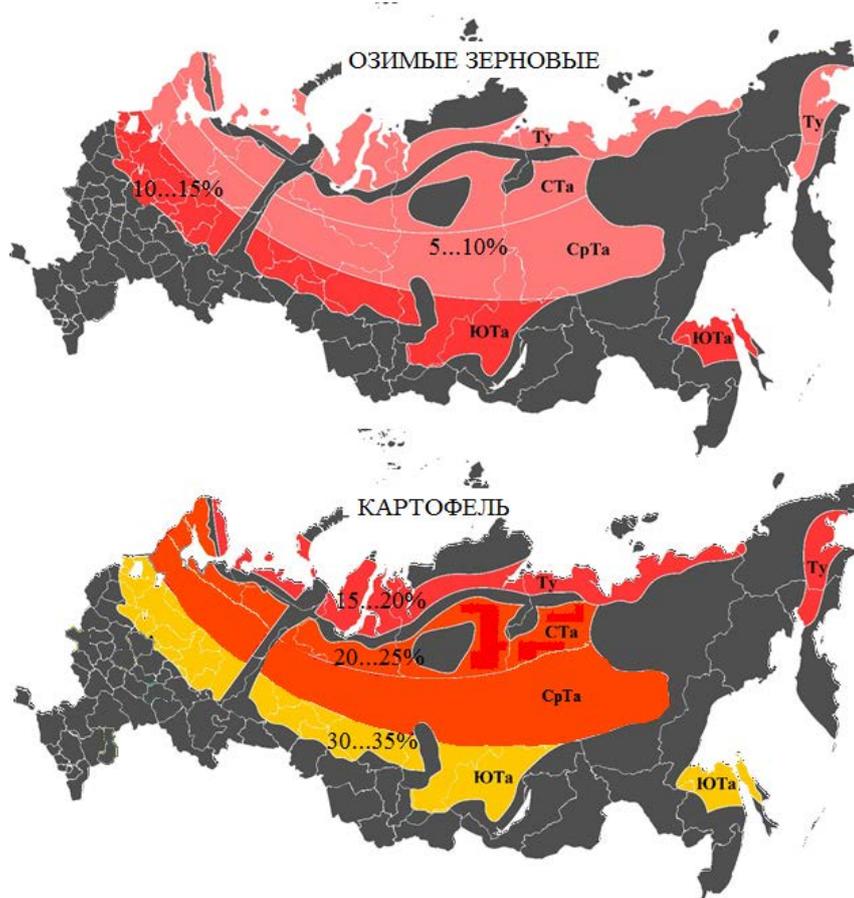


Рисунок 1 - Вероятности оптимальных температурных условий для сельскохозяйственных культур в таежной зоне (%)

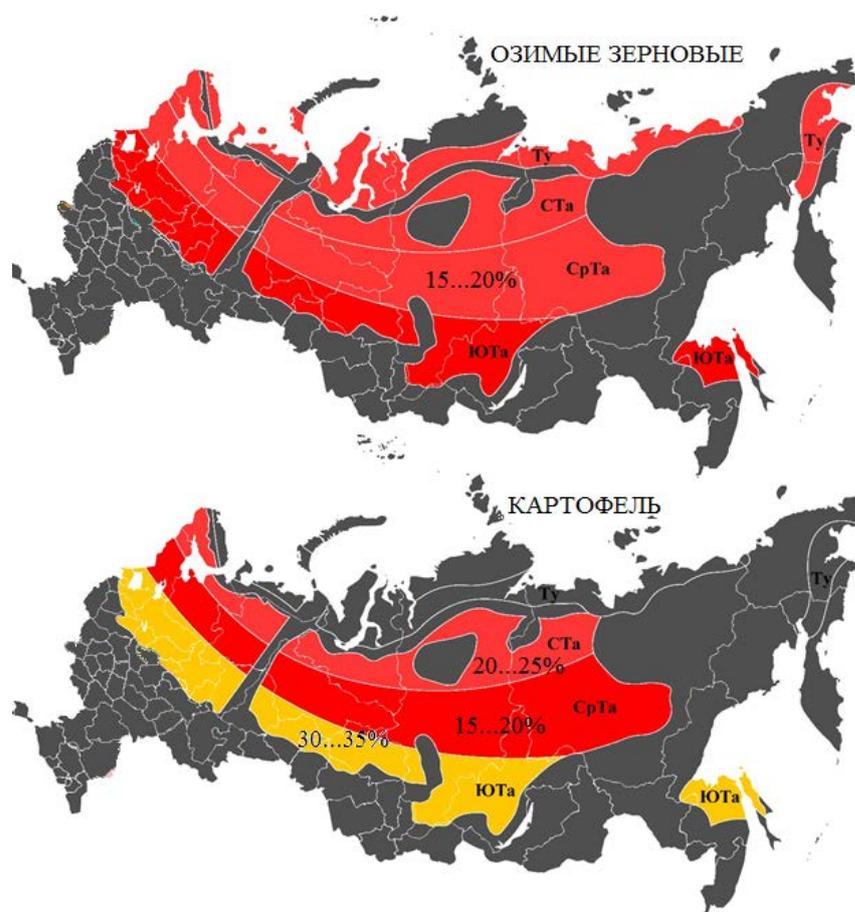


Рисунок 2 - Вероятности наступления оптимальных водных условий для сельскохозяйственных культур в таежной зоне (%)

Поэтому вопросы обоснования мелиоративного воздействия (вида и объема) выходят на уровень конкретного участка выращивания (поля), т.е. на мезо уровень. Данный уровень обоснования мелиорации включает рассмотрение вопросов:

- выявление пригодных для земледелия участков, в том числе выделение репрезентативных участков, которые позволят развивать сеть сортоиспытательных станций;
- внедрение системы точного мелиоративного регулирования факторов жизни растений и почвенной биоты.

Ориентация на развитие северного края и арктических территорий приводит к необходимости развития сети государственных сортоиспытательных станций (ГСУ) на возможных мелиорируемых территориях в данных зонах. Сорты должны отвечать условию наилучшего соответствия факторам внешней среды, что обеспечивает высокую урожайность и высокое качество продукции. Подобранные сорта должны наилучшим образом быть приспособлены к наиболее часто повторяющимся условиям, которые становятся для них оптимальными.

На мезо уровне рассматриваются факторы: температура и влажность почвы, глубина залегания грунтовых вод (если они есть) и обеспеченность почв питательными веществами, экспозиция склона и другие факторы, отражающие многообразие условий среды и поддающиеся мелиоративному регулированию [4,5].

Система точного мелиоративного регулирования факторов жизни растений, или точная мелиорация, это регулирование условий внешней среды в любом пространстве деятельности, в соответствии с требованиями культурного растения и почвенной биоты (по Шабанову В.В., Голованову А.И. [6]). Учитывается, что требования биологических объектов меняются во времени, а параметры среды значительно изменяются в пространстве. Для осуществления точного регулирования условий среды требуется:

- моделирование требований растений и почвенной биоты к факторам внешней среды;
- описание условий среды выращивания растений по конкретному фактору в мезо и микрозонах на сельскохозяйственном поле;
- обоснования направленности и величины мелиоративного воздействия на мезо и микроуровнях.

Моделирование требований растений к факторам внешней среды системы «растение-среда» можно проводить на уровне популяции или сообщества, при выращивании смешанных посевов. При этом хорошо зарекомендовали себя однофакторные модели [7]. Они описывают зависимость реакции организма от одного фактора внешней среды в предположении, что другие факторы зафиксированы на определенном уровне и требования растений описываются на конкретный момент времени вегетации. При этом основные соотношения, характеризующие организм как целое, сохраняются. Продуктивность агроценоза определяется при помощи наложения продуктивностей всех составляющих его растений. Поэтому функции требований растений одного вида к факторам среды будут однообразны.

Описание условий среды выращивания растений по конкретному фактору делается с помощью функций распределения вероятности фактора, которая полностью характеризует объект по данному фактору. Это делает ее универсальной в описании условий выращивания растений и условий развития почвенной биоты. При этом, например, для почвенных влагозапасов и температуре почвы, функция хорошо соответствует закону нормального распределения, который определяется, легко доступными в инженерной практике, среднемноголетним значением и среднеквадратическим отклонением. Это необходимо для обоснования мелиоративного воздействия на мезо и микроуровнях, что связано с сопоставлением требований растений с фактическими условиями среды [5]. В качестве оценочного параметра используется вероятность соответствия требований растений и условий среды. Для расчета одномерных вероятностей достаточно знать статистические характеристики закона распределения признака.

Мелиоративные системы, в настоящее время, могут (должны) позволять управлять факторами среды на микро уровне, и подавать оросительную воду, раствор питательных веществ и живых существ, например, бактерий и водорослей. Микро уровень, определяется возможностями средств управления и подразумеваются кластеры размером, не более 2×2м. Это может (должно) быть сделано не только дифференцированно по площади, но и оперативно во времени [6].

Сельскохозяйственные растения являются интродуцированными видами в места выращивания. В этом случае, требования растений не соответствуют условиям среды, и требуется, например, селекционная работа и мелиоративные воздействия. Напротив, почвенная биота на конкретном участке наилучшим образом приспособлена к существующим условиям их исторического обитания. Поэтому, учитывая только требования растений, человек изменяет внешнюю среду, делая ее параметры более оптимальными для сельскохозяйственных растений. Но это приводит к изменению среды обитания почвенной биоты и ее угнетению, что ведет к снижению почвенного плодородия. Растения выращиваются, фактически, в деградирующей почве, а это ведет, в том числе, к снижению качества сельскохозяйственной продукции.

Экологическое состояние почв оценивается физико-химическими показателями, которые определяют условия среды биоты, и биологическими показателями, которые основаны на анализе состояния почвенных организмов, в частности - крупные беспозвоночные (мезофауна, например, дождевые черви). Их ареалы хорошо изучены и характеризуются определенным комплексом почвенно-климатических условий. Имеют тесную и ярко выраженную связь с отдельными почвенными характеристиками и изменениями, происходящими в почве. Средой обитания является почва в целом, как единая система, со всей совокупностью свойств, поэтому наиболее полно и стабильно во времени отражают состояние почвы. Учет требований сельскохозяйственных растений и требований почвенной биоты и представляет основную особенность точной (количественной) мелиорации. Концепция развития точных мелиораций [6] связана с переоборудованием существующих гидромелиоративных систем устройствами, позволяющими создавать дифференцированный режим управления факторами жизни растений, в каждой «точке» поля. Причем, с учетом изменяющихся во времени требований растений и почвенной биоты.

Результатом точного мелиоративного регулирования будет увеличение урожайности сельскохозяйственных растений (на 10 - 20%), повышение качества продукции, сохранение и повышение почвенного плодородия, поскольку оптимальные условия создаются для почвенной биоты, как основного объекта управления.

Список использованных источников

1. Государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года»: утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2014 г. N 366.
2. Шабанов, В.В., Ключева В.А. Оценка обеспеченности агрометеорологических условий для произрастания картофеля на примере района г. Якутска. //Труды МГМИ, т. 29, 1965.
3. Шабанов В.В. Обоснование необходимости тепловых мелиораций в Центральной и Северной части Европейской территории СССР. //Материалы научной конференции Москва 1967 г.
4. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Методика выбора места и частоты наблюдений за изменением морфометрических характеристик водных объектов, состояния берегов и режима использования водоохраных зон //Природообустройство. – 2014. - №5. - С.26-29.
5. Шабанов В.В. Биоклиматическое обоснование мелиораций. -Л: Гидрометеиздат, 1973. С. 164.

УДК 631.6.02:631.619:631.445.52

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРОНИЗАЦИЯ, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ, КАК ПРЕДШЕСТВЕННИКИ ЦИФРОВИЗАЦИИ МЕЛИОРАЦИИ

И.Ф. Юрченко

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Введение. Одним из приоритетных направлений институциональной экономической политики современной России является переход к цифровым технологиям производства, цифровизация экономики. Мир уже вступил в эру цифровой глобализации, движимую потоками данных, которые содержат информацию, идеи и инновации. Смарт-устройства уменьшаются в размерах, становятся быстрее, дешевле, мощнее и приобретают статус ключевого инструментария в решении проблем действенности производства. Сегодня настало время, когда интеллектуальные цифровые решения призваны помочь аграриям обеспечить рост продуктивности и устойчивость развития технологических процессов [1].

По предварительным оценкам программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р, ожидаемый на период до 2025 года минимальный общий экономический эффект от внедрения в агропроизводство одной из базовых технологий цифровой экономики, так называемой технологии вещей (IoT), может составить около 469 миллиардов рублей. Эффект прогнозируется за счет оптимизации расходов на персонал; сокращения потерь урожая, топлива и смазочных материалов.

Современному этапу внедрения цифровых технологий в аграрный сектор экономики России предшествовали такие этапы становления и эволюции информационных ресурсов и систем, как автоматизация, электронизация и информатизация [2]. Приходится отмечать, что их использование не смогло обеспечить отрасли должный технологический и экономический уровни развития, предотвращающие глобальные вызовы в сфере продовольственной и биологической безопасности общества в настоящее время. Вместе с тем изучение и анализ опыта эволюции и совершенствования теории и практики автоматизированного управления - одно из гарантированных условий выбора действенных мероприятий цифровизации мелиоративного сектора экономики.

Цель настоящей работы – осуществить анализ и выполнить оценку эффективности основных этапов формирования и развития информационных ресурсов (ИР) и информационных технологий (ИТ) в мелиорации и рассмотреть направления их совершенствования, способствующие успешности цифровизации системы растениеводства на мелиорируемых землях.

Материалы и методы исследования. Материалы исследования - результаты научно – исследовательских работ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костя-

кова», нормативно-правовые документы, а также научные теоретические источники и итоги практических опытов. В исследовании использованы методы: системного анализа, структурно-функционального сравнения.

Из предыстории цифровизации. Развитие новых исследований и появление плодотворных результатов в области теории управления в целом и, в частности, в сфере оптимизации управления производственными процессами, связанного с появлением электронных и компьютерных технологий, инициировало масштабность работ по формированию и внедрению ИТ в сфере мелиорации. Максимальное количество разработок по автоматизации управления объектами ирригации приходится на 70 годы прошлого столетия и совпадает с *этапом автоматизации* технологических процессов в агропромышленном комплексе путем создания и внедрения АСУ ТП - автоматизированных систем управления технологическими процессами [3-5]. Как правило, АСУ ТП имеет пульт (пульта) управления, средства трансформации и хранения собираемой информации, датчики, устройства управления, исполнительные устройства, средства коммуникации. В первую очередь автоматизировалось управление водозаборами из поверхностных и подземных источников, насосным оборудованием, сооружениями на водопроводящих линейных объектах, регулирующими водораспределение на каналах, лотках и трубопроводах ирригационных систем, что способствовало водосбережению за счет сокращения несанкционированных сбросов воды.

Так, автоматизация водозабора на Терско-Кумском гидроузле в республике Северная Осетия (Алания) обеспечила возможность реализации планируемого расхода воды в канале с отклонениями, не превышающими $\pm 3\%$.

Автоматизация распределения воды на сети водопроводящих каналов Атбашинской ирригационной системы в Киргизии гарантировала устойчивость стока и равномерность водоподачи в систему, стабильность баланса водоподачи и водозабора на участках водопроводящей сети без должного наблюдения и бесконтрольными потерями воды, бесперебойную подачу воды водопользователям по плану. Для сокращения инвестиций в строительство и эксплуатационных затрат на каналы и автоматизацию ГТС на системе приняты различающиеся контуры автоматического регулирования водоподачи по независимым участкам, интегрированным в общую систему

Были проведены работы по автоматизации водоподачи и контролю расходов воды на Невинномысском канале Ставропольского края Российской Федерации, автоматизированы пункты диспетчеризации и вододеления на Петровско-Анастасиевской, Федоровской, Афипской системах в Краснодарском крае, Нижне-Донской, Богаевско-Садковской и других системах в Ростовской области, Кисловской, Городищенской и Тажинской в Волгоградской области и др. [6,7].

Задачи средств диспетчеризации и телемеханики автоматизированных технологических процессов на указанных объектах ирригации заключались в наблюдении и управлении ведущими системообразующими ГТС, согласовании функционирования локальных технологий управления, в части гармонизации водообеспеченности источника орошения и требований поливной воды водопотребителями.

Автоматизированное водораспределение обеспечивается независимыми системами изменения стока воды, регулированием уровней средствами гидравлики, оборудованием комплексной телемеханики, специализированными управляющими машинами. Для аварийных ситуаций на централизованных системах автоматизированного водопользования предусматривался перевод на системы локальной местной автоматизации, что обеспечивало действенность функционирования и высокую надежность принятой иерархии автоматизированного управления вододелением.

Проводились существенные работы по автоматизации и телеуправлению водопользованием на ростовских системах ирригации. Автоматическое управление водопользованием базируется на принципе централизованного диспетчерского управления объектами водораспределения. Для реализации автоматического маневрирования затворами использованы электрифицированные винтоподъемники, что обусловило трансформацию системы электроснабжения ГТС, управляемых с диспетчерского пульта. Реконструированы и вновь построены линии связи с оборудованием средств телемеханики. Все автоматизированные ГТС оснащались технологическими датчиками и системой коммуникации для передачи получаемых от них данных на специализированные пульта централизованного диспетчерского управления, обеспечивающие сбор, обработку и трансформацию данных, принятие оперативных решений и назначение корректирующих воздействий.

В больших объемах создание технологий автоматического и телемеханического управления вододелением осуществлялось на Донском магистральном канале, магистральных и распределительных каналах Пролетарской рисовой, Верхне-Сальской, Нижне-Донской и Азовской систем ирригации. Средства телемеханизации и автоматизации технологических процессов водопользования на ростовских системах осуществляли управление водоподачей на 205 гидротехнических водовыделах на общую площадь полива порядка 140 тыс. га.

Регулирование вододеления проводилось в следующих режимах работы: индивидуальный подбор ГТС автоматизированного управления, циклический контроль всех сооружений, периодический контроль автоматизируемых ГТС в установленном режиме через 0,5...4,0 часа. Системой обеспечивалось выявление аварийных ситуаций, функционирование в режимах ожидания и связи с диспетчерской службой. Окончанием этапа автоматизации, обусловленным начавшейся перестройкой хозяйственного механизма в Российской Федерации, считаются восьмидесятые годы прошлого столетия.

Этап электронизации мелиоративной деятельности, пришедшийся на период 1975 – 1985 гг., связан с автоматизацией проектирования, что, очевидно, объясняется максимальной эффективностью его реализации. Согласно показателям системы КАНАРСПИ (качество, надежность, ресурс изделия с первых изделий), разработанной корпорацией Долгат Серфи, на 1 рубль затрат на автоматизацию проектирования приходится 10 рублей на автоматизацию процесса реализации проекта и 100 рублей на автоматизацию этапа эксплуатации [8].

Разработка систем автоматизированного проектирования (САПР) базируется на формировании технологических линий проектирования (ТЛП), реализуемых с применением ЭВМ для локальных объектов (фрагментов) проекта. По данным экспертов к началу 90-х г. прошлого столетия в области мелиорации были реализованы более 200 программ по автоматизации проектного процесса, были созданы и развивались свыше 350 САПР проектных институтов.

Переход к рыночным отношениям и изменение условий хозяйствования вызвали общее снижение объемов проектных работ и использования службы САПР. Для специализированных подразделений проектных институтов стало возможным «экономить» фонд зарплаты за счет отказа от автоматизированного проектирования вне зависимости от природно – хозяйственных условий объекта и требований технологического процесса проектирования. Игнорирование детальной многовариантной проработки проектных решений на основе моделирования и передовых технологических подходов своего времени привело не только к ухудшению качества решений, но и способствовало безвозвратной потере «информационного наследия» региональных проектных институтов АПК из-за беспрецедентной, безоглядной и скоропалительной ликвидации тщательно выстроенной и выстраданной, дорого обошедшейся обществу системы автоматизированного проектирования объектов мелиорации.

Начиная с 2000 г. в сфере производства проявляется значительный интерес к использованию эффективного класса компьютерных управляющих систем – СППР (систем поддержки принятия решений), обусловленного потребностью в повышении производительности труда и качества управляющих воздействий, назначаемых лицами, принимающими решение (ЛПР). СППР становятся преобладающими ИТ *этапа информатизации* мелиоративного сектора экономики. Математические методы исследований операций и деятельности ЛПР, которые сводятся к разработке моделей поведения объекта, позволяют повысить пределы управляемости, раскрывая специфику методологии управления, определяемую характеристиками изучаемого объекта.

Для теории управления технологическими процессами функционирования гидромелиоративных систем характерны методы, операции и технические процедуры, формирующие нормы и правила применения средств познания при изучении и анализе, базирующиеся на системном подходе. Использование системного подхода в практике автоматизированного управления мелиорациями длительное время сдерживалось отсутствием у ЛПР должной степени владения методами количественного анализа. Практическое применение этих методов стало возможным с приобретением управленцами знаний, необходимых для их реализации.

Возрастающая актуальность методов теории количественного анализа в практике создания ИТ обусловлена также масштабностью функциональных возможностей; удобным интерфейсом; высокой гарантией информационной и технологической поддержки принимаемых решений, присущих компьютерным технологиям, методическое обеспечение которых базируется на положениях системного подхода и анализа.

СППР включают операции сбора, хранения, обработки информации о параметрах и состоянии объекта воздействия, позволяют выполнять прогнозы процессов, происходящих в природной среде, а также обеспечивают поддержку (информационную, технологическую, организационную и пр.) процедурам принятия решений [9,10].

Новое время, характеризующееся «экологическим мышлением» общества, а также политическими и экономическими условиями, ставит перед мелиоративной наукой и практикой новые задачи, решение которых требует современных ИТ с привлечением нетрадиционных методологических алгоритмов, математических моделей и методов [11-14].

Технологический процесс формирования мелиоративного состояния агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель представляется сложным комплексом работ, направленных на поддержание оптимального влажностного, пищевого, температурного и др. режимов почв с учетом изменяющихся во времени потребностей выращиваемой культуры [11]. Такой подход целесообразен для конструирования высокопродуктивного и устойчивого агроландшафта, и его реализация требует ресурсосберегающих технологий точного или «прецизионного» управления агропроизводством (англ. precision agriculture) на мелиорируемых землях [15].

Сегодня на рынке услуг предлагается множество систем (как правило, зарубежной разработки, реализации и комплектации) для мониторинга состояния почвы и погодных условий в режиме реального времени. Они помогают не только наблюдать за изменениями условий агропроизводства, но и принимать действенные управленческие решения, дистанционно управлять системами мелиорации [2].

Структура предлагаемых к реализации коммерческих АСУ ТП по мелиорации может включать локальные системы автоматического управления (САУ) и устройства автоматизации. В этом качестве используются: SCADA (системы диспетчерского управления и сбора данных) и DCS (распределенные системы управления), различающиеся архитектурой системы ввода-вывода и децентрализацией обработки данных; PLC (системы на программируемых логических контроллерах), интегрированные в единый комплекс.

Растущее давление конкурирующих потребностей сельского хозяйства в водных ресурсах наряду с экологическим императивом технологических процессов требует от мелиоративного агропроизводства минимального воздействия на окружающую среду. Решение этой серьезной проблемы - действенного управления водными ресурсами, регулирования почвенного плодородия агроэкосистем для устойчивой интенсификации системы растениеводства при соблюдении экологической безопасности агроландшафта - предстоит решать в эру грядущей цифровизации, успехи которой определяют будущее сферы мелиорации.

Результаты и обсуждение. Выполненный анализ эффективности основных этапов формирования и эволюции информационных ресурсов (ИР) и информационных технологий (ИТ) в мелиорации показал возможность, целесообразность и необходимость развития указанного направления в сфере агропроизводства на

мелиорируемых землях. При том, что ни один из указанных этапов, предшествующих цифровизации экономики, в силу различных причин не был реализован в предусмотренные сроки и в соответствии с прогнозируемыми целевыми показателями, объемами финансирования и прочими факторами, определяющими его эффективность, каждый из них в отдельности, и все они вместе взятые способствовали выживанию сферы мелиорации в сложные периоды социально-экономического развития общества.

Несмотря на очевидное отставание от зарубежных и отечественных продвинутых секторов экономики в части применения автоматизированных систем управления в агропроизводстве, на мелиорируемых землях от этапа к этапу увеличивается количество и возрастает технический уровень применяемых информационных систем. Совершенствуются технологии: сбора, хранения, обработки и трансформации данных и сведений, поступающих от соответствующих датчиков; и информационной поддержки принимаемых решений.

Для преодоления имеющихся барьеров на пути внедрения цифровых технологий в аграрный сектор экономики России, ускорения перевода сферы мелиорации на новый технологический уровень развития потребуются совместная работа разработчиков и интеграторов ИТ-решений в сельском хозяйстве, инвесторов, представителей экспертного сообщества и органов власти. Немаловажную роль в эффективности планируемых мероприятий может и должен сыграть масштабный и глубокий анализ, как свершившихся достижений, так и упущений, имевших место при формировании информационных ресурсов и применения ИТ в мелиоративной деятельности в период до ее цифровизации.

Настоящие исследования выявили следующее. В науке и практике мелиоративной деятельности растет осознание развития проблемы серьезной разбалансированности в достигнутых уровнях технических возможностей информационных систем и качества системы управления агропроизводством, причины появления и развития которой не ясны. Возможно они связаны с повсеместно практикующейся реализации ИТ на базе автоматизации сложившихся, устоявшихся, привычных, удобных и понятных процедур и операций традиционного «ручного» управления, что, кстати, совсем не гарантирует их действенности и соответствия совершенствующимся методам, как общей теории управления, так и теории управления автоматизированными процессами [2]. Очевидно, следует обратить должное внимание на формирование инновационных моделей, наиболее полно отражающих экономические отношения участников рынка.

Отдавая дань роли информационного ресурса и технологиям информационных систем в части совершенствования агропроизводства, следует помнить, что основой действенности применения ИТ является реализация установленной последовательности технологических процедур производства при минимальных затратах энергии, природных и материальных ресурсов, затрат труда и с максимальной скоростью и точностью выполнения [11]. Базовые принципы и требования к созданию ИТ должны формироваться на достижениях основополагающей теории действенного и устойчивого агропроизводства на мелиорируемых землях, прошедших испытание временем [11]. Ключевым фактором успеха в цифровой экономике, высоко конкурентной и трансграничной, становятся не только

и не столько возможности технических средств и оборудования информационных технологий, но, прежде всего, новые модели управления технологиями и данными, позволяющие осуществлять оперативное реагирование и прогнозирование будущих вызовов и проблем для бизнеса, гражданского общества и государств.

Следует обратить внимание и на проблему интеграции информационных ресурсов сферы АПК, решение которой осложняется принятой в отрасли практики «позадачной» реализации программного обеспечения для каждой конкретной разрабатываемой ИТ, технически и информационно изолированной и с другими системами не связанной, что приводит к дублированию сбора данных, трудностям интерфейсного обмена информацией, неоправданно высоким затратам труда и времени на создание локальных баз данных и информационной поддержки управленцев при решении каждой конкретной задачи.

Так на федеральном уровне информация для агропроизводства, не всегда открытая для широкого доступа, формируется Минсельхозом России, Росреестром, Росгидрометом, ФГБУ «ВНИИСХМ», ФГБУ Агротехнической службы МСХ РФ, НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы» и ФГБУ «РОССЕЛЬХОЗЗЕММОНИТОРИНГ», Россельхознадзором в формате ГИС-технологий, каждая из которых функционирует на собственной цифровой платформе, не предусматривающей интеграцию и/или интерфейсный обмен [16].

В то же время далеко не все сельхозпроизводители имеют возможность создать, внедрить, а, самое главное, обеспечить эффективную эксплуатацию высокотехнологичных ИТ агропроизводства на основе релевантной, достоверной, своевременно обновляемой и перманентно доступной информации, требующей квалифицированной и слаженной работы профессионалов из различных областей производства, науки и образования. Возможность беспрепятственного наполнения локальных баз данных сельхозтоваропроизводителей из единой отраслевой базы данных и, в свою очередь, передачи на федеральный (региональный) уровень непосредственной «полевой» информации о текущем состоянии агротехнологий может существенно повысить действенность цифровизации агропроизводства.

Отдельного решения требуют вопросы импортозамещения технического, технологического и программного обеспечения ИТ мелиоративного сектора экономики АПК, который в настоящее время ориентирован на зарубежные решения, разработки и реализацию системы автоматизированного управления технологическими процессами, что не способствует эффективному развитию экономики отраслей российского АПК, в целом.

Заключение. Для оценки эволюции информационных ресурсов и ИТ в агропроизводстве на мелиорируемых землях выполнен анализ последствий применения технических и программных средств управления на этапах автоматизации, электронизации и информатизации мелиоративной деятельности, предшествующих наступившей эре цифровизации экономики России.

Результаты анализа уверенно свидетельствуют о высокой действенности средств автоматизации локальных технологических процессов и мелиоративного агропроизводства в целом. Успешность цифровизации технологических

процессов мелиорируемого агропроизводства требует глубокого осмысления и учета в практике управления будущего лучших достижений теории и опыта развития ИТ в агропроизводстве настоящего времени и, прежде всего, ресурсосберегающих технологий точного или «прецизионного» управления агропроизводством для конструирования высокопродуктивного и устойчивого агроландшафта. Эти проблемы ждут своего безотлагательного решения

Список используемых источников

1. Канюк Г.И. Об общих научных подходах к созданию унифицированных прецизионных энергосберегающих АСУ ТП / Канюк Г. И., Бабенко И. А., Козлова М. Л., Сук И. В., Мезеря А. Ю. // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2016. – № 2 (145). – С. 20-32. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-obschih-nauchnyh-podhodah-k-sozdaniyu-unifitsirovannyh-pretzionnyh-energoberegayuschih-asu-tp>. (дата обращения 06.08.2019).
2. Огневцев С.Б. Концепция цифровой платформы агропромышленного комплекса// INTERNATIONAL AGRICULTURAL JOURNAL. 2018. № 2 (362). С. 16-22.
3. Юрченко И.Ф. Научоемкие информационные технологии в мелиоративной деятельности. Управление экономическими системами//Электронный научный журнал. -2005. -№ 3. - С. 9 -13.
4. Носов, А.К. Выявление потенциально опасных ГТС сферы мелиораций/А. К. Носов, И. Ф. Юрченко//Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр./ФГБНУ «РосНИИПМ». -Новочеркасск: Геликон, 2013. -Вып. 51. -С. 101-110.
5. Юрченко И.Ф., Трунин В. В. Система поддержки принятия решений по водораспределению на базе Веб технологий//Научный журнал Российского НИИ Проблем мелиорации.2014. №2(14). С.87-97.
6. Волосухин Я.В., Бандурин М.А. Вопросы моделирования технического состояния водопроводящих каналов при проведении эксплуатационного мониторинга//Мониторинг. Наука и безопасность. 2012. № 1. С. 70 -74.
7. Волосухин Я.В., Бандурин М. А., Проведение эксплуатационного мониторинга с применением неразрушающих методов контроля и автоматизация моделирования технического состояния гидротехнических сооружений//Мониторинг. Наука и безопасность.-2011.- № 3.-С. 88-93.
8. Минин П.Е. Анализ существующих автоматизированных систем управления технологическим процессом / Минин П. Е., Конев В. Н., Сычев Н. В., Крымов А. С., Савчук А. В., Андрияков Д. А. // Спецтехника и связь. – 2014. – № 1 – С. 29-37. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskim-protsessom>. (дата обращения 06.08.2019).
9. Юрченко И.Ф., Носов А.К. Оценка рисков мелиоративных инвестиционных проектов//Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 2. С. 6-10.
10. Юрченко И.Ф., Трунин В. В. Система поддержки принятия решений по водораспределению на базе Веб технологий//Научный журнал Российского НИИ Проблем мелиорации.2014. №2(14). С.87-97.
11. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России/под редакцией Л.В. Кирейчевой. -М: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017.-296 с.
12. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами/под ред. Л.В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2010. -240с
13. Бандурин М.А., Юрченко И.Ф., Волосухин В.А., Ванжа В.В., Волосухин Я.В. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ//Экология и промышленность России. -2018. -Т. 22. -№ 7. - С. 66-71.

14. Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности/ под ред. Л. В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2009. -312 с.
15. Кешелава А.В., Буданов В.Г., Румянцев В.Ю. и др. Введение в «цифровую» экономику (На пороге «цифрового будущего». Книга первая). – М.: ВНИИГеосистем, 2017. – 28 с.
16. Вершинин В. В., Ковалева Т. Н., Демидова М. Н., Лебедев П. П. Геоинформационные проекты землеустройства сельскохозяйственных предприятий как основа цифровизации сельского хозяйства//Московский экономический журнал. 2018. №5(1). С.16- 27.

СОЗДАНИЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

УДК 681.3

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ КОНСТРУКЦИИ КОРПУСА ДЛЯ АППАРАТУРЫ МОБИЛЬНОГО АГРОМЕТЕОКОМПЛЕКСА

Е.Э. Головинов, Д.А. Аминев, А.М. Каспарян

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Введение

Оперативный мониторинг агрометеопараметров [1] повышает эффективность эксплуатации и раннее обнаружение негативных истораживающих фактов в сельскохозяйственной деятельности [2, 3]. Технология оперативного мониторинга предусматривает использование программно-аппаратного комплекса для проведения полевых измерений, средств телеметрии для передачи данных на удаленный терминал и алгоритмы обработки полученных данных [4]. Измеряются температура и влажность приземного слоя атмосферы и корнеобитаемого слоя почвы, давление воздуха и солнечная радиация. В мобильном измерительном комплексе организовано взаимодействие с системами глобального позиционирования, сотовой связью и Интернет (рис.1).

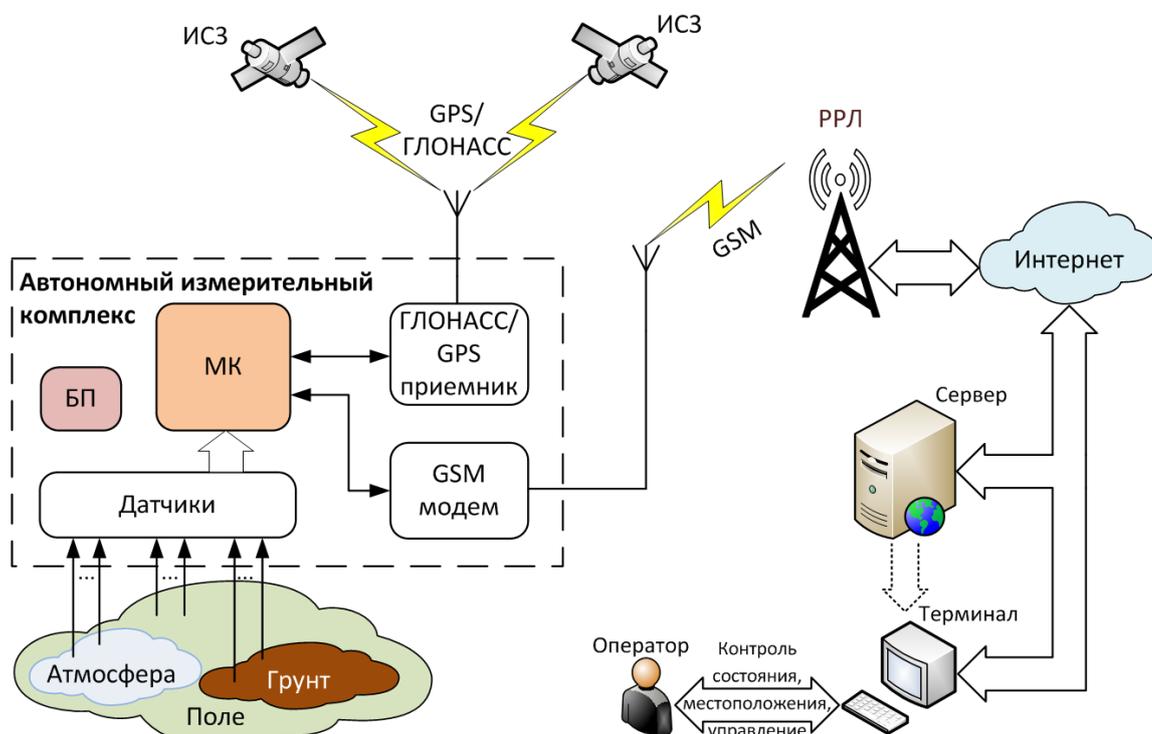


Рисунок 1 - Схема организации агрометеоизмерений

Комплекс оснащен модулями GSM/Bluetooth для передачи по радиоканалу измеряемых параметров в реальном времени в Интернет на мониторинговый сер-

вер. Благодаря модулю ГЛОНАСС/GPS фиксируется местоположение с точностью до двух метров. Микроконтроллер (МК) комплекса принимает и обрабатывает данные от датчиков и GPS приемника. Телеметрия и данные местонахождения передаются посредством GSM модема в Интернет. Блок питания (БП) представляет собой типовую аккумуляторную батарею.

Исходные данные для создания конструкции корпуса

Поскольку агрометеокомплекс является мобильным и эксплуатируется в полевых условиях, важной задачей при разработке такого комплекса является корпусирование. Корпус должен быть крепким, легким для ручного переноса, дешевым, эргономичным, простым в изготовлении, установке и эксплуатации. Кроме того, корпус должен быть влагозащищенным, поскольку вмещает конструктивно открытое электронное оборудование, и радиопрозрачным.

Условия эксплуатации агрометеокомплекса соответствуют типичным условиям для нечерноземной зоны России в летнем и межсезонном периоде [1], Условия эксплуатации определяют критические диапазоны значений параметров, которые следует учитывать при выборе материалов для корпуса и концепции его конструкции:

- температура воздуха и почвы от -5°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
- влажность до 100%;
- виды осадков – дождь, снег, град;
- скорость ветра до 25 м/с;
- прямые солнечные лучи.

Существующие корпусные решения для агрометеокомплексов и метеостанций [5] соответствуют условиям эксплуатации, но имеют сложную и дорогостоящую технологию изготовления, что приводит к удорожанию комплекса в целом. Поэтому возникает необходимость создания удешевленного варианта конструкции корпуса.

Создание конструкции корпуса

Корпус для агрометеокомплекса можно создать на основе готовых конструкций, распечатать детали на 3D принтере, или использовать специализированные детали. Целесообразным представляется собрать корпус из труб и фитингов из поливинилхлорида (ПВХ) или полипропилена (ПП).

Учитывая размеры и конструктив элементной базы и аппаратных модулей агрометеокомплекса [6, 7], можно создать конструкцию, эскиз, 3D модель и внешний корпус, предложенный на рисунке 2.

На металлическую арматуру установлены труба и тройник из полипропиленовых труб. Выводы датчика влажности почвы выходят из тройника. Для крепления труб к металлическому стержню используются металлические распорки. На концах труб устанавливаются заглушки. В заглушках потребуются высверлить сквозные отверстия под железный штырь и затем герметизировать их.

В соответствии с эскизом, была разработана трехмерная модель корпуса мобильного агрометеокомплекса (рисунок 2в). Для ее реализации выбраны полипропиленовые трубы типа «Стандарт» пригодные к эксплуатации в полевых условиях от -30°C до 80°C и кратковременных (в течение 2-3 минут) скачков

температуры до 95°C. Они представлены диаметрами 32, 40, 50 и 110 мм, имеют толщину стенки 1,8 или 2,7 мм (только для диаметра 110 мм) и диапазон длины от 150 мм до 3000 мм. Трубы «Политэк-Стандарт» [8] производятся в соответствии с ГОСТ 32414-2013.

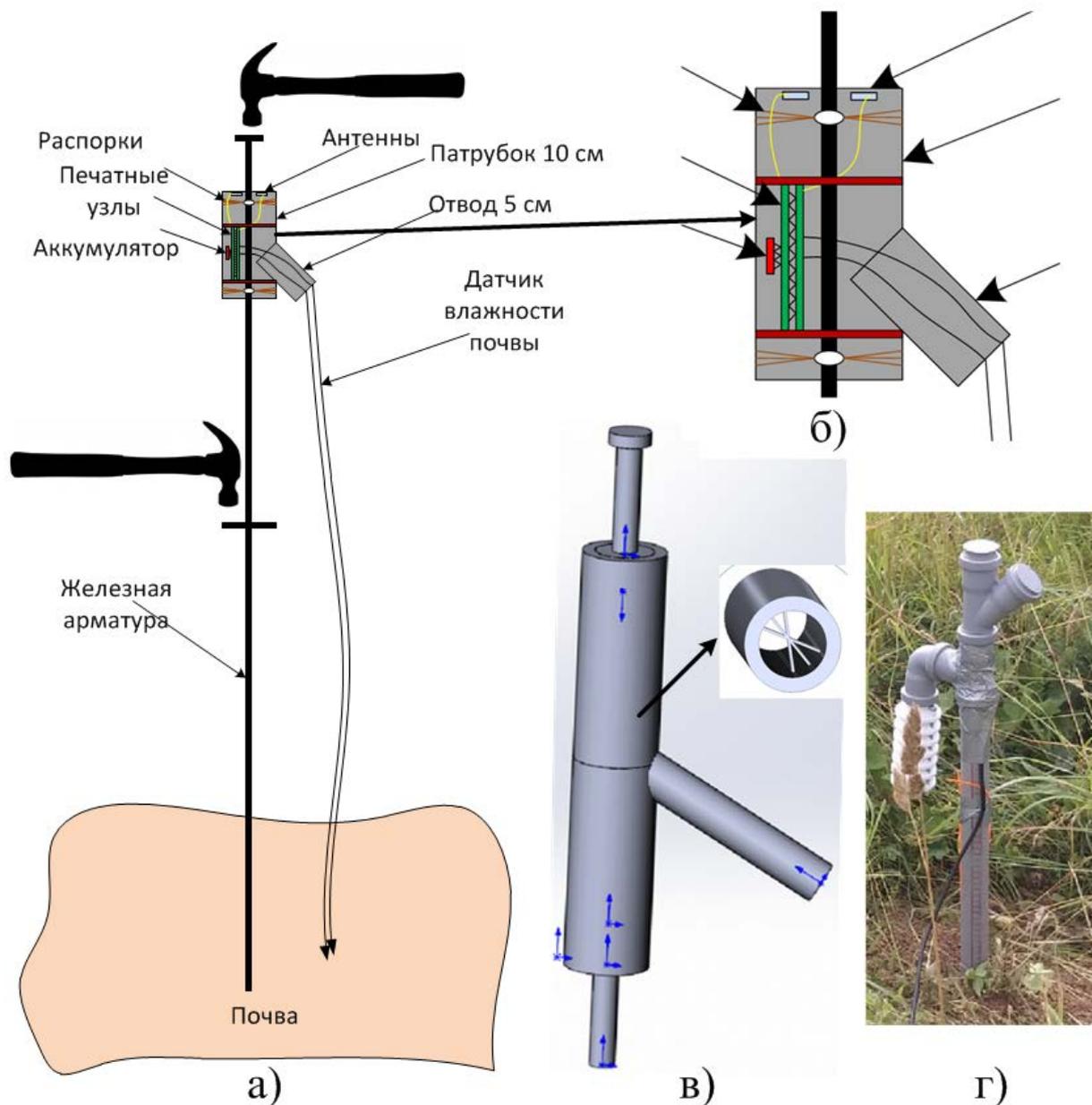


Рисунок 2 - Эскиз конструкции корпуса: общий (а), фрагмент печатного узла с распорками, трехмерная модель корпуса (в), внешний вид корпуса (г)

Корпус мобильного агрометеокомплекса был испытан в весенне-осенний период - 1 сезон. 50 см – глубина установки в почву.

Заключение

Современная технология агрометеоизмерений базируется на программно-аппаратном комплексе, который регистрирует данные от датчиков и передает их на удаленный терминал по доступному радиоканалу.

Существующие корпусные решения имеют существенные недостатки в части стоимости. Корпус на основе труб и фитингов из ПП удовлетворяет условиям

эксплуатации агрометеокомплекса и обеспечивает функционирование размещенной в нем аппаратуры. Ориентировочная стоимость деталей для предлагаемой конструкции корпуса составит не более 500 рублей.

В собранном макете использованы полипропиленовые трубы диаметром 40 мм, длиной 1500 мм и переходники углового и отводного типа диаметром 40 мм с двумя заглушками, суммарная стоимость которых составляет около 500 р.

Список использованных источников

1. Саноян М. Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посевов. Л.: Гидрометеиздат. 1982. 295 с.
2. Аминев Д.А., Головинов Е.Э., Инновационный подход к проведению полевых экспериментов // Качество. Инновации. Образование. - М.: -2015 № 1. - С. 26-30.
3. Муханин А.В., Рябушкин Ю.Б., Данилова Т.А. Методы измерения влажности почвы // Электронный ресурс. URL: <http://asprus.ru/blog/metody-izmereniya-vlazhnosti-pochvy/>. Проверено 27.06.2017.
4. Бородычев В.В., Лытов М.Н, Головинов Е.Э. Мониторинг и управление орошением в режиме реального времени: монография. –М.: МЭСХ, 2017. – 54с. ISBN 978-5-9909008-9-9
5. Е.Э. Головинов, Д.А. Аминев, В.А. Кулаков, Ш.М. Бакиров, П.В. Григорьев Анализ системных решений портативных метеостанций // Международный форум «Микроэлектроника-2017» 3-я МНК «Электронная компонентная база и электронные модули». Республика Крым, г. Алушта, 02-07 октября 2017 г. С.155-159.
6. Головинов Е.Э., Аминев Д.А., Бакиров Ш.М. Анализ элементной базы для реализации мобильного измерительного агрометеокомплекса // Проектирование и технология электронных средств – Владимир: №3, 2017. С. 33-40.
7. Головинов, Е.Э. Аминев Д.А. Бакиров Ш.М. Кривошеин А.И. Макет мобильного агрометеокомплекса на основе отладочных модулей // «Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства». Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Всероссийского НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград, 06-09 сентября 2017 г. – С. 172-174
8. <https://politek-ptk.ru/catalog/vnutrennyaya-kanalizatsiya/> – трубы полипропиленовые производства ПОЛИТЕК (актуальность ссылки 20.08.2019)

УДК 631.674

ДОЖДЕВАТЕЛЬ ДЛЯ ПОЛУСТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

В.К. Губин, Л.В. Кудрявцева

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Введение

Мелкодисперсное дождевание относится к перспективным способам орошения, позволяющим значительно сократить оросительные нормы при повышении урожайности. В сочетании с другими способами орошения оно позволяет регулировать микроклимат поля. Первоначально для проведения мелкодисперсного дождевания использовались подвижные оросительные устройства на основе переоборудованной дождевальная машины ДДА-100М или сельскохозяйственных опрыскивателей. Возможности использования такой техники ограни-

чиваются высокой энергоемкостью и низкой производительностью. При продолжительной засухе опрыскивание посевов с интервалом в два часа явно недостаточно для снятия температурного стресса. Естественно для оказания влияния на микроклимат поля производительности передвижных оросительных устройств недостаточно.

Более эффективно обеспечивать регулирование микроклимата поля позволяет полустационарная система мелкодисперсного дождевания, которая включает подводящий воду к полю подземный трубопровод и сеть временных трубопроводов, размещенных на поверхности поля, подключенных к дождевателям, установленным на разборных стойках, закрепленных с помощью штырей. [1]

Задача данной работы оценить конструктивные особенности различных дождевателей, пригодность для применения в садах, при орошении пропашных культур и культур сплошного сева, возможные пути совершенствования их конструкции.

Метод проведения исследований Статья написана по результатам анализа технической литературы включая описания к патентам на изобретения.

Использованные материалы

Первоначально мелкодисперсные системы дождевания разрабатывались преимущественно для орошения садов. Это позволяло производить их установку на разборной мачте, опирающейся на бетонное основание. [2] Такая конструкция отличается надежностью, но исключает возможность переноса дождевателя на другую позицию по мере изменения габитуса дерева.

Стационарная автоматизированная система МДД предназначалась также для орошения садов при сочетании надкоронового и подкоронового дождевания. Система крепления мачты дождевателя включала штырь, заглубляемый в почву, опорную площадку и основание, на котором монтируется разборная мачта. Крепление мачты осуществляется с помощью растяжек [3]. Недостатком такой конструкции является трудоемкость монтажа. Кроме того, в современных садах, выращиваемых на карликовом подвое, расстояние между рядами не превышает 4-5 метров и наличие растяжек затрудняет проведение обработки почвы пропашными механизмами.

В последние годы мелкодисперсное дождевание все чаще находит применение на полях занятых овощными, пропашными культурами, а также культурами сплошного сева. В этих условиях имеет смысл использование полустационарных систем мелкодисперсного дождевания.

В НПО Радуга разработан комплект аэрозольный КАУ-1 включающий водораспределительный трубопровод, к которому подключены мелкодисперсные дождеватели. Каждый дождеватель состоит из основания, траверсы, набора труб переменного сечения и разбрызгивателей. Для устойчивой работы дождевателя его основание заглубляют в грунт на 0,7 м [4].

Особенностью этой конструкции дождевателя является установка основания дождевателя на глубину 0,7 м и последующее его извлечение в конце сезона. Такой способ установки представляется достаточно трудоемким и ненадежным. Для установки основания в грунте необходимо предварительно пробурить скважину, а для извлечения использовать какой-то механизм или отрывать основание

вручную. Мачта дождевателя состоит из нескольких секций, периодически соединяемых между собой специальными элементами, что исключает возможность равномерного увеличения высоты мачты по мере роста орошаемой культуры.

В ВНИИГиМ предложена мелкодисперсная дождевальная установка, состоящая из поворотной штанги с форсунками, установленной на стойке, сопряженной с основанием, выполненным в виде металлической трубы с внутренним диаметром соответствующим наружному диаметру стойки. Основание имеет на конце винтовой якорь. По длине стойки выполнены диаметрально расположенные отверстия, а в верхней части основания выполнены отверстия соосные отверстиям в мачте. Соединение основания и стойки обеспечивается штифтом. Штанга подключена шлангом к водоподводящему трубопроводу. Для ввинчивания в почву якоря используют ворот, состоящий из отрезка трубы, внутренний диаметр которой превышает диаметр трубы основания. Эта труба имеет сквозные отверстия соосные отверстиям в основании стойки и снабжена ручками для вращения ворота [5].

На рисунке 1 представлена конструкция мелкодисперсной дождевальной установки.

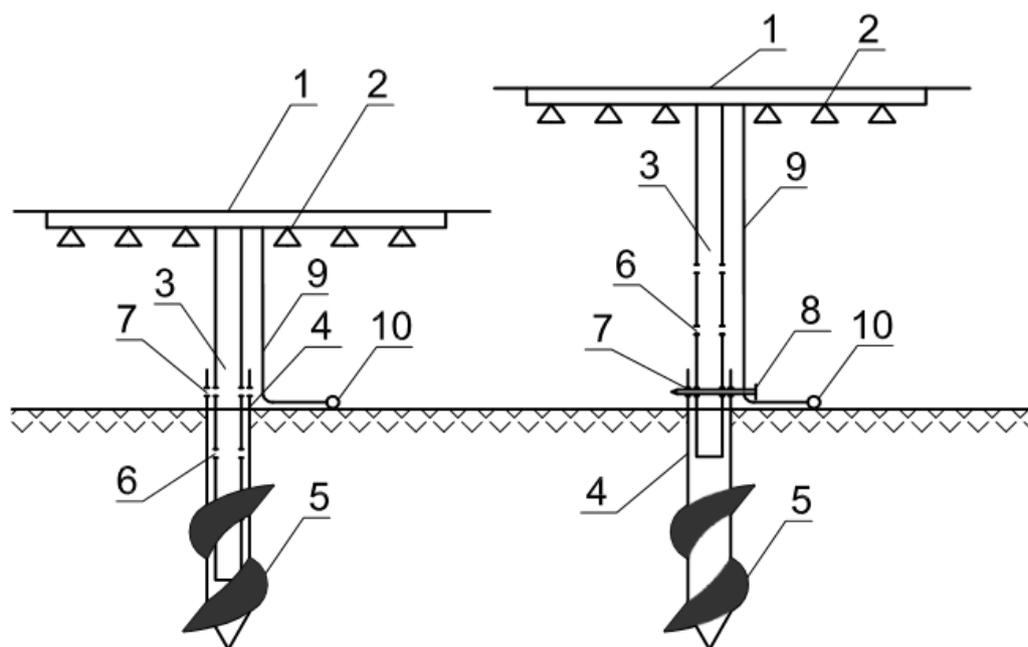


Рисунок 1 - мелкодисперсная дождевальная установка:

1 – поворотная штанга, 2 – форсунки, 3 – стойки, 4 – основание, 5 – винтовой якорь, 6 – отверстия в стойке, 7 – отверстия в основании соосные отверстиям 6, 8 – штифт, 9 – соединительный шланг, 10 – водоподводящий трубопровод

Монтаж на поле дождевальной установки производится в следующей последовательности – на верхний конец основания 4 надевают трубу ворота и соединяют ее с основанием 4 штифтом 8, пропуская его через отверстия в вороте и верхней части основания. Вращая ворот, устанавливают винтовой якорь 5 на расчетную глубину превышающую глубину пахотного слоя (30-40 см.). Благодаря большой площади контакта якоря с почвой обеспечивается повышение устойчивости основания 4, что позволяет отказаться от использования растяжек. После

установки основания 4 ворот снимают и в отверстие трубы основания устанавливают стойку 3, размещая ее часть внутри основания. Штангу 1 подключают шлангом 9 к водоподводящему трубопроводу 10. Для проведения полива воду подают из трубопровода 10 по шлангу 9 и штанге 1 к форсункам 2. Поскольку при мелкодисперсном дождевании глубина промачивания меньше глубины пахотного слоя, то якорь 5 располагается в сухой почве, что позволяет сохранить устойчивость дождевальной установки во время работы без помощи растяжек. При завершении оросительного сезона установку демонтируют, отсоединяя шланг 9, от трубопровода 10 и стойку 3 от основания 4. Основание 4 вывинчивают из грунта с помощью ворота.

Сложность использования данной конструкции дождевателя состоит в том, что при изменении высоты штанги необходимо поднимать ее до момента совмещения отверстий в стойке и основании и соединения их штифтом. При незначительном повороте штанги такое совмещение требует приложения дополнительных усилий и занимает значительное время.

Для устранения этого недостатка была разработана усовершенствованная конструкция мелкодисперсного дождевателя. [6]

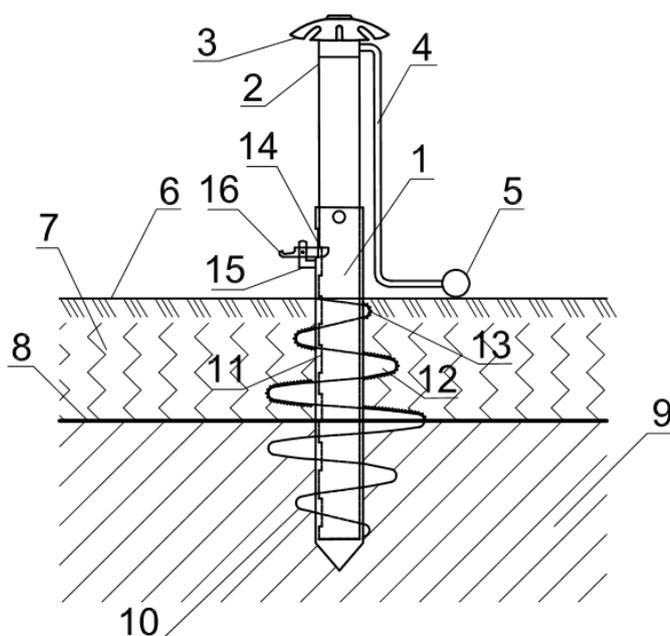


Рисунок 2 - Мелкодисперсный дождеватель:

1 – основание, 2 – мачта, 3 – разбрызгиватели, 4 – шланг, 5 – водоподводящий трубопровод, 6 – поверхность поля, 7 – пахотный слой поля, 8 – плужная подошва, 9 – подстилающий грунт, 10 – веретенообразный нож, 11 – вертикальные прорезы в мачте, 12 – верхняя часть лезвия ножа, 13 – пилообразные зубья на верхней кромке ножа, 14 – прорезь в основании, 15 – кронштейн, 16 – фиксатор положения мачты

В верхней части основания, выполнена прорезь, над которой на кронштейне установлен фиксатор положения мачты в виде подпружиненного двуплечего рычага. На трубе основания смонтирована защелка рычага фиксатора. Выше фиксатора в трубе основания выполнено сквозное отверстие для присоединения съемного ворота. Мелкодисперсный дождеватель показан на рисунке 2.

Мелкодисперсный дождеватель, состоит из основания, на котором установлена мачта с разбрызгивателями, подключенными шлангом к водоподводящему трубопроводу. Основание возвышается верхней частью над поверхностью поля. Оно заглублено в почву через пахотный слой и плужную подошву 8 в плотный грунт с помощью веретенообразного ножа. Мачта снабжена рядом вертикальных прорезей. Верхняя часть лезвия ножа снабжена пилообразными зубьями. В верхней части осно-

При установке мелкодисперсного дождевателя на орошаемом участке основание 1 размещают на поверхности поля 6. Надевают на его верхний конец ворота и поворачивая рычаг ворота ввинчивают нож 10 в почву до перемещения его верхней части 13 до уровня поверхности поля 6. При этом нижняя часть ножа 10 разместится в плотном грунте 9 глубже плужной подошвы 8, что обеспечивает устойчивость дождевателя к воздействию ветра. После установки основания 1 ворот снимают и в трубу основания 1 вставляют мачту 2. Для этого рычаг фиксатора 16 переводят в вертикальное положение и крепят защелкой. Мачту 2 опускают на всю глубину трубы основания. Затем рычаг фиксатора 16 освобождают от защелки. После этого совмещают одну из прорезей 11 с прорезью 14 в основании 1. Фиксатор 16 под действием пружины занимает горизонтальное положение до упора в стенку прорези 14, удерживая мачту 2 на выбранной высоте. Гибкий патрубок 4 подключают к трубопроводу 5 и производят орошение поля. При возделывании культур, высота которых по мере роста увеличивается, например, кукурузы производят увеличение высоты мачты, вытягивая ее из трубы основания 1. При этом труба мачты отжимает фиксатор 16, преодолевая сопротивление пружины до совмещения его с очередной прорезью 11 в мачте. При этом фиксатор 16 под действием пружины примет горизонтальное положение до упора в край прорези 14 и обеспечит фиксацию мачты на новой высоте. В конце оросительного сезона дождеватель демонтируют. В процессе демонтажа отсоединяют шланг 4, а мачту 2 снимают, отжимая фиксатор 16 по мере извлечения. Затем вывинчивают нож 10 с помощью ворота, при этом пилообразные зубья 13 выполненные на верхней части ножа 12 разрезают корни дернины, облегчая извлечение основания 1 из почвы.

Выводы. Таким образом, предложенная конструкция мелкодисперсного дождевателя позволяет упростить его установку на посевах любой сельскохозяйственной культуры, обеспечивает возможность регулирования высоты опрыскивания с учетом высоты растений. Кроме того, обеспечиваются условия для проведения междурядных обработок пропашных культур, а также снижается трудоемкость монтажа и демонтажа полустационарной системы мелкодисперсного дождевания.

Список использованных источников

1. Овчинников А.С., Бородычев В.В, Кизяев Б.М. и др. // Способ регулирования фитоклимата в агроценозах при капельном орошении и система для его осуществления // описание к патенту РФ №2464776, МПК А01G 25/00 опубли. 27.10.2011 г. бюл. №30.
2. Афанасьев В.М. и др. // Дождевальная установка Авторское свидетельство СССР, №1335193, МПК А01 G 25/02, опубли. 07.09.1987 г. Бюлл. № 33.
3. Справочник, Мелиорация и водное хозяйство, Орошение, том 6, Москва, ВО Агропромиздат, 1990 г., С 147-149.
4. Протокол испытания №03-51-08(1180042) от 20 Октября 2008 г. Минсельхоз РФ, департамент научно-технологической политики и образования, ФГУ Владимирская Зональная машиноиспытательная станция.
5. Губин В.К., Максименко В.П. // Мелкодисперсная дождевальная установка //, описание к патенту на полезную модель №187043, МПК А01 G 25/02, опубликовано 14.02.2019 г. бюл. №5.

УДК 631.62

ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА СОВМЕЩЕННОГО ТИПА

Г.И. Ершова, В.Н. Родькина

Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

Совмещенные осушительно-увлажнительные системы могут быть получены путем геометрического совмещения типовых схем обычной закрытой осушительной сети с оросительной сетью. При этом многие элементы совмещенной системы могут быть использованы при работе как в осушительном, так и в увлажнительном режиме. Совместное использование элементов системы в увлажнительном и осушительном режиме способствует определенной экономии средств на их строительство по сравнению с автономным расположением осушительной и увлажнительной систем на одном и том же участке. Такие системы позволяют, частично, использовать на увлажнение дренируемые воды.

Основным преимуществом совмещенных осушительно-увлажнительных систем является возможность полного и оперативного регулирования влажности корнеобитаемого слоя, а также возможность их перевода на автоматическую работу [1].

Мещерским филиалом ВНИИГиМ разработана совмещенная осушительно-увлажнительная система на базе закрытого дренажа и дождевания, построена на объекте «Совка» Клепиковского района Рязанской области. Площадь мелиоративной системы в целом 418 га – опытных участков 85 га, площадь совмещенной осушительно-увлажнительной системы составляет 22,5 га [2].

Почвообразующими породами являются преимущественно песчаные и супесчаные флювиогляциальные и аллювиальные отложения, бедные элементами питания растений, что обуславливает преобладание в почвенном покрове малопродуктивных легких дерново-подзолистых почв. Объемная масса находится в пределах 0,66-2,04 г/см³, а плотность 2,03-2,73 г/см³, коэффициент фильтрации – 0,03-0,6 м/сут.

Осушительно-увлажнительная система совмещенного типа характерна тем, что в ней напорный трубопровод для подачи воды к дождевательной машине «Волжанка» одновременно служит коллектором для отвода дренажных вод. На рисунке 1 представлена схема совмещенной осушительно-увлажнительной системы объекта «Совка».

Отметки поверхности земли на участке изменяются в пределах 2 м, основное направление уклона поверхности поперек участка. Напорный совмещенный трубопровод 3-1Крл протяженностью 868 м и уклоном 0,001 выполнен из металлических труб диаметром 300 мм. Диаметр совмещенного коллектора определялся гидравлическим расчетом с учетом пропуска дренажного стока с осушае-

мой площади и подачи воды к дождевальной машине в засушливые периоды вегетации культур. К нему подведено 7 коллекторов: 3-1,1 Др – 3-1,7 Др длиной 195 м, диаметром 75-100 мм, уклоном 0,002-0,006. Сопряжение их с трубопроводом осуществляется через колодцы диаметром 1,5 м. В колодце на трубопроводе установлены задвижки «Лудло» и оборудованы устья коллекторов. Глубина заложения трубопровода определена из условия бесподпорной работы дренажа и изменяется в пределах 1,5-2,5 м. Вариантами опытного участка являются междуренные расстояния: 7,5; 15 и 22,5 м в трехкратной повторности. Диаметр гончарных дренажных труб 50 мм, уклон дрен 0,003. Средняя глубина заложения их 1,1-1,2 м, длина 118-120 м.

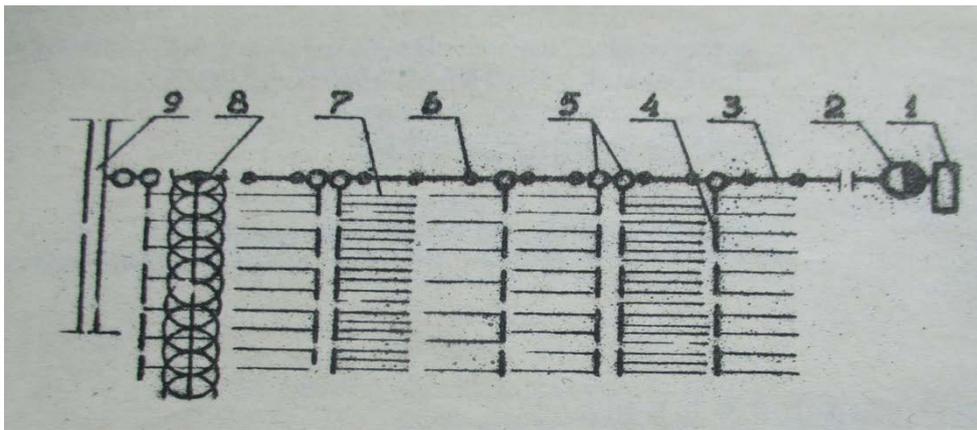


Рисунок 1 – Схема совмещенной осушительно-увлажнительной системы:

- 1 – водоисточник; 2 – стационарная насосная станция; 3 – напорный трубопровод;
- 4 – коллектор; 5 – дренажные колодцы; 6 – гидрант; 7 – дрена;
- 8 – дождевальная машина «Волжанка»; 9 – водоприемник

При работе осушительно-увлажнительной системы в режиме осушения открываются задвижки во всех колодцах и на выходе в канал. Дренажная вода из коллекторной сети поступает в колодцы и через открытые задвижки для сброса дренажных вод – в магистральный канал. В режиме увлажнения при подаче воды к дождевальной машине все задвижки закрываются, и вода от насосной станции по напорному трубопроводу через гидранты, расположенные на расстоянии 18 м, поступает к дождевальной машине «Волжанка». Водоисточником являются две артезианские скважины, вода из которых поступает в регулирующий бассейн вместимостью 10 тыс. м³. Вода к дождевальной машине подается с помощью двух насосов ЧКМ-8 с расчетным расходом 32,5 л/с.

Переувлажнение участка происходит за счет атмосферных осадков и подпитывания грунтовыми водами. В период наблюдений вошли как засушливые, так и умеренно многоводные годы. Весной, при положении грунтовых вод на высоких отметках, система работает на сброс избытков воды. При понижении уровней грунтовых вод ниже 100 см задвижки закрывались, и система работала как увлажнительная. Закрытие концевой задвижки на напорном трубопроводе позволяет в засушливые периоды вегетации предотвратить сброс воды из дренажной сети и тем самым избежать понижения уровня грунтовых вод одновременно по всей площади, а при необходимости и локально (на любом коллекторе),

уменьшая таким образом поливную и оросительную нормы. В период паводка, в последней декаде марта и первой декаде апреля, на большей части вариантов уровни грунтовых вод достигали дневной поверхности земли. В результате наблюдений выявлено, что на понижение уровней грунтовых вод оказывает влияние величина междренних расстояний. Так, на вариантах с величиной междренних расстояний 7,5 м уровни грунтовых вод понижались с интенсивностью 7 см/сут, а на вариантах 15 и 22,5 м – в пределах 1,5-2,5 см/сут. Так же прослеживается тесная связь продолжительности стояния уровней грунтовых вод с междренними расстояниями. Так, в слое 0-60 см при уменьшенном расстоянии (7,5 м) продолжительность стояния грунтовых вод находится в пределах 6-33 сут., на вариантах же 15 и 22,5 м в пределах 42-73 сут. Осушительно-увлажнительная система совмещенного типа совместно с естественными факторами (испарение, поверхностный сток) своевременно обеспечила требуемый водный режим к предпосевному периоду. После осадков 2%-ной обеспеченности осушительная сеть своевременно отвела избыточные воды без затопления пахотного горизонта (за исключением микропонижений). Характер внутри годового распределения стока из года в год меняется слабо, отмечается тесная связь с климатическими факторами. По всем вариантам основной сток проходит в период снеготаяния, когда сбрасывается около 70-80% годового стока. Максимальное значение модуля дренажного стока наблюдалось на варианте с междренным расстоянием 7,5 м и составляло 0,79 л/с/га, на остальных вариантах модуль стока составлял 0,4-0,53 л/с/га. Величина межренного модуля дренажного стока составляла 0,05-0,1 л/с/га. Модули дренажного стока ливневых дождей не превышали весенних значений. Наблюдалась тенденция увеличения модуля дренажного стока на вариантах со сгущенным дренажем.

В результате исследований выявлено, что водный режим близкий к оптимальному наблюдался на вариантах с междренними расстояниями 15 и 22,5 м. На вариантах с расстоянием 7,5 м в слое 0-30 см наблюдалось снижение влажности почвы до 37% от полной влагоемкости. Следовательно, для таких почв целесообразно применять дренаж с расчетным расстоянием между дренами 15 м, на повышенных участках возможно заложение дренажа через 22-25 м.

Эксплуатация совмещенной осушительно-увлажнительной системы показала, что она работает удовлетворительно как в режиме осушения, так и в режиме увлажнения. При наличии перепада 20-30 см между устьем коллектора и напорным трубопроводом обеспечивалась бесподпорная работа дренажа в период паводка и ливневых дождей. После прохождения паводка в колодцах отмечалось незначительное заиливание. При переводе системы с одного режима на другой возникали затруднения, связанные, в основном, с недостаточным уходом за задвижками. При повышении уровня воды задвижки полностью затапливались, что также создавало затруднения в работе. Для ручного регулирования задвижками с поверхности земли их следует оснастить соответствующими приспособлениями.

На трассе напорного трубопровода, особенно в понижениях, складывался неблагоприятный водный режим. На ширине 10-15 м от напорного трубопровода

в весенний период и периоды атмосферных осадков поверхностные воды сбрасывались на 15-20 дней позже, чем с остальных участков. Система отвела поверхностные воды с корнеобитаемого слоя 20-23 апреля, а на трассе трубопровода – только 10 мая, что затруднило своевременную обработку почвы. При строительстве таких систем по трассе напорного трубопровода необходимо в понижениях предусматривать мероприятия для сброса поверхностного стока в колодцы на напорном трубопроводе (ложбины, колодцы-поглотители) или сгущенный дренаж.

Применение совмещенных осушительно-увлажнительных систем позволяет за счет совмещения функций элементов осушительной и увлажнительной части системы оперативно регулировать оптимальную влажность корнеобитаемого слоя почвы, сократить протяженность сети, снизить капиталоемкость и соответственно эксплуатационные затраты на 7-15%.

Список использованных источников

1. Пыленок, П.И. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии [Текст] / П.И. Пыленок, И.В. Сидоров. – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 121-124 с.

2. Разработать региональные руководства по проектированию осушительных и осушительно-увлажнительных систем для районов Нечерноземной зоны РСФСР – Центральный: Научно-технический отчет / № Госрегистрации 01830066000, Инв. № 02850007736. – Рязань, 1984.

УДК 620.9:631.6:626.8

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КАНАЛОВ ДЛЯ ОТВЕДЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД В ИСПАРИТЕЛИ

И.И. Конторович

Волгоградский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», г. Волгоград, Россия

При минерализации дренажных вод выше 10 г/л практически отсутствуют экономически оправданные варианты их полезного использования в отраслях экономики. В этом случае и при исключении сброса в существующие водоприемники (реки, водоемы) предусматривают создание искусственных сооружений или емкостей для аккумуляции и естественного испарения дренажных вод [1]. Они размещаются на расстоянии от нескольких до сотен километров от мест формирования дренажного стока. Минерализованный дренажный сток с орошаемых земель отводится в испаритель самотеком по открытым каналам (коллекторам) в земляном русле с противодиффузионной облицовкой, выполненным в выемке и/или полувыемке-полунасыпи, или из сборных элементов, уложенных на поверхности земли или на опорах (лоток), с трапецеидальной, параболической, круговой, прямоугольной и полигональной формой поперечного сечения. Параметры каналов рассчитываются на максимальный расход с учетом конструктивного запаса по глубине.

Известны технические решения накопителей дренажного стока гидромелиоративных систем и прудов-испарителей дренажного стока, разработанные в

Волгоградском филиале ВНИИГиМ: № 2214486, 2357041, 2515041, 2527032, 2527041, 2528006, 2646640 и др., которые связаны с источниками дренажного стока подводными каналами. Эффективность функционирования и размеры этих сооружений зависят от расхода и годового объема утилизируемого дренажного стока.

Общим недостатком указанных выше технических решений является отсутствие каких-либо видов специальной обработки дренажных вод в процессе транспортирования от дренажной системы до аккумулирующего сооружения, обеспечивающих снижение их расхода (годового объема) и, как следствие, уменьшение площади испарителей.

Разработанное техническое решение дренажного канала (далее – канал) обеспечит повышение испарения минерализованных дренажных вод в результате подачи части расхода воды из канала для постоянного или периодического увлажнения откосов, располагающихся выше отметки зеркала воды в канале, уменьшение объема воды, подлежащего испарению, и, как следствие, снижение площади испарителя.

На рисунке 1 изображен канал для транспортирования минерализованных дренажных вод, оборудованный системой увлажнения надводной части откосов для интенсификации процесса испарения, поперечное сечение и разрез по А – А.

Канал 1 связывает дренаж гидромелиоративной системы и накопитель-испаритель минерализованного дренажного стока (не показаны), состоит из одного или более отсеков, каждый из которых снабжен сооружениями для регулирования уровня воды.

Канал 1 для самотечного транспортирования минерализованного дренажного стока выполняют в выемке и/или полувыемке-полунасыпи, и/или из сборных элементов, уложенных на поверхности земли или на опорах (лоток), с трапецеидальной (рис. 1), параболической, круговой, прямоугольной и полигональной формой поперечного сечения. Канал 1 снабжен противодиффузионной облицовкой 2, например, из бетона и/или железобетона и/или иных материалов, разрушающихся при контакте с водой.

Каждый отсек канала 1 или группа отсеков имеет не менее одной системы увлажнения надводной части откосов, которая состоит из водоподъемного устройства, например, в виде насоса 3 с всасывающей линией 4, для забора части расхода воды из канала 1, подачи ее через распределительный трубопровод 5, размещенные в верхней части каждого откоса трубопроводы 6 с водовыпусками 7 и распределения в виде пленки 8 и/или системы струй и/или капель по поверхности надводной части профиля канала.

В качестве водоподъемного устройства может применяться насос 3 с энергетической установкой (не показана), гидравлический таран, сооружение для поддержания заданного уровня воды на вышерасположенном участке канала и т.д. (варианты).

Трубопроводы 6 выполнены из пластмассы, имеют перфорацию и/или струйчатые водовыпуски и/или капельницы и/или водовыпуски другого типа для увлажнения надводной части откосов канала, которая имеет черный или близкий к нему по отражательной способности цвет.

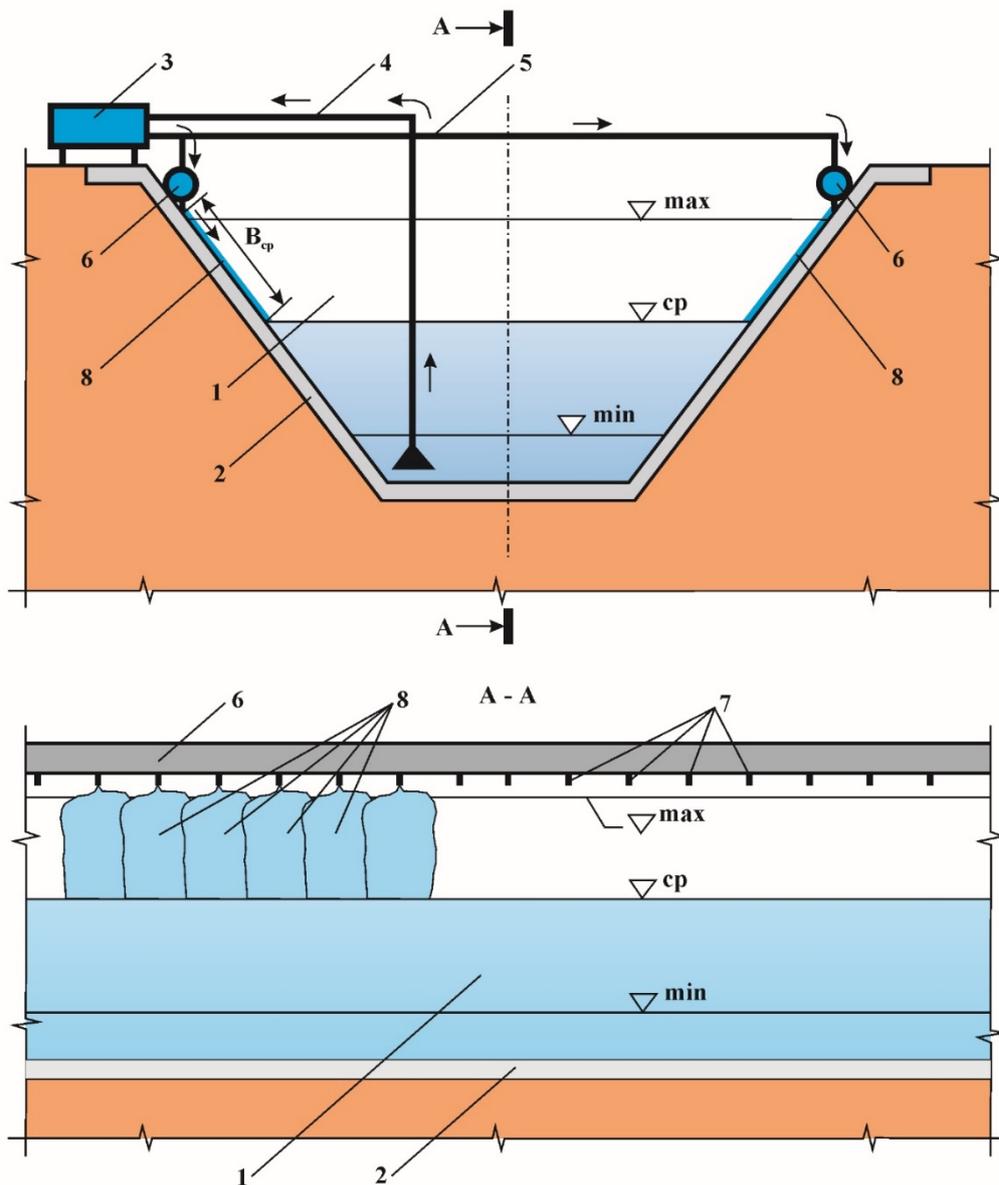


Рисунок 1 - Дренажный канал для транспортирования минерализованных дренажных вод в испаритель, поперечное сечение и разрез по А – А:
 1 - канал; 2 – противодиффузионное покрытие; 3 – насос; 4 – всасывающая линия насоса; 5– распределительный трубопровод; 6 – трубопровод для увлажнения откоса канала; 7 – водовыпуск; 8 – контур увлажнения откоса единичным водовыпуском 7; ▽- максимальный (max), средний (cp) и минимальный (min) уровень воды в канале 1

Канал для отведения минерализованных дренажных вод в испаритель работает следующим образом.

В процессе функционирования канала 1 часть воды из него забирают насосом 3 с всасывающей линией 4 и подают через распределительный трубопровод 5 в трубопроводы 6 для периодического или постоянного увлажнения надводной части откосов канала 1 (рис. 1).

Совокупность единичных контуров увлажнения 8 образует площадь, равную $L \times d$, где L – ширина увлажняемой зоны от водовыпусков 7 до уровня воды в канале, d – длина канала 1, покрытую водяной пленкой 8 и/или системой струй

и/или капле воды, что создает условия для повышения испарения воды из канала за счет существенного увеличения площади испаряющей поверхности.

Черный или близкий к нему цвет облицовки канала 1 снижает альбедо откосов и обеспечивает более эффективное использование солнечной радиации для прогрева стекающей воды и ее испарения.

В случае появления солевых отложений на поверхности увлажняемой части откосов используют гидротехнические сооружения (не показаны) для регулирования уровня воды в каждом отсеке канала, повышая его на требуемый для растворения солей период времени, с последующим переходом в нормальный режим функционирования.

Эффективность предлагаемого технического решения канала проиллюстрируем следующими результатами расчетов.

Дренажный канал (рис. 1) снабжен бетонной облицовкой и системой увлажнения откосов, имеет трапециевидальное поперечное сечение и следующие параметры (рис. 2):

- строительная глубина $H = 2$ м;
 - ширина по дну $b = 1,5$ м;
 - заложение откосов $m = 1,5$ ($\text{tg } C = 1,5$);
 - уклон дна канала $0,001$;
 - превышение бровки над максимальным уровнем воды в канале: $a = 0,3$ м;
 - Δ - расстояние от бровки канала до трубопровода b для увлажнения откосов;
- сов;
- максимальная глубина воды $h_{\text{max}} = H - a = 1,7$ м;
 - коэффициент шероховатости бетонной облицовки $n = 0,013$.

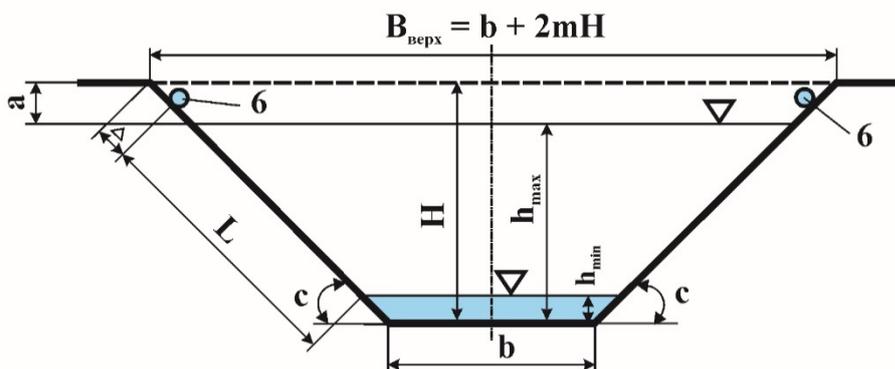


Рисунок 2 - Поперечное сечение канала для отведения дренажных вод в испарителе

Для заданных глубин воды $h = 1,7; 1,5; 1,22; 1,0; 0,7; 0,55$ и $0,2$ м были рассчитаны гидравлические параметры потока при равномерном безнапорном установившемся движении воды в канале: площадь живого сечения потока воды в канале, смоченный периметр, гидравлический радиус, коэффициент Шези по формуле Н.Н. Павловского, расход воды; ширина потока поверху, ширина дополнительно увлажняемой зоны [2] – таблица 1.

Основные расчетные формулы: а) расчет ширины потока поверху при глубине h_i

$$B_i = b + 2mh_i; \quad (1)$$

б) расчет ширины увлажняемой зоны для двух откосов при глубине h_i

$$2L = 2 (H - h_i) / \text{Sin } C - \Delta \quad (2)$$

Таблица 1 – Увеличение площади испаряющей поверхности $(B + 2L) / B$ за счет осуществления предлагаемого изобретения (на 1 п. м длины канала)

Глубина воды, h , м	Ширина потока воды в канале, B , м	Ширина увлажняемой зоны $2L$, м	$B + 2L$, м	$(B + 2L) / B$
1,7	6,6	0,884	7,484	1,13
1,5	6,0	1,608	7,608	1,27
1,2	5,1	2,692	7,792	1,53
1,0	4,5	3,414	7,914	1,76
0,7	3,6	4,498	8,098	2,25
0,5	3,0	5,220	8,220	2,74
0,2	2,1	6,306	8,406	4,0

Из материалов таблицы 1 следует: при уменьшении глубины воды в канале от 1,7 до 0,2 м площадь испаряющей поверхности по сравнению с традиционной конструкцией канала возрастает от 13 до 400%, что обеспечивает соответствующее увеличение испарения воды.

Обработка систематических наблюдений за динамикой модуля дренажного стока на 16 участках горизонтального дренажа в Украине [3] и в Поволжье (Волгоградская область) [4, 5] за 35 лет (суммарно по всем объектам) позволила определить осредненные формы гидрографа модуля дренажного стока при различных положениях его максимума во времени, которые приведены на рисунке 3 [6].

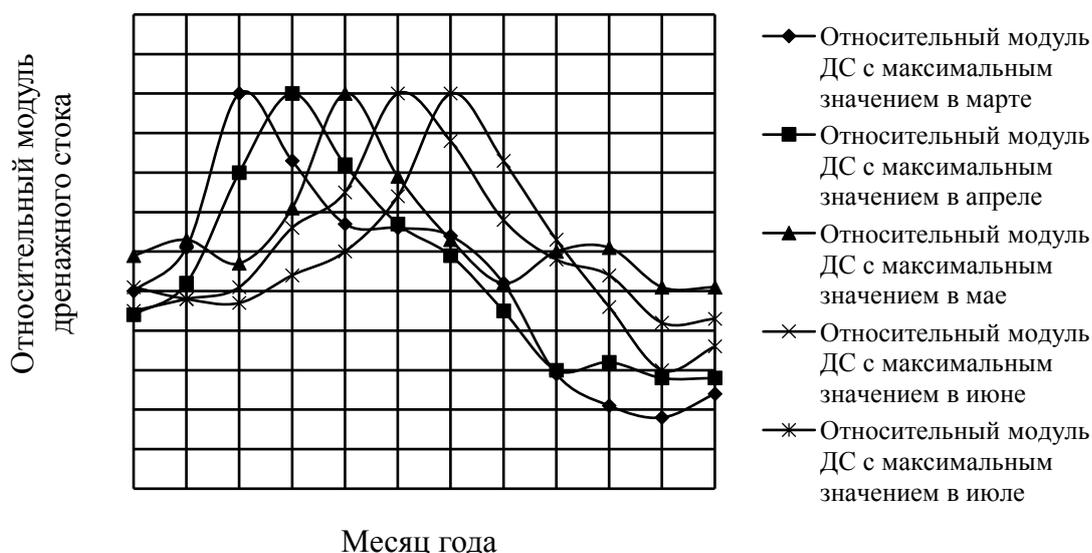


Рисунок 3 - Осредненные формы гидрографов дренажного стока на орошаемых землях Юга Украины и Нижнего Поволжья (горизонтальный дренаж)

Установлено: модуль дренажного стока подвержен существенной изменчивости в течение года - отношение максимального значения среднемесячного модуля к минимальному составляет 2,0...5,6.

Такая динамика модуля стока в свою очередь обуславливает аналогичный характер изменения глубины воды в канале во времени.

Выявленная закономерность позволила смоделировать динамику глубины воды в канале в течение теплого периода года и рассчитать средневзвешенное во времени увеличение площади испаряющей поверхности за счет реализации предлагаемого изобретения – таблица 2.

Основные параметры канала приведены выше.

Таблица 2 – Динамика увеличения площади испаряющей поверхности за теплый период года: апрель – ноябрь

Месяц года	апрель		май		июнь		июль	
Количество суток в месяце	30		31		30		31	
Глубина воды в канале h_i , м	0,2	0,2	0,5	0,5	0,7	0,7	1,0	1,2
Количество суток при глубине h_i	21	15	16	5	25	3	15	13
Увеличение площади испаряющей поверхности	4	4	2,7	2,7	2,2	2,2	1,8	1,5

Продолжение таблицы 2

Месяц года	август			сентябрь			октябрь			ноябрь
Количество суток в месяце	31			30			31			30
Глубина воды в канале h_i , м	1,2	1,5	1,7	1,7	1,5	1,2	1,2	1,0	0,5	0,2
Количество суток при глубине h_i	2	10	19	2	11	17	5	7	19	3
Увеличение площади испаряющей поверхности	1,5	1,3	1,1	1,1	1,3	1,5	1,5	1,8	2,7	4

Из материалов таблицы 2 следует: средневзвешенное во времени (за период апрель – ноябрь) увеличение площади испаряющей поверхности за счет реализации предлагаемого изобретения составило 228%, что обеспечивает соответствующее увеличение испарение воды.

Согласно [7, 8] при конструировании проводящей сети системы утилизации дренажного стока целесообразно предусматривать совмещение во времени выполнения функций «транспортирование» и «обработка». Предлагаемое техническое решение канала полностью соответствует этому требованию.

В процессе дальнейшей разработки данного технического предложения следует:

- выбрать и обосновать параметры конструкции водоподъемного устройства;
- выбрать и обосновать предпочтительный способ увлажнения откосов в виде пленки и/или системы струй и/или капель;

- рассмотреть возможность изменения альbedo зоны дополнительного увлажнения;

- рассмотреть возможность и целесообразность применения дополнительных покрытий откосов в зоне увлажнения, например, из капиллярно-пористых материалов, включая разработку способа извлечения солей;

- обосновать режим увлажнения откосов во времени и пространстве;

- связать расход воды, подаваемый для увлажнения откосов, с текущей температурой и влажностью воздуха, скоростью и направлением ветра;

- уточнить возможность и целесообразность увязки трассы канала относительно сезонного хода Солнца;

- разработать методику и определить эффективность увеличения испарения в результате увлажнения надводной части откосов каналов в натуральных условиях.

Заключение

1. Разработанная новая конструкция канала обеспечивает повышение эффективности функционирования системы отведения дренажных вод в испарителе за счет интенсификации испарения дренажных вод в процессе транспортирования в водотоке с противифльтрационным покрытием в результате забора части расхода воды из водотока, ее подачи в перфорированный трубопровод, расположенный вблизи верхней кромки откосов водотока и увлажнения поверхности откосов выше уровня зеркала воды в водотоке. Увлажнение части поверхности откосов канала существенно увеличивает площадь испаряющей поверхности и, соответственно, испарение воды, что уменьшает годовую нагрузку на испарители и позволяет уменьшить требуемую площадь сооружения.

2. Техническое решение канала для отведения дренажного стока в испарителе имеет правовую защиту в виде заявки на изобретение № 201814383 от 11.12.2018 г. и положительного решения ФИПС о выдаче патента от 08.08.2019г.

Список использованных источников

1. СТО НОСТРОЙ 2.33.20-2011. Мелиоративные системы и сооружения. Часть 1. Оросительные системы. Общие требования по проектированию и строительству. – М.: ООО Издательство «БСТ», 2012. – С. 28.

2. Чугаев, Р.Р. Гидравлика. – Л.: «Энергия», 1975. – С. 206 – 214.

3. Методические рекомендации для определения дренажного стока на орошаемых землях. – Киев: Укрводпроект, 1992. – 55 с.

4. Болотин, А.Г. Экологические аспекты повторного использования дренажно-сбросных вод оросительных систем Волгоградской области / А.Г. Болотин, А.С.Морозова // Агрэкологические аспекты орошаемого земледелия в аридной зоне Поволжья / Сб. н. тр. ВНИИОЗ. – Волгоград, 1999. – С. 28 – 37.

5. Генералов, В.И. Основные направления и результаты исследований по утилизации дренажных вод в ландшафтах сухих степей Поволжья // Орошаемое земледелие в агроландшафтах степей Поволжья / Сб. н. тр. ВНИИОЗ, 1994. – С. 66 – 79.

6. Конторович, И.И. Повышение эффективности процесса аккумуляции дренажного стока // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. научн. тр. по материалам межд. конф. и науч. семинаров 2003 г. / РосНИИПМ. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2003. – Т. 1. – С. 143 – 150.

7. Бородычев, В.В. Утилизация дренажного стока с орошаемых земель: исходные требования к разработке процесса / В. В. Бородычев, И.И. Конторович // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2016. - № 3. – С. 83 – 101.

8. Конторович, И.И. Утилизация дренажного стока с орошаемых земель. – Рига: Издательство Lambert Academic Publishing, 2018. – 213 с.

УДК 626816:544.5.019.8

УСТАНОВКА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ МНОГОЛЕТНИХ НАСАЖДЕНИЙ

А.В. Майер¹, С.В. Бородычев¹, В.С. Бочарников²

¹Волгоградский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Волгоград, Россия

²ФГБУ ВО ВОЛГАУ, г. Волгоград, Россия;

Введение. По данным многолетних исследований, проведенных в нашей стране и за рубежом, применение ресурсосберегающих способов орошения связано с множеством нерешенных вопросов, касающихся техники и технологии орошения. Наряду с многочисленными преимуществами даже ресурсосберегающих способов орошения, имеется ряд недостатков, которые препятствуют их широкому внедрению. Одним из существенных недостатков традиционных способов является то, что эти способы или технологии орошения основаны на периодическом аккумуляровании поливной воды в почве, при этом интенсивность водоподдачи в десятки раз превышает интенсивность водопотребления [3,4,10]. Без комбинированных способов полива невозможно регулировать микроклимат в приземном слое воздуха и в среде растений. В зонах засушливого земледелия, такое орошение зачастую приводит к значительной потере урожая [1,2]. В качестве фактора, лимитирующего урожайность сельскохозяйственных культур южных регионов страны, на первое место выходит температурный и водный стресс, так как в условиях засухи, даже при оптимальном уровне влажности почвы, растение страдает от повышенной температуры и сухости воздуха, что приводит к резкому снижению продуктивности [5,6,7].

Сущность исследуемой проблемы состоит в том, что в условиях зоны недостаточного увлажнения в последние годы почти ежегодно наблюдается воздушная засуха, характеризующаяся температурой воздуха более 25°C и его низкой влажностью (менее 30%). Даже при достаточной влажности почвы растения во время воздушной засухи страдают из-за температурного стресса [1,2,3]. Различные культуры, по-разному страдают от воздушной засухи. Так, например, у зерновых культур, если воздушная засуха совпадает с периодом цветения, урожайность резко снижается из-за пустозерности, когда часть зерен в колосьях не завязывается. Если воздушная засуха приходится на период налива зерна, то потери урожая вызываются неполнотой налива – щуплостью зерна. Продолжительная воздушная засуха может переходить в засуху, при которой растения испытывают недостаток и в почвенной влаге. Во время засухи, при температуре воздуха

35-40°C поверхность почвы может нагреваться до 70°C. Это вызывает формирование интенсивного восходящего потока воздуха, выносящего частички почвы с образованием пыльного тумана. Такая засуха может уничтожить урожай полностью. Существует довольно значительное количество способов комбинированного орошения, в том числе: сочетание мелкодисперсного дождевания или аэрозольного увлажнения с традиционными способами орошения (капельное орошение, дождевание, полив по бороздам); сочетание полива дождеванием с импульсно-капельным способом орошения; сочетание обычного дождевания с аэрозольным орошением и т.д., [8,9]. К сожалению, существуют факторы, которые существующие системы орошения не в состоянии контролировать или частично контролирует. Это такие факторы, как интенсивность солнечной радиации, температура и влажность окружающего воздуха, температура верхних слоев почвы [1,5, 9].

Эти важные физиологические факторы успешно управляются системой капельного орошения в сочетании с аэрозольным увлажнением. Аэрозольное орошение способно значительно повышать влажность приземного слоя воздуха, температуру в листовом покрове многолетнего насаждения и в верхних слоях почвы. Мелкий распыл воды и испарение создают своеобразный туман или дымку, которые являются экраном, рассеивающим прямые солнечные лучи и частично снижает интенсивность солнечной радиации. При работе системы в режиме аэрозольного увлажнения за счет эвапотранспирации снижается температура листового покрова и приземного слоя воздуха на 3-5 градусов. Эффективность контроля этих факторов находится в зависимости от амплитуды колебаний сложившихся метеоусловий [2,3,4,8]. Для каждой природно-хозяйственной зоны применяется наиболее эффективная в конкретных условиях поливная техника, обеспечивающая поливы в заданных режимах, в соответствии с фазами развития и биологическими особенностями орошаемых культур [10,11,12] При использовании комбинированного орошения, с целью экономии водных, энергетических и материальных ресурсов, следует учитывать микроклимат и критические периоды выращиваемой культуры по отношению к недостатку влаги в почве, а также температуре и влажности приземного слоя воздуха.

Одним из направлений повышения эффективности комбинированных способов орошения является расширение спектра их применения путем создания гидромелиоративных систем (ГМС) на основе регулирования параметров жизнедеятельности сельскохозяйственных культур в режиме реального времени. Проблема усугубляется тем, что в последние годы отмечается увеличение продолжительности засушливого периода и орошение традиционными способами недостаточно эффективно в борьбе с возникающей воздушной засухой.

Анализируя, вышеизложенный материал мы пришли к выводу, что возникла необходимость объединения способов орошения с одновременным циклическим аэрозольным увлажнением при поливах не только растениеводческих культур, но и при выращивании плодовых многолетних насаждений и ягодников. Для этого необходимы разработки стационарных комбинированных систем и установок для аэрозольного увлажнения.

Выбор методологии и методик на данном этапе определяется теорией и практикой создания гидромелиоративных систем малообъемного орошения с учетом водоснабжения, климатических условий региона и типа почв, а также принимая во внимание широкий диапазон ресурсного и технического обеспечения предприятий, связанных с выпуском оборудования для систем орошения нового поколения. В соответствии с целью и задачами исследования для получения достоверной исходной информации в качестве основного принят метод разработки опытной экспериментальной конструкции многофункциональной системы орошения [5,6].

Задача разработанной установки обеспечить поливные нормы, равномерное распыление поливной воды за сравнительно минимальный период времени, непосредственно в кроне плодового насаждения размером водяных капель не более 800 микрон, при рабочем давлении в закольцованном трубопроводе до 0,02 МПа, для поддержания оптимального фитоклимата садового массива. Равномерное распыление поливной воды позволит обеспечивать опрыскивание многолетних насаждений ядохимикатами для борьбы с садовыми паразитами. Решение указанных задач достигается тем, что установка комбинированного орошения монтируется непосредственно в кроне многолетнего насаждения, водозабор осуществляется из поливного трубопровода оросительной системы, включает телескопическую раздвижную стойку, поперечный стержень, закольцованный полипропиленовый поливной трубопровод, диаметр кольца равен 1,3 м, дефлекторные насадки, гибкие поливинилхлоридные (ПВХ) микро трубки ниппели и штуцеры. Поливной закольцованный трубопровод с наружным диаметром 16 мм снабжен тремя дефлекторными насадками аэрозольного увлажнения, радиусом распыла воды до 1,8 метров каждая, подводящей соединительной гибкой поливной микротрубкой ПВХ с внутренним диаметром 3...4 мм, длиной не менее 1 м и двумя перфорированными отверстиями. Первое перфорированное отверстие обеспечивает поступление оросительной воды через соединение закольцованного поливного трубопровода с поливным трубопроводом системы орошения посредством соединительной гибкой микротрубки, которые в свою очередь соединены посредством ниппеля и штуцера. Через второе перфорированное отверстие оросительная вода из закольцованного трубопровода через гибкие микротрубки и пластмассового тройника поступает к дефлекторным насадкам, расположенным на поперечном стержне телескопической раздвижной стойки. Технический результат заключается в одновременной подаче капельницами оросительной воды для увлажнения почвы, и равномерном распылении поливной воды в кроне многолетнего насаждения, внесением с поливной водой макро- и микро-элементов, создание оптимального микроклимата при высоких температурах и низкой влажности воздуха в течение вегетативного периода

Установка для осуществления капельного орошения в сочетании с аэрозольным увлажнением многолетних насаждений включает следующие конструктивные элементы: телескопическую раздвижную стойку 1, поперечный стержень 3, закольцованный полипропиленовый поливной трубопровод 2, закрепленный крепежными тремя втулками 8, на трех металлических стержнях 6 на высоте 0,5

имеющему поливному напорному трубопроводу стационарной системы. Увлажнения можно проводить вместе с вегетативными поливами, или самостоятельно в зависимости от конструктивных элементов гидромелиоративной системы орошения и поставленных задач.

Уникальность комбинированной установки орошения для плодовых насаждений состоит в простоте ее соединения с поливным трубопроводом любой стационарной системы орошения, имеющей полипропиленовые или пластмассовые распределительные трубопроводы (рис. 2, табл.1).

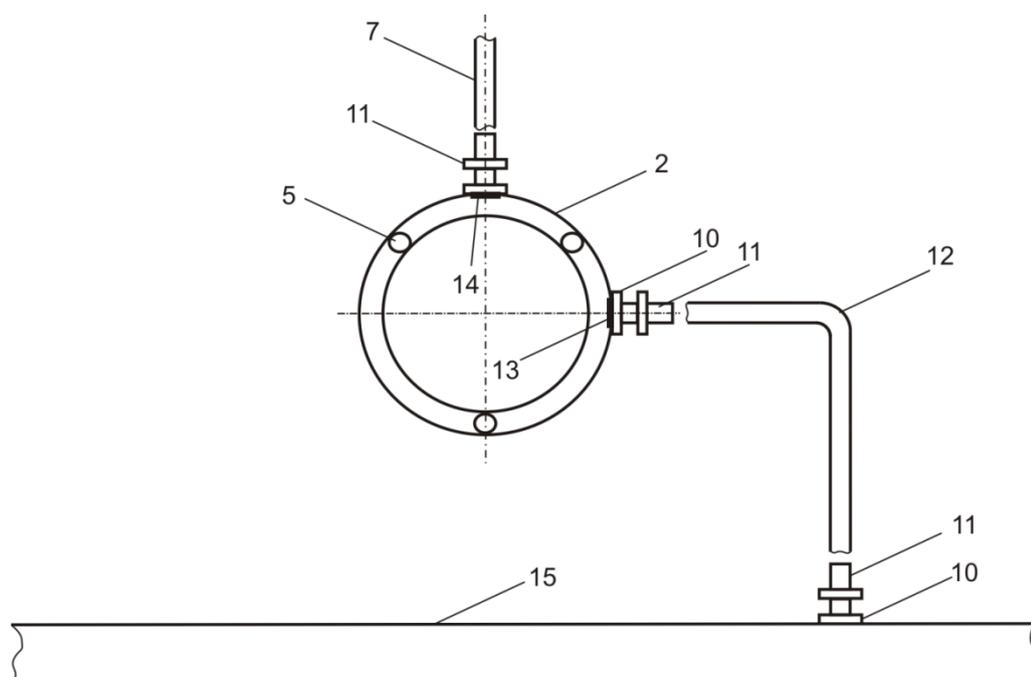


Рисунок 2 – соединение комбинированной установки орошения с поливным трубопроводом

При помощи установки комбинированного орошения возникает возможность осуществлять противозаморозковые увлажнения, когда мелкие водяные капли при минус 1...3°C превращаются в пористую снежную структуру, тем самым защищая садовые культуры от внезапных ранних заморозков в период цветения сада.

В конструктивной разработке нами были сформулированы и учтены требования к надежности установки комбинированного орошения и комплектующего оборудования:

- коэффициент надежности технологического процесса - 0,99;
- коэффициент готовности - 0,99;
- срок службы 5 – 7 лет в зависимости от выбора поливных трубопроводов;
- все части установки аэрозольного увлажнения, контактирующие с химическими и минеральными растворами, должны быть выполнены из антикоррозионных материалов.

Требования безопасности и требования по охране окружающей среды к комбинированной установке должны соответствовать единым требованиям, предъявляемым к стационарным системам орошения.

Таблица 1 - Техническая характеристика комбинированной установки орошения

Тип устройства	Стационарный: для комбинированного орошения плодовых культур и ягодников
Орошаемая площадь, га	1-5
Напор воды для поливного трубопровода, МПа	0,1...0,2
Напор воды для капельного орошения, МПа	0,15
Напор воды для аэрозольного орошения, МПа	0,15...0,2
Количество распылителей на одно плодое насаждение, шт.	6...8
Количество капельниц на закольцованном трубопроводе, шт.	6...8
Расход воды распылителем, л/ч	30...45
Расход воды капельницей, л/ч	6...12
Время затрачиваемое на одно увлажнение, сек	35...45
Высота установки распылителей - для ягодников, мм - для многолетних насаждений, мм	1000 2500
Тип капельницы	полукомпенсированный, компенсированный
Диаметр распределительного трубопровода, мм	32
Расход закольцованного трубопровода, л/ч	в зависимости от вмонтированных капельниц
Материал поливных трубопроводов	полиэтилен
Тонкая трубка	ПВХ
Диаметр подходящего транспортирующего трубопровода, мм	50
Обслуживающий персонал, чел.	1

Заключение. Установка аэрозольного увлажнения оригинальна тем, что в ее конструкцию, непосредственно в нижнюю часть закольцованного трубопровода может быть вмонтировано до восьми капельниц с расходом поливной воды от 4 до 12 л/ч, и в верхнюю часть до 4...5 распылительных насадок, расположенных по кругу закольцованного трубопровода, посредством которых создается диспергированное облако непосредственно вокруг многолетнего насаждения и водяные капли более равномерно распределяются на листовой поверхности независимо от его высоты за счет раздвижных стоек, и распылителей дополнительно расположенных на концах поперечной перемычки и на конце стойки, обеспечи-

вая его поливную норму и увлажнение за более короткое время тем самым экономя энергетический и материальный ресурсы при технологических операциях связанных с выращиванием плодовых многолетних насаждений. Все комплектующее оборудование для сборки и монтажа комбинированной системы орошения производится на отечественных предприятиях Российской Федерации.

Список использованных источников

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

2. Алиев Б.Г. Применение озоновых технологий в сельском хозяйстве Азербайджана // Вестник Азербайджанской инженерной академии. 2016. № 8. С. – 128 – 136.

3. Бородычев В.В. Функционально-морфологический анализ и совершенствование технических средств комбинированного орошения [Текст] / В.В. Бородычев, Е.В. Мелихова, А.Ф. Рогачев // Ж. Мелиорация и водное хозяйство, № 4, - 2018г. С. 25-29.

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

5. Майер, А.В. Разработка технических средств и метод определения интервала времени между увлажнениями в системе комбинированного орошения/ А.В. Майер, В.С Бочарников, Е.А. Долгополова // Ж. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса // Наука и профтехобразование, № 1. 2012 – С. 150-155.

6. Майер А. В., Технические средства и технология комбинированного орошения и мелкодисперсного дождевания /А.В. Майер, В.С Бочарников // Ж. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса // Наука и профтехобразование № 2. 2012 – С. 3-8.

7. Овчинников, А.С. / Регулирование фитоклимата в агрофитоценозах при комбинированном орошении и система для его осуществления / А.С. Овчинников, В.С. Бочарников, О.В. Бочарникова, Б.М. Кизяев и др. // Патент Российской Федерации на изобретение № 2464776. – 2012 г.

8. Овчинников А.С. Перспективная система управления водным режимом почвы и микроклиматом [Текст] / А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, А.В. Майер, С.В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. -№2(37). – С. 6-12.

9. Шумаков, Б.Б. Аэрозольное орошение: технология и эффективность / Б.Б. Шумаков, В.В. Бородычев // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. - № 7. - С. 3-8.

10. Семенов С.Я. Конструктивные особенности и расчет систем капельного орошения с модулем электрохимической обработки воды / С.Я. Семенов, А.Н. Чушкин, М.Н. Лытов, Е.И. Чушкина // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. № 5. – С – 21.

11. Шумаков Б.Б. Гидромелиоративные системы нового поколения / Б.Б. Шумаков // М. - ВНИИГиМ. – 1997. - с. 109.

12. Шехихачев Ю.А., Обоснование параметров искусственного дождя [Текст] / Ю.А. Шехихачев, Шомахов Л.А., Пазова Т.Х., Шехихачева Л.З., Медовник А.Н., Твердохлебов С.А. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 99. – С. 650-659.

13. Шомахов Л.А. Ресурсосберегающие технологические процессы и технические средства защиты плодовых насаждений от неблагоприятных метеорологических и агробиологических факторов [Текст] / Л.А. Шомахов, В.Н. Бербеков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шехихачев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3. – С. 178-184.

14. Viktor P.R. Clarc G. A. Uniformity of soil moisture in mikroirrigated plastic mulched beds Soil and crop skience sokiety of Florida / Proceedings, 1991; T. 50. – p.9 – 12.

15. Styles S. W.; Burt C. M.; Orvis S. Accuracy of Global Vikroirrigation Distribution Uniformity Estimates // Journal of Irrigation Drainage Engineering, 2008; Vol. 134, N 3. - P. 292 - 297.
16. Angold, Ye. Spezial features of drip-sprinkler irigazion technology/ Ye. V. Angold, V.A. Zarkov, Water Supplu, issue 14-15-P. 841-849.
17. ProssS., SuttonB., Batamm M/ Komplentingmikro - irigaziontechnology with ivprjvtdirigazionmanagement based on krop and soil parameters//Inter Water irrigate. 2008. Vol. 23 №4. – P. 300-330.
18. Brunamonti, S., Jorge, T., Oelsner, P., Hanumanthu, S., Singh, B. B., Ravi Kumar, K., Peter, T. (2018). Balloon-borne measurements of temperature, water vapor, ozone and aerosol backscatter on 1the southern slopes of the himalayyas during StratoClim 2016-2017. Atmospheric Chemistry and Physics, 18- P. 21-29. 15937-15957. doi:10.5194/acp-18-15937-2018.

УДК 631.6:627.82

К ВОПРОСУ О ПРОЕКТИРОВАНИИ КРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ПЛОТИН ДРЕВЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ

В.А. Павлущенко

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Введение. В «лихие» девяностые годы нами было проведено обследование гидротехнических сооружений (ГТС), в том числе построенных экспедициями Жилинского, Анненкова, Докучаева. Исследование выполнено в переломный период **при переходе от плановой экономики к рыночной**. Было выявлено, что более 30% обследованных плотин были с древесными насаждениями на откосах, которые дошли до нашего времени с XIX века. Кроме того, на местности встречались остатки разрушенных плотин, вероятней всего еще с XIX столетия и не восстановленные. Тогда для общества, занятого реформами, при переходе **от принудительного к свободному труду** массовые разрушения плотин прошли незамеченными. И только в материалах экспедиций генерал-лейтенанта Анненкова, работавших в 1892 г. в верховьях бассейна Дона, мы можем найти небольшие сведения как о размытых помещичьих плотинах в начале 60-х годов XIX столетия, так и о начале массового роста оврагов.

В капиталистическое время с начала массового строительства плотин для целей обводнения и орошения (губернские экспедиции Анненкова, при проведении общественных работ только за один год построили более 600 плотин), участились и случаи разрушения построенных сооружений. Разрушение плотин происходило после всех периодов массового интенсивного строительства, независимо от существующего общественного строя, то есть после 1892, 1924-1925, 1948-1952 годов и даже в 1974-1975гг.

• *Обследование выполнялось под руководством академика Шумакова Б.Б., при научном консультанте академика Маслова Б.С. и производственных консультантов Викснэ А.А. и Вориводине В.В.*

Результаты и обсуждение. По биологическим креплениям верховых откосов ГТС с помощью древесных насаждений, находящихся под воздействием волнобоя (в дальнейшем мы будем называть такие откосы мокрыми), в настоящее

время нет единого мнения ввиду не отработанности их конструкций и предубеждений, возникших в 20-е годы XX столетия о многочисленных разрушениях таких плотин из-за наличия корней произрастающих деревьев.

По технической инструкции 1892 года, подписанной генерал-лейтенантом Анненковым, на верховом откосе плотин необходимо было устраивать насаждения из древовидной ивы. Основанием для таких рекомендаций был вековой опыт эксплуатации помещичьих и заводских прудов. Поэтому не случайно некоторые плотины, построенные экспедицией Анненкова с древесными насаждениями, эксплуатируются и в наше время.

Однако, уже в 1924 году в инструкции по возведению вододержательных плотин было указано, что на верховом откосе «древесных пород сажать не следует» и рекомендовалось применять для посадки кустарниковую иву. По этому вопросу в 20-е годы известный ученый А.М. Дубах, в изданных материалах по вопросам прудовой техники признал, что облесенные плотины сохраняются лучше, чем плотины без насаждений [1].

В 1941 году были изданы ТУ 24-104-40 «Земляные насыпные плотины», где против прорастания деревьев на верховых откосах плотин **(это же очень хорошо, что деревья сами растут, хуже было бы наоборот)** предлагалось даже устраивать твердые покрытия. По нашим наблюдениям, на твердых покрытиях откосов плотин и каналов и сейчас прорастают небольшие деревья и кустарники, укореняясь в швах между плитами. Следовательно, на мокрых откосах гидротехнических сооружений существуют хорошие условия для обитания некоторых пород деревьев, и **этот фактор необходимо использовать для создания более прочных и устойчивых к воздействию волн конструкций крепления откосов ГТС и берегов водотоков и водоемов.**

Такие крепления уже применяются в гидротехнической практике как сочетание биологических креплений с материальными. Так, на Гудовской плотине в Липецкой области при длине разгона волны в 1.5 км на отдельных, не облесенных участках верхового откоса, была смыта мостовая с крупностью камня 0.15-0.20 м. Там, где непосредственно перед мостовой были деревья, крепление осталось не поврежденным. Материальное покрытие защищает древесно-кустарниковую растительность от подмыва водой снизу, а растения сопротивляясь как ветру, так и волнам, уменьшают их скорость и предохраняют материальное крепление от повреждений, продлевая срок его службы.

Древесные насаждения на протяжении нескольких десятков лет защищают верховые откосы низконапорных дамб Киевского, Кременчугского и Каховского водохранилищ, где на отдельных участках длина разгона волн достигает десятков километров. Первоначально, в 50-х годах дамбы проектировались и строились без креплений, или предусматривалось крепление только с помощью кустарника. Однако, неоднократные размывы дамб и ветровые перемещения мелкозернистых песков показали необходимость их облесения.

При периодических обследованиях гидротехнических сооружений на протяжении почти столетия установлено, что количество прорванных плотин с древесными насаждениями значительно меньше, чем не облесенных плотин. Результаты обследований приведены в таблице:

Таблица - Влияние облесения откосов на сохранность плотин

Обследование	Год	Общее число обследованных плотин		Облесенные плотины		Не облесенные плотины	
		Количество шт.	% Облесенных	Количество шт.	% Прорванных	Количество шт.	% Прорванных
Фока А.А.	1899	93	0	-	-	93	29
Можаровского Б.А.	1924-1925	975	58	562	38	413	64
Дубаха А.Д. Жданова А.А. Лядова С.Е.	1927	992	40	398	16	594	31
Инвентаризация плотин	1946-1947	1512	5	72	14	1440	39
Кремеза С.А.	1956-1962	77	52	40	12	37	49
Павлущенко В.А.	1993-1996	35	65	23	0	12	0
Итого:		3684	30,5	1095	27,1	2496	40,8

Обследования Фока выполнено в Усманском и Тамбовском уездах Тамбовской губернии [2], Можаровского - в Пугачевском уезде Самарской губернии [3], Дубаха, Жданова, Лядова - в Центрально-Черноземных областях (ЦЧО) России [1], Кремеза в ЦЧО и некоторых областях Украины [4]. В 1993-1996гг. Павлущенко выполнил обследование ГТС, в том числе плотин построенных экспедициями Жилинского, Анненкова, Докучаева, в Рязанской, Воронежской, Липецкой, Волгоградской, Донецкой, Луганской, Кировоградской, Крымской областях. Результаты обследования частично опубликованы академиком Масловым Б.С. в «Истории мелиорации в России» т. I.

Как видно из таблицы, не обсаженные деревьями плотины за столетний период прорывались водой на половину чаще, чем обсаженные. Если бы не Великая Отечественная война, количество обсаженных плотин было бы больше. По инвентаризации плотин в 1946-47 гг. после войны плотин с деревьями было всего 5%. И это не удивительно, так как пруды и каналы являются водными заграждениями и активно использовались нашими войсками в обороне. Особенно ожесточенные бои были в Воронежской области и в самом городе Воронеж. А южнее в 1942 году Тингутинскую плотину обороняло Винницкое пехотное училище, а водным заграждением являлось созданное в 1881 году экспедицией Жилинского водохранилище.

В первые годы революции не только отсутствовала служба эксплуатации ГТС, но и происходили неумышленные повреждения плотин. Так, А.А. Жданов, обследовавший прудовые сооружения Воронежского уезда, отметил, что 28%

плотин были облесены древесными растениями, причем укрепление откосов производилось исключительно ивой. Далее он писал: «Эта цифра была бы больше, если бы обследование было проведено лет 10 назад, так как помещичьи пруды чуть ли не все были с древесной растительностью. Но ввиду того, что большинство помещичьих сооружений находились в степной безлесной местности, то крестьянство в силу «лесной голодовки» в первый год революции стихийно принялось за вырубку и раскорчевку деревьев на плотинах. В данное время почти все бывшие помещичьи плотины стоят без древесной растительности» [1]. Вот эти обстоятельства и были причиной разрушения плотин.

Конструкции биологического крепления зависят от пород и вида растений, применяемых для защиты откосов ГТС, условий их обитания и гидрологического режима водоема или водотока. Следовательно, конструктивные параметры будут определяться географическим фактором, биологическими свойствами растений и хозяйственными требованиями к водоему. Корни растений могут глубоко проникать в тело плотины и при защите откосов древесно-кустарниковой растительностью поперечный профиль плотины должен проектироваться с учетом величины максимально возможного проникновения корневой системы.

Растения даже в водных культурах до бесконечности не могут развивать корневую систему. Существует биологический предел ее распространению. Нами на основании исследований на плотинах и дамбах была установлена длина корневой системы ивы ломкой – вербы (*Salix fragilis*) 12 м. Для ивы белой - ветлы (*Salix alba* L.) на Тингутинской плотине установлено расстояние корневой системы от ствола дерева в 15 м. Однако, учитывая огромные размеры этого дерева (в зрелом возрасте диаметр ствола достигает 2 м, а высота – 30 м), определения максимальной длины распространения корней ветлы необходимо продолжить. У тополя черного-осоколя (*Populus nigra*) длина корней достигает 10 м. Раскопки на плотинах необходимо вести от ствола дерева, первоначально на расстоянии 5-10 м траншеями параллельными урезу воды, а дальше через 1-3 м. Таким образом, возле дерева мы призму грунта оставляем не тронутой. Диаметр корней уменьшается с расстоянием от ствола дерева. Например, если у ствола осоколя диаметр корня 170 мм, то на расстоянии 9 м уже 5 мм, а после раздвоения, всего несколько миллиметров. Предлагается следующий способ проектирования. Изыскательские группы для выбранной породы деревьев должны определить длину распространения корневой системы. Проектировщик эту длину вписывает в выбранную конструкцию и назначенные размеры плотины. Для этого от места посадки на верховом откосе откладывается длина корневой системы горизонтально, а для низового откоса – параллельно средней части депрессионной поверхности фильтрационного потока воды или касательно к ней (рис.1). При выходе длины корневой системы за пределы плотины, проектировщик назначает ее новые размеры, выбирает другую конструкцию (вводит бермы, изменяет заложение откосов, биологическое крепление совмещает с материальным и т. д.) или отказывается от применения древесных насаждений.

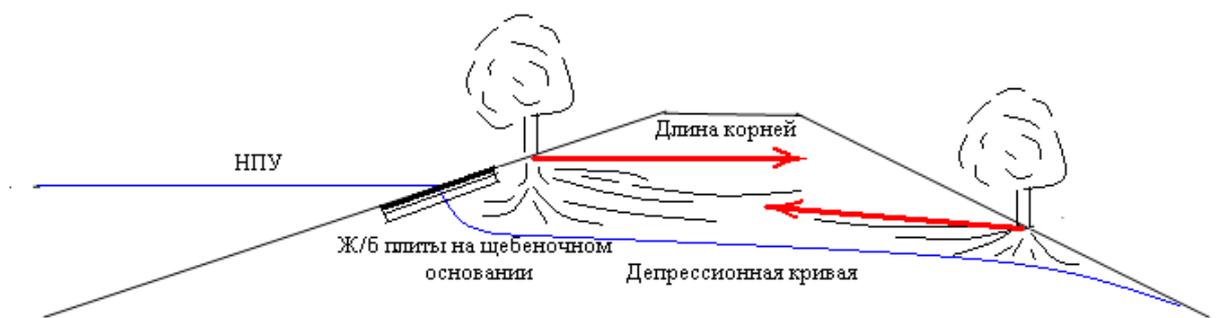


Рисунок 1- Схема проектирования длины корней деревьев на чертеже плотины

Представим себе, что в основании плотины расположены пронизывающие всю плотину 2 корня диаметром не 5 мм, а 0,5 м, то есть 500 мм. Когда корни живые, плотине ничего не угрожает, так как древесина корней преграждает путь воде. Но в случае гибели деревьев через некоторое время корни разложатся с образованием полуметровых пустот. Тогда возникает вопрос, будет ли разрушена вся плотина или нет? Ответ дает нам фотография аварии на одном из прудов-отстойников рудника (рис 2). Будем считать пространство, занятое полиэтиленовыми трубами водосброса, пространством разложившихся корней. Размыв захватил не всю, а небольшую часть плотины из-за того, что тело плотины является качественной насыпью с уплотнением до $2, -2,1 \text{ т/м}^3$, а не простой неброской земли без уплотнения, как это происходило при строительстве крестьянских плотин.



Рисунок 2 - Авария водосбросных труб одного из прудов-отстойников

Учитывая, что корневая система находится сверху над депрессионной поверхностью фильтрационного потока (рис. 1), а длина корней конечна и их диаметр, начиная со ствола дерева, уменьшается по длине и становится в конце менее миллиметра, опасность **внезапного прорыва плотины** из-за корней не существует. Какое-то время, достаточное для ликвидации просачивания, фильтрационный поток воды будет увлажнять откос без его повреждения.

Целостность плотины была восстановлена рудником за неделю. Срок эксплуатации этого отстойника до 5 лет. Поэтому заказчик сэкономил на всем, в том числе и на железобетонной подложке под трубы. Трубы с задвижками положили прямо на грунт. В результате осадки плотины произошел разрыв сварных пластмассовых швов прямо посередине. Из-за задвижек оторванную часть труб грязевой поток не потащил вниз, а отбросил в сторону.

Выводы:

1. Обследование ГТС, построенных в XIX-XVIII и ранее, показало, что качественно построенные экспедициями Жилинского и Докучаева плотины, несмотря на то, что часть из них на протяжении более столетней эксплуатации повреждалась и даже прорывалась (из-за неправильного определения размеров водопропускных сооружений), успешно работают и в наше время.

2. Более 30% обследованных плотин были облесены. На верховых откосах сажалась преимущественно ива-верба. Никаких достоверных данных, кроме отдельных сообщений, о разрушениях плотин с древесными насаждениями на откосах из-за наличия корней в теле плотины мы не имеем. Наоборот, статистические данные свидетельствуют, что плотины с древесными насаждениями разрушаются на 50% реже, чем без насаждений.

3. При наличии растущих, то есть живых растений, из-за корней нет угрозы разрушения плотины. Угроза наступает тогда, когда растения будут уничтожены или отомрут, и корни начнут разлагаться, образуя в теле плотины пустые тупиковые полости. Но эта угроза наступает не сразу после вырубki, а через десятилетия, что дает достаточное время для выкорчевки пней и заделки места посадки растений мятой глиной, тощим бетоном или посадкой новых растений. Если этого не сделать, то проникновение землеройных животных в пустые полости со стороны нижнего бьефа действительно приведет к аварийной обстановке на плотине.

4. Таким образом, мы показываем несостоятельность мифа о массовом разрушении плотин из-за наличия корней в теле плотины. Этот миф распространило население безлесных территорий, чтобы не нести ответственности за вырубку деревьев на плотинах.

5. Изыскательские группы проектных организаций должны установить путем раскопок максимальную длину распространения корней выбранной породы дерева на плотинах. Нашими исследованиями путем раскопок на плотинах установлена длина корневой системы тополя черного – 10 м, ивы ломкой-вербы – 12 м, ивы белой-ветлы – 15 м. Проектировщику остается только вписать эту длину в тело плотины. Для верхового откоса длина корней откладывается горизонтально от места посадки дерева и должна не выходить за пределы выбранной конструкции плотины. В случае выхода корневой системы за пределы плотины, ее конструкция и размеры изменяются или от крепления древесными насаждениями отказываются. При посадке деревьев в нижнем бьефе от места посадки линия максимальной длины корневой системы откладывается в сторону верхнего бьефа, параллельно или касательно средней части депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле плотины.

6. При проектировании плотин с древесными насаждениями рекомендуется на верховом откосе по урезу воды размещать проверенное практикой смешанное крепление материальное и биологическое. Материальное покрытие защищает древесно-кустарниковую растительность от подмыва водой снизу, в свою очередь растения, сопротивляясь как ветру, так и волнам, уменьшают их скорость и предохраняют материальное крепление от повреждений, тем самым продлевая его срок службы.

7. Из всех обследованных плотин, только на Тингутинской находились остатки ивы-ветлы. Из-за большой высоты и парусности, раскачиваясь под ветровым напором, она может нарушать целостность небольших плотин. Поэтому мы рекомендуем сажать иву-ветлу только на крупных плотинах с проезжей частью 10 и более метров.

8. Во время обследования в 1996 г. Тингутинской плотины в Волгоградской области на верховом откосе плотины находились пни и остатки стволов погибших столетних ив. В связи с начавшимся процессом разложения корней и образования пустот в теле плотины, если пни не были выкорчеваны и место посадки не заделано водонепроницаемым материалом, существует реальная угроза возникновения аварийной ситуации на плотине.

9. Считаем целесообразным, не дожидаясь отмирания деревьев, заменять их новыми насаждениями.

Список использованных источников

1. Дубах А.Д. Материалы по вопросам прудовой техники. – Ленинград: – 1928. с.160.
2. Отчет по осмотру обводнительных сооружений, произведенных при общественных работах 1892 года под наблюдением генерала М.Н. Анненкова, заведующего геодезической частью А.А. Фока. -Санкт-Петербург: Типо-лит. К. Биркенфельд, -1900, 40 с.
3. Можаровский Б.А. Краткий обзор работ по гидрологическому обследованию Нижне-Волжской области за время с 1923-1926. – Саратов: Саратовполиграфпром. Отдельный оттиск. – 1926, 7 с.
4. Кремез С.А. Опыт строительства и эксплуатации малых водохранилищ в ЦЧО. –Воронеж: Издательство Воронежского университета. – 1965, 138 с.

УДК 631.6:626.8

ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

А.С. Плотников¹, Л.Н. Медведева¹, А.В. Медведев¹, Л.А.Воеводина²

¹ФГБНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия;

²ФГБНУ РОСНИИПМ, г. Новочеркасск, Россия

В мелиоративном комплексе АПК произошло накопление большого количества проблем, связанных как с организационно-экономическими, так и техническими проблемами, которые проявились в серьезном ухудшении технического состояния оросительных и осушительных систем. Согласно Концепции продовольственной безопасности до 2020 года в России должно быть около 18 млн. га

мелиорированных земель, что позволит увеличить продуктивность агробиоценозов в 2 – 3 раза [1]. Однако, в 2017 году из имеющихся в Российской Федерации 4,69 млн. га орошаемых земель в сельскохозяйственном производстве использовалось лишь 3,89 млн. га; под орошением находилось – 1,32 млн. га [2]. Распределение мелиорированных земель по федеральным округам и перспективы увеличения в таблице 1.

Таблица 1 – Существующие мелиорированные земли и перспективы увеличения по концепции «Стратегия мелиорации – 2030» [1]

Федеральные округа	Всего мелиорированных земель в 2017 году, тыс. га			Мелиорированные площади, тыс. га по Стратегии
	всего	в т.ч.		
		орошение	осушение	
ВСЕГО по РОССИИ	9472	4686	4785	25000
Центральный федеральный округ	1878	485	1393	5683
Северо-Западный федеральный округ	1845	17	1829	6396
Южный федеральный округ	1566	1511	55	1873
Северо-Кавказский федеральный округ	1029	1011	18	1557
Приволжский федеральный округ	1322	905	417	3809
Уральский федеральный округ	272	121	151	874
Сибирский федеральный округ	725	498	226	2212
Дальневосточный федеральный округ	836	140	696	2596

Источник: МСХ РФ, ФГБНУ ВНИИОЗ

По данным ФГБУ «Ростовмелиоводхоз» в 2017 году из 232,2 тыс. га орошаемых сельхозугодий 75,9 тыс. га требовали проведения комплексной реконструкции оросительной сети, 57,3 тыс. га – проведения ремонта оросительной сети [4].

Срок эксплуатации большинства оросительных систем Южного федерального округа (ЮФО) составляет более 40 лет. В связи с длительным сроком эксплуатации оросительных каналов их техническое состояние является весьма неудовлетворительным.

Среди дефектов наиболее часто встречаются: зарастание водной растительностью откосов канала; разрушение плитного и пленочного покрытия; сползание плит и разрушение швов облицовки (рисунок 1).



1)



2)



3)



4)

Рисунок 1– Примеры дефектов облицовки каналов и выхода фильтрационного потока в приканальную зону:

- 1) Зарастание водной растительностью откосов канала;
- 2) Разрушение плитного покрытия на головном участке канала;
- 3) Разрушение плитного и пленочного покрытия;
- 4) Выход фильтрационного потока в приканальную зону

КПД оросительных систем составляет – 50 %, т.е. половина закачиваемой воды теряется на непроизводительные потери. Только по Азовской оросительной системе это составит около 1,5 ГВт электроэнергии при годовом потреблении электроэнергии в 2018 году 3 ГВт или 15,6 млн руб., при увеличении орошаемых площадей – потери увеличатся.

Одним из путей решения накопившихся проблем может стать создание экономических моделей – мелиоративных парков, призванных к стимулированию использования в практике проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративных систем инновационных достижений [5,6]. Концепция виртуальных мелиоративных парков разрабатывается учеными двух научных институтов Новочеркасска и Волгограда.

Ввиду того, что одной из наиболее важных проблем при проектировании оросительных систем является проблема снижения потерь на фильтрацию в каналах, кроме традиционных противофильтрационных мероприятий, таких как грунтовые экраны, оглеение, уплотнение, пропитывание вяжущими и др., с 1940–1950-х гг. в практике гидротехнического строительства начинают применяться полимерные материалы в качестве противофильтрационных элементов в грунтовых и бетонных облицовках [7]. Одним из современных и перспективных материалов для противофильтрационной облицовки каналов является, так называемое, бетонное полотно, которое может заменить или дополнить бетонную облицовку при производстве работ по реконструкции и строительству каналов в мелиоративных парках [5,6,8]. Бетонное полотно, запатентованное фирмой Concrete Canvas (Великобритания), признается одним из лучших материалов для покрытия каналов [9] (рисунок 2).

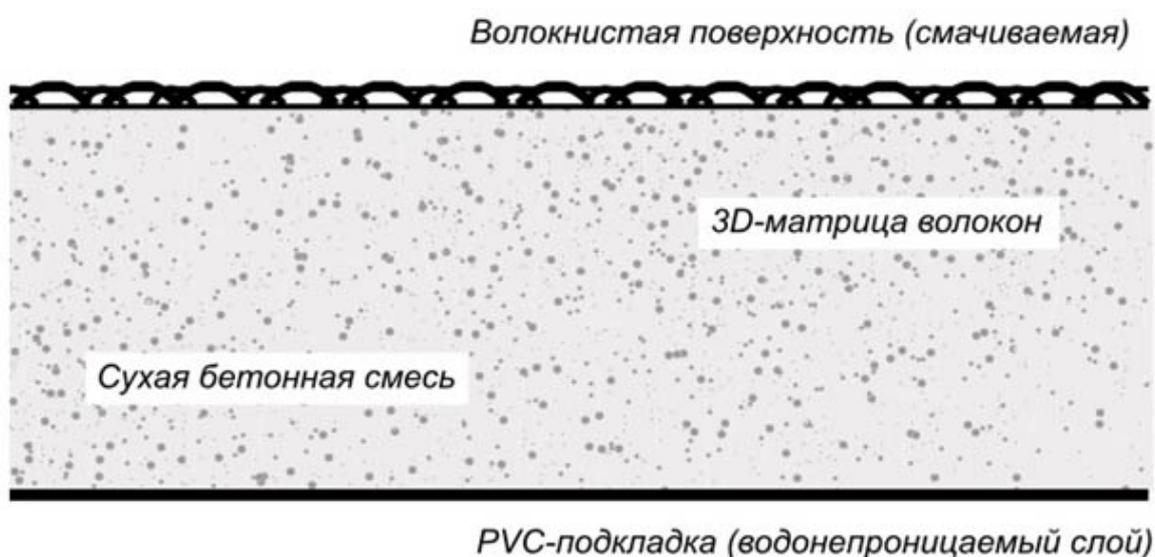


Рисунок 2 – Конструкция (строение) бетонного полотна

Толщина материала составляет от 5 до 13 мм. Использование рулонов толщиной 8 мм (марка СС8) площадью 125 м² эквивалентно двум грузовикам с бетонным раствором общим весом 34 тонны. К положительным качествам бетонного полотна относится водонепроницаемость, устойчивость к огню, химическим веществам, простой и быстрый монтаж; длительный срок эксплуатации (в среднем 50 лет); отсутствие ухода после укладки. Ф.К. Абдразаковым и А.А. Руквишниковым была представлена сравнительная характеристика бетонного полотна и традиционной бетонной облицовки (таблица 2) [10].

Представленные данные указывают на значительные преимущества бетонного полотна в производительности укладки. Бригада из трех человек может установить до 200 м²/час бетонного полотна [8]. Технология производства работ предусматривает подготовку ложа канала необходимой глубины и ширины, с обязательной расчисткой от растений и острых предметов. По краям канала делают борозды – анкерные пазы. Размещение рулонов возможно как вдоль, так и

поперек русла канала. Пошаговая инструкция предусматривает следующий порядок действий:

- распаковать рулон и раскатать по каналу (волокнистая сторона должна быть сверху, а внутренняя с ПВХ покрытием прилегать к земле);
- один край закрепляется в анкерном пазу. Последующие части укладываются внахлест с напуском 10 см по направлению течения воды. Во всех местах, где полотна перекрываются друг другом в анкерном пазу, забиваются кольца; места нахлеста увлажняются водой; швы заделывают клеящим герметиком; после обработки закручиваются стальные винты на расстоянии 3-5 см от края и по 20 см друг от друга;
- после закрепления бетонного полотна по всему каналу, его поливают водой (объем воды должен быть не менее 50 % от веса материала); анкерные пазы засыпать грунтом;
- через 24 часа покрытие затвердеет на 80 % и его разрешено эксплуатировать.

Таблица 2 – Сравнительные показатели бетонного полотна и бетонной облицовки

<i>Показатель</i>	<i>Бетонное полотно</i>	<i>Бетонная облицовка</i>
Стоимость 1 м ² , руб.	6000	4000
Масса 1м ² , кг	12	200
Производительность укладки, м ² /смену	800	80
Приобретение необходимой прочности, ч	24	72
Водонепроницаемость	Низкая	Средняя
Морозостойкость	Высокая	Средняя
Стойкость при сжатии	Высокая	Высокая
Прочность при изгибе	Средняя	Высокая

В качестве иллюстрации проведения работа с использованием бетонного полотна на участке оросительной сети в Южной Африке в 2015 году (рисунок 3,4). Представленная информация может служить перспективным обоснованием для применения данного материала при мелиоративном строительстве. Основным недостатком для широкого использования данного материала в России является его высокая стоимость, которая находится в диапазоне – 6000 руб./м². Однако на юге России имеются месторождения сырья, из которого производится полотно – глиноземистый цемент, который является основным наполнителем бетонного полотна. Также в России имеется возможность производства трехмерной стекловолоконной матрицы, которая используется в качестве армирующего слоя цементной массы [8,9].



Рисунок 3– Пример производства работ с использованием бетонного полотна Concrete Canvas [7]:

- 1) участок до начала работ;
- 2) нарезка бетонного полотна на отрезки;
- 3) раскладка бетонного полотна в канале;
- 4) увлажнение;
- 5) сдавливание стыков;
- 6) канал после окончания работ

Наличие месторождений и производств основных компонентов, используемых в бетонном полотне (глиноземный цемент, ПВХ мембрана, трехмерная матрица, тканый геотекстиль) при реализации инвестиционного проекта – строительство завода позволит снизить стоимость данного материала в 2–3 раза, что сделает его более привлекательным в гидротехническом строительстве [11].



Рисунок 4 – Внешний вид канала через пять лет после установки бетонного полотна Concrete Canvas [6]

Сегодня для Ростовской и Волгоградской областей для покрытия каналов в земляном русле, протяженность которых составляет около 6000 км, а средняя ширина ложа – 8 м, потребуется 52 млн м² бетонного полотна [12,13]. Решение вопроса лежит в плоскости строительства на Юге России завода по производству бетонного полотна и иных противофильтрационных покрытий. Предварительный расчет показывает, что стоимость инвестиционного проекта «Строительства завода по производству бетонного полотна» сможет составить – 540 млн руб. Анализ имеющейся информации показал, что в мелиоративных парках при реализации мелиоративных инвестиционных проектов по реконструкции оросительных каналов, при проведении противофильтрационных облицовок каналов целесообразно использовать бетонное полотно, что позволит сократить производительные потери воды, а также взаимосвязанные затраты на электроэнергию и мелиорацию почв, подвергающихся подтоплению, заболачиванию и засолению. Перспективным материалом для использования в качестве противофильтрационного покрытия может стать бетонное полотно, чьим неоспоримым преимуществом является значительное упрощение процесса укладки в ложе канала.

Список использованных источников

1. Vasilyev, S. M. Meliorative institutional environment – area of state interests / L. N. Medvedeva, V.N. Shchedrin, S. M. Vasilyev, A. V. Kolganov, L. N. Medvedeva, A. A. Kupriyanov // *Espacios*. – 2018. – Vol. 39, № 12. – P. 28–35.
2. Итоги реализации (2014–2017 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы»: информ. издание – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2018.– 108 с.

3. Melikhov, V. V. Green Technologies: The Basis for Integration and Clustering of Subjects at the Regional Level of Economy // L. N. Medvedeva, Viktor V. Melikhov, Alexey A. Novikov, Olga P. Komarova // Integration and Clustering for Sustainable Economic Growth. Издательство: Спрингер. – 2017. – pp. 365–382.

4. Отчет о научно-исследовательской работе «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель Ростовской области на период до 2012 года». – Новочеркасск. – 2012. – 16 с.

5. Провести исследования и разработать концепцию создания мелиоративных парков на основе использования механизма государственно-частного партнерства: отчет о НИР (закл.): 2.1.5.2 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н. – Новочеркасск, 2018. – 193 с. – Исполн.: Щедрин В. Н., Медведева Л. Н., Манжина С. А., Воеводина Л. А., Горобей В. П., Белых Д. В., Вагнер А. С. – Рег. № НИОКТР АААА-А18-118041990072-2. – Рег. № ИКРБС АААА-Б18-218122090035-1.

6. Медведева, Л. Н. Научно-методическое обоснование создания мелиоративного аграрного парка на Юге России / Л.Н. Медведева // В сборнике Экология и мелиорация агроландшафтов. – Волгоград – 2017. – С. 143 – 147.

7. Косиченко Ю.М., Колганов А.В., Чернов М.А. Выбор противодиффузионных облицовок при реконструкции каналов в земляном русле // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2007. №38. С. 48–53

8. Concrete Canvas. Channel Lining [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.concretcanvas.com/channel-lining>, 2019. (дата обращения 26.08.2019)

9. Concrete Canvas. Remediation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.concretcanvas.com/wp-content/uploads/2016/03/CC-Remediation-South-Africa-Mooi-River-1511.pdf>, 2019. (дата обращения 26.08.2019)

10. Абдразаков, Ф. К. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов Саратовской области / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Аграрный научный журнал. – 2018. – №10. – С. 48–51.

11. Медведев, А.В. Методологический подход в обосновании рационального использования водных ресурсов в сельском хозяйстве / Л.Н. Медведева, П.Д. Ванеева, А.В. Медведев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019.– № 2 (74). – С. 115-124.

12. ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз». Показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем, 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcx-dm.ru/fgbu/95?report=orvalues&cur=93403>, 2019. (дата обращения 26.08.2019)

13. Провести исследования и разработать комплекс нормативно-методических документов по оценке технического состояния, физического износа гидротехнических сооружений и потерь на фильтрацию: отчет о НИР (закл.): 2.1.11 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н. – Новочеркасск, 2012. – 129 с. – Исполн.: Щедрин В. Н., Косиченко Ю. М., Чураев А. А., Шкуланов Е. И., Лобанов Г. Л., Савенкова Е. А., Бакланова Д. В., Морогов К. В., Кореновский А. М. – № ГР 01201256635. – Инв. № 02201350603.

УДК 631.6

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОРОШАЕМОГО ПОЛЯ

М.Ю. Храбров, Н.Г. Колесова

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Гидротермический режим орошаемого поля – это совокупность всех явлений и процессов, определяющих поступление, расход и использование растениями тепла и влаги.

На гидротермический режим орошаемого поля существенное влияние оказывает орошение. Оно изменяет температуру и влажность приземного воздуха и верхних слоев почвы, то есть среды произрастания сельскохозяйственных культур. Под влиянием орошения температура почвы понижается вследствие того, что оросительная вода в теплое время года имеет более низкую температуру. Кроме того, после увлажнения почвы усиливается испарение, для чего затрачивается значительное количество тепла. Частично снижается температура растений, особенно при дождевании. На охлаждение листьев влияет и усиление транспирации растений на хорошо увлажненных почвах, что особенно благоприятно в жаркое время.

Дождевание - способ орошения, при котором оросительная вода поступает на поверхность почвы и растений в виде искусственного дождя, создаваемого с помощью специальных (дождевальных) машин, установок, аппаратов [1]. Достоинства дождевания: возможность давать более частные поливы малыми нормами и проводить освежительные поливы в жаркую пору дня; меньшая глубина промачивания почвы, что важно при орошении земель с близким залеганием грунтовых вод и засоленных почв; применимость при сложном микрорельефе и возможность менее тщательной планировки полей; сохранение структуры почвы при небольшой силе и интенсивности дождя; увлажнение не только почвы, но и приземного слоя воздуха, что уменьшает энергию испарения; отсутствие препятствий перекрестной обработке сельскохозяйственных культур, возможность забора воды из каналов в выемке. Во многих случаях дождевание оказывает благоприятное воздействие на растения, что позволяет получать более высокую урожайность при меньших затратах воды по сравнению с поверхностным орошением; способствует понижению температуры тканей листьев, быстрому снабжению их водой, увеличивает процесс фотосинтеза и повышает жароустойчивость растений; позволяет вносить вместе с поливной водой минеральные и органические удобрения, микроэлементы, пестициды, химмелиоранты, ростовые вещества, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, снижению их себестоимости, затрат труда и энергии на внесение удобрений и борьбу с сорняками и вредителями.

Дождевание применяют при орошении зерновых, кормовых, технических, овощных и плодово-ягодных культур, лугов и пастбищ.

Существует несколько видов дождевания: надкroновое, подкroновое, противозаморозковое, импульсное, приземное, мелкодисперсное [1].

Надкroновое дождевание - способ полива садов дождеванием, при котором воду разбрызгивают над кронами плодовых деревьев. Этот способ полива увеличивает урожайность плодов и улучшает рост деревьев, однако приводит к смыву ядохимикатов с плодов и листьев, что может способствовать развитию некоторых грибковых заболеваний.

Подкroновое дождевание - способ полива садов дождеванием, при котором воду разбрызгивают под кронами или ветками деревьев. Данный способ полива увеличивает урожайность плодов, уменьшает потери воды на испарение.

Противозаморозковое дождевание - способ дождевания с малой интенсивностью дождя, служащий для защиты растений от заморозков с помощью орошения и основанный на том, что вода при охлаждении выделяет тепло. При дождевании защитное действие от заморозков оказывает более высокая температура поливной воды (6...8°C). При замерзании воды на растениях выделяется тепло, кроме того, температура воздуха под слоем льда обычно не бывает ниже 0...0,5°C, что, главным образом, и защищает растения от сильных заморозков при условии, что дождевание продолжается непрерывно или с очень короткими перерывами.

Импульсное дождевание обеспечивает частные поливы при очень малых поливных нормах, позволяет регулировать микроклимат, поддерживая относительную влажность воздуха на высоте растений в пределах 70-80% при снижении максимальной температуры в наиболее жаркие периоды дня в среднем на 2...3°C. Процесс импульсного дождевания заключается в накоплении (пауза) необходимого объема воды в импульсном дождевателе и выбросе ее (выстрел) в виде дождя под действием сжатого воздуха. Конструкция системы позволяет регулировать соотношение времени накопления воды и выбросов в пределах 50-200 раз в час. Средняя интенсивность дождя 0,01-0,02 мм/мин.

Приземное дождевание – способ дождевания, осуществляемый путем разбрызгивания воды на высоте 1 м от поверхности земли. Это позволяет работать дождевальными машинами при скорости ветра до 12 м/с без существенных потерь воды на испарение и снос. Может применяться при орошении низкорослых полевых культур на переоборудованных машинах ДДА-100МА, «Фрегат», «Кубань-Л», «Кубань-ЛК» со специальными шланговыми водовыпусками.

Мелкодисперсное дождевание (аэрозольное орошение) - способ дождевания, представляющий собой дождевание мелко распыленной водой для создания оптимального микроклимата на посевах сельскохозяйственных культур. Аэрозольное орошение является одним из перспективных способов регулирования фитоклимата растительного покрова на орошаемых полях. Физическая сущность аэрозольного орошения основана на распределении мелко распыленной воды по листовому покрову растений. При этом степень дисперсности капель дождя должна быть такой, чтобы они не скатывались с листьев, а оставались на них до полного испарения, при этом охлаждая наземную часть растений и увеличивая влажность приземного слоя воздуха[2].

В условиях ограниченности водных ресурсов дальнейшее эффективное орошаемое земледелие возможно только с привлечением последних достижений научно-технического прогресса в области оросительных мелиораций, направленных на интенсификацию использования водных ресурсов, получение гарантированных и стабильных урожаев. Таким образом, внедрение водосберегающих технологий является важнейшей задачей мелиоративной науки. Одной из таких технологий является комбинированное орошение.

Комбинированное орошение - это сочетание различных способов полива, при котором наилучшим образом используются достоинства каждого. Известно, что даже при оптимальном увлажнении почвы не всегда снимается отрицательное воздействие атмосферной засухи на сельскохозяйственные культуры.

Комбинированное орошение позволяет сочетать гибкое регулирование запасов влаги в почве с созданием оптимальных для растения условий температуры и влажности приземного слоя воздуха. Для каждой природно-хозяйственной зоны принимается наиболее прогрессивная техника полива, работающая в различных режимах в соответствии с фазами развития и биологическими особенностями растений.

При комбинированном орошении устраняется неблагоприятное воздействие воздушной засухи, что невозможно сделать при орошении только одним способом: дождеванием или капельным орошением, то есть существует возможность регулирования гидротермического режима посева в жаркие сухие дни вегетационного периода, когда температура воздуха превышает оптимальную температуру для культуры. Применение комбинированных способов орошения способствует увеличению урожайности, а также снижению расхода воды по сравнению с орошением только одним традиционным способом.

На базе дождевальных машин ведется активная разработка устройств, обеспечивающих сочетание дождевания с мелкодисперсным опрыскиванием посевов. Такие дождевальные машины используют в первую очередь с целью снижения температурного стресса растений во время засухи.

Примером указанной машины является дождевально-опрыскивающий агрегат (рис.1), защищенный патентом RU № 2173043 С1 [3].

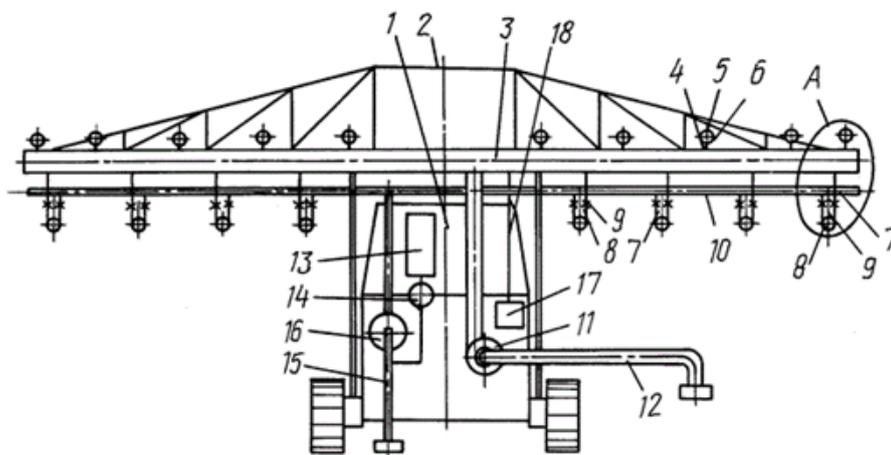


Рисунок 1 - Дождевально-опрыскивающий агрегат

Агрегат включает базовый трактор 1 с фермой 2, водопроводящий пояс фермы 3, оборудованный патрубками 4 с кранами 5, к которым подсоединены дождевальные насадки 6, водопроводящий пояс фермы через патрубки 7 с кранами 8 сопрягается с центробежными разбрызгивателями 9, установленными на дополнительном трубопроводе 10. Водопроводящий пояс 3 подключен к насосу 11, имеющему водозаборный узел 12. На базовом тракторе 1 установлена емкость 13 для поверхностно-активного вещества, которая через насос-дозатор 14 присоединена к всасывающей линии 15 дополнительного насоса 16, к которому подключен дополнительный трубопровод 10. На базовом тракторе также установлен компрессор 17, трубопроводом 18 подсоединенный к водопроводящему

поясу 3. Изобретение позволяет расширить область использования дождевального агрегата за счет возможности осуществления одним агрегатом нескольких режимов дождевания, что повышает эффективность воздействия.

При установке насадок МДД на передвижные дождевальные установки, обработка посевов возможна лишь 2-3 раза в день, с интервалом в 2 часа. Такие дождевальные машины используются в режиме опрыскивания для создания благоприятного микроклимата в период острой засухи, однако, такого режима явно недостаточно для создания постоянных условий оптимальной температуры и влажности приземного слоя почвы. Кроме того, недостатками дождевально-опрыскивающих агрегатов являются низкая производительность, большая металлоемкость и высокая энергоемкость.

Более длительное влияние на формирование гидротермического режима поля могут оказывать стационарные системы комбинированного орошения.

Оценивая эффективность и возможность реализации различных способов и устройств формирования микроклимата поля и снятия температурного и водного стресса, наиболее разработанными и перспективными следует признать стационарные системы, сочетающие капельное орошение с мелкодисперсным дождеванием (МДД).

Примером такого технического решения является «Система капельного орошения» (рис.2), защищенная патентом РФ RU №2 322 047 C1 [4], которая включает водоисточник, насосную станцию, фильтры и оросительную сеть в виде поливных трубопроводов с капельницами.

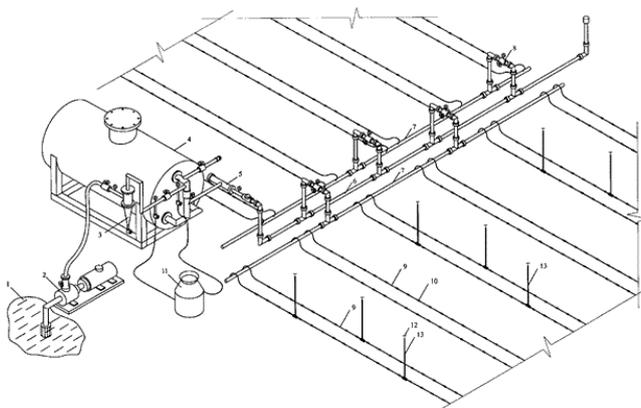


Рисунок 2 - Система капельного орошения

Поливные трубопроводы снабжены насадками для мелкодисперсного распыла растворенных в воде макро- и микроэлементов, гербицидов, фунгицидов и кислот. Насадки размещены на телескопических штангах с возможностью изменения положения по высоте над уровнем почвы. Каждая насадка соединена с поливным трубопроводом посредством рукава и тройника. Шаг размещения насадок на поливном трубопроводе в 3-4 раза больше предельного радиуса распыла воды насадкой. Каждая насадка имеет диффузор, выполненный единой деталью с корпусом, мембрану из упруго эластичного материала, регулировочный винт с

иглой на конце и гайку с ребром жесткости. Ребро жесткости размещено на корпусе. Мембрана смонтирована на игле регулировочного винта с возможностью сопряжения с конической полостью диффузора.

Система обеспечивает получение гарантированного урожая за счет создания комфортных условий произрастания растений при капельном орошении в сочетании с мелкодисперсным дождеванием. Особенность технологии комбинированного орошения сельскохозяйственных культур заключается в дискретном проведении мелкодисперсного дождевания на фоне капельного орошения с учетом климатических и почвенных условий, потребностей возделываемых культур и фаз их развития. Такое комбинированное орошение позволяет осуществлять гибкое регулирование запасов воды в почве, а также влажности и температуры приземного слоя воздуха на протяжении всего вегетационного периода (фото).



Фото - Комбинированное орошение сельскохозяйственных культур
(капельное и мелкодисперсное)

Комбинирование полосового дождевания и мелкодисперсного опрыскивания обеспечивается с помощью единой стационарной системы. Несколько вариантов конструкции дождевателей для такой системы разработано во ВНИИГиМ.

«Дождеватель» по патенту РФ RU №2189733 С2 [5] содержит стойку, подводящий шланг и щелевую насадку. Щелевая насадка выполнена в виде корпуса и подвижной головки с совмещаемыми щелевыми прорезями. Корпус снабжен выступом-ограничителем со сквозной канавкой. В противостоящем выступу-ограничителю торце прорези подвижной головки выполнено зеркальное отражение этой канавки, при этом обе канавки снабжены спиральными нарезками. Изобретение обеспечивает работу дождевателя в режиме полива с регулируемой шириной увлажняемой полосы и в режиме мелкодисперсного дождевания, необходимого для снятия температурного стресса в засуху, для борьбы с вымерзанием в заморозки, внесения ядохимикатов при борьбе с вредителями.

Усовершенствованием этой конструкции является «Дождеватель» (рис.3) по патенту RU № 2 365 097 С1 [6].

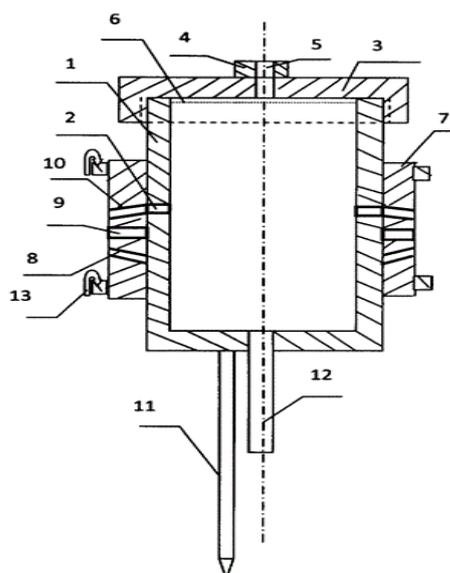


Рисунок 3 - Дождеватель

Дождеватель включает корпус 1 с двумя щелевыми прорезями 2, расположенными диаметрально, крышку 3 с установленным на ней мелкодисперсным распылителем 4 с калиброванным отверстием 5, сетчатый фильтр 6, кольцевой подвижный элемент 7, в котором выполнены три пары диаметрально расположенных щелевых водовыпусков в виде прорезей. Одна пара 8 выполнена со щелевыми водовыпусками в виде прорезей, направленных вверх под углом 5-15° к горизонтали, другая пара 9 - со щелевыми водовыпусками в виде прорезей, направленных по горизонтали, третья пара 10 - со щелевыми водовыпусками в виде прорезей, направленных вниз под углом 5-15° к горизонтали. Дождеватель закреплен на стойке 11 и снабжен подводящим шлангом 12. Кольцевой подвижный элемент 7 имеет фиксирующее устройство 13. Шланг 12 подключен к подводящему трубопроводу 14. Для проведения поливов дождеватели устанавливают около стволов деревьев 15. При работе мелкодисперсного распылителя 4 образуется водяная пыль 16, а при подаче воды через щелевые водовыпуски 8, 9, 10 формируются капельные струи 17.

Применение предлагаемой конструкции дождевателя позволяет регулировать площадь орошения деревьев, исходя из расположения их корневой системы, и, благодаря этому, сокращать поливные и оросительные нормы.

Выводы

Задачей дальнейшего усовершенствования комбинированных способов орошения является создание стационарных комбинированных систем полива, совмещающих в единой системе капельное орошение и мелкодисперсное дождевание, или сочетающих полосовое и мелкодисперсное дождевание; расширение диапазона воздействия комбинированного орошения на микроклимат поля путем дифференцирования режимов работы систем мелкодисперсного дождевания, включая оптимизацию продолжительности опрыскивания и периода времени между его повторением с учетом специфики возделывания отдельных культур.

Список использованных источников

- 1.Справочник по мелиорации. Б.С. Маслов, И.В. Минаев, К.В. Губер. М. Росагропромиздат. М.1989. -с.148-166.
2. Справочник орошение. Под ред. Б.Б. Шумакова. Агропромиздат. М. 1990.-с.143-173.
- 3.Патент РФ № 2 173 043. Дождевальное-опрыскивающий агрегат. /Губин В.К., Губер К.В., Лямперт Г.П., Храбров М.Ю., Канардов В.И., Колесова Н.Г., Степанов В.П., Вуколов В.В.// Заявка от 30.12.1999. Опубликовано 10.09.2001. Б.И. №25.
- 4.Патент РФ № 2 322 047. Система капельного орошения. / Кизяев Б.М., Салдаев А.М., Губер К.В., Бородычев В.В. и др.// Заявка от 30.08.2006. Опубликовано 20.04.2008. Б.И. №11.
- 5.Патент РФ №2 189 733. Дождеватель. /Губин В.К., Храбров М.Ю., Губер К.В., Лямперт Г.П., Канардов В.И., Колесова Н.Г. // Заявка от 20.11.2000 бюл.32. Опубликовано 27.09.2002. Б.И.№27.
- 6.Патент РФ № 2 365 097. Дождеватель. /Губин В.К., Губер К.В., Храбров М.Ю., Губина Н.Т.// Заявка от 20.12.2007. Опубликовано 27.08.2009. Б.И.№24.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ, ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 633.17

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ АРИДНОГО КЛИМАТА

А.А. Дедов¹, Е.Г. Чернова²

¹КФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Элиста, Россия;

²ФГАО ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

В Республике Калмыкия возделывание сельскохозяйственных культур осуществляется в крайне сложной экологической обстановке, обусловленной засушливым климатом. В аридных условиях на сельскохозяйственные культуры действует целый комплекс неблагоприятных метеорологических факторов – высокая солнечная инсоляция, активный ветровой режим, суховеи, высокая суточная амплитуда температуры воздуха, низкая относительная влажность атмосферного воздуха, приводящих к обезвоживанию и перегреву растений [1].

По данным многих исследователей [2; 3; 4; 5; 6; 7] сорго зерновое (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) обладает высокой засухоустойчивостью и солетолерантностью, а высокая продуктивность и хорошие кормовые качества делают ее одной из перспективных зернофуражных культур.

Полевые эксперименты по агроэкологическому испытанию *Sorghum bicolor* (L.) Moench. проводили с 5 сортами различной группы спелости: раннеспелые - Орловское (st), Состав; среднеспелые – Зерноградское 53 (st), Зерста 99, Аюшка.

Посев зернового сорго проводили при прогревании почвы на глубине заделки семян до 12-15⁰С: в 2016 году - 12 мая, в 2017 году - 9 мая, в 2018 году - 4 мая. Интенсивность прохождения фенологических фаз, их продолжительность в большей мере связаны с абиотическими факторами и, прежде всего, с метеорологическими условиями в период вегетации культуры.

Распределение атмосферных осадков в течение вегетационного периода по всем годам исследований было неравномерное (табл. 1). Так, например, в 2016 году в период «посев-всходы» выпало 42,5-56,3 мм атмосферных осадков, что сказалось на получение более дружных всходов семян на 12-13 день.

Следует отметить, что в 2018 г. всходы были получены на 15-19 день, при этом за период «посев-всходы» осадков не наблюдалось. Сроки прохождения фенологических фаз развития напрямую зависели от количества выпавших атмосферных осадков.

В период «всходы-кущение» количество осадков в 2016 году по вариантам опыта варьировало от 28,0 мм до 41,8 мм. Разница в наступлении сроков данной фазы как между сортами, так и между видами основной обработки составила 2-

4 дня. За период «кущение-выход в трубку» осадков выпало по всем вариантам всего 0,5 мм. Длительность фазы по вариантам опыта составила 13-18 дней у раннеспелых сортов и 14-18 дней у среднеспелых. Более продолжительная фаза отмечена в вариантах с вспашкой, как видом основной обработки, менее продолжительная – при проведении дискования.

Таблица 1 – Сумма осадков по фенологическим фазам развития зернового сорго по годам исследований, мм

Вариант опыта		Межфазный период развития						За вегетацию
Сорт (фактор А)	Способ основной обработки почвы (фактор В)	посев - всходы	всходы – кущение	кущение - выход в трубку	выход в трубку - выметывание	выметывание - цветение	цветение – полная спелость	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2016 год								
<i>Раннеспелые сорта</i>								
Орловское (st)	вспашка	42,5	41,8	0,5	0	15,5	14,2	114,5
	плоскорез	54,5	29,8	0,5	0	0,4	29,3	114,5
	дискование	56,3	28,0	0,5	0	1,5	26,2	112,5
Состав	вспашка	54,5	29,8	0,5	0,4	15,1	14,2	114,5
	плоскорез	54,5	29,8	0,5	0	15,5	10,2	110,5
	дискование	54,5	29,8	0,5	0	0,4	24,5	109,7
<i>Среднеспелые сорта</i>								
Зерноградское 53 (st)	вспашка	54,5	29,8	0,5	1,5	14,0	27,8	128,1
	плоскорез	54,5	29,8	0,5	0,4	15,1	19,8	120,1
	дискование	56,3	28,0	0,5	0	15,5	19,8	120,1
Зерста 99	вспашка	42,5	41,8	0,5	0,4	15,1	19,8	120,1
	плоскорез	42,5	41,8	0,5	0,4	15,1	19,8	120,1
	дискование	54,5	29,8	0,5	0,4	15,1	19,8	120,1
Аюшка	вспашка	54,5	29,8	0,5	15,5	0	19,8	120,1
	плоскорез	54,5	29,8	0,5	0,4	15,1	19,8	120,1
	дискование	55,7	28,6	0,5	0,4	15,1	19,8	120,1
2017 год								
<i>Раннеспелые сорта</i>								
Орловское (st)	вспашка	37,7	4,4	26,7	0	1,7	8,5	79,0
	плоскорез	37,7	4,4	26,7	0,7	1,0	8,5	79,0
	дискование	37,7	5,4	25,7	1,7	0	8,5	79,0
Состав	вспашка	37,7	4,4	26,7	0	1,7	8,5	79,0
	плоскорез	37,7	4,4	21,7	5,0	1,7	8,5	79,0
	дискование	37,7	5,5	25,6	0	1,7	8,5	79,0
<i>Среднеспелые сорта</i>								
Зерноградское 53 (st)	вспашка	37,7	5,4	25,7	0,7	1,0	13,8	84,3
	плоскорез	37,7	5,5	25,6	1,7	0,5	10,3	81,3
	дискование	37,7	23,5	7,6	0,7	1,0	10,8	81,3
Зерста 99	вспашка	37,7	5,5	25,6	0,7	1,0	10,8	81,3
	плоскорез	37,7	5,5	25,6	0,7	1,0	10,8	81,3
	дискование	37,7	23,5	7,6	0,7	1,0	10,8	81,3

Вариант опыта		Межфазный период развития						За вегетацию
Сорт (фактор А)	Способ основной обработки почвы (фактор В)	посев - всходы	всходы - кущение	кущение - выход в трубку	выход в трубку - выметывание	выметывание - цветение	цветение - полная спелость	
Аюшка	вспашка	37,7	23,5	7,6	1,7	0,5	15,3	86,3
	плоскорез	37,7	5,5	25,6	1,7	0,5	10,3	81,3
	дискование	37,7	24,5	6,6	0,7	1,0	10,8	81,3
2018 год								
<i>Раннеспелые сорта</i>								
Орловское (st)	вспашка	0	0,5	0	0	0	32,8	33,3
	плоскорез	0	0,5	0	0	0	32,8	33,3
	дискование	0	0,5	0	0	0,9	31,9	33,3
Состав	вспашка	0	0,5	0	0	0	32,8	33,3
	плоскорез	0	0,5	0	0	0	32,8	33,3
	дискование	0	0,5	0	0	0,9	31,9	33,3
<i>Среднеспелые сорта</i>								
Зерноградское 53 (st)	вспашка	0	0,5	0	0,9	12,8	19,1	33,3
	плоскорез	0	0,5	0	0	13,7	19,1	33,3
	дискование	0	0,5	0	0	13,7	19,1	33,3
Зерста 99	вспашка	0	0,5	0	8,7	7,9	16,2	33,3
	плоскорез	0	0,5	0	8,4	6,2	18,2	33,3
	дискование	0	0,5	0	1,4	13,2	18,2	33,3
Аюшка	вспашка	0	0,5	0	8,4	8,2	16,2	33,3
	плоскорез	0	0,5	0	0	13,7	19,1	33,3
	дискование	0	0,5	0	0	13,7	19,1	33,3

В отличие от 2016 и 2017 годов 2018 год по количеству поступивших атмосферных осадков резко отличался в худшую сторону. За весь период выпало всего 33,3 мм осадков, что меньше в 3,5 и 2,3 раза по сравнению с 2016 г. и 2017 годом, соответственно. При этом атмосферные осадки практически отсутствовали до фазы развития растений «выметывание-цветение» в варианте у раннеспелых сортов и до «выход в трубку-выметывание» в варианте у среднеспелых сортов. Период «посев-всходы» по всем сортам и видам обработки в этом году был более продолжительным, чем в предшествующие годы, длительность фазы составляла 18-23 дня. При прохождении дальнейших периодов наблюдалось сокращение их продолжительности. Выравнивание фенологических фаз развития культуры по продолжительности периодов наблюдалось с фазы «цветение-полная спелость» у раннеспелых сортов и «выметывание-цветение» у среднеспелых, когда выпало основное количество осадков, даже превосходящее по их количеству 2016 и 2017 годы. Наибольшее количество атмосферных осадков за вегетационный период сорго наблюдалось в 2016 году – 128,1 мм, что на 17,1 мм выше многолетней нормы. Неблагоприятным по влагообеспеченности характеризовался 2018 год, когда количество атмосферных осадков составило 33,3 мм, что на 77,7 мм меньше среднемноголетних значений.

Формирование продукционного процесса растений напрямую зависит от теплообеспеченности вегетационного периода, так сумма активных температур воздуха ($\sum t \geq 10 \text{ }^\circ\text{C}$) по годам исследований варьировала от 2005...2227 $^\circ\text{C}$ у раннеспелых сортов до 2434...2750 $^\circ\text{C}$ - у среднеспелых сортов (табл. 3-4).

Сорго зерновое, по мнению многих исследователей, отличается высоким адаптивным потенциалом к неблагоприятным условиям. Его особая ценность заключается в способности экономнее, чем другие зернофуражные культуры, расходовать влагу на формирование единицы урожая и легче переносить высокие летние температуры. Следует отметить, что в годы исследований в варианте со способом основной обработки почвы – дискование, по всем сортам сумма активных температур была на 72-168 $^\circ\text{C}$ меньше, по сравнению со вспашкой и обработкой плоскорезом.

В наших исследованиях анализ процесса формирования роста растений изучаемых сортов зернового сорго показал следующие результаты. В среднем за три года высота растений в фазу «выход в трубку» варьировала от 49,5 до 59,3 см, в фазу «выметывание» – от 57,1 до 70,4 см, в фазу «цветение» - от 80,0 до 108,2 см. Наибольшая высота растений была отмечена в 2016 году – наиболее благоприятном по влагообеспеченности, наименьшая – в 2018 году, отличающемся более жесткой засухой.

В зависимости от подготовки почвы к посеву наблюдалась определенная тенденция преобладания одних видов ее основной обработки над другими. При этом это преобладание различалось с разграничением сортов по скороспелости. У группы раннеспелых сортов наибольшая высота растений наблюдалась при проведении плоскорезной обработки почвы, а у группы среднеспелых сортов – при проведении зяблевой вспашки. Наименьшая высота растений была на участках дискования. Эта тенденция просматривается по всем годам исследований.

Результаты полевых исследований показали, что урожайность различных сортов сорго зернового зависела от метеорологических условий вегетационного периода и изучаемых вариантов способов обработки почвы. Наибольшая урожайность по всем вариантам опыта получена в 2016 году – 1,75...3,23 т/га, наименьшая в 2018 году – 1,42...2,67 т/га (табл. 2).

В среднем за годы исследований лучшим вариантом для формирования урожайности зерна у раннеспелой группы сортов сорго являлся способ «плоскорезной» обработки почвы. При этом у сорта «Состав» урожайность составила 2,13-2,77 т/га, что выше стандартного сорта «Орловское» на 2,5-4,0%. У раннеспелых сортов вариант «плоскорезная обработка» по урожайности превосходил варианты «зяблевая вспашка» и «дискование», соответственно, на 0,08-0,12 т/га и 0,31-0,33 т/га. Следует отметить, что вариант «зяблевая вспашка» в среднем за годы исследований превосходил вариант «дискование» на 9-12%.

Из среднеспелых сортов сорго более продуктивным за годы исследований оказался сорт «Зерста-99». Его урожайность по зерну в среднем варьировала от 1,80 до 3,06 т/га, что выше контрольного варианта «Зерноградское 53 (st)» на 0,08-0,24 т/га и выше сорта «Аюшка» - на 0,20-0,47 т/га. Данные полевых исследований показали, что у среднеспелых сортов наилучшим вариантом основной обработки почвы, способствующей активации формирования урожайности зерна

является «зблевая вспашка». Так в этом варианте сформировалась наибольшая величина урожайности зерна: у сорта «Зерноградское 53 (st)» – 2,67-2,94 т/га, у сорта «Зерста-99» – 2,94-3,23 т/га и у сорта «Аюшка» – 2,41-2,78 т/га. Наименьшая урожайность зерна сорго у среднеспелой группы сортов получена в варианте «дискование», которая составила в среднем за годы исследований у сорта «Зерноградское 53 (st)» 1,72 т/га, у сорта «Зерста-99» – 1,80 т/га и сорта «Аюшка» – 1,60 т/га.

Таблица 2 – Влияние способов основной обработки почвы на урожайность (У) различных сортов сорго, т/га зерна

Сорт (фактор А)	Способ основной обработки почвы (фактор В)	2016 год		2017 год		2018 год	
		У, т/га	Сv*, %	У, т/га	Сv, %	У, т/га	Сv, %
<i>Раннеспелые сорта</i>							
Орловское (st)	вспашка	2,63±0,20	7,61	2,58±0,38	14,66	1,97±0,18	9,42
	плоскорез	2,72±0,16	5,86	2,64±0,13	4,84	2,05±0,16	8,05
	дискование	2,36±0,43	1,83	2,37±0,21	8,95	1,74±0,17	10,10
Состав	вспашка	2,72±0,20	7,37	2,61±0,20	7,69	1,89±0,07	3,82
	плоскорез	2,77±0,12	4,40	2,68±0,25	9,44	2,13±0,14	6,45
	дискование	2,40±0,23	0,96	2,43±0,22	9,05	1,76±0,21	11,67
<i>Среднеспелые сорта</i>							
Зерноградское 53 (st)	вспашка	2,94±0,27	9,18	2,85±0,50	17,60	2,67±0,14	5,37
	плоскорез	2,19±0,12	4,67	2,31±0,26	11,10	2,08±0,17	8,35
	дискование	1,84±0,12	6,60	1,78±0,11	5,89	1,54±0,10	6,41
Зерста 99	вспашка	3,23±0,23	7,02	3,02±0,25	8,27	2,94±0,18	6,10
	плоскорез	2,56±0,07	2,85	2,45±0,15	6,10	2,23±0,29	12,76
	дискование	1,91±0,05	2,87	1,82±0,11	6,28	1,67±0,19	11,22
Аюшка	вспашка	2,78±0,26	9,33	2,58±0,17	6,68	2,41±0,12	4,81
	плоскорез	2,02±0,07	3,31	1,90±0,12	6,29	1,78±0,13	7,40
	дискование	1,75±0,04	2,51	1,64±0,18	10,78	1,42±0,09	6,19
НСР ₀₅ по фактору А		0,13		0,21		0,14	
НСР ₀₅ по фактору АВ		0,23		0,35		0,24	

Примечание*: Сv – коэффициент вариации

Урожайность зерна сорго в варианте «плоскорезная обработка» была выше, чем в варианте «дискование» у среднеспелых сортов на 0,47 т/га у контрольного сорта «Зерноградское 53 (st)», на 0,61 т/га у сорта «Зерста-99» и на 0,30 т/га у сорта «Аюшка».

Таким образом, в богарных условиях на светло-каштановых почвах обеспечивается получение наибольшей урожайности зерна у раннеспелого сорта сорго «Состав» на уровне 2,0-2,7 т/га при плоскорезной обработке почвы. Среднеспелые сорта сорго «Зерноградское 53 (st)» и «Зерста-99» формируют урожайность

зерна на уровне 2,8-3,2 т/га на фоне основной обработки почвы – зяблевая вспашка.

Список использованных источников

1. Дедова Э.Б. Повышение природно-ресурсного потенциала деградированных сельскохозяйственных угодий Калмыкии средствами комплексной мелиорации // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора с.-х. наук. - М.: ВНИИГиМ. 2012.- 47 с.
2. Алабушев А.В., Анипенко Л.Н. Эффективность производства сорго зернового. - Ростов-н/Д: ЗАО «Книга», 2002. – 192 с.
3. Дедова Э.Б., Дедов А.А., Чернова Е.Г., Гольдварг Б.А. Опыт возделывания сорго зернового на светло-каштановых почвах Республики Калмыкия // Научная жизнь. - 2019. - №4. - С.427-435.
4. Джамбулатов З.М., Муслимов М.Г., Гамзатов И.М. Сорго: технология возделывания и основные пути использования. – Махачкала, 2010. – 43 с.
5. Румянцев А.В. Культура сорго в решении проблемы засухи и экономической стабильности сельского хозяйства в условиях Поволжского региона и Урала // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2014. – №2. – С. 46-49.
6. Сыркина Л.Ф., Антимонов А.К., Антимонова О.Н., Акимова Л.И. Рекомендации по возделыванию зернового сорго в Самарской области. - Кинель, 2014. – 36 с.
7. Чернова Е.Г., Дедов А.А., Дедова Э.Б. Влияние способов основной обработки почвы на показатели фотосинтетической деятельности посевов сорго зернового // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции /сост. Н.А. Щербакова // с. Соленое Займище. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». – Соленое Займище, – 2019. – С. 337-341.

УДК 631.61

ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

К.Н. Евсенкин

МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

Длительное использование торфяных почв приводит к существенной сработке органического вещества торфа в результате его минерализации и потребления минеральной части (азота) растениями. Обследование показало значительное уменьшение торфяного слоя на ряде мелиоративных объектов Рязанского, Клепиковского, Касимовского, Спасского и других районов Рязанской области. А для производства кормов и другой сельскохозяйственной продукции значительным резервом являются торфяные почвы низинных болот. Дальнейшее использование осушенных торфяных болот может привести к исчезновению торфяников и болот в целом, как равновесных систем биоценозов Мещерской низменности. В связи с этим возникла необходимость в разработке мероприятий по рациональному использованию длительно эксплуатируемых осушенных торфяных комплексов.

Экспериментальные исследования в течение 1961-2017 годов проводились на объектах мелиорации Мещерской низменности: «Никитское», «Кальское» и на стационаре «Тинки-II» Рязанского района Рязанской области. Исследования

показали, что мощность торфяного слоя (сработка) уменьшается не только в результате биологического разрушения, но и под влиянием обезвоживания и его уплотнения. При уплотнении торфяного слоя возрастает содержание органического вещества в единице объема. Процесс уплотнения органического вещества торфа не связан с его потерей.

Важное место в почвообразовании торфяной почвы при окультуривании имеет процесс гумификации и минерализации органического вещества, который неизбежно приводит к образованию избыточного количества минерального азота и усилению гидрофобности продуктов разрушения органического вещества [1].

Исследования, проведенные на объекте «Кальское» (фото 1) показали, что в первый год после осушения болота нитраты в торфяной почве практически отсутствуют. Их образование увеличивается по мере окультуривания, так через 5 лет использования в слое 0-50 см нитратного азота содержалось 52,2, а через 12 лет уже 91,0 мг на 100 г почвы. В пахотном 0-30 см слое наблюдается его избыточное количество, что отрицательно сказывается на экологическом состоянии продукции.



Фото 1- Стационарный объект «Кальское»

Минерализация органического вещества торфа в значительной степени зависит от нормы (интенсивности) осушения. Так, исследования, проведенные на объекте «Никитское» показали, что наибольшее количество нитратного азота наблюдается на участке осушения с уровнем грунтовых вод в среднем за вегетацию 130 см, их наименьшее содержание отмечается на участке осушения с уровнем грунтовых вод 70 см от поверхности почвы. Так, в слое 0-20 см в среднем за вегетацию их количество составило: на первом участке – 36,8 и на втором – 19,7 мг на 100 г почвы [2].

Проведенные исследования на объекте «Никитское» показали, что расположение грунтовых вод от поверхности почвы на различной глубине влияет на изменение водно-физических свойств торфяных почв в процессе их освоения. Исследования были проведены на трех участках с различной нормой осушения, но близкими по водно-физическим и агрохимическим свойствам торфяных почв.

Все три участка использовались в 8-польном травопольно-пропашном севообороте. Изменение водно-физических свойств торфа – объемной массы, плотности, порозности и влагоемкости приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Водно-физические свойства торфяной почвы на участках с разной нормой осушения

Годы наблюдений	Слой см	Объемная масса, г/см ³		Плотность, г/см ³		Порозность, %		Влагоемкость, %	
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Участок 1 (120-140 см)									
1972		0,17	0,14	1,46	1,43	88,0	90,4	488,8	645,7
1973		0,19	0,13	1,46	1,44	87,0	90,7	457,8	697,5
1974		0,21	0,14	1,46	1,42	84,5	90,5	370,5	645,0
1975		0,23	0,15	1,47	1,43	83,5	89,5	341,0	594,0
Участок 2 (80-100 см)									
1972		0,19	0,13	1,45	1,46	86,6	90,6	447,0	700,7
1973		0,19	0,13	1,45	1,44	86,9	90,7	457,3	697,6
1974		0,22	0,14	1,47	1,44	85,5	90,0	392,5	629,0
1975		0,23	0,15	1,47	1,42	84,5	89,5	368,0	594,0
Участок 3 (60-80 см)									
1972		0,19	0,14	1,43	1,45	89,1	90,5	457,1	625,0
1973		0,19	0,15	1,45	1,44	86,6	89,7	444,4	597,6
1974		0,22	0,16	1,47	1,40	85,5	89,0	406,5	578,5
1975		0,21	0,14	1,47	1,43	86,5	91,0	422,0	675,0

Из таблицы видно, что водно-физические свойства торфяной почвы на всех трех участках в 1972 году одинаковы. В процессе окультуривания торфяника в пахотном слое (0-20 см) наблюдается заметное различие отдельных показателей. Так, если в 1972 году (первый участок) объемная масса, порозность, общая влагоемкость составили – 0,18 г/см³, 88% и 488,8% соответственно, то через четыре года использования эти показатели значительно изменились и составили: 0,23 г/см³, 83,5% и 341%. Таким образом, по мере увеличения срока использования торфяных почв происходит увеличение их объемной массы, уменьшение порозности и общей влагоемкости. Эти изменения заметны и на других участках. При этом видно, что наибольшие изменения произошли при более интенсивном осушении. Так, если общая влагоемкость на первом участке с нормой осушения (120-140 см) в слое 0-20 см в 1972 составила 488,8%, на втором (80-100 см) – 447,0 и на третьем (60-80 см) – 457,1%, то в 1975 году она, соответственно, изменилась до 341,0; 368,0 и 422,0%. Более значительное изменение общей влагоемкости произошло на участке с более интенсивным осушением. В результате осушения и сельскохозяйственного использования торфяная почва уплотняется, происходит физический процесс ее осадки. Наши наблюдения показали, что за четыре года после осушения общая осадка торфа составила 5...11 см. Общая осадка здесь представлена следующими процессами: первый – физический процесс осадки за счет уплотнения торфяной залежи; второй – уменьшение мощности торфяного слоя за счет минерализации и третий – осадка в результате уплотнения проходами сельскохозяйственных машин. Следует заметить, что общая

осадка торфа также зависит от возделываемой культуры. При возделывании пропашных она больше, при монокультуре трав - меньше. Так, максимальная общая осадка торфа за 4 года наблюдений была на участке при норме осушения 120-140 см от поверхности в пропашном севообороте; минимальная – при норме осушения 60-80 см при возделывании многолетних трав.

Длительные стационарные исследования изменения основных свойств торфяных почв, определяющих их морфологические свойства, были проведены на объекте мелиорации «Тинки – II» ОПХ «Полково» (фото 2).



Фото 2 - Стационарный объект «Тинки-2», ОПХ «Полково»

Торфяная среднemosная почва (100-120 см) по своим основным водно-физическим и агрохимическим свойствам типична для торфяников Мещеры. Торф низинный осоково-березовый, подстилающий мощным слоем мелкозернистого песка, осушен закрытым дренажем и открытой сетью каналов. Кислотность почвы находится в пределах 5,0-6,0; содержание подвижных форм фосфора и калия соответственно в пределах 6,0-8,0 и 5,0-6,0 мг на 100 г почвы. Изменение химико-физических свойств торфяных почв за 50 лет показано в таблице 2.

Таблица 2 - Изменение свойств торфяных почв при их окультуривании (пахотный слой) на объекте «Тинки-II»

Показатели	Низинный торфяник			
	После осушения	использование в культуре		
		5 лет	10 лет	40 лет
Степень разложения, %	20	35	40	50
Зольность, %	10,5	14,8	24,5	28,5
Объемная масса, г/см ³	0,11	0,13	0,15	0,25

По данным таблицы 2 видно, что через 40 лет использования торфяных почв их основные показатели значительно изменились. Так, степень разложения подошла к своей критической черте, практически торф превратился в бесструктур-

ную массу с трудно различимыми растительными остатками торфообразователей. Также значительно возросла зольность до 28,5% и объемная масса с 0,11 до 0,25 г/см³.

Таким образом, под влиянием осушения, окультуривания и длительного использования торфяные почвы подвергаются значительному физическому, химическому и биологическому изменению. Торф уплотняется, гумифицируется и минерализуется. При этом более интенсивное осушение, использование и продолжительность срока эксплуатации ускоряет процесс минерализации органического вещества, что в конечном итоге, приводит к систематическому уменьшению мощности торфяной залежи и полной сработке торфа. Также отмечается значительное уменьшение торфяного слоя на осушенных болотах Мещерского полесья (Макеевский Мыс, Вожа, Порцевка, Никитское, Тинки-II) и др. Дальнейшее использование осушенных торфяников в сельскохозяйственном производстве без их экологической защиты может привести к исчезновению торфяных агроценозов и болот в целом, как равновесных биоценозов Мещерской низменности.

В связи с этим нами дана оценка изменения торфяных почв в процессе их эксплуатации и разработаны критерии допустимых изменений, при которых органическое вещество имеет свою структуру, характерную для торфяных почв (табл. 3).

Таблица 3 - Оценка изменения основных показателей торфяных почв при их сельскохозяйственном использовании

Показатели	Низинная торфяная почва			
	Оценка показателей			
	слабо разложившаяся	средне разложившаяся	хорошо разложившаяся	гумифицированная масса
Степень разложения, %	менее 20	20-35	35-50	более 50
Зольность, %	менее 8,5	8,5-14,8	24,5-28,5	более 28,5
Объемная масса, г/см ³	менее 0,11	0,11-0,15	0,15-0,25	более 0,25

Из таблицы 3 видно, что оптимальными показателями для торфяной почвы являются следующие: степень разложения - от 20 до 50%; зольность – от 14,8 до 28,5% и объемная масса – от 0,15 до 0,25 г/см³, соответственно, значения этих показателей более 50%, 28,5% и 0,25 г/см³ являются критическими. Торфяная почва при этом превращается в гумифицированную массу, трансформируется в торфянисто-перегнойную.

В результате проведенных исследований назрела необходимость в агрономелиоративных мероприятиях. Нами разработаны технологии агрономелиоративных мероприятий щадящего режима использования торфяных почв в сельскохозяйственном производстве в зависимости от мощности торфяного слоя. Щадящий режим использования торфяных почв в сельскохозяйственном производстве заключается в уменьшении процесса минерализации органического вещества

торфа, в продлении срока их эксплуатации. Это достигается проведением ряда агромерелиоративных мероприятий, основными из которых являются: оптимальная структура посевных площадей; севообороты; обработка почвы; оптимальный водный режим [8] (норма осушения) и пескование.

Структура посевных площадей на торфяных почвах должна учитывать: задачи по производству продукции растениеводства (зерна, картофеля, овощей, корма и т.д.); состав, размещение и структуру посевных площадей на других землях хозяйства – землепользователя; отношение сельскохозяйственных культур к водно-воздушному, пищевому и тепловому режимам почвы; наличие производственных ресурсов, уровень фонда - и трудообеспеченности хозяйства.

Учитывая общую специализацию хозяйств Нечерноземной зоны РФ на молочно-мясное животноводство, в структуре посевных площадей следует предусмотреть размещение кормовых культур для создания кормовой базы. Главная роль в этом отводится зерновым, как источнику концентрированных кормов и многолетним травам – источнику травяных кормов (сена, сенажа и силоса).

Кроме того, при разработке структуры посевных площадей следует учитывать и влияние сельскохозяйственных культур на скорость процесса разложения торфа.

С этой точки зрения культуры можно подразделять на: сильно способствующие разложению торфа; слабо разлагающие торф и задерживающие разложение торфа. К первой группе относятся пропашные культуры, ко второй – культуры сплошного сева (зерновые, однолетние травы) и третьей – многолетние травы. Такое деление культур имеет большое значение при проектировании севооборотов на торфяных почвах.

При разработке структуры посевных площадей важно соблюдать в севооборотной площади оптимальный удельный вес той или иной сельскохозяйственной культуры, который должен определяться типом торфяной почвы, ее мощностью и производственно – экономическими возможностями хозяйства. При этом наибольший процент должны занимать многолетние травы. Многолетние травы эффективно используют влагу и минеральные формы азота, которые находятся в торфе в избытке и тем самым обеспечивают высокую продуктивность.

В центральном районе Нечерноземной зоны к числу перспективных и наиболее устойчивых культур для выращивания на торфяных почвах относятся следующие:

многолетние травы, в основном злаковые верховые – тимофеевка, кострец безостый, овсяница луговая, лисохвост, ежа сборная и др. Из бобовых – клевер розовый и красный для двухлетнего пользования, желателен в чистом виде, а также более долговечный клевер белый – в пастбищных травосмесях;

однолетние травы – вика и горох с овсом, овес и рожь на сено, райграс однолетний;

зерновые – озимая рожь, в лучших условиях пшеница; яровые – овес, ячмень неполегающих сортов;

картофель ранних и среднеспелых сортов в основном на семена и корм скоту; овощные – капуста, морковь, свекла;

кормовые корнеплоды – свекла кормовая, турнепс, морковь кормовая;

силосные – подсолнечник, кормовая капуста, топинамбур.

Севооборот – научно-обоснованное чередование сельскохозяйственных культур во времени, является важнейшим звеном системы земледелия на мелиорируемых землях. Севообороты на торфяных почвах должны предусматривать с одной стороны получение максимального количества продукции, а с другой – создание условий, способствующих сохранению органического вещества торфа [3].

Разработка оптимальных севооборотов для торфяных почв должна исходить из следующих положений:

- во избежание интенсивной минерализации органического вещества, распыление и иссушение его должно быть ограничено возделыванием пропашных культур и исключением черных паров;

- не включать в севооборот теплолюбивые культуры и сорта (томаты, огурцы и т.д.).

В соответствии с принятой классификацией, на торфяных почвах могут осваиваться следующие типы и виды севооборотов: по виду производимой продукции – полевые, кормовые, специальные; по составу культур – травопольные, травопольно-пропашные, зернопропашные, травяно-пропашные и т.д. Тип и вид севооборота определяется с учетом хозяйственной необходимости, окультуренности почв, специализации хозяйства.

С целью предупреждения разрушения органического вещества торфа и сокращения потерь питательных веществ из почвы, необходимо строить севообороты так, чтобы торфяная почва как можно дольше была занята растительным травяным покровом. Способность трав препятствовать распылению торфа, сдерживать процессы минерализации торфа, снижать развитие сорняков, делает их обязательным и незаменимым звеном севооборотов различных типов. Площади с мелкой залежью торфа должны использоваться только под многолетние травы с периодическим обновлением травостоя по мере его ухудшения [4-7, 9].

При размещении культур в севообороте следует учитывать влияние предшествующих культур на почву и урожай. Чередование культур необходимо устанавливать в такой последовательности, чтобы каждой из них соответствовал лучший предшественник. Следует заметить, что повторное выращивание культур в одном поле допустимо через следующие промежутки времени (в годах): пшеница, ячмень – 2-4, овес – 3-4, вика – 4, клевер – 3-6.

При введении той или иной культуры в севооборот следует исходить из типа торфяной почвы и ее мощности. Так, анализ проектов и практического использования торфяных почв в хозяйствах, расположенных на землях Мещерской низменности, показал, что при введении севооборотов здесь следует исходить из следующих принципов.

Маломощные торфяные почвы целесообразно использовать под монокультуру многолетних злаковых трав со сроками использования в течение 8...10 лет без перезалужения.

Среднемощные торфяные почвы можно использовать в лугово-кормовых севооборотах. Примерный набор и чередование культур в таком севообороте следующий: 1-7 поля - многолетние злаковые травы; 8-е – рожь озимая; 9-е –

яровые зерновые; 10-е – вико-горохо-овсая смесь. Всего в севообороте: трав – 80%, зерновых – 20%. Процент трав может быть увеличен еще на 10% за счет сокращения поля яровых зерновых.

Полевые опыты по применению щадящего режима использования торфяных почв показали, что сработка торфа уменьшается в пределах 0,2-0,4 см в год по сравнению с интенсивным земледелием.

Заключение

По результатам работы можно сделать основные выводы: под влиянием осушения и сельскохозяйственного использования торфяная почва минерализуется и эволюционирует в другие разновидности почв, с уменьшением исходных запасов органического вещества; внедрение щадящего режима использования торфяных почв в значительной степени уменьшает процесс сработки торфяных почв; повышение продуктивности этих почв при минимальной минерализации органического вещества торфа достигается при использовании их под многолетние травы (луговые и пастбищные угодья) и в севооборотах с высоким содержанием (80% и выше) в структуре посевных площадей.

Список используемых источников

1. Томин Ю.А. Некоторые вопросы охраны плодородия торфяных почв. [Текст] / Томин Ю.А., Лисютина З.В., Петрасова Н.И. /Сб. научн. тр. «Мелиорация земель в Нечерноземной зоне РСФСР», Горький, 1986. с.9.
2. Томин Ю.А. Влияние осушения на плодородие торфяных почв. [Текст] / Томин Ю.А., Чепурнов А.Т. / Сб. «Резервы мелиорации», Рязань, 1978. с.42.
3. Головкин Д.Г. Земледелие на торфяных почвах и осушенных пойменных землях [Текст]. - Л.: Изд-во «Колос», 1975. – С. 57-66.
4. Яшин В.М. Повышение плодородия деградированных и малопродуктивных почв путем применения удобрительно-мелиорирующих смесей [Текст] / Кирейчева Л.В., Перегудов С.В., Евсенкин К.Н., Шилова Е.Ю. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. - № 5 – 6. – С. 26 – 31.
5. Кирейчева Л.В. Хохлова О.Б. Способ приготовления удобрительно-мелиорирующей смеси на основе карбонатного сапропеля // «Патент РФ №2286321 от 27.10.2006 г.
6. Кирейчева Л.В. Комплексные мелиорации - основа создания продуктивных и устойчивых агроландшафтов // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы Юбилейной конференции. - Том-1. - М., 2009. - С. 13-25.
7. Кирейчева Л.В. Использование биогумуса и удобрительно-мелиорирующей смеси для повышения плодородия длительно используемых почв выработанных торфяников. [Текст] Перегудов С.В., Яшин В.М., Евсенкин К.Н. // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: проблемы, перспективы, достижения: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции ведущих специалистов, ученых, предпринимателей и производителей / - Минск, 4-8 июня 2007г.
8. Добрачев Ю.П., Евсенкин К.Н. Шлюзование – один из методов снижения загрязнения водных объектов минеральным азотом // Мелиорация и окружающая среда: Юбилейный сборник научных трудов. Т. 1. - Москва, 2004. – С. 225-226.
9. Перегудов С.В., Евсенкин К.Н., Перегудова А.В., Фомкин А.В. Изучение приемов повышения продуктивности сработанных торфяных почв // Агрехимический вестник. – 2014. - №2. - С. 14-17.

УДК: 631.6: 577.4

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АГРОМЕЛИОРАТИВНОГО ПРИЕМА ОЧИСТКИ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ

А.В. Ильинский, В.А. Игнатенко

МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

В России за последнее десятилетие значительно возросла переработка нефти и транспортировка нефтепродуктов [1]. Практически на всех этапах хозяйственной деятельности человека, связанной с добычей, транспортировкой, переработкой, хранением и распределением нефти и нефтепродуктов в результате аварийных и технологических утечек происходит загрязнение почвенного покрова [2; 3]. Добиться ускорения процессов нейтрализации токсического эффекта от действия нефтепродуктов в почве можно повышением метаболической активности ризосферного микробоценоза, для этого представляется целесообразным совместное использование комплексных мелиорантов и фиторемедиантов [4; 5]. Использование приемов агрохимической мелиорации, посредством применения комбинированных мелиорантов пролонгированного действия на основе природных материалов [6-8], позволяет значительно ускорить деструкцию нефтепродуктов в почве. В этой связи актуальна проблема разработки для загрязненных нефтепродуктами почв современных, высокоэффективных комплексов мероприятий по нейтрализации фитотоксического эффекта. При этом особую роль для снижения токсического действия углеводородов играет использование многофункционального комплексного мелиоранта пролонгированного действия (КМ), созданного на основе карбонатного сапропеля [9].

Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические и экологические последствия осуществления мелиоративного инвестиционного проекта для общества в целом, в том числе как непосредственные затраты и результаты, так и «внешние» и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты. Внешние эффекты рекомендуется учитывать в количественной форме по соответствующим методическим и нормативным документам [10].

Расчет общественной эффективности комплекса мероприятий по реабилитации загрязненной нефтепродуктами торфяной почвы представлен по четырем вариантам: 1) контроль – почва без загрязнения дизельным топливом и без внесения комплексного мелиоранта (контроль); 2) загрязненная дизельным топливом почва без внесения комплексного мелиоранта (почва + 2,5% д/т); 3) загрязненная дизельным топливом почва с внесением комплексного мелиоранта в дозе 5,0 т/га (почва + 2,5 д/т + КМ 5,0 т/га); 4) загрязненная дизельным топливом почва с внесением комплексного мелиоранта в дозе 10,0 т/га (почва + 2,5 д/т + КМ 10,0 т/га).

По каждому варианту подготовлены исходные данные для расчета, включающие денежные притоки и оттоки на один гектар. Расчетный период принят 3 года. Расчет оценки предотвращенного экологического ущерба при проведении

комплекса мероприятий по санации аллювиальных почв выполнен в соответствии с Методикой исчисления размера вреда почвам как объекту охраны окружающей среды.

Таблица 1 - Оценка экономической эффективности применения комплексного мелиоранта для очистки почвы от нефтепродуктов

Показатели	Годы		
	2015	2016	2017
Вариант 1 (контроль)			
<i>Притоки, руб. га</i>	21000	40000	38400
Стоимость растениеводческой продукции, руб/га	21000	40000	38400
<i>Оттоки, руб/га</i>	16678	11830	11392
Заработанная плата	1615	5200	4992
Семена	11172	0	0
ГСМ	2100	4000	3840
Амортизация	600	600	600
Транспортные расходы	924	1760	1690
Прочие	112	115	115
Общехозяйственные расходы	155	155	155
Сальдо денежного потока, руб/га	4322	28170	27008
Коэффициент дисконтирования	0,94	0,89	0,84
Дисконтированное сальдо денежного потока	4062	26480	22687
<i>Дисконтированный прирост чистого дохода, руб/га</i>	53229		
Вариант 2 (почва + 2,5 % д/т)			
<i>Притоки</i>	13560	33360	32800
Стоимость растениеводческой продукции, руб./га	13560	33360	32800
<i>Оттоки, руб./га</i>	25015754	10011	9857
Размер вреда, причиненного как объекту охраны окружающей среды	25000000		4264
Заработанная плата	1763	4337	4264
Семена	11172		
ГСМ	1356	3336	3280
Амортизация	600	600	600
Транспортные расходы	597	1468	1443
Прочие	112	115	115
Общехозяйственные расходы	155	155	155
Сальдо денежного потока, руб./га	-25002194	23349	22943
Коэффициент дисконтирования	0,94	0,89	0,84
Дисконтированное сальдо денежного потока	-23502063	20781	19272
<i>Дисконтированный прирост чистого дохода, руб/га</i>	-23442738		
Вариант 3 (почва + 2,5 % д/т + КМ 5,0 т/га)			
Притоки, руб/га	23160	50480	52400
Стоимость растениеводческой продукции, руб./га	23160	50480	52400
Оттоки	144535	14547	15228
Заработанная плата руб./га	3011	6562	6812

Показатели	Годы		
	2015	2016	2017
Стоимость мелиоранта руб./га	118650	0	0
Затраты на доставку и внесение мелиоранта	7500	0	0
Семена	11172	0	0
ГСМ	2316	5048	5240
Амортизация	600	600	600
Транспортные расходы	1019	2221	2306
Прочие	112	115	115
Общехозяйственные расходы	155	155	155
Сальдо денежного потока, руб./га	-121375	35933	37172
Коэффициент дисконтирования	0,94	0,89	0,84
Дисконтированное сальдо денежного потока	-114925,5	31981	31224,5
Дисконтированный прирост чистого дохода, руб./га	-51720,0		
Вариант 4 (почва + 2,5 5 д/т + КМ 10,0 т/га)			
<i>Притоки, руб. га</i>	27200	55400	56000
Стоимость растениеводческой продукции, руб./га	27200	55400	56000
<i>Оттоки</i>	265348	14111	16214
Заработанная плата руб./га	2092	7202	7280
Стоимость мелиоранта руб./га	237300		
Затраты на доставку и внесение мелиоранта руб./га	10000		
Семена	11172		
ГСМ	2720	3601	5600
Амортизация	600	600	600
Транспортные расходы	1197	2437,6	2464
Прочие	112	115	115
Общехозяйственные расходы	155	155	155
Сальдо денежного потока, руб./га	-210948	41289	39786
Коэффициент дисконтирования	0,94	0,89	0,84
Дисконтированное сальдо денежного потока	-198 291,12	+36747,6	+33420,24
Дисконтированный прирост чистого дохода, руб./га	-128 123,28		

Дисконтированный прирост от применения комплексного мелиоранта для реабилитации загрязненной нефтепродуктами почвы в дозах 5 т/га и 10 т/га составил: - 51,7 тыс. руб./га и - 128,1 тыс. руб./га соответственно. При этом на варианте с загрязненной почвой без использования мелиоранта размер дисконтированного прироста составил: - 23,5 млн. руб. руб./га.

Таким образом, использование комплексного мелиоранта на основе сапротелля для биологической реабилитации загрязненной нефтепродуктами почвы в обозначенных дозах экономически целесообразно.

Список используемых источников

1. Сейдов А. Рынок утилизации нефтешламов в Российской Федерации в 2004–2009 гг. / А. Сейдов, С. Август, Ф. Пронин и др. – М.: АТconsulting company, 2010. – 107 с.
2. Опыт ликвидации аварийных разливов нефти в Усинском районе Республики Коми. – Сыктывкар, 2000. – 183 с.

3. Орлов Д.С. Химическое загрязнение почв и их охрана / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова и др. – М., 1991. – 303 с.
4. Вазыхов И.Т., Кирейчева Л.В., Ильинский А.В., Рогозина Е.А., Александрова М.Т. Способ биологической очистки почв, загрязненных нефтепродуктами // Патент на изобретение № 2618699 Российская Федерация, МПК В09С 1/10; патентообладатель: «Общество с ограниченной ответственностью Торгово-производственная компания «Камский сапропель» (ООО ТПК «Камский сапропель») (RU) - № 2016105857; заявл. 20.02.16; опубл. 11.05.17. - Бюл. № 14. – 7 с. : ил.;
5. Яшин В.М. Регулирование режимов комплексных мелиораций в условиях техногенного загрязнения агроландшафтов / В.М. Яшин, Л.В. Кирейчева, Ю.А. Мажайский и др. // Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования. Научное издание. М., 2006. – С. 67-87.
6. Терещенко Н.Н. К вопросу о рациональном применении минеральных удобрений для ускорения микробиологической деструкции нефтяных углеводородов в почве / Н.Н. Терещенко, С.В. Лушников // Контроль и реабилитация окружающей среды: материалы IV Международного симпозиума. - Томск, 2004. – С. 117-119.
7. Коломийцев Н.В., Матвеев А.В., Корженевский Б.И. Технологии восстановления плодородия почв и рекультивации деградированных агроландшафтов // Свидетельство о регистрации базы данных RUS № 2018621614 от 26.06.2018.
8. Патент на изобретение № 2680583 Российская Федерация, МПК В09С 1/10. Способ биологической очистки от нефтепродуктов почв земель сельскохозяйственного назначения, авторы: Ильинский Андрей Валерьевич (RU), Кирейчева Людмила Владимировна (RU). Патентообладатель: ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова (RU) – № 2018118389; заявл. 18.05.18; опубл. 22.02.19. - Бюл. № 6. – 6 с. : ил.
9. Кирейчева Л.В. Оценка фитотоксичности загрязненной дизельным топливом торфяной почвы при реабилитации комплексным мелиорантом Сапросил / Л.В. Кирейчева, А.В. Ильинский // Агрехимический вестник. - 2018. - №5. - С. 56-59.
10. РД-АПК 3.00.01.003-03. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель. - М., 2003. - 134 с.

УДК: 631.6

К 95-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ВНИИГИМ И 65-ЛЕТИЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЩЕРСКОГО ФИЛИАЛА ВНИИГИМ

А.В. Ильинский, П.И. Пыленок

МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

В период предстоящей масштабной мелиорации в стране, начавшейся в 1966 году по постановлению ЦК КПСС «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур» Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова (ВНИИГиМ) как головной и координирующий центр мелиоративной науки создает широкую сеть опытно-мелиоративных станций и опорных пунктов. В их число вошла и Мещерская зональная опытно-мелиоративная станция (МЗОМС), созданная в 1954 г. в 20 км от г. Рязани по распоряжению Совмина СССР от 9.07.1954 г. №7418-Р на базе закрывшейся в то время Орловской ОМС. Целью создания МЗОМС ставилось проведение научно-исследовательских работ по вопросам мелиорации земель

Мещерской низменности, обширной заболоченной территории в границах Московской, Рязанской и Владимирской областей. В задачи станции входили научные исследования и внедрение научных достижений в колхозное и совхозное производство по вопросам мелиорации земель и их сельскохозяйственного использования, а также обобщение передового аграрного опыта в условиях Мещерской низменности. В структурном отношении станция состояла из четырех отделов (осушения, освоения, механизации, экономики), трех лабораторий (гидромелиоративной, почвенно-мелиоративной и радиоизотопной), трех опорных пунктов (Правобережный – г. Кадом, Клепиковский – г. Спас-Клепики и Владимирский – п. Собинка, Владимирской области), а также опытно-производственного хозяйства ОПХ «Полково» [1]. Первым научным работником, прибывшим в Мещеру, был инженер-гидротехник *Борис Степанович Маслов*, только что окончивший институт. Первым директором МЗОМС стал *Антон Изотович Федоров*, возглавлявший в то время Кировскую луго-болотную станцию. Им было выбрано место для станции и организован научный коллектив, но из Кировской области его не отпустили, а директором был назначен *Карелин Тимофей Иванович*. При нем были организованы опытные участки для проведения полевых наблюдений. В дальнейшем много лет МЗОМС возглавлял *Антонов Всеволод Иванович*, организовавший исследования по дренажу, в т.ч. пластмассовому, созданию мелиоративной техники. Последним директором МЗОМС был *Родин Константин Иванович*. В результате проведенных исследований и их производственной проверки научным коллективом МЗОМС были разработаны и переданы производству научно-обоснованные рекомендации: по методам и способам осушения земель; по интенсивному использованию земель Окской поймы; по освоению и сельскохозяйственному использованию осушаемых болот и пойменных земель; эффективному использованию мелиорируемых земель Рязанской области. Учеными станции, в содружестве с проектно-конструкторскими организациями, были созданы бестраншейный дренажукладчик ДПБН-1,8 и ложбиноделатель ЛН-0,4. Для оценки водного баланса мелиорируемых земель и определения оптимальных норм осушения проводились лизиметрические исследования с применением лизиметров конструкции ВНИИГиМ. Для оценки влияния осушения на окружающую среду в 1976 году на станции был организован сектор охраны природы при мелиорации земель. В МЗОМС работали над кандидатскими диссертациями будущие доктора наук *Г.И. Сухоручкин*, *Б.С. Маслов*, *А.И. Голованов*, *Х.Н. Стариков*, подготовил докторскую диссертацию *Д.Г. Головкин*, работал д.б.н. *К.А. Куркин*, к.с-х.н. *Бахулин*, к.г.н. *А.А. Исполинов*, к.т.н. *В.А. Минаев*, к.т.н. *В.Д. Степанов*, к.т.н. *В.Ф. Ходаков*, к.с-х.н. *И.М. Чекунов*. Здесь стали кандидатами наук *В.П. Зоткин*, *В.А. Лисютин*, *З.В. Лисютина*, *Р.Н. Марчук*, *А.С. Медведева*, *Л.П. Овцов*, *К.И. Родин*, *Ю.А. Томин*, *П.И. Пыленок*, *И.В. Сидоров* и др. На специально организованных курсах велась подготовка мастеров-мелиораторов и поливальщиков. За передовые научные исследования по мелиорации земель Мещеры и практическую помощь производству Мещерской ЗОМС в 1974 году было вручено Красное Знамя Министерства мелиорации и водного хозяйства.

В 1978 году на базе МЗОМС и Рязанского отдела мелиорации ВНИИГиМ в соответствии с решением Коллегии государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике от 27 декабря 1977 г. (протокол № 64 п. VIII) и по приказу Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР от 28 марта 1978 г. был организован Мещерский филиал ВНИИГиМ, принявший эстафету по подготовке научных кадров и продолжению научных исследований, проводившихся на созданных к тому времени мелиоративно-болотных стационарах на объектах «Тинки-II», «Вожа», «Совка», «Пра», «Макеевский мыс» и др. Первым директором филиала стал руководитель Рязанского отдела мелиорации ВНИИГиМ к.т.н. *Анциферов Е.С.* Структура научных подразделений Мещерского филиала включала: лабораторию осушения, лабораторию орошения, лабораторию технологии строительства и эксплуатации мелиоративных систем, лабораторию мелиоративного земледелия, лабораторию охраны природы при мелиорации, сектор экономики. В целях более детального изучения вопросов оросительных мелиораций при филиале было создано два новых опорных пункта (Мордовский и Рязский) [3].

В 1970-80-е годы коллективом филиала проводилась разработка способов и режимов осушения болот и заболоченных земель, конструкций осушительно-увлажнительных и польдерных систем, режимов орошения сельскохозяйственных культур, технологии строительства узкотраншейного и бестраншейного дренажа, изучение влияния мелиорации на окружающую среду и разрабатывались природоохранные мероприятия по ее охране и рациональному использованию природных ресурсов [4, 5]. В коллектив опытных ученых филиала влились молодые сотрудники: к.т.н. *Стельмах Е.А.*, к.т.н. *Пыленок П.И.*, к.с.х.н. *Мажайский Ю.А.*, к.с.х.н. *Евтюхин В.Ф.*, к.с.х.н. *Сельмен В.Н.*, к.т.н. *Евсенкин К.Н.*, внесшие новую струю в развитие научных исследований. При мелиоративном фонде осушения в 320 тыс. га было осушено около 100 тыс. га, в том числе около 40 тыс. га – закрытым дренажом. Глубокое научное обоснование позволило создать в Рязанской области современные, технически совершенные системы осушения с машинным водоподъемом, осушительно-увлажнительные системы с двусторонним регулированием водного режима почв, такие как: «Совка», площадью свыше 8 тыс. га; «Макеевский мыс», площадью более 2 тыс. га; «Тюковский», площадью около 1 тыс. га и ряд других объектов. В эти годы с помощью ученых были построены оросительные системы на площади около 40 тыс. га. Совместно с учеными ВНИИГиМ разработан и внедрен мелкодисперсный способ дождевания (*Кузин М.А.*). Изготовлено и опробовано приспособление к дождевальной установке ДДА-100, позволившее уменьшить расход воды при поливе овощей в 5–6 раз. На основе расчета элементов водного баланса были уточнены режимы орошения пастбищ, сенокосов, кормовых и овощных культур на пойменных землях. Крупнейшие производители овощей, такие как совхоз «Овощевод» (около 20 тыс. т овощей в год), совхоз «Московский» (около 10 тыс. т овощей в год), полностью обеспечивали потребность населения областного центра в овощной продукции. Оросительная система с клеточнозагонной пастьбой ко-

ров в ОПХ «Полково» позволяла держать высокий надой и неоднократно являлась полигоном для проведения областных конкурсов мастеров машинного доения [2].

В постсоветский период работы по мелиорации земель стали быстро сворачиваться, соответственно, снижалась и востребованность научных разработок. Однако Мещерский филиал под руководством головного института продолжал исследования по таким актуальным направлениям, финансируемым из госбюджета по линии РАСХН [6], как разработка: новых конструкций водооборотных осушительно-увлажнительных систем; природоохранных мелиоративных режимов; технологий возделывания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях; методов, средств и форм управления режимами комплексных мелиораций земель для различных природных комплексов; научно-методических основ экологически безопасного и экономически эффективного функционирования систем водопользования в АПК; агробиологических мелиораций техногенно загрязненных почв южной части Нечерноземной зоны России и др. Обозначенные разработки изложены в научном издании ВНИИГиМ «Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования», изданном в 2006 году.

Для выживания в новых рыночных условиях были созданы хозрасчетные группы, которые выполняли работы по аттестации рабочих мест, инженерно-экологическим изысканиям, а также разработке специальных разделов проектов по охране окружающей среды. Еще одним из направлений работ стало оказание услуг по технологическому контролю при проведении природовосстановительных работ. Под новые условия изменялась и структура филиала, включающая четыре научных подразделения: лаборатория природоохранных мелиоративных технологий, лаборатория экологии природообустройства, почвенно-мелиоративная лаборатория, аналитическая лаборатория. Экспериментальная база включала: экополигон с лизиметрической станцией «Мещера» на землях ОПХ «Полково», ОПУ «Пойма». В этот период продолжалась и подготовка научных кадров. Кандидатами наук стали *К.Н. Евсенкин, А.В. Ильинский, С.В. Перегудов, Л.И. Московкина, Е.Ю. Шилова, Р.И. Матюхин, Е.В. Жигулина* и др. Подготовили и защитили докторские диссертации *Ю.А. Мажайский, П.И. Пыленок, В.Ф. Евтюхин*.

Несомненным успехом научного коллектива стало участие филиала в 1990-х годах в международном российско-германском научно-техническом проекте «Ока-Эльба – чистые реки». В результате исследований совместно с немецкими учеными были установлены закономерности антропогенного загрязнения пойменных агроландшафтов, получены методы оценки процесса седиментации аллювиальных почв в условиях паводков, разработаны технологии фиторемедиации загрязненных аллювиальных почв пойм Оки и Эльбы. Результаты этих исследований отражены в совместных трудах, опубликованных в России и Германии [7, 8]. В 2010 году было продолжено сотрудничество по российско-германскому проекту «Фиторемедиация», 16-21 марта состоялась научная командировка в Германию по приглашению научно-исследовательского центра «Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ» (рис. 1).



Рисунок 1 - Совместные исследования на станции Falkenberg (Германия), 2010 год

Приоритетными направлениями в исследованиях филиала также стали: водорегимные эколого-мелиоративные исследования в бассейнах рек и на мелиорируемых агроландшафтах; разработка методов, способов и технологий ведения инженерно-экологического мониторинга; исследования методов и способов утилизации сточных вод и животноводческих стоков; нормирование качественного и количественного водопользования в орошаемом земледелии; разработка системы земледелия в условиях комплексных мелиораций и др.

В 2014 года ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» и его филиалы перешли в ведение вновь созданного Федерального агентства научных организаций (ФАНО), а в 2018 году - в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. После научной реформы в структуру филиала были внесены изменения: вместо существовавшей функциональной был осуществлен переход на проектную структуру, были созданы творческие группы по научным направлениям, отраженным прежде всего в госпрограмме.

Мещерский филиал, как экспериментальная база ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», участвует в рамках государственного задания в исследованиях и подготовке научных отчетов и выходных документов, предусмотренных концепцией развития сельского хозяйства России на текущее десятилетие, обеспечивающей решение задач снабжения населения высококачественной и экологически безопасной сельскохозяйственной продукцией и сохранения природно-ресурсного потенциала с ростом почвенного плодородия [3].

Изменение экономических отношений в стране в постсоветский период, проведение массовой приватизации сельхозугодий привели к тому, что в настоящее время значительные мелиорированные территории находятся в неудобстве, подвержены деградации, вторичному заболачиванию, закочкарности и закустаренности. В этой связи приоритетными направлениями научных исследований Мещерского филиала являются разработка рециклинговых технологий управления водным режимом и соответствующих конструкций мелиоративных систем, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов, экологическую и пожарную безопасность мелиорируемых земель и прилегающих к

ним территорий; современных мелиоративных и технологических решений по восстановлению и сохранению почвенного плодородия, получению экологически безопасной сельскохозяйственной продукции, охраной естественных природных ландшафтов, водных объектов и водно-болотных угодий для условий южной части Нечерноземной зоны Российской Федерации и Мещерской низменности, включающей в себя частично Московскую, Рязанскую, Владимирскую и Нижегородскую области. Сегодня в составе филиала работают два доктора наук и четыре кандидата наук.

В основу текущих направлений научных исследований и разработок Мещерского филиала в первую очередь положено участие в выполнении фундаментальных научных исследований под руководством ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» по Пункту: «145. Фундаментальные проблемы создания и эксплуатации оросительных и осушительных систем нового поколения, в том числе систем двустороннего регулирования влажности почвы в целях сохранения природно-ресурсного потенциала и производства высококачественной сельскохозяйственной продукции» программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 годы. В соответствии с планами научно-исследовательской работы ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» на 2017-2019 годы и 2019-2021 годы Мещерский филиал выполняет научные исследования на осушаемых аллювиальных и торфяных почва объектах «Тинки-II» и в центральной пойме р. Оки, на лизиметрической станции, снабженной группой водобалансовых лизиметров (32 лизиметра с дерново-подзолистыми почвами, 8 – с темно-серыми лесными почвами). При проведении экспериментальных научных исследований используются вегетационные сосуды, автоматизированная метеостанция, приборное оборудование, полученное в рамках российско-германского научно-технического сотрудничества (комплект для пробоотбора почвенной влаги, влагомер, тензозонды и др.), а также устройство для структурирования воды АСВ «ESiLAN». С 2019 года начата разработка методологии создания ГМС для обеспечения экологической устойчивости и пожарной безопасности мелиорируемых территорий Нечерноземной зоны России. Проводятся поисковые научные исследования, направленные на разработку новых технологий, обеспечивающих экономию водных ресурсов при проведении мелиорации земель за счет применения природоохранного мелиоративного режима, утилизации дренажных вод в процессе увлажнения осушаемых земель, получение чистой органической продукции [3, 9].

За период 2014-2018 гг. в Мещерском филиале были разработаны теоретические основы создания постиндустриальных гидромелиоративных систем для условий Нечерноземной зоны РФ, позволяющие осуществить переход от традиционного шлюзования и водооборотных технологий к рециклинговым технологиям и обеспечивающие многократную утилизацию дренажных вод. Научные основы изложены в монографии [5] и включают: методы и способы гидромелиоративного рециклинга; расчетные модели для определения объемов аккумуляции дренажных вод и площади увлажнения дренажными водами; типовые схемы гидромелиоративных систем рециклингового типа; природоохранные ме-

лиоративные режимы и технологии; способы ренатурализации осушенных болот. В обозначенный период времени в рамках программы ФНИ государственных академий наук филиалом совместно с головным институтом также были разработаны современные технологии восстановления плодородия почв в условиях усиления антропогенной нагрузки и рекультивации деградированных земель на основе комплексов мелиоративных мероприятий, создано руководство по применению мелиоративных технологий восстановления плодородия почв и рекультивации деградированных ландшафтов.

Практические результаты научной деятельности Мещерского филиала внедряются при разработке рекомендаций и технологий для водохозяйственных и сельскохозяйственных организаций и управлений, фермерских и кооперативных хозяйств, проектно-изыскательских институтов, промышленных предприятий и организаций, земли которых нуждаются в мелиоративных и реабилитационных мероприятиях, восстановлении плодородия для получения качественной и экологически безопасной сельскохозяйственной продукции и восстановления природных сообществ, а также улучшения экологической обстановки. Внедрение результатов научно-исследовательской работы на протяжении ряда лет осуществлялось в: ФГБУ «Управление Рязаньмелиоводхоз», ООО ТПК «Камский-сапропель», проектно-институте «Рязаньпроект», ООО Концерн «Нефтепродукт», АО «РНПК» и ряда хозяйств на территории Рязанской области. Разработанные Мещерским филиалом новые технологии и конструкции мелиоративных систем востребованы и сегодня, например, при восстановлении природного комплекса объекта «Завидово». В составе проекта обводнения выработанных торфяников была разработана научно обоснованная концепция восстановления болотных экосистем с целью обеспечения экологической и пожарной безопасности.

Перспективные направления научно-исследовательской деятельности Мещерского филиала неразрывно связаны с реализацией «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642, «Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 19.04.2017 г. № 176 и ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2020 годы» и направлены на развитие осушительных мелиораций земель для условий южной части Нечерноземной зоны России.

Список используемых источников

1. Маслов Б.С. Мещерская зональная опытно-мелиоративная станция (МЗОМС) ВНИИ-ГиМ // Мелиоративная энциклопедия. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. Т2 (К-П). С.171–172.
2. Лисютин В.А., Томин Ю.А. Вклад Мещерского филиала ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова в развитие мелиорации Мещерской низменности // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий. Рязань, 2004. С. 3–10.
3. Концепция развития ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» на 2017-2025 гг. М.: ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2017. – 42 с.
4. Лисютин В.А., Томин Ю.А. Мещерский филиал ВНИИГиМ // Мелиоративная энциклопедия. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. Т2 (К-П). С.172.

5. Пыленок П.И. Гидромелиоративный рециклинг. Научные основы, технология, экология. – LAPLAMBERTAcademicPublishing, 2018. – 258 с.
6. Яшин В.М., Кирейчева Л.В., Мажайский Ю.А. Регулирование режимов комплексных мелиораций в условиях техногенного загрязнения агроландшафтов // Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования. Научное издание. М., 2006. С. 67–87.
7. Пыленок П.И., Перегудов С.В., Яшин В.М., Майснер Р., Рупп Х. и др. Использование инновационной лизиметрической технологии в российско-германских исследованиях // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. №5. С. 3–8.
8. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н. Новосельцев и др. М.: Научный мир, 2002. – 140 с.
9. Болото и пиар природных стихий / Б.С. Маслов, П.И. Пыленок. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2019. – 76 с.

УДК 631.42

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.П. Карпенко¹, А.С. Сейтказиев², К.А. Сейтказиева², Б.Н.Тажбенова²

¹ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия;

²Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

В настоящее время в мелиорации широко применяются математические модели, дающие возможность построить прогноз водно-солевого режима почвогрунтов .

Решение этой задачи требует применение физико-математических моделей, которые дают возможность для оценки содержания солей в почвах и количественного описания законов их движения и распределения в корнеобитаемом слое почвогрунтов.

Основными методами регулирования гидрохимического режима являются воздействия на уровень грунтовых вод различными мероприятиями (орошение, промывка, рыхление почв на фоне дренажа). На формирование водно-солевого, теплового и пищевого режимов в расчетном слое почвогрунта непосредственно влияют водно-физические и физико-химические процессы. Это обусловлено тем, что в результате орошения и промывки с применением дренажа резко изменяются условия формирования приходящих и расходных элементов водно-солевого баланса, запасов солей, скорости инфильтрации, изменения передвижения влаги, испарения, оттока грунтовых вод и другие. Применение комплекса эколого-мелиоративных мероприятий позволило вытеснить выщелачиваемые токсичные соли из расчетного слоя.

Определение гидрохимических показателей переноса солей в почвогрунте посвящено много работ: С.Ф. Аверьянов (1965), Н. Веригин, Р. Машарипов, Д.Ф. Шульгин (1977), Н.Н. Веригин (1953), Л.М. Рекс (1967), Я.А. Пачевский (1976), Э.А. Соколенко, А.А. Кавокин (1974), Л.М. Рекс, А.Е. Якиревич (1989), Ю.М. Денисов (1981) и др. В этих работах приводится методика нахождения одного

или другого показателя переноса солей в почвогрунтах, однако следует отметить, что все они сложные и многопараметричные [1-2].

Для определения гидрохимических показателей переноса солей в почвогрунте, и для построения прогноза водно-солевого режима нами использовано основное уравнение движения солей в почвогрунте[1]:

$$\partial C/\partial t=D^* \partial^2 C/\partial x^2 \pm \vartheta_{\phi} \partial C/\partial x \pm \gamma(C_n-C), \quad (1)$$

где: С-расчетное (прогнозное) содержание солей, г/л или % ; t - время, сутки; X-глубина расчетного слоя от поверхности земли, м; С_н - предельная концентрация раствора, г/л или %; γ - коэффициент обмена (растворение и кристаллизация), 1/сут; D* - коэффициент конвективной диффузии, м²/сут; ϑ_φ - фактическая скорость движения влаги в почвегрунте, м/сут. Определяется по формуле:

$$\vartheta_{\phi}=\nu/n_a, \quad (2)$$

где: ν - скорость фильтрации, м/сут; n_a - активная пористость почвогрунтов, в долях от объема.

Для определения гидрохимических показателей переноса солей в почвогрунте, входящие в уравнение (1), были использованы [2-5].

Использованные данные, которые необходимы для проведения расчетов и полученные результаты гидрохимических показателей переноса солей в почвегрунте внесены в таблицу 1.

Из таблицы 1 видно, что скорость фильтрации (ν) и фактическая скорость движения влаги в почвогрунте(ϑ_φ) уменьшается в соответствии с утяжелением механического состава. В легких почвах указанные показатели составляют, соответственно, 0.014 и 0.0048 м/сут., то есть почти в три раза [4-9].

Таблица 1 - Значение гидрохимических и других показателей переноса солей в почве и грунте различного механического состава

Группа почв	Коэфф. фильт. почв. К _ф , м/сут	Междр. е. нного расстояния, R, м	Модуль дренаж. стока, q, м ³ /сут	Исходно е. солесодержание, С _и , %	Допустимое солесодержание С _д , %	Промывные нормы, N _н т, м ³ /га	Продолжительность промывки, t, сут
1	2	3	4	5	6	7	8
I	3.2	400	0.16	1.5	0.25	5000	48
II	2.5	350	0.21	1.5	0.30	6000	58
III	2.0	300	0.30	1.5	0.35	8000	77
IV	1.0	200	0.289	1.5	0.40	10000	96
V	0.3	100	0.24	1.5	0.45	12000	116

Продолжение таблицы 1

Актив- ная Пори- стость, $n_a, \%$	Пара- метр Пекле, P_e	Ско- рость Фильтр ации, $v,$ м/сут	Факти- ческая скорость , $\vartheta_f,$ м/сут	Показа- тель соле- отдачи, α	Коэф. обмена $\beta, 1/\text{сут}$	Коэф. кон- вект. диффу- зии, $D^*,$ $\text{м}^2/\text{сут}$	Расчетное (прогно- зное) содержа- ние солей , $C_t, \%$
9	10	11	12	13	14	15	16
37	3.7	0.014	0.038	0.95	0.037	0.011	0.25
38	2.8	0.0075	0.020	0.67	0.028	0.0077	0.30
40	1.9	0.0067	0.017	0.88	0.019	0.0041	0.35
41	1.4	0.0056	0.014	1.0	0.014	0.011	0.39
42	1.0	0.0048	0.012	1.2	0.010	0.012	0.47

Результаты подсчетов показывают, что показатель Пекле в значительной степени изменяется в зависимости от механического состава почвогрунтов. Значение показателя Пекле в легких почвах с особо низкой солеотдачей снижается до 0.67, то есть более чем в 2 раза.

Значение коэффициента конвективной диффузии в соответствии с утяжелением механического состава почвогрунтов увеличивается. Если коэффициент конвективной диффузии в легких почвах составляет: 0.011-0.012 м²/сут, то в тяжелых доходит до 0.015-0.019 м²/сут, то есть в зависимости от механического состава почвогрунтов увеличивается в 1.5 раза.

Исследования показывают, что основной целью опытных работ по изучению солеотдачи почв явилось обоснование промывных норм засоленных почв. Промывная норма для опреснения расчетного слоя почвы определяется по В.Р. Волобуеву по следующей формуле [2-4]:

$$N = K \cdot \alpha \lg S_n / S_t, \quad (3)$$

где: N - промывная норма, м³/га; α - параметр солеотдачи почв; S_n - исходное засоление почв, %; S_t - остаточное засоление, %; K - коэффициент пропорциональности, равный 10000. Из формулы (3):

$$\alpha = N / K \lg S_n / S_t, \quad (4)$$

Ниже приводим таблицу 2, где α определялось по формуле (4), по данным наших опытных работ. Величина α зависит от многих факторов: от количества солей, типа засоления, водопроницаемости почвогрунтов и др. По нашим исследованиям при промывке почв нормой от 4000 до 8000 м³/га величина α колеблется от 1.31 до 3.51. Низкие значения (1.28-1.31) у почв опытных площадок 1,2,3 (табл. 2). Это объясняется тем, что водопроницаемость почв перечисленных площадей очень низкая. Как уже говорилось выше на первой площадке для впитывания нормы 4000 м³/га потребовалось 680 часов времени,

на второй площадке для впитывания 8000 м³/га воды 610 часов, а на третьей площадке для впитывания нормы 10000 м³/га - 520 часов. Как известно, чем ниже водопроницаемость, то есть скорость движения воды в почвенных порах, тем больше солей растворяется в единице объема воды. Низкой водопроницаемости почв способствует химизм засоления (натриевый тип засоления катионного состава и участие соды в анионном составе). Известно, что соли натрия, особенно сода (Na₂CO₃), диспергирующе действуют на почву, в результате чего происходит набухание почвенной массы, которое приводит к сужению активных пор.

Для почв опытных площадок № 2 и № 4, имеющих больший параметр солеотдачи α (1.28-3.51), характерна высокая водопроницаемость. Для впитывания нормы 10000 м³/га воды потребовалось всего 24 часа. Такая высокая водопроницаемость, объясняется, по нашему мнению, отсутствием соды в исходном засолении почвы и не появлением ее в ходе промывок. Низкой солеотдаче почв способствует также присутствие в почве значительного количества труднорастворимой соли – гипса (CaSO₄ – 0,48 %).

Таблица 2 - Определение параметра солеотдачи почвы

Название почв	Тип засоления	N _{нт} , м ³ /га	S _н , %	S _т , %	lg S _н / S _т	α
Солончак луговой	Хлоридно-сульфатный	2000	0.95	0.70	0.133	1.5
		4000	0.95	0.47	0.305	1.31
		6000	0.95	0.40	0.376	1.60
Лугово-сероземная, Сильнозасоленная	Хлоридно-Сульфатный, с участием соды	2000	1.86	1.30	0.156	1.28
		4000	1.86	1.20	0.190	2.11
		6000	1.86	1.18	0.198	3.03
		8000	1.86	1.10	0.228	3.51
Лугово-сероземная, Сильнозасоленная	Сульфатно-Хлоридный, с участием соды	2000	1.44	1.20	0.079	2.53
		4000	1.44	1.08	0.125	3.20
		6000	1.44	0.78	0.266	2.26
		8000	1.44	0.60	0.380	2.11
		10000	1.44	0.50	0.459	2.18
Лугово-болотная, Опустынивающаяся Сильнозасоленная	Хлоридно-сульфатный	2000	1.72	1.40	0.089	2.25
		4000	1.72	1.32	0.115	3.48
		6000	1.72	0.82	0.322	1.86
		8000	1.72	0.70	0.390	2.05

Выводы. В статье рассматриваются гидрохимические показатели сероземных почв полупустынной зоны. Для регулирования водно-солевого режима в расчетном слое почвогрунта, по результатам опытных работ при изучении солеотдачи почв, установлены промывные нормы для засоленных почв. Определены гидрохимические показатели переноса солей в почвогрунте различного механического состава.

Результаты исследования на экспериментальных участках показывают значение гидрохимических и других показателей (коэффициентов обмена,

конвективной диффузии и др.) переноса солей в почвогрунте различного механического состава, а также установлены параметры солеотдачи почвы при различных типах засоленности почвогрунтов, для обеспечения необходимых данных, используемых при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур исследуемого массива орошения.

Список используемых источников

1. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. - Москва, 1978. - 288 с.
2. Волобуев В.Р. Расчет промывки засоленных почв. - М.: Колос, 1975. - 71 с.
3. Сейтказиев А.С. Определение промывных нормы // Науки и образование Южного-Казахстана – 2000. - №21. - С. 20-22.
4. Сейтказиев А.С. Комплекс мелиоративных мероприятий и моделирование переноса солей на засоленных почвах // Материалы Международн.научно-практической конференции (Костяковские чтения). - М.: ВНИИГиМ, 2013. - С.82 - 86.
5. Seitkaziyeu Adeubai, Shilibek Kenzhegali, Salybaiev Satipalde, Seitkaziyeu Karlygash. The Research of the Ground Water Supply Process on Irrigated Soils at Various Flushing Technologies // World Applied Journal 26(9):1168-1173, 2013.
6. Сейтказиев А.С., Жапарова С.Б., Хожанов Н.Н., Сейтказиева К.А. Экологическая оценка процессов загрязнения агроландшафтов и методы улучшения засоленных земель. - Кокшетау: «Алла прима», 2016. - 278 с.
7. Карпенко Н.П., Сейтказиев А.С. Эколого-мелиоративное обоснование водно-солевого режима засоленных почв Таласского массива орошения Жамбылской области // Природообустройство. - 2017. - № 4. - С. 73-79.
8. Карпенко Н.П., Сейтказиев А.С., Маймакова А.К. Регулирование водно-солевого режима почв на засоленных землях хозяйств «Туймекен» и «Дихан» Жамбылской области // Природообустройство. - 2017. - № 3. - С. 70-76.
9. Seitkaziyeu Adeubai, Z. Maymekov, Y. Andasbayev, M. Jetimov Methodic Aspects of soils Contamination Assessmnt of the Almatiy Region, the Recpuplic of Kazaakhstan//WALLA journal 32(1): 29-33, 2016 Available

УДК 631.6

ВОСТАНОВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.В. Кирейчева, Е.А. Лентяева, В.М. Яшин

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Значительную роль в решении проблемы продовольственной безопасности России и наращивании экспортного потенциала играет Волгоградская область, которая поставляет 3,27% сельскохозяйственной продукции, из них зерновые составляют 3706,8 тыс. т. на общую сумму 128 млрд руб. [1]. Однако, высокий уровень агроклиматических ресурсов области позволяет успешно развивать сельскохозяйственное производство путем увеличения продуктивности земель до природно-климатического потенциала. Наиболее действенным средством повышения энергетического потенциала почв и обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства при наблюдающемся глобальном изменении климата и локально экстремальном его проявлении являются водные мелиорации -

орошение земель. В условиях аридизации климата применение орошения сельскохозяйственных земель повышает эффективность использования солнечной энергии и других видов мелиораций, что отражается на увеличении урожайности растениеводческой продукции и устойчивости земледелия.

В Волгоградской области площадь орошаемых сельхозугодий достигла своего максимума в 1990 году и составляла порядка 426 тыс. га, что обусловило эффективность результатов орошаемого земледелия. На мелиорированных землях в соответствии с запланированными целевыми показателями производилось 25% растениеводческой продукции. Продуктивность орошаемого гектара в целом по области к началу 90-х годов составляла 3,2...4,6 тыс. к.е., что в засушливые годы в 4-5 раз превышало урожайность на богаре.

К началу 2011 г. площадь мелиорируемых сельскохозяйственных угодий в Волгоградской области сократилась более чем в два раза и насчитывала 180,93 тыс. га, в том числе площадь 16 государственных оросительных систем составляет 107,96 тыс. га, участков орошения на местном стоке – 72,97 тыс. га. Значительная часть мелиорируемых земель, занимающая свыше 28,1 тыс. га, характеризовалась неудовлетворительным состоянием, вызванным подтоплением и вторичным засолением орошаемых земель.

В настоящее время в области поливной техникой орошается всего 39,5 тыс. га из 178 тыс. га орошаемых земель, при этом продуктивность орошаемого гектара не достигает показателей природно-климатического потенциала, что связано с недостаточно высокой агротехникой, не эффективным использованием оросительной воды и развитием процессов деградации земель [2].

Целью настоящих исследований является оценка природно-ресурсного потенциала зональных почв Волгоградской области, и разработка практических рекомендаций по восстановлению энергетической функции деградированных и малопродуктивных почв комплексом агро-мелиоративных и гидромелиоративных мероприятий для конкретных почвенных разностей.

Основная часть территории Волгоградской области, за исключением северо-запада, где влагообеспеченность сельскохозяйственных культур достаточна для богарного земледелия, входит в семиаридную зону, для которой отношение среднегодовой суммы осадков к потенциальной годовой эвапотранспирации (испаряемости) находится в пределах от 0,2 до 0,5. Это - зона рискованного земледелия, слабо защищенная от негативного влияния экономических и природных рисков, сопровождающихся снижением урожайности и объемов производства сельскохозяйственной продукции. В засушливые годы резко снижается валовый сбор сельскохозяйственных культур, в том числе высокопродуктивных сортов. Применение орошения в этой зоне способствует повышению эффективности использования солнечной энергии и агро-мелиоративных приемов, что отражается на увеличении урожайности растениеводческой продукции и устойчивости земледелия.

Способы орошения в разных почвенно-климатических зонах Волгоградской области зависят от вида возделываемых культур и определяются их биологическими, морфологическими особенностями, а также архитектурой посева. Аг-

ропромышленный комплекс Волгоградской области представлен, преимущественно, производством зерновых, кормовых, овощных и технических культур. Все группы сельскохозяйственных культур в той или иной степени представлены в каждом из 33-х районов Волгоградской области. Анализ долевого соотношения групп сельскохозяйственных культур по административным районам области приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Структура земель сельскохозяйственного назначения по муниципальным образованиям Волгоградской области на 01.01.2019 (по данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области) [8]

Наименование муниципального образования	Общая площадь, га	в том числе:	Сельскохозяйственные угодья, на землях с.-х. назначения					
		земли с.-х. назначения, га	всего, га	в том числе:				
				пашня, га	пастбища, га	сенокосы, га	многолет. насажд., га	за-лежь, га
Алексеевский	229 716	195 002	186 002	139 965	39 405	6 392	240	
Быковский	341 016	303 778	293 370	187 766	91 765	13 771	68	
Городищенский	247 134	214 145	203 350	146 342	49 349	1 205	6 404	50
Даниловский	296 074	245 796	232 346	175 586	56 007	600	153	
Дубовский	314 046	251 320	237 209	162 337	72 818	685	1 369	
Еланский	267 208	250 045	236 902	196 422	39 445	585	450	
Жирновский	296 969	250 263	237 832	172 837	61 342	3 643	10	
Иловлинский	415 538	349 820	325 069	181 245	126 827	15 546	1 138	313
Калачевский	421 668	324 999	307 880	200 877	105 266	130	1 368	239
Камышинский	356 304	279 863	264 848	168 063	86 215	8 200	2 325	45
Киквидзенский	207 080	197 121	187 441	149 305	36 705	1 317	114	
Клетский	355 516	331 258	317 951	194 248	119 278	3 554	45	826
Котельниковский	347 114	283 903	273 197	195 534	77 500	37	126	
Котовский	244 434	213 365	203 431	139 387	59 037	4 958	49	
Ленинский	260 020	231 586	212 655	105 329	74 468	32 203	655	
Нехаевский	218 254	190 894	180 870	136 882	42 068	1 710	210	
Николаевский	343 636	307 640	294 381	200 187	86 175	7 014	541	464
Новоаннинский	308 120	278 720	265 866	216 302	44 633	4 375	556	
Новониколаевский	236 330	223 083	213 085	168 916	43 508	280	381	
Октябрьский	381 107	328 790	318 221	226 678	90 927	320	296	
Ольховский	322 560	287 168	275 515	184 811	85 501	4 536	484	183
Палласовский	1 236 109	597 245	581 340	276 112	301 654	3 433	141	
Кумылженский	295 775	233 833	199 290	131 138	54 397	13 298	252	205
Руднянский	194 658	167 549	157 310	111 770	37 975	7 154	411	

Наименование муниципального образования	Общая площадь, га	в том числе:		Сельскохозяйственные угодья, на землях с.-х. назначения				
		земли с.-х. назначения, га	всего, га	в том числе:				
				пашня, га	пастбища, га	сенокосы, га	многолет. насажд., га	за-лежь, га
Светлоярский	330 511	281 817	257 133	148 028	101 240	5 190	2 675	
Серафимовичский	432 353	364 797	302 292	183 789	107 540	10 659	304	
Среднеахтубинский	203 853	151 442	139 236	78 326	44 585	12 279	2 104	1 942
Старополтавский	407 677	355 530	338 809	242 849	88 661	7 280	19	
Суровикинский	339 927	294 322	277 439	182 228	94 312	307	592	
Урюпинский	345 963	294 406	280 397	209 813	62 091	7 502	991	
Фроловский	325 887	270 835	245 426	191 522	52 186	1 609	109	
Чернышковский	307 996	253 966	238 757	161 382	71 425	5 950		
г. о. г. Михайловка	362 459	317 281	293 122	227 908	59 437	4 672	909	196
	11 193 012	9 121 582	8 577 972	5 793 884	2 563 742	190 394	25 489	4 463

Динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур по Волгоградской области за 2013-2018 годы представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Динамика средней урожайности основных сельскохозяйственных культур по Волгоградской области за 2013-2018 гг.

Культуры	Годы:					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Зерновые: всего (ц/га)	16,4	20,4	17,3	24	26,9	19,3
Подсолнечник: всего (ц/га)	13,9	11,7	12,8	14,3	12,5	15,2
Горчица: всего (ц/га)	4,1	6,4	5,1	7,1	8,1	3,9
Овощи: всего (ц/га)	299,5	299,6	302,7	293,6	358,1	345,5
Картофель: всего (ц/га)	119,6	128,5	135,2	133,8	152,1	151,1
Бахчевые: всего	57,1	65,7	61,7	71,3	76,6	89,1
Кукуруза на зеленую массу: всего, (ц/га)	119,4	93,6	86,9	122,1	102,5	150,4
Многолетние травы: всего, (ц/га)	4,1	90	64,7	99,5	76,3	43,1

Из таблицы 2 видно, что урожайность сельскохозяйственных культур, выращиваемых на богаре (зерновые, подсолнечник, горчица и др.) сильно варьирует в зависимости от водности года. Урожайность овощных, бахчевых и картофеля на орошаемых землях имеет выраженный тренд на увеличение, однако при

этом все еще не достигает максимальной продуктивности. Так, например, по данным В.В. Бородычева при капельном орошении и различном сочетании уровней минерального питания урожайность томатов составляет 508-886 ц/га, лука - 499-645 ц/га, огурцов 277-664 ц/га и сахарной кукурузы 86-296 ц/га [3].

С учетом разработанной во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова методики выполнена оценка продукционного потенциала сельскохозяйственных угодий Волгоградской области. Величина продукционного потенциала рассчитывалась по оптимальным показателям зональных почв и для района принималась как средне-взвешенное по площади значение [4; 5]. В таблице 3 приведено сопоставление фактических данных по продуктивности по районам Волгоградской области с рассчитанным продукционным потенциалом.

Таблица 3 - Сопоставление фактической средней продуктивности с продукционным потенциалом в разрезе районов Волгоградской области

№№ пп	Наименование районов	Фактическая средняя продуктивность по району, тыс.к.ед.	Продукционный потенциал, тыс.к.ед.	Возможное увеличение про- дуктивности, %
1.	Алексеевский район	2,45	9,02	72,84
2	Быковский район	1,52	8,07	81,16
3	Городищенский район	2,55	7,89	67,68
4	Даниловский район	2,13	8,41	74,67
5	Дубовский район	1,71	8,98	80,96
6	Еланский район	2,93	8,98	67,37
7.	Жирновский район	1,83	8,29	77,93
8	Иловлинский район	1,92	8,05	76,15
9	Калачевский район	2,06	7,79	73,56
10	Камышинский район	1,49	7,97	81,30
11	Киквидзенский район	2,66	9,64	72,41
12	Клетский район	2,86	8,15	64,91
13	Котельниковский район	2,13	7,84	72,83
14	Котовский район	1,46	8,7	83,22
15	Кумылженский район	2,35	9,07	74,09
16	Ленинский район	0,85	7,48	88,64
18	Нехаевский район	2,36	9,63	75,49
19	Николаевский район	1,99	7,95	74,97
20	Новоаннинский район	2,68	9,36	71,37
21	Новониколаевский район	2,70	10,03	73,08
22	Октябрьский район	2,14	7,81	72,60
23	Ольховский район	1,89	8,07	76,58
24	Палласовский район	1,49	7,68	80,60
25	Руднянский район	2,34	8,62	72,85
26	Светлоярский район	1,65	7,61	78,32
27	Серафимовичский район	2,50	8,63	71,03

28	Среднеахтубинский район	1,38	7,82	82,35
29	Старополтавский район	1,71	8,11	78,91
30	Суровикинский район	1,94	7,91	75,47
31	Урюпинский район	2,88	9,88	70,85
32	Фроловский район	1,64	8,34	80,34
33	Чернышковский район	2,52	8,26	69,49

Из таблицы видно, что ни в одном из районов продукционный потенциал не достигает потенциально возможного значения, что явно свидетельствует о высокой степени деградации почв и острой необходимости проведения мелиоративных мероприятий. Наименьшей продуктивностью отмечаются Юго-восточные районы (Ленинский, Среднеахтубинский, Светлоярский р-ны), в которых зафиксированы наибольшие площади почв, подверженных эрозии и, соответственно, имеющих сильную степень деградации.

Основными мероприятиями, позволяющими достигнуть природно-климатический потенциал, являются: развитие оросительных мелиораций, восстановление энергетической функции почвенного покрова, предупреждение и ликвидация деградационных процессов, повышение культуры земледелия и прочие.

Максимальный прирост урожайности обеспечивает орошение сельскохозяйственных культур. Так, по данным ВНИИОЗ, при наблюдении за 24-летний период прирост урожайности от орошения для зерновых культур составил 3,7-4,6 раза и для кормовых 6,7-13 раз (табл. 4) [6].

Таблица 4 - Урожайность сельскохозяйственных культур на светло-каштановых почвах ОПХ «Орошаемое» ВНИИОЗ [6].

Культура	Период наблюдения, годы	Число лет наблюдений	Водный режим	Средняя урожайность, т/га	Коэффициент вариации
Озимая пшеница, зерно	1976-1999	24	при орошении	6,42	0,07
			без орошения	1,75	0,54
Люцерна на зеленую массу	1972-1999	22	при орошении	82,5	0,08
			без орошения	6,4	0,73
Кукуруза на силос	1980-1999	20	при орошении	67,3	0,08
			без орошения	10,2	0,68
Кукуруза на зерно	1981-1999	19	при орошении	8,3	0,07
			без орошения	1,8	0,48

Выполненные расчеты коэффициента энергоэффективности [5] показали, что наиболее эффективно развивать оросительные мелиорации на каштановых почвах, где коэффициент энергоэффективности K , от орошения увеличивается до 0,63. На черноземных почвах энергоэффективность оросительных мелиораций не высокая и составляет 0,17-0,27. Значительная потеря урожая наблюдается на деградированных землях при снижении энергетической функции почвы за счет уменьшения в них запасов гумуса. Для почв Волгоградской области в соответ-

ствии с методикой, предложенной в работе [7], был рассчитан биоэнергетический потенциал лабильной части гумуса при оптимальном состоянии почвы и для фактических показателей почвы (табл. 5).

Таблица 5– Оценка энергетической функции зональных почв Волгоградской области при их оптимальном состоянии и для фактических показателей (ГДж/га) в слое 0,2 м

Тип и под-тип почв	Содержание гумуса, т/га		БЭП, кДж/г или ГДж/т	БЭП, ГДж/га		ΔБЭП, ГДж/га	Количество органического удобрения, т. с.в./га
	фактическое	оптимальное		фактическое	оптимальное		
Черноземы: обыкновенные	120	140	6,0	720	840	120	25
южные	86	133	5,9	509	787	277	58
Лугово-черноземные	80	176	5,9	472	1038	566	118
Темно-каштановые	60	96	4,9	297	475	178	37
Каштановые	40	72	4,5	180	324	144	30
Светло-каштановые	36	60	4,3	154	258	103	22

Наименьшее количество энергии при деградации по гумусу теряют черноземы обыкновенные порядка 120 ГДж/га, а наибольшее количество энергии 566 ГДж/га теряют лугово-черноземные почвы. Для светло-каштановых почв потери по гумусу составляют 103 ГДж/га, что можно объяснить малым процентным содержанием гумуса и соответственно развитием процесса деградации по другим почвенным показателям (Ph, NPK). Для восстановления биоэнергетического потенциала при восполнении энергетического ресурса потребуется внести от 20 до 100 т/га сухого органического вещества. В качестве органического вещества эффективно использовать специально созданные на основе сапропеля смеси, которые позволят не только повысить органическое вещество почвы до оптимальных значений, но и обеспечить процесс гумусообразования, приводящий к эволюционному развитию почвенного покрова и обеспечивающий устойчивость почвы к процессам деградации [8].

Таким образом, повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий Волгоградской области обеспечивается развитием оросительных мелиораций, преимущественно под овощи, картофель и кормовые культуры, на лугово-черноземных и каштановых почвах. На черноземных типах почвы рекомендуется циклическое орошение. Для восстановления энергетической функции деградированных почв необходимо внесение достаточного количества органического вещества, что создает предпосылки для повышения органического вещества в почве и урожайности сельскохозяйственных культур.

Список используемых источников

1. Доклад «Социально-экономическое положение Волгоградской области в 2018 году»: официальное издание. – Волгоград, 2019. - 40 с.
2. Волгоградская область в цифрах 2018. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград: Волгоградстат, 2019. –384с.
3. Бородычев В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур: научное издание. – Коломна, ФБГНУ ВНИИ «Радуга», 2010. – 241 с.
4. Кирейчева Л.В. Восстановление природно-ресурсного потенциала агроландшафтов комплексными мелиорациями // Мелиорация и водное хозяйство. - 2004. - № 5. - С. 32-35.
5. Кирейчева Л.В., Карпенко Н.П., Лентяева Е.А. Методические указания по оценке эффективности оросительных мелиораций по зонам природно-ресурсного потенциала агроландшафтов. - М.: Изд. ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2019. – 58 с.
6. Орошение земель в обеспечении продовольственной безопасности России. – Волгоград: ГУ ВНИИОЗ, 2007. – 200 с.
7. Кирейчева Л.В., Хохлова О.Б. Оценка энергетического ресурса деградированных почв сельскохозяйственных угодий // Агрехимический вестник. - 2019. - № 3. - С. 21-27.
8. Кирейчева Л.В., Яшин В.М. Эффективность применения органоминеральных удобрений на основе сапропеля // Агрехимический вестник. - 2015. - № 2. - С. 37-40.

УДК 624.131.: 624.15

ОСОБЕННОСТИ НАЧАЛЬНОГО ПЕРИОДА ФИЛЬТРАЦИИ В ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ ПРИ ЗАМАЧИВАНИИ С ПОВЕРХНОСТИ

А.В. Колманов, Н.В. Коломийцев

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Введение. Хозяйственное освоение территорий, сложенных лессовыми просадочными грунтами, было и остается сложной в инженерном отношении задачей. В первую очередь это определяется ограниченностью сведений о просадках, которые на стадии изысканий представлены данными о величине общей просадки, относительной просадочности отдельных литологических разностей, их физико-механическими характеристиками и др. [1]. Эти сведения, как бы хорошо ни производились определения и испытания, не в состоянии охарактеризовать проявление просадок в условиях природного залегания.

Одним из самых простых и распространенных методов подготовки оснований сооружений на лессовых просадочных грунтах является метод предварительного замачивания. Но стандартные компрессионные испытания образцов лессовых грунтов в лаборатории не раскрывают динамику развития процесса просадки во времени в зависимости от интенсивности фильтрационного воздействия при подготовке оснований сооружений. Характерной особенностью начального периода фильтрации в лессовых просадочных грунтах являются высокие значения фильтрационных удельных потерь на стадии впитывания в сухой грунт, а затем резкое снижение этих потерь в течение первых 3–5 суток. Это явление, отмеченное еще в 1932 году Г.И. Туркиным, не получило и до настоящего времени всестороннего освещения.

Хорошо известно, что снижение фильтрационных потерь наблюдается при эксплуатации необлицованных каналов и в недеформируемых грунтах. Причиной такого снижения является кольматация русла мелкозернистыми частицами грунта, поступающими из взвесенесущего потока в поры придонного слоя. Скорость и глубина кольматации русла зависит от насыщенности потока взвешенными частицами, соотношения размеров пор и взвешенных частиц. Естественная кольматация является достаточно длительным, плавно изменяющимся процессом, приводящим к снижению потерь на фильтрацию в десятки и даже сотни раз [2]. Основным отличием начального периода фильтрации в лессовых грунтах от процесса естественной кольматации является более высокая скорость развития поверхностных процессов и явлений, определяющих меньшее время стабилизации фильтрационных потерь, измеряемое первым десятком суток от начала замачивания.

Методика. Результаты. Обсуждение. На основании проведенных наблюдений за развитием поверхностных процессов и явлений при замачивании круглого котлована диаметром 28 м и нескольких других котлованов меньших размеров, а также результатов иных исследований, проведенных на Колхозабадском научно-исследовательском полигоне ММиВХ Таджикской Республики (Вахшская долина, Юго-Западный Таджикистан), это отличие начального периода фильтрации в лессовых просадочных грунтах определяется несколькими взаимосвязанными причинами.

1. Первые объемы поступающей в котлованы воды смывают с поверхности дна то или иное количество грунта нарушенной структуры, которое всегда (и особенно при устройстве объекта замачивания землеройно-транспортными механизмами) имеется на впитывающей поверхности. Поэтому уже с самого начала замачивания развивается процесс замыкания порового пространства грунтов придонного слоя. Динамика процесса заполнения (заиления) порового пространства зависит от количества грунтов нарушенного сложения, находящихся на впитывающей поверхности, физико-механического состава грунтов придонного слоя, особенностей структуры порового пространства и активной пористости. В рассматриваемом опыте наличие грунтов нарушенного сложения было минимальным, вследствие чего процесс фильтрационных потерь оказался более растянутым во времени в сравнении с данными, полученными ранее на выше упомянутом научно-исследовательском полигоне.

2. Лессовые грунты в водонасыщенном состоянии обладают чрезвычайно малой структурной прочностью и при отсутствии в придонном слое существенных сжимающих напряжений легко и сравнительно быстро (в течение 2-5-ти минут водонасыщения) размокают, проявляя признаки набухания. По указанным причинам грунты придонного слоя до глубины 20–25 см переходят в текучее состояние. Ручные пенетromетры не фиксируют в это время какое-либо сопротивление вдавливанию. Металлический щуп диаметром 10 мм задавливается на глубину до 30–50 см с минимальным усилием. Следует отметить, что этому способствует и интенсивное выделение воздуха в течение первых 2-3-х дней замачивания, визуально фиксируемое как «кипение» воды у поверхности.

3. Текучее состояние грунтов придонного слоя продолжается недолго. Уже на 4-5 сутки воздуховыделение прекращается, а придонный слой грунта самоуплотняется, приобретая некоторую прочность и несущую способность. В конце 10-ых суток замачивания ручное пенетрирование фиксирует его несущую способность в пределах 0,2–0,3 кг/см², этого достаточно для свободного прохода (без увязания) по дну котлована. Интенсивность самоуплотнения грунтов придонного слоя определяется комплексом причин: величинами статического (глубина наполнения) и гидродинамического (скорость фильтрации) давлений воды, т.е. режимом замачивания; физико-химическими особенностями грунтов, формированием новых структурных связей между частицами и рядом других.

Отметим, что перечисленные процессы развиваются без привнесения с поступающей осветленной водой существенного количества взвешенного материала. Поэтому процесс изменения удельных потерь на фильтрацию в начальный период замачивания следует определять как **самокольматацию** придонного слоя грунта и его последующую фильтрационную консолидацию с возникновением вследствие этого по условиям влагопроводности **техногенной двухслойной среды**.

При проведении опытного замачивания круглого котлована по техническим причинам имелся перерыв в подаче воды на 27–30-ые сутки замачивания. К этому времени просадки закончились в верхнем 13-ти метровом слое грунтовой толщи. В пределах верхнего метрового слоя они были крайне незначительны и составили не более 1 см. Соответственно должна была измениться незначительно и плотность – пористость грунтов этого слоя. Тем не менее, пробы, отобранные в перерыве замачивания показали изменение плотности сложения грунтов придонного слоя мощностью 25-30 см, отвечающее в среднем относительному уплотнению не менее, чем на 3–4%. Позднее похожие результаты получил и В.П. Дармограй [3]. Эти определения еще раз подтверждают формирование в придонном слое грунта повышенной плотности и, как следствие, меньшей водопроницаемости.

В отношении рассматриваемого вопроса показательны результаты, полученные Л.М. Певзнером [4] при замачивании лессовых грунтов на этом же полигоне из котлована диаметром 8 м. В процессе замачивания, после стабилизации потерь на фильтрацию, автор неоднократно производил углубление котлована на 10-15 см, и всегда при продолжении замачивания отмечал увеличение фильтрационных потерь в 1,3–1,5 раза. Следует отметить также, что стабилизация величины удельных фильтрационных потерь с каждой расчисткой дна происходит на более высоком уровне. Это свидетельствует о более стабильном состоянии грунтов придонного слоя и увеличении их водопрочности в процессе замачивания (рис. 1).

Приведенные примеры показывают, что снижение фильтрационных потерь в начальный период замачивания лессовых пород в массиве определяется не взаимодействием полей влажности и просадки [5], а является результатом развития поверхностных процессов и явлений, приводящих к образованию придонного

слоя грунта с повышенным фильтрационным сопротивлением. Косвенным подтверждением данного вывода являются и иные экспериментально-теоретические обобщения:

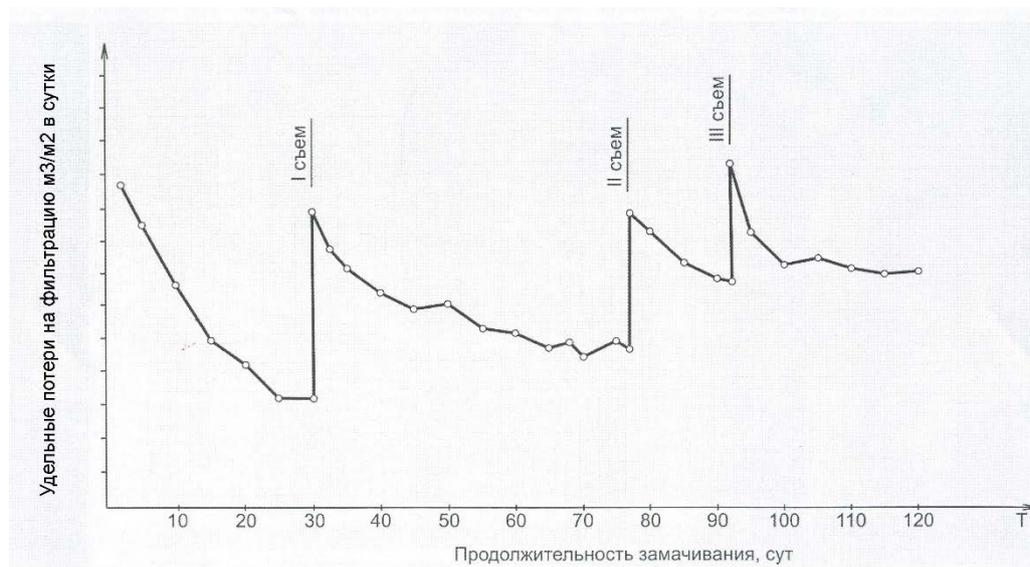


Рисунок 1 – Изменение удельных потерь на фильтрацию в процессе замачивания котлована и последовательных расчисток дна (опыты Л.М. Певзнера [4])

1. Известно, что величина просадки при прочих сопоставимых условиях зависит от размера замачиваемой площади (ширины канала). В случае, если величина проявленной просадки влияет на динамику изменения фильтрационных потерь во времени и их стабилизированную величину, то должна существовать взаимосвязь этих показателей. Однако, как показано в ряде обобщающих работ по опытному и производственному замачиванию лессовых пород в Таджикистане [6, 7], Азербайджане [5], Туркменистане [8], взаимосвязь величины проявленной просадки, размера замачиваемой площади и характеристик фильтрационных потерь **не устанавливается**.

2. Как уже отмечалось, скорость снижения фильтрационных потерь во времени (на начальном этапе замачивания) зависит от наличия и количества грунтов нарушенного сложения на впитывающей поверхности, скорости размокания грунтов придонного слоя и его последующей консолидации. Стабилизированная величина фильтрационных потерь зависит от степени заиления и самоуплотнения грунтов придонного слоя и является устойчивой региональной характеристикой.

3. Величины начального просадочного давления P_{sl} для различных видов лессовых пород может колебаться от 15кПа (0,15 кг/см²) до 100 кПа (1 кг/см²) и даже более. Это означает, что просадки могут развиваться как практически с поверхности на вторые-четвертые сутки от начала замачивания, так и с глубины 5-6 м спустя 1,5–2 недели. Во втором случае изменение характеристик фильтрационных потерь происходит до начала просадок, т.е. в недеформируемой среде и,

тем более, не имеет отношения к величине проявленной просадки лессовой толщи.

4. При мощности лессовой толщи в 30 м и более просадочные деформации развиваются в течение 50-70 суток. Очевидно, что в этот период уменьшается и влагопроводность (общая и послойная) просадочного массива. В тоже время величины удельных потерь на фильтрацию на протяжении всей первой стадии фильтрации остается постоянной, что также свидетельствует о независимости этого показателя от величины проявленной просадки.

В свете выше изложенного всякого рода теоретические обобщения, основанные на уравнениях, учитывающих взаимодействие полей влажности и просадки, не отражают физическую картину происходящих в массиве лессовых пород явлений. И дело не в том, что влагопроводность лессового грунта в массиве в процессе просадки не меняется, она, конечно, меняется. Но, поскольку влагопроводность придонного слоя грунта, вследствие выше описанных процессов и явлений, всегда остается меньше влагопроводности в массиве просевшего грунта, это изменение не влияет, в конечном счете, ни на скорость промачивания массива, ни на распределение влажности в пределах просевшей зоны. Не случайно, что А.А. Мустафаев [5] не находит существенных различий в скоростях промачивания недеформируемых и деформируемых грунтовых толщ, а распределение влажности по глубине описывается функцией одного вида.

Заключение. Таким образом, основной особенностью начального периода фильтрации в лессовых просадочных грунтах является формирование техногенной двухслойной среды, а динамика изменения удельных фильтрационных потерь во времени, продолжительность периода этих изменений и величина стабилизированных удельных фильтрационных потерь на первой стадии фильтрации являются **устойчивыми региональными характеристиками** (рис. 2). При соответствующем аналитическом описании эта особенность может быть использована для определения общих и удельных потерь на фильтрацию при опытном и производственном замачивании. Обобщение опытных данных показывает, что изменение удельных фильтрационных потерь во времени достаточно удовлетворительно описывается одним из выражений экспоненциального закона:

$$q(t) = (q_0 - q_k)e^{-\rho t} + q_k, \quad (1)$$

где: q_0 и q_k – начальный и конечный удельные фильтрационные расходы на первой стадии фильтрации, зависящие от физико-механических характеристик лессового грунта придонного слоя, м/сут;

ρ – постоянный коэффициент, определяющий изменение удельного фильтрационного расхода во времени равный 0,015;

t – время от начала замачивания, для которого определяется $q(t)$, сут.

Проинтегрировав по времени выражение (1), получим формулу для определения суммарных удельных потерь на фильтрацию:

$$\Sigma q(t) = \{(q_0 - q_k)/\rho\} e^{-\rho t} + q_k \cdot t, \quad (2)$$

Для определения общего количества воды, необходимой для проведения опытного или предварительного замачивания принятой продолжительности t , следует выражение (2) умножить на площадь зеркала воды в объекте замачивания при принятой среднесуточной глубине наполнения. При определении фильтрационных расходов по величине сработки уровня воды следует учитывать и величину испарения с водной поверхности, что особенно актуально при проведении замачивания в летний период в условиях аридного климата.

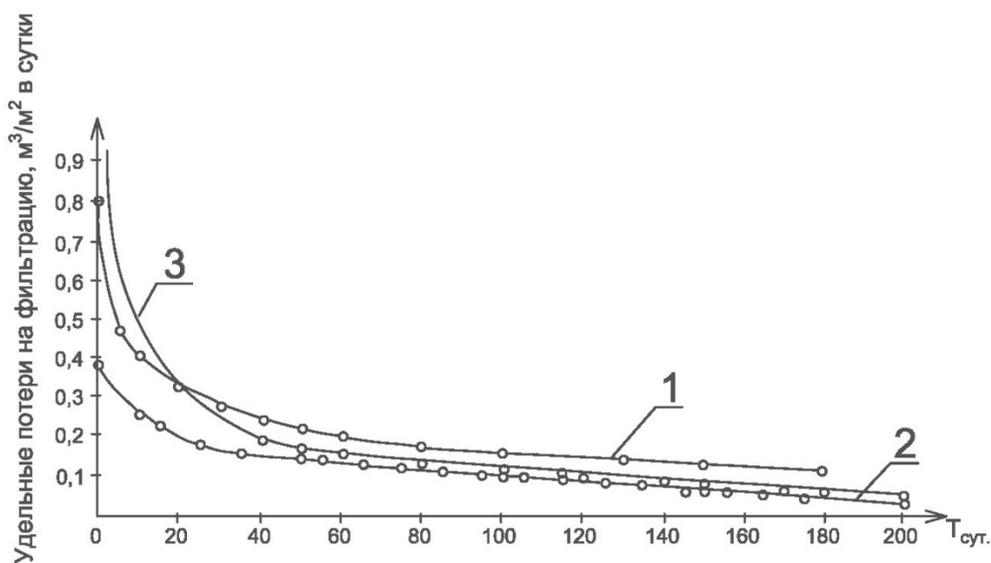


Рисунок 2 – Осредненные кривые изменения удельных фильтрационных потерь во времени:

1 – юго-западный Таджикистан; 2 – Трасса Каракумского канала (723 км, 735 км, 901 км, 981 км); 3 – лессовые грунты Азербайджана (Мингечаурский опытный участок)

Изложенный подход может быть использован и при определении суммарных фильтрационных потерь в условиях свободной фильтрации при эксплуатации открытой оросительной сети, представленной каналами в земляном русле. Обобщение результатов наблюдений за сработкой в объектах замачивания, которых на территории бывшего СССР были сотни, позволяет получить надежные значения q_0 и q_k для любого региона распространения лессовых просадочных грунтов.

Сведения об изменении удельных потерь на фильтрацию из отрезков каналов и круглых котлованов в процессе опытного замачивания на Колохозабадском научно-исследовательском полигоне (Вахшская долина, Юго-Западный Таджикистан) показывают, что в одних и тех же грунтовых условиях размер, форма и глубина наполнения практически не влияет на изменение показателей. Некоторый разброс значений q_0 определяется, вероятнее всего, тем, что при впитывании в сухой грунт возможно возникновение в пределах замачиваемой площади мест сосредоточенной фильтрации на ослабленных участках дна (кротовины, ходы землеероев, каверны, трещины отдельности и т.п.). Одновременно можно отметить, что на первой стадии фильтрации тщательная подготовка дна водоисточ-

ника – отсутствие на его поверхности грунтов нарушенной структуры – приводит к устойчивому повышению фильтрационных потерь в сравнении с водисточниками, где такая подготовка отсутствует. Еще больший эффект, вероятно, можно было бы получить при использовании песчаной или песчано-гравийной загрузки, толщина которой назначалась бы не только из условия предупреждения заиления придонного слоя грунта впитывающей поверхности, как это обычно рекомендуется, но и для предотвращения возможного разуплотнения – набухания этого слоя, его последующего обесструктурирования и консолидации.

На рисунке 2 приведены осредненные кривые изменения удельных фильтрационных потерь во времени для некоторых районов распространения лессовых просадочных грунтов. Вид (крутизна) этих кривых свидетельствует о том, что динамика развития поверхностных процессов и явлений примерно одинакова для рассмотренных регионов, а степенной коэффициент « ρ » в формулах 1 и 2 может быть принят одинаковым. В то же время, положение кривых относительно оси абсцисс (осредненные значения « $q_k \cdot t$ ») зависит от гранулометрического состава грунтов придонного слоя, с его утяжелением удельные потери на фильтрацию уменьшаются. Это происходит, вероятно, не только вследствие более низкой исходной пористости, но и более благоприятных условий для возникновения техногенной двухслойной среды. Может оказаться также, что обработка поверхности дна структурообразующими химмелиорантами типа М-20, препятствующими размоканию грунтов, позволит повысить удельные фильтрационные потери и тем самым сократить продолжительность предварительного замачивания.

Список используемых источников

1. Крутов В.И. Проектирование и устройство оснований и фундаментов на просадочных грунтах / В.И. Крутов, А.С. Ковалев, В.А. Ковалев – М.: Изд-во АСВ, 2013. – 544 с.
2. Бурчак Т.В. Инфильтрационные бассейны. – Киев: Будивельник, 1978. – 152 с.
3. Дармограй В.П. Работа гидротехнических сооружений оросительных систем при неравномерных деформациях на лессовых просадочных грунтах. // Диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.07 / ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – М.: 1989. – 200 с.
4. Певзнер Л.М. Вопросы математического моделирования процесса инфильтрации влаги в лессовых просадочных грунтах. / Автореф. дисс. на соиск. уч. степени к.т.н., ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – М.: 1972. – 20 с.
5. Мустафаев А.А. Фундаменты на просадочных и набухающих грунтах. – М.: Высшая школа, 1989. – 590 с.
6. Ахметов Д.Д. Опыт возведения зданий и сооружений на просадочных грунтах, формирующих сложный рельеф / Д.Д. Ахметов, П.А. Коновалов, Л.О. Епанешников // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2005. № 3. С. 21-25.
7. Кириллов А.А. Изучение работы гидротехнических сооружений оросительных систем на лессовых грунтах и совершенствование методов их проектирования и строительства. // Дисс. на соисканию уч. степени д.т.н., ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – М.: 1982. – 385 с.
8. Ким В.П. Совершенствование методов подготовки лессовых просадочных оснований гидротехнических сооружений (на примере Каракумского канала им. В.И. Ленина). Автореф. дисс. на соискание уч. степени к.т.н., М.: Союзгипроводхоз, 1987. – 25 с.

ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ С РАЗЛИЧНЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ

Б.И. Корженевский, Г.Ю. Толкачев

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Введение. Донные отложения (ДО) водных объектов играют двоякую роль, являясь одновременно аккумулятором элементов и их соединений и источником вторичного загрязнения воды. Многообразие природных и техногенных факторов, совокупность которых и определяет особенности этого круговорота, создает значительные трудности при его экспериментальном изучении. Особенно это касается изучения круговорота тяжелых металлов (ТМ), существующих в природных водах и ДО в разных химических формах. Доминирование тех или иных процессов зависит, главным образом, от географического положения водного объекта, его гидрологического режима, особенностей химического состава вод, биопродуктивности, особенностей почвенного и растительного покрова водосборной территории, характера техногенной нагрузки [1]. Активизация промышленного и сельскохозяйственного производства привела к изменению природных циклов миграции ТМ. Техногенный путь поступления ТМ в ландшафты создает условия перехода их в высокоактивное состояние и конечное накопление в ДО. При этом формируются литогеохимические аномалии в ДО водных объектов, что ведет к изменению естественного режима эволюции ландшафтов [2]. Рассматривается сравнительная характеристика содержания ТМ в ДО двух различных и при этом наиболее загрязненных водных объектов Московского региона – Ивановского водохранилища и реки Клязьма. Определен уровень содержания ТМ в их ДО, оценена техногенная нагрузка и возможность вторичного загрязнения водных масс.

Общие положения и методики исследования. Минеральный состав ДО Ивановского водохранилища достаточно однороден – в песчаной фракции преобладает кварц. Альбит, микроклин и доломит входят в состав песчаной и пылеватой фракции; глинистая фракция представлена смектитом, каолинитом, иллитом и хлоритом. Рентгеноструктурный анализ показал, что содержание рентгеноаморфного вещества достигает 39%. Микроагрегатный состав ДО изменяется в широком диапазоне: песчаная фракция (более 0,050 мм) составляет от 10 до 99%, пылеватая (0,050 – 0,001 мм) – от 6 до 81%, глинистая фракция – от 0 до 15% [3]. Содержание «сорбирующей» фракции колеблется от 1 до 66%, при этом во всех пробах эта фракция сложена преимущественно пылеватыми частицами.

На Ивановском водохранилище была реализована оценка изменения запаса ряда элементов (Cd, Pb, Zn, Cr, Co, Cu, Ni, Fe, Mn, As) в поровом растворе и твердой фазе ДО в течение 1-го – 2-х месяцев для количественной оценки равнодействующей процессов накопления и выноса. Оценивались общие запасы элементов и изменения запасов основных форм их существования в жидкой и твердой фазах ДО, поскольку разнонаправленные потоки ТМ составлены из элемен-

тов, находящихся в разных формах. От процессов трансформации форм существования элементов в ДО зависит интенсивность массообмена в системе «вода – ДО».

Для оценки равнодействующей процессов накопления и выноса микроэлементов в ДО Иваньковского водохранилища был использован комбинированный метод, сочетающий в себе площадные съемки ДО в определенные сезоны года и наблюдения на постоянных станциях. Во время площадных съемок исследовался верхний 10 сантиметровый слой ДО по ряду поперечных профилей с расстоянием между ними от 1 до 5 км. Образцы ДО отбирались стратометром для оценки вертикального распределения элементов по глубине. Путем центрифугирования из образцов выделялся поровый раствор. В образцах ДО и поровом растворе определялось валовое содержание ТМ методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «Perkin-Elmer-460». На основе материалов, полученных при проведении площадных съемок, была сделана оценка запаса ТМ в твердой фазе верхнего 10-см слоя ДО и выделенном поровом растворе по плесам Иваньковского водохранилища. На станциях наблюдения проводился отбор придонной воды и ДО, интегральные образцы ДО разделялись на твердую фазу и поровый раствор. Наряду с определением валовых содержаний ТМ были изучены их формы нахождения в твердой фазе ДО. Для нее использовался метод химического фазового анализа, который включал в себя ее последовательную обработку 3 селективными вытяжками: 1-я вытяжка извлекает обменные и легкорастворимые формы ТМ с помощью ацетатно-аммонийного буферного раствора с pH = 4,8 (108 мл 98% CH_3COOH + 78 мл 25% NH_4OH + 800 мл H_2O); 2-я вытяжка извлекает ТМ, связанные с органическим веществом ДО, используется 30% раствор H_2O_2 ; 3-я вытяжка извлекает только ТМ, связанные с аморфными гидроксидами Fe и Mn при pH = 7,3 (0,5М лимоннокислый Na + NaHCO_3 + $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$). В вытяжках и водах для определения ТМ использовался масс-спектрометр с ионизацией в индуктивно связанной плазме «Plasma Quad 3» фирмы Fisons Instruments Elemental Analysis (Великобритания).

Обсуждение результатов. В Иваньковском водохранилище в результате процессов седиментации взвеси равновесие резко сдвигается в сторону растворенных форм ТМ. Это характерно для таких элементов как Pb, Cr, Cd, Ni, Fe, Zn и свидетельствует об их накоплении в твердой фазе ДО водохранилища. Только концентрации Zn и Cu в ДО превышают фоновые содержания [4]. Прослеживается высокий процент суммы подвижных соединений в твердой фазе ДО для изучаемых элементов: практически вся подвижная форма Cu связана с органическим веществом ДО. Для Zn все три формы нахождения имеют практически равномерное распределение. Отмечается, что именно изменение содержания ТМ в подвижных формах способствует изменению их валового содержания в ДО. Полученные данные свидетельствуют о том, что масса подвижных форм в 10-см слое ДО водохранилища значительна [5]. Процентная доля подвижных форм ТМ от их валовой концентрации в твердой фазе ДО Иваньковского и Шошинского плесов приведены в [6]. Отметим, что все подвижные формы могут участвовать в процессах массопереноса в системе «твердая фаза – поровый раствор – вода»,

а их содержание зависит от ряда факторов: меняющегося соотношения приходной и расходной составляющих баланса веществ, гидродинамической обстановки в придонном слое, физико-химических условий в верхнем 10-см слое ДО [7].

Условия осадконакопления тонкой фракции (менее 0,020 мм) в водохранилище и реке существенно различаются. В Ивановском, как и в других водохранилищах долинного типа, выделяется зона с промывным режимом, где осадконакопление тонкой фракции не происходит, зона сплошного осадконакопления в приплотинной части, на всей площади которой происходит отложение илов, и промежуточная зона локального накопления илов [8]. Эти участки достаточно четко просматриваются от верхней части водохранилища до плотины. В реке Клязьме и ее притоках зоны осадконакопления определяет извилистость ложа реки, наличие донной растительности, наличие техногенных объектов и прочие ландшафтно-геологические и техногенные характеристики. Следует отметить, что изменчивость условий осадконакопления в реках намного выше, чем в водохранилищах.

Исследована р. Клязьма от Пироговского водохранилища до пос. Оргтруд в 10 км ниже г. Владимира, которая протекает через восточную часть Московской области, характеризующуюся интенсивной хозяйственной деятельностью человека и, как следствие, высокой техногенной нагрузкой. Общие положения отбора и хранения образцов приведены в [9]. Для приведения проб ДО к «общему знаменателю» выделялась «сорбирующая фракция» размером менее 0,020 мм, которая практически полностью состоит из высокодисперсных глинистых минералов, оксидов Fe и Mn, органического вещества, обладающего максимальными сорбционными свойствами [10]. Для оценки степени загрязнения ДО использовалась система классификации ДО по «индексу геоаккумуляции» – игео-классам Г. Мюллера [11], которая в течение 30 лет находит широкое применение при мониторинге рек бассейнов Рейна и Эльбы [12]. «Индекс геоаккумуляции» характеризует кратность загрязнения ДО относительно природного фона во фракциях менее 0,020 мм. На основе данной методики разработана и применена методика оценки техногенной нагрузки на водные экосистемы [13], что позволяет оценить уровень потенциальной и реальной опасности загрязнения водоемов. По результатам полевых исследований получены значения концентраций микроэлементов, по которым рассчитаны значения игео-классов (далее классы).

На участке р. Клязьмы от дамбы Пироговского водохранилища до впадения в нее р. Учи большинство изучаемых ТМ содержатся в ДО в пределах 0-го – 1-го (от незагрязненного до умеренно загрязненного) классов, Ni – в пределах фонового значения, Zn на всем протяжении и Pb в районах мостов и автодорог – 2-ой класс (умеренно загрязненный). В ДО р. Учи концентрации Zn и Mn соответствуют 2-му классу, As и Pb – 1-му – 2-му. В г. Щелково содержание Cd, Pb, Zn, Cr, Cu соответствует 2-му – 3-му классу, по оценке соответствует умеренно опасной техногенной нагрузке. Однако ниже по течению, при пересечении с Щелковским шоссе, уровни загрязнения существенно разнятся: As, Pb, Cr, Ni – 4-ый класс (сильно загрязненный), Cu – 5-ый класс (сильно загрязненный до чрезмер-

ного), а также аномально высокое содержание Zn на уровне 6-го класса – чрезмерно загрязненный. Данные показатели соответствуют сильной и чрезмерной техногенной нагрузке. Весьма высоко содержание As и Zn в районах поселков Свердловский и Осеево – 6-ой класс и чрезвычайно опасная нагрузка, а также Cr и Cu – 4-ый класс. Такие высокие показатели при отсутствии в непосредственной близости источников зон воздействия могут быть объяснены тем, что в данном районе русло реки делает крутые повороты, образуя энергетическую ловушку. Pb и Ni содержатся в пределах 3-го класса и существенной опасности для экосистемы не представляют.

Далее по течению, в районе пос. Лосино-Петровский и дер. Бездедово концентрации ряда микроэлементов снижаются: – As до 4-го и 2-го, соответственно, Zn до 4-го, Cr до 2-го и Cu до 3-го. Вместе с тем содержание Cd резко увеличивается относительно верхнего течения и соответствует 5-му классу, и сохраняется практически на том же уровне до г. Ногинска. В районе самого Ногинска концентрация Pb соответствует 4-му – 5-му классу, вплоть до впадения р. Шерны. В то же время ниже г. Ногинска содержание Zn существенно ниже (3-ий класс), чем в самом городе (4-ый класс), что может говорить об отсутствии поступления Zn в самом городе в совокупности с существенным разбавлением. Донные отложения р. Шерны характеризуются загрязнением на уровне 2-го класса Fe, Mn и As и незначительным загрязнением остальными элементами, а также фоновыми значениями для Cr и Cu. Данные показатели могут быть объяснены составом самих ДО с высоким содержанием кристаллической и аморфной форм гидроксидов Fe и Mn, активно сорбирующих микроэлементы [5].

В черте г. Павловский Посад содержание Cd на уровне 4-го класса, Pb – 3-го, Zn снижается с 3-го до 2-го. Вместе с тем, абсолютные значения всех элементов на выходе реки из города ниже, чем на входе, где опробование проводилось в непосредственной близости от автомоста трассы Кузнецы – П. Посад. Ниже впадения р. Киржач и вплоть до дер. Крутово содержание Mn, Zn и Pb соответствует 2-му классу, содержание As также увеличивается до 2-го класса на участке г. Покров – дер. Крутово. Концентрации Cu, Cr и Fe не превышают 1-го класса, что свидетельствует о слабой техногенной нагрузке на достаточно протяженном и при этом извилистом участке Клязьмы от дер. Войнова гора до дер. Крутово, за исключением подходящих вплотную автодорог. Сходная картина отмечена для протяженного участка от пос. Собинка до пос. Оргтруд, на котором расположен областной центр г. Владимир: только содержания Mn и As соответствуют 2-му «умеренно загрязненному» классу, остальные элементы не превышают уровня 1-го класса. Отдельно следует отметить Ni, концентрации которого в большинстве районов Клязьмы от Пироговского водохранилища до поселка Оргтруд соответствуют фоновым значениям.

В опробованных притоках Клязьмы (Липня, Колокша, Нерль) содержание ТМ практически везде соответствует или незначительно превышает фоновые значения. Исключение составляет устье Нерли, где содержание Mn соответствует 2-му классу (умеренно опасной нагрузке). Загрязнение ДО р. Пекша ниже г. Кольчугино по Cu и Zn соответствует 6-му и 4-му классам – чрезвычайно опасной нагрузке; содержание Pb на находится на уровне 2-го класса. Несколько

ниже по течению содержание указанных элементов снижается до 5-го и 3-го класса, Pb до 1-го класса. Значительно ниже по течению, перед впадением в Клязьму, содержание Cu и Zn снижается до 2-го и 1-го класса соответственно, остальные элементы находятся на уровне фона, либо не превышают 1-го класса. Проведенные исследования свидетельствуют, что наибольшими показателями загрязнения обладают Zn и Pb на всем протяжении изученного речного участка. Это является следствием поступления данных элементов на всем протяжении реки с автодорог и неконтролируемых источников загрязнения. Отмечено высокое содержание Cd, As, Cu, Cr и Ni выше г. Ногинска, однако об их высокой техногенной нагрузке на весь изученный участок говорить не приходится. В то же время установлено, что загрязнение ДО исследованными элементами выше, в черте и ниже крупных районных центров (гг. Павловский Посад, Орехово-Зуево, Покров), а также г. Владимира остаются практически без изменений. Данный факт может свидетельствовать о том, что упомянутые города не являются активными источниками загрязнения р. Клязьма, а их сточные воды разбавляют речные, в результате чего может увеличиваться ареал рассеивания микроэлементов – в частности Zn и Pb. Оценивая общую картину загрязнения Клязьмы на протяжении от Пироговского водохранилища до пос. Оргтруд, можно сделать вывод, что, несмотря на большое число источников загрязнения (в том числе неконтролируемых) и локальные загрязнения, говорить о чрезмерно опасной нагрузке на большей части исследованных объектов на сегодняшний день не приходится. Однако данный факт не отменяет необходимости принимать меры к ее снижению.

Выводы

1. Исследования трех подвижных форм элементов в твердой фазе ДО Ивановского водохранилища позволили определить высокий процент суммы подвижных форм по отношению к их валовому содержанию. Установлено, что состав прочносвязанных с твердой фазой микрокомпонентов обладает высокой стабильностью, а состав и соотношение подвижных форм обладает высокой изменчивостью. Установлено, что происходит непрерывное перераспределение подвижных форм, а изменение запасов ТМ в ДО зависит от изменения запасов подвижных форм.

2. Оценка изменения запасов подвижных форм в твердой фазе и поровом растворе ДО в перерывах между датами наблюдения позволила выявить как величину, так и направленность равнодействующей двух процессов – накопление элементов в ДО и их вынос. Такой баланс для каждого элемента позволяет оценивать сезонные изменения накопления и выноса.

3. Установлено, что основными загрязняющими элементами р. Клязьма являются Zn и Pb начиная от г. Пушкино и далее на всем протяжении реки. Их уровень соответствует умеренно опасной и иногда опасной техногенной нагрузке, что может быть объяснено развитой инфраструктурой и большим количеством неконтролируемых источников загрязнения. Содержание Cd, As, Cu, Cr и Ni соответствует опасной техногенной нагрузке выше г. Ногинска, однако на всем остальном участке их концентрации существенно ниже и не превышают

умеренно опасную нагрузку. Определено, что выше и ниже гг. Павловского Посада, Орехово-Зуево и Владимира содержание микроэлементов в ДО р. Клязьма практически неизменно, что в свою очередь свидетельствует о низком привносе загрязнителей с территории упомянутых городов.

4. Исходя из проведенных исследований на Иваньковском водохранилище и р. Клязьме, можно утверждать, что ДО данных водных объектов являются накопителем загрязняющих веществ и способствуют их самоочищению. Распределение ТМ в ДО, их миграция и трансформация, при всем различии данных водных объектов, практически идентично и подчиняется одним и тем же закономерностям.

5. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о высокой изменчивости содержания подвижных форм изученных микроэлементов в верхнем 10-см слое ДО водохранилища, который активно вовлекается в процесс массообмена с водной массой водоема. Изменение масс элементов в 10-см слое ДО по сезонам характерно не только для ионообменных форм существования, но и для всех остальных подвижных форм.

6. Имеющиеся данные указывают на серьезное загрязнение ДО реки Пекши со стороны г. Кольчугино с достаточно обширным ареалом рассеяния и, как причину, недостаточную или вовсе отсутствующую очистку сточных вод с производственных площадок.

Список используемых источников

1. Законнов В.В., Законнова А.В. Географическая зональность осадконакопления в системе водохранилищ Волги // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2008. – № 2. – С. 105-111.

2. Мажайский Ю.А. Экологическая оценка содержания поллютантов в поверхностных и грунтовых водах мелиорированного ландшафта малой реки Окского бассейна / Ю.А. Мажайский, А.В. Ильинский, В.Ф. Евтюхин, Т.М. Гусева // Водоочистка. – 2010. – № 12. – С. 43-46.

3. Коломийцев Н.В. Характеристика состава донных отложений озера Селигер и Иваньковского водохранилища. / Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Т.И. Аверкина, Е.Н. Самарин // Материалы Восемнадцатой ежегодной конференции «Сергеевские чтения» памяти академика Е.М. Сергеева «Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи». С. 58-62. Москва. 24–25 марта 2016 г.

4. Толкачев Г.Ю. Содержание и формы существования тяжелых металлов в донных отложениях Иваньковского и Угличского водохранилищ / Г.Ю. Толкачев, Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 37-43.

5. Толкачев Г.Ю. Тяжелые металлы в системе «вода – донные отложения». Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 98 с.

6. Толкачев Г.Ю. Миграция и трансформация форм тяжелых металлов на водосборной территории и в донных отложениях Иваньковского водохранилища / Г.Ю. Толкачев, Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 6. – С. 33-39.

7. Бреховских В.Ф. Тяжелые металлы в донных отложениях Нижней Волги и дельты реки / В.Ф. Бреховских, З.В. Волкова, В.М. Перекальский, Ф.Ш. Ильзова // Вода: химия и экология. – 2010. – № 2. – С. 2-10.

8. Корженевский Б.И. Основные принципы мониторинга загрязнения большой реки (на примере бассейна реки Волги) / Б.И. Корженевский, Г.Ю. Толкачев, Т.А. Ильина, Н.В. Коломийцев // СтройМного (электронный научный журнал). - 2017. - № 2 (7). - С. 1-7.

9. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н. Новосельцев [и др.]; под ред. В.Е. Райнина, Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 140 с.

10. Коломийцев Н.В. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности донных отложений / Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Т.А. Ильина, Е.Н. Гетьман // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 6. – С. 15-19.

11. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79, 1979. – Н.24. – S. 778–783.

12. Die Elbe und ihre Nebenfluesse – Belastung, Trends, Bewertung, Perspektiven // Dr. A. Prange etc., 2000. – S. 18-23.

13. Коломийцев Н.В., Ильина Т.А. Интегральные критерии для оценки экологического состояния донных отложений водных объектов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 39-42.

УДК 631.6: 626.

О СОСТОЯНИИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Кузин¹, А.В. Нефедов², Н.А. Иванникова²

¹ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз», г. Рязань, Россия;

²МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

Согласно определению федерального закона от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ, «О мелиорации земель» ст.2 «мелиоративные системы - это комплексы взаимосвязанных гидротехнических и других сооружений и устройств (каналы, коллекторы, трубопроводы, водохранилища, плотины, дамбы, насосные станции, водозаборы, другие сооружения и устройства на мелиорированных землях), обеспечивающие создание оптимальных водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв на мелиорированных землях». Из чего следует, что только при условии необходимой технической эксплуатации мелиоративной системы, как целостного объекта, поддержание в надлежащем рабочем состоянии всех взаимосвязанных элементов, возможно эффективное использование мелиорированных земель, получение стабильных и гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур [1; 2].

Анализ современного состояния мелиорированных земель Рязанской области, гидромелиоративных систем и природной среды свидетельствует о необходимости принятия нормативно-правовых актов, регулирующих взаимоотношения и взаимосвязи собственников земель сельскохозяйственного назначения, гидротехнических сооружений, водных объектов и других элементов осушительных систем, устанавливающих нормы, обеспечивающие высокоэффективное производство сельскохозяйственной продукции [3; 4].

По состоянию на 01.01.2019 года общее количество учтенных мелиоративных систем Рязанской области составляет 275 единиц, в том числе, оросительные – 91 ед., осушительные – 184 ед. На 68 мелиоративных системах имеются отдельные объекты и элементы, относящиеся к федеральному имуществу, которые находятся в оперативном управлении ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз» (далее - Учреждение). Действующие правообладатели (балансодержатели) по

остальным мелиоративным системам (мелиоративным объектам, элементам) не установлены, фактически системы являются бесхозными.

Имущественный комплекс объектов капитального строительства, находящихся в оперативном управлении и на балансе Учреждения, составляет 752 ед., все они являются гидротехническими сооружениями или элементами мелиоративных систем.

Мелиоративный фонд Рязанской области, на 1 января 2019 года, составляет – 121,946 тыс. га (4,74%), из них сельскохозяйственных угодий (нетто) – 110,208 тыс. га (4,29%), из которых орошаемые – 24,955 тыс. га, осушенные – 85,253 тыс. га. В сельскохозяйственном производстве используется незначительная часть мелиорированных земель порядка 45,3 тыс. га.

Сельскохозяйственное производство на осушенных землях сконцентрировано в основном на участках, где выполняются работы по уходу за мелиоративными сооружениями, проводится техническая эксплуатация, осуществляется ремонт объектов федеральной собственности в рамках государственного задания и выделяемых субсидий [5].

Отсутствие собственников мелиоративных систем и большей части правообладателей осушенных земель, сдерживает развитие сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях региона.

На данный момент в удовлетворительном техническом состоянии находятся 45,44 тыс. га осушенных сельскохозяйственных угодий, которые пригодны для использования. Учитывая техническое состояние осушенных земель, культуртехнические мероприятия необходимо провести на площади 34,95 тыс. га, химические мелиорации (известкование) на 21,03 тыс. га.

Для дополнительного ввода мелиорированных земель в сельскохозяйственный оборот следует провести реконструкцию осушительных систем, имеющих площадь сельскохозяйственных угодий около 80 тыс. га [1; 5; 6].

Анализ нормативно-правовой базы в области мелиорации земель реформенного периода показал отсутствие единой экономической политики по приватизации мелиоративных систем, гидротехнических сооружений и связанных с ними земельных участков.

Значительная часть мелиорированных земель остается не разграниченной, вследствие этого, остро стоит проблема вовлечения их в оборот как средств сельскохозяйственного производства. В структуре земель сельскохозяйственного назначения имеются земли, находящиеся в частной собственности граждан (в общей долевой или совместной собственности).

При этом без официального выделения в натуре земельной доли ни один из собственников не может распоряжаться своей долей по своему усмотрению. Собственники земельных долей не могут получать государственную поддержку на проведение мелиоративных и культуртехнических мероприятий, без оформления прав собственности [3; 7].

Вопрос выдела земельных участков на мелиорированных землях в счет земельных долей для Рязанской области в настоящее время остается актуальным.

Одной из проблем, препятствующих эффективному обороту земель сельскохозяйственного назначения является наличие невостребованных земельных

долей. Решение этой проблемы возможно в создании условий для вовлечения не востребованных земельных долей в рыночный оборот через муниципалитет с последующей передачей сельхозтоваропроизводителям. Фактически невостребованные мелиорированные земли частично используются в сельскохозяйственном производстве (сенокосы, пастбища) без юридического оформления прав собственности, но не могут быть включены в статистическую отчетность, а сельхозтоваропроизводители претендовать на получение субсидий из бюджета различных уровней.

Основные направления развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Рязанской области, где поставлены тактические цели и задачи, определены целевые индикаторы, объемы и источники финансирования отражены в региональной подпрограмме «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Рязанской области на 2014-2020 годы».

В действующей программе поддержки АПК предусмотрено субсидирование до 50% затрат на реконструкцию мелиоративных систем. Для этого сельхозтоваропроизводитель должен иметь в собственности или оформить в собственность земельный участок из земель сельскохозяйственного назначения, имеющих статус мелиорированных (подтверждается справкой Учреждения и Росреестром). Заказчиком и инициатором реконструкции внутрихозяйственной сети должен быть собственник земельного участка, на котором находится система или ее элементы.

Проводимая в настоящее время работа ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз», совместно с региональным Министерством сельского хозяйства и продовольствия, администрацией районов по оформлению земель и передаче их в муниципальную собственность позволит включить мелиоративные системы в сельскохозяйственное производство.

Учреждение проводит работу по содержанию осушительных каналов, если прилегающая территория используется в сельскохозяйственном производстве, или они имеют социальное значение, вызывают подтопление территории.

Расчистка магистральных осушительных каналов от донных отложений, велась в рамках госзадания и противопаводковых мероприятий в 2017-2018 гг. и выполнялась как собственными силами Клепиковского филиала, так и подрядными организациями ООО ПМК «Пителинская», ООО «Кросмар». Общая протяженность расчищенных каналов за два года составила 32,53 км.

На балансе учреждения находятся гидротехнические сооружения мелиоративных прудов, являющиеся потенциально опасными объектами и требующие декларирования. Учреждение содержит их в надежном работоспособном, безопасном состоянии, проводит ремонт, техническую эксплуатацию, затрачивает значительные средства, но свое назначение они потеряли, ни один литр воды не используется на орошение.

Пруды выполняют рекреационную функцию в районе, являются местом отдыха и рыбалки для жителей. Муниципалитеты не желают брать на баланс гидротехнические сооружения прудов, зная какие возникнут трудности и затраты с их эксплуатацией. Площади сельскохозяйственных угодий оросительных си-

стем, находящихся в учете, в настоящее время не поливаются. Основной причиной является отсутствие оросительной сети, которая состояла на балансе хозяйств землепользователей, а в настоящее время балансодержатель не определен. Комплексная реконструкция мелиоративных оросительных систем требуется на площади 23,813 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

Следует отметить, что за последние три года отдельные сельхозтоваропроизводители региона получили субсидии на реконструкцию или строительство мелиоративных объектов и ввели в оборот дополнительные орошаемые площади.

Таблица – Наличие орошаемых площадей и с/х культур

Предприятие	Районы	Культуры	Площадь, га	Дождевальная техника
ООО «Агросоюз Спасск»	Спасский	картофель	566	Valley, кругового действия – 12 шт.
		овощи	184	
ООО «Агрохолдинг Шиловский»	Шиловский	картофель	900	Дождевальная машина барабанного типа – 11 шт.
ООО «Авангард»	Рязанский	картофель, кукуруза, горчица	165	Valley, кругового действия – 3 шт.
		садоводство	134	Система капельного орошения -2 шт.
К-з «Заветы Ильича»	Касимовский	картофель	220	Valley, кругового действия – 2 шт.
		овощи	60	Дождевальная машина барабанного типа

Данные таблицы показывают увеличение поливных площадей до 2229 га, что при высокой урожайности сельскохозяйственных культур, получаемых при орошении, свидетельствует о перспективности этого направления мелиорации.

Хорошо понимает это руководство ООО «Авангард» и планирует довести к 2025 году орошаемую площадь сельскохозяйственных угодий до 1126 га.

Заключение. Ввод в сельскохозяйственный оборот выбывших мелиорированных земель требует определенных дополнительных затрат по восстановлению и капитальному ремонту мелиоративной сети, гидротехнических сооружений, отдельных объектов недвижимости мелиоративного фонда, проведению культуртехнических работ.

Учитывая направление хозяйственно-экономической деятельности Рязанской области, агроклиматические условия региона, необходимо сконцентрировать работу по восстановлению мелиоративного фонда и вовлечению в оборот

не используемых мелиорированных земель в перспективных хозяйствах региона с предоставлением субсидий из федерального и регионального бюджета.

Список используемых источников

1. Ванюшин, П.Н. О реконструкции и модернизации мелиоративных систем Рязанской области / П.Н. Ванюшин, А.В. Кузин, А.Е. Морозов, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2019. – № 1 (41). – С. 5 - 12.

2. Ванюшин, П.Н. Экологическое состояние и реконструкция мелиоративных систем Рязанской области / П.Н. Ванюшин, А.В. Кузин, А.А. Павлов, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. - № 2. – С. 33 – 37.

3. Кузин, А.В. Проблемы вовлечения выбывших мелиорированных земель в сельскохозяйственное производство / А.В. Кузин, П.Н. Ванюшин, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена корреспондента РАСХН и НАН КР, академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. – Рязань, 2019. - С. 268 – 274.

4. Кузин, А.В. Экологическое состояние осушительных мелиоративных систем в Рязанской области / А.В. Кузин, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: сборник материалов 68-ой Международная научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России; Министерство сельского хозяйства РФ и Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. - Рязань, 2017. - С. 376–380.

5. Ванюшин, П.Н. Проблемы и пути повышения роли мелиоративных систем Рязанской области / П.Н. Ванюшин, А.В. Кузин, Т.Н. Сысоева, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Мелиорация и водное хозяйство. -2018. - №5, -С. 6 - 12.

6. Ванюшин, П.Н. Состояние и основные направления развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в Рязанской области // П.Н. Ванюшин, А.В. Нефедов, А.В. Кузин, Н.А. Иванникова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2017. - № 4 (36). - С. 11 - 17.

7. Кузин, А.В. Экономические пути повышения роли мелиоративных систем Рязанской области [Текст] / А.В. Кузин, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия. - Волгоград, 2017. - С. 491 – 495.

ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В РИСОВЫХ ЧЕКАХ КАЛМЫКИИ

Н.С. Лазарева¹, В.В. Бородычев², С.Б. Адьяев²

¹Российский Университет Дружбы народов, г. Москва, Россия;

²ВФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Волгоград, Россия

В Республике Калмыкия яровой ячмень занимает около 16% в структуре посевных площадей. Урожайность этой культуры низкая и, в зависимости от влагообеспеченности года, изменяется от 0,89 до 1,72 т/га. Средняя урожайность зерна ярового ячменя за последние 10 лет 1,23 т/га [1]. Добиться повышения урожайности ярового ячменя возможно за счет расширения посевов культуры в рисовых чеках и рационального использования остаточной после уборки риса почвенной влаги в рисовых чеках, использования новых перспективных районированных сортов и минеральных удобрений.

Анализ литературных источников показывает, что разработке технологий возделывания сельскохозяйственных культур в рисовых севооборотах с использованием остаточных после уборки риса запасов почвенной влаги посвящены работы Яковлевой Л.Т. [2], Адьяева С.Б. [3], Дедовой Э.Б. [4; 5], Дубенка Н.Н., Кузнецовой В.В. [6], Бородычева В.В., Лытова М.Н., Репенко Т.В., Кравченко А.В. [7].

В условиях дефицита водных ресурсов в Калмыкии становятся актуальными вопросы повышения эффективности использования остаточных влагозапасов в рисовых чеках после уборки риса для получения гарантированных урожаев зерна в годы с различной влагообеспеченностью, сохранения и улучшения плодородия почвы.

Целью исследований является совершенствование технологии возделывания ярового ячменя при выращивании в рисовых чеках, обеспечивающей рациональное использование остаточной в почве после уборки риса влаги и формирование до 3,5 т/га товарной продукции.

Рабочая гипотеза получения устойчивых урожаев ярового ячменя сформулирована на основе учета биологических особенностей культуры, ее реакции на комплекс природных и регулируемых агротехническими приемами факторов.

В соответствии с целью и поставленными задачами, экспериментальные исследования проводились в рамках трехфакторного полевого опыта.

Фактор А – районированные перспективные сорта ярового ячменя: вариант А1 – сорт Прерия (контроль), вариант А2 – сорт Булат, вариант А3 – сорт Щедрый.

Фактор В - включал нормы высева ярового ячменя: вариант В 1 – 2,5 млн. шт./га, вариант В 2 – 2,5 млн. шт./га, вариант В 3 – 3,0 млн. шт./га.

Фактор С – уровень минерального питания: вариант С1 – без удобрений (контроль), вариант С2 – внесение минеральных удобрений дозой N₁₀P₂₅ на планируемую урожайность зерна 2,5 т/га; вариант С 3 - дозой N₆₀P₈₀ на планируемую

урожайность зерна 3,0 т/га; С 4 - дозой $N_{110}P_{135}$ на планируемую урожайность зерна 3,5 т/га.

Опыт заложен методом организованных повторений (рисунок), повторность опыта четырехкратная, делянки опыта внутри повторений заложены рендомизированно. Площадь отведенного под опыты участка 1,7 га, площадь учетной делянки 90 м^2 . Совокупная площадь всех вариантов опыта в одном повторении 0,42 га. При закладке опыта использовали методику расщепленных делянок. Варианты опыта в рамках фактора А (сорт) расщеплялись наложением вариантов фактора В (способ посева), направления этих факторов совпадали. Варианты опыта по фактору С (режим минерального питания) располагались поперек делянок факторов А и В [8].

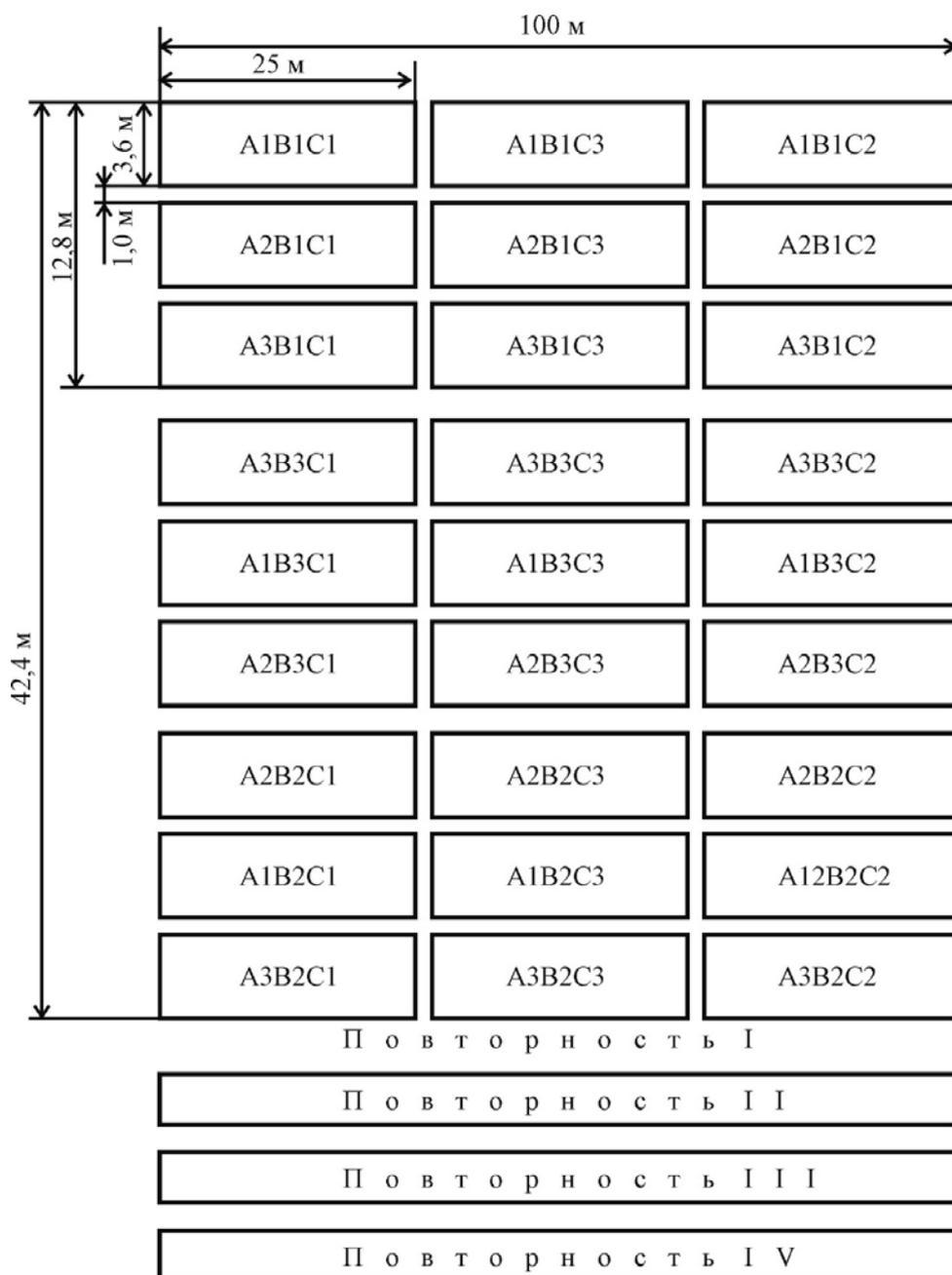


Рисунок - Схема опыта на посевах ярового ячменя в рисовых чеках:
фактор А – сорт; фактор В – норма высева; фактор С – удобрения

Опытный участок располагается в рисовых чеках АО «50 лет Октября» Октябрьского района Республики Калмыкия. Почвы опытного участка – бурые, средне и тяжелосуглинистые, типичные для данного региона. Обеспеченность доступными формами азота низкая (19-23 мг/кг почвы), содержание фосфора среднее (36-42 мг/кг почвы), калия достаточно высокая (не менее 380 мг/кг почвы). Содержание гумуса в пределах 0,95- 1,21%.

Предшественник во все годы исследований – рис. В исследованиях использованы стандартные методики закладки и проведения опытов [8]. Влажность почвы контролировали термостатно - весовым методом (ГОСТ 20915-75), наименьшую влагоемкость определяли методом заливаемых площадок, доступные формы азота, фосфора, калия, гумуса стандартными методами (ГОСТ 26205, ГОСТ 23213).

В опытах использовали зональную технологию возделывания ярового ячменя с дополнениями вариантами изучаемых факторов (сорта, дозы минеральных удобрений).

Сумма температур воздуха выше 10 °С в районе исследований 3400...3600 градусов. Продолжительность теплого периода (с температурой выше 0 °С) составляет 240...275 дней, безморозного периода 170...185 дней. Первые осенние заморозки отмечаются в середине октября, а последние весенние – в середине мая. Оценка погодных условий в годы проведения опытов показывает, что они характерны для данного региона

Погодные условия 2019 года отличались от погодных условий других лет исследований. Если в 2016-2018 годах посев ярового ячменя проводили в первой декаде апреля, то в 2019 году опыты заложили 25 марта. В среднем по годам исследований продолжительность вегетационного периода у сорта Прерия составляла 70-91 день, у сорта Щедрый около 63-89 дней.

При возделывании ярового ячменя сорта Булат на фоне внесения минеральных удобрений дозой N₆₀P₈₀ и норме высева 2,0 млн шт./семян/га в среднем максимальная урожайность зерна составила 2,13 т/га. С увеличением дозы внесения минеральных удобрений до N₁₁₀P₁₃₅ и нормы высева семян 2,5 и 3,0 млн шт./семян/га урожайность ячменя возрастала соответственно на 2,65 и 2,86 т/га. В условиях 2019 года максимальная урожайность зерна ярового ячменя по этому сорту была получена при норме высева 3,0 млн. семян шт./га и составила 3,29 т/га. Разница по вариантам опыта статистически достоверна. Аналогичная закономерность просматривается по сорту Прерия. Урожайность посева изучаемых сортов возрастала по вариантам опыта преимущественно за счет повышения продуктивной кустистости (1,45-1,63) и количества зерен в колосе (с 12,3 до 18,6 шт.) (таблица 1).

Таким образом, агробиологические свойства ярового ячменя позволяют его возделывать в качестве сопутствующей культуры в рисовых севооборотах без проведения вегетационных поливов. Возделывание ярового ячменя в рисовых чеках весьма перспективно, так как остаточные запасы почвенной влаги после уборки риса в сочетании с климатическими ресурсами региона позволяют получать до 3 т/га зерна в зависимости от нормы высева семян и дозы внесения минеральных удобрений.

Таблица 1 - Урожайность ярового ячменя в зависимости от изучаемых факторов, (2016-2019 гг.), т/га

Сорт	Норма высева, млн. шт. сем./га	Уровень минерального питания, кг д.в./га	Урожайность, т/га			
			2016	2017	2018	2019
Булат	2,0	N ₁₀ P ₂₅	1,47	1,39	1,70	1,85
	2,0	N ₆₀ P ₈₀	2,60	1,64	2,15	2,37
	2,0	N ₁₁₀ P ₁₃₅	1,91	1,90	2,34	2,62
	2,5	N ₁₀ P ₂₅	1,83	1,61	2,16	2,24
	2,5	N ₆₀ P ₈₀	2,65	2,23	2,72	2,80
	2,5	N ₁₁₀ P ₁₃₅	2,47	2,58	2,91	3,03
	3,0	N ₁₀ P ₂₅	1,97	2,26	2,17	2,46
	3,0	N ₆₀ P ₈₀	2,70	2,31	2,43	2,78
	3,0	N ₁₁₀ P ₁₃₅	2,88	2,74	2,95	3,19
Прерия	2,0	N ₁₀ P ₂₅	1,37	1,32	1,52	1,73
	2,0	N ₆₀ P ₈₀	1,80	1,49	1,93	2,16
	2,0	N ₁₁₀ P ₁₃₅	2,12	1,72	2,10	2,43
	2,5	N ₁₀ P ₂₅	1,78	1,51	1,97	2,31
	2,5	N ₆₀ P ₈₀	2,51	2,16	2,56	2,75
	2,5	N ₁₁₀ P ₁₃₅	2,65	2,37	2,70	2,90
	3,0	N ₁₀ P ₂₅	1,82	1,65	2,03	2,30
	3,0	N ₆₀ P ₈₀	2,13	2,05	2,39	2,58
	3,0	N ₁₁₀ P ₁₃₅	2,70	2,42	2,81	2,99
НСР ₀₅	фактор А		0,016	0,017	0,017	0,019
	фактор В		0,019	0,021	0,021	0,023
	фактор С		0,019	0,021	0,021	0,023
	для частных средних		0,048	0,051	0,052	0,056

Список используемых источников

1. Ячмень: посевные площади и урожайность, данные за 2016 г. [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: [https:// fedstat. Ru/ indi-cator/ 31328](https://fedstat.ru/indicator/31328). (дата обращения 02.08.2019)
2. Яковлева Л.Т. Агромелиоративная эффективность сопутствующих культур рисового севооборота в условиях Сарпинской низменности. /Л.Т. Яковлева// Диссертация на соискание ученой степени кандидата с-х наук. - Волгоград, 1973. – 189 с.
3. Адьяев, С.Б. Перспективы развития комплексных мелиораций в Республике Калмыкия/ С.Б. Адьяев, М.А. Сазанов, Э.Б. Дедова // Плодородие. – 2007. – № 6 (39). – С.18-20.
4. Дедова, Э.Б. Мелиорирующая роль сопутствующих культур рисовых севооборотов Калмыкии // Э.Б. Дедова, С.Б. Адьяев // Плодородие. – 2007. – №4 (37). - С 44-45.
5. Дедова Э.Б., Кониева Г.Н. Агроэкологическая оценка рисовых севооборотов Сарпинской низменности / Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева // Российская сельскохозяйственная наука. -2019. - № 1. – С.34-39.
6. Дубенок Н.Н. Яровой ячмень – перспективная культура рисового севооборота /Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, В.В. Кузнецова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. - 2013. - № 4.

7. Бородычев В.В. Новые сопутствующие культуры в рисовых севооборотах / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, Т.В. Репенко, А.В. Кравченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. - № 3. – С. 19-21.

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1973. – 416 с.

УДК 631.6.02

О ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫМИ БИФЕНИЛАМИ

М.Ю. Лапушкин

ФГБНУ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, Москва, Россия

Полихлорированные бифенилы (далее - ПХБ) - группа органических соединений, получаемых хлорированием бифенила в присутствии катализатора путем замещения атомов хлора атомами водорода. ПХБ не синтезируются в ходе естественных природных процессов и не встречаются в виде отдельных соединений. Этот класс органических соединений впервые был синтезирован фирмой «Монсанто» в Соединенных Штатах Америки для промышленных целей и получил широкое распространение как технический продукт, начиная с 1929 г. [1]. ПХБ классифицируются как стойкие органические загрязнители (СОЗ) согласно Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях. Они были обнаружены в тканях человека, крови и грудном молоке. Установлена связь влияния ПХБ на здоровье человека, которая выражается в повреждении иммунной системы, снижение легочной функции, раковых заболеваниях. В настоящее время производство ПХБ на территории России запрещено.

Молекула ПХБ содержит 2 соединенных С-С связью бензольных кольца, в которых атомы водорода полностью или частично замещены на хлор. В зависимости от степени замещения возможны 10 гомологических групп ПХБ (от монохлорбифенилов до декахлорбифенилов) и 209 конгенов ПХБ, различающихся числом и положением атомов хлора в молекуле и имеющих общую формулу $C_{12}H_{10-n}Cl_n$, где n варьирует от 1 до 10. Промышленные ПХБ это прозрачные вязкие жидкости, бесцветные или имеющие желтоватый оттенок. На рисунке 1 представлена структура молекулы ПХБ.

В зависимости от количества атомов хлора в ароматических кольцах содержание хлора в молекуле варьирует от 19 до 71%.

До середины 80-х годов прошлого столетия мировое производство ПХБ составило около 1,5 млн тонн, и до сих пор около 750 тыс. тон ПХБ продолжает использоваться, в основном в закрытых системах, и примерно столько же находится в биосфере Земли [2].

Одними из производителей ПХБ в СССР, а затем в России были ПО «Оргстекло» (г. Дзержинск Нижегородской области) и ПО «Оргсинтез» (г. Новомосковск Тульской области). Всего в России в период с 1934 до 1995 г. было произведено 180 тыс. тонн ПХБ [3]. Этот объем включает около 52 тыс. тонн Совола (смесь преимущественно тетра - и пентахлорированных ПХБ - самых токсичных конгенов).

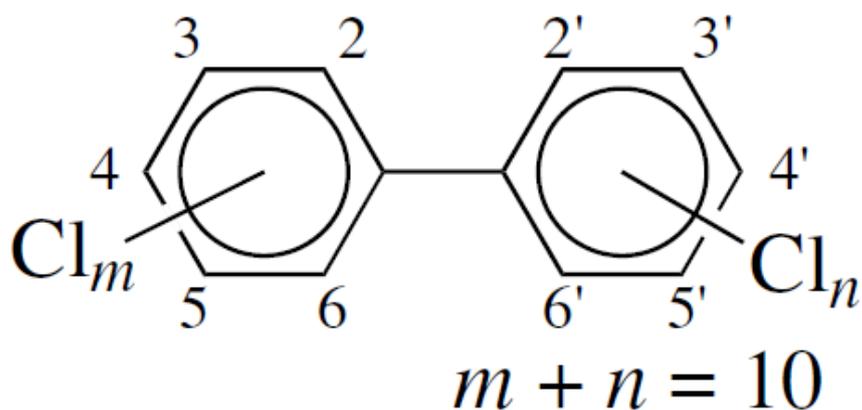


Рисунок 1 – Структура молекулы ПХБ

В силу своих уникальных физико-химических свойств ПХБ нашли самое широкое применение во всех развитых странах. Их применение основано на химической инертности, негорючести, высокой термоустойчивости и высокой диэлектрической постоянной этих веществ [4]. ПХБ использовали при производстве копировальной бумаги, чернил, красок, добавок в цемент, огнезащитных средств, пестицидов, клеев, уплотняющих жидкостей, в качестве диэлектрических жидкостей в трансформаторах, конденсаторах. ПХБ также применялись в качестве изоляционных материалов для кабелей и проводов, фунгицидов для защиты дерева и строительных конструкций, заменителей воска, смол, каучуков при пропитке тканей. Начиная с 1973 г., в силу опасности ПХБ для здоровья населения и окружающей среды, во многих странах было принято решение ограничить их использование. В СССР ПХБ производили и применяли в основном в качестве диэлектрических жидкостей при производстве конденсаторов и трансформаторов [5].

По разным экспертным оценкам от 35 до 80% произведенных в мире ПХБ поступило в окружающую среду. Эти соединения попадают в окружающую среду различными путями. Первичными источниками поступления ПХБ являются энергетика, сжигание топлива, крематории, промышленность. К вторичным источникам относятся свалки, продукты разложения отходов на свалках и полигонах, продукты сжигания отходов.

Значительные количества ПХБ поступают в окружающую среду в составе трансформаторных масел, смазок, пластификаторов; в результате утечек из трансформаторов, конденсаторов, теплообменников или гидравлических систем, сброса жидких промышленных отходов. Опасны не только сами ПХБ, но и продукты их сжигания. Поступление ПХБ и их продуктов в окружающую среду происходит при неправильной эксплуатации мусоросжигательных печей и в процессе открытого сжигания мусора на свалках.

В почву ПХБ поступают двумя путями: непосредственно из источника загрязнения и через атмосферу. ПХБ, эмитируемые в воздух, а также испаряющиеся с поверхности суши и водоемов, или поступающие в атмосферу в виде аэрозолей (например, в результате дефляции), являются источниками атмосферных

выпадения ПХБ. Происходит локальное загрязнение почвы вокруг точечного источника эмиссии ПХБ, а также загрязнение отдаленных фоновых территорий, куда химикаты попадают путем переноса в атмосфере.

Вследствие высокой стойкости в природных средах и летучести ПХБ обладают свойством накапливаться в природных водоемах и почве с последующим улетучиванием в атмосферу. Это повышает способность ПХБ к дальнему переносу и делает природные среды «аккумуляторами» ПХБ.

Россия являлась крупнейшим производителем и потребителем ПХБ, поэтому в ряде регионов сложилась критическая ситуация с загрязнением окружающей среды этими веществами. Ярким примером является загрязнение ПХБ окружающей среды в городе Серпухове Московской области. В результате деятельности завода «Конденсатор» в почву и в реки Ока и Нара попало громадное количество ПХБ [6].

Для ремедиации почв, загрязненных ПХБ, существуют различные методы. Однако фиторемедиация была признана экологически ответственной альтернативой для удаления органических загрязнителей из почвы ввиду отсутствия необходимости изъятия, термической обработки загрязненной почвы [7]. На рисунке 2 представлена принципиальная схема фиторемедиации.



Рисунок 2 – Принципиальная схема фиторемедиации

Процессы фиторемедиации можно обобщить в два этапа: биоразложение органических загрязнителей в почве и их поглощение тканями растений через их корни с последующей трансформацией ферментами растений.

Виды растений, которые использовались для фиторемедиации ПХБ:

- *medicago sativa* (люцерна);

- *lespedeza capitata* (леспедца головчатая);
- *lathyrus sylvestris* (чина лесная);
- *phalaris arundinacea* (канареечник тростниковидный);
- *cucurbitaceae* (тыква);
- *sparganium* (ежеголовник);
- *salix alaxensis* (аляскинская ива);
- *pinus strobus* (белая ель).

Исследования в полевых условиях эксперимента с использованием этих растений показали снижение концентрации ПХБ в почве на 31,4 и 78,4% после первого и второго года фиторемедиации [8].

Установлено, что ежеголовник способствует окислению низкохлорированных ПХБ посредством ризодеградации, в то время как канареечник тростниковидный и другие растения показали деградацию смеси с высоким и низким содержанием конгенов.

Несколько исследований показали, что корневая сеть растений может активировать микробные процессы в почве, которые будут способствовать разложению ПХБ. Например, корни растений могут выделять ферменты или органические кислоты, которые могут использоваться для процессов анаэробной дегалогенизации.

Фиторемедиация является экологически чистым методом с низким воздействием на окружающую среду. Растения для фиторемедиации должны обладать следующими характеристиками:

- высокое производство зеленой массы;
- широкое распространение корней;
- способность переносить и накапливать загрязняющие вещества в тканях.

Фиторемедиация является недорогим методом из-за отсутствия энергоемкого оборудования. Кроме того, фиторемедиация практически не оказывает негативного воздействия на плодородие и структуру почвы, в то время как интродукция растений может улучшить общее состояние почвы благодаря тому, что растения и микроорганизмы вносят минералы и питательные вещества.

Следует отметить, что потребление ПХБ растениями в основном объясняется поглощением и транслокацией. Исследования показали, что дихлор-, трихлор- и тетрахлорбифенильные конгены могут метаболизироваться растительными клеточными культурами. Более стойкий 2,2', 5,5'-тетрахлорбифенил может быть окислен до 3,4-дигидрокси-2,2', 5,5'-тетрахлорбифенила некоторыми растительными культурами [9]. Другие исследования показали, что концентрация ПХБ увеличилась в стеблях и листьях тыкв, но концентрация ПХБ в корнях тыквы не изменилась. Эти наблюдения подтверждают, что механизм транспорта ПХБ в растениях в основном можно объяснить поглощением и транслокацией по сравнению с улетучиванием и накоплением. Из-за высокой гидрофобности высших хлорированных конгенов ПХБ, они реже поглощаются и транспортируются внутри растений. Высокохлорированные конгены ПХБ обычно более устойчивы к процессу метаболизма, чем низкохлорированные конгены.

Одним из недостатков фиторемедиации является то, что очистка почвы от ПХБ обычно предполагает долгосрочный мониторинг протекания процессов очистки. Другим существенным недостатком является то, что системы фиторемедиации могут потерять свою эффективность, когда рост растений замедляется или останавливается из-за экстремальных погодных условий и других факторов. Кроме того, эффективность систем фиторемедиации может быть ограничена глубиной проникновения корней растений в загрязненную почву.

Для снятия вышеуказанных ограничений при очистке почв технологией фиторемедиации необходимо создавать инженерно-экологические системы, где растения будут составной частью инженерно-экологического комплекса, направленного на очистку окружающей среды от загрязнителей.

Понятие «инженерно-экологическая система» описал профессор А.И. Голованов. Он определил, что «инженерно-экологическая система» - это комплекс сооружений и мероприятий по восстановлению естественной самоочищающейся способности компонентов геосистем, снижению до допустимых норм поступления в них загрязняющих веществ, локализации и удалению этих веществ, обеспечению экологически безопасного существования биоценозов и человека [10].

Фиторемедиация представляет собой перспективную и природоподобную технологию по очистке почв от загрязняющих веществ.

Список используемых источников

1. Данилина А.Е., Куценко В.В. Политика и управление ПХБ в России // Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века: информационный выпуск, №5 / Главный редактор Ю.М. Арский. - М.: ВИНТИ, 2000. – С. 5-13.
2. Abraham W.R., Nogales B., Golyshin P.N., Pieper D.H., Timmis K.N. (2002) Polychlorinated biphenyl-degrading microbial communities in soils and sediments. *Curr. Opin. Microbiol.*
3. Трегер Ю.А., Розанов В.Н. Производство и потребление полихлорированных бифенилов в России // Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века: информационный выпуск, №5 / Главный редактор Ю.М. Арский. - М.: ВИНТИ, 2000. – С. 64-70.
4. Исидоров В.А. (1999) Введение в химическую экотоксикологию. - С-П.: Химиздат, 1999. – С. 97-101.
5. Порядин А.Ф. (2000) Полихлорированные бифенилы и экологическая безопасность России // Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века: информационный выпуск, №5 / Главный редактор Ю.М. Арский. - М.: ВИНТИ, 2000. – С. 3-4.
6. Васильева Г.К., Стрижакова Е.Р. Биоремедиация почв и седиментов, загрязненных полихлорированными бифенилами // Микробиология. – 2007.
7. Meagher, R. B. (2000). Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 3, 153–162.
8. Tu, C., Teng, Y., Luo, Y., Sun, X., Deng, S., Li, Z., et al. (2011). PCB removal, soil enzyme activities, and microbial community structures during the phytoremediation by alfalfa in field soils. *J. Soils Sediments* 11, 649–656.
9. Harms, H., Bokern, M., Kolb, M., and Bock, C. (2003). “Transformation of organic contaminants by different plant systems,” in *Phytoremediation Transformation and Control of Contaminants*, eds S. C. McCutcheon and J. L. Schnoor (Braunschweig: John Wiley & Sons, Inc.) 285–316
10. Голованов А.И., [и др.] Природообустройство: учебник / Под редакцией А.И. Голованова. – С.-П.: Лань, 2015. – 557 с.

УДК: 631.6

AMARANTHU PANICULATUS НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИИ

Т.Н. Манджиева

КФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Элиста, Россия

Сельское хозяйство призвано удовлетворять потребности населения в продовольствии, а промышленность в сырье. В России сельское хозяйство служит также важным фактором развития регионов.

Важнейшая особенность сельского хозяйства в том, что оно тесно связано с использованием почв и природной среды. Для того чтобы улучшить химические и физические свойства почвы, повысить ее плодородие, прибегают к помощи фитомелиорации. К растениям-фитомелиорантам относят амарант.

Амарант - это очень древняя культура. В доколумбовые времена зерновой амарант был одной из основных пищевых культур Нового Света, почти такой же важной, как кукуруза и бобы. Помимо употребления в пищу, ацтеки и инки использовали амарант как источник пурпурной краски в языческих обрядах. С приходом испанских конкистадоров и внедрением христианства языческие ритуалы стали вытесняться, в том числе и имеющий к ним отношение амарант. Основными продовольственными культурами остались кукуруза и фасоль, а амарант был почти забыт. Так испанские завоеватели положили конец использованию амаранта как основной продовольственной культуры Нового Света, что значительно замедлило его распространение в мировом сельском хозяйстве как высокопитательного продукта.

Возобновление интереса к амаранту относится уже к XX веку. Так еще в тридцатых годах XX века поднимался вопрос об интродукции в Советском Союзе амаранта на кормовые цели, но реально вопрос не решался.

В настоящее время он широко распространен в Северной и Южной Америке, Азии (Индия, Китай), Африке. Его стали возделывать и использовать в пищу и в Европе. Более того, во многих странах мира: США, КНР, Индии, Мексике, странах Южной Америки из амаранта производят тысячи качественных диетических продуктов питания для профилактики различных болезней. Амарант стали называть культурой 21 века!

Значительный вклад в возрождение амаранта внес Роберт Родейл, который создал в США Институт Амаранта и способствовал интродукции этой культуры во многих странах мира.

В нашей стране амарант не признавали культурным растением, так как у нас в основном были распространены его дикие формы. Однако на необходимость применения в сельском хозяйстве амаранта как новой силосной культуры в программе использования мировых растительных ресурсов указывал академик Н.И. Вавилов еще в 1932 году. В результате экспериментальной работы была показана перспективность использования амаранта для кормопроизводства. Полученные данные были изложены в 1940 г. в монографии «Новые кормовые культуры». Недавно, правда, появились сообщения о том, что амарант известен в России с 19 века. Однако эти сведения нельзя считать научно доказанными, поскольку

только после экспедиции Н.И. Вавилова в Южную Америку появились возможности внедрения амаранта в растениеводство в нашей стране.

После Н.И. Вавилова, начатая по его инициативе исследовательская работа с амарантом и другими новыми культурами, была прекращена. Однако были отдельные энтузиасты, которые «подпольно» выращивали амарант на Украине в 50-60 годах (Дубенко С.Е, Сорокин А.Б., личное сообщение.) Толчком к настоящему возрождению амаранта послужили работы по активному изучению механизма С4-фотосинтеза, который присущ и амаранту, как «аспартатной» подгруппе С4-растений. Было установлено, что зерно и биомасса амаранта содержат высококачественный белок. Это стало основанием для постановки вопроса о возобновлении работ с этой культурой.

В России амаранты произрастают практически повсеместно. Амаранты светолюбивые растения, предпочитают открытые места, поля, огороды, обочины дорог, населенные пункты, свалки, пустыри [3].

В Европейской части России выращивают около 17 сортов: щирица обыкновенная, амарант метельчатый или багряный, амарант темный, амарант трехцветный, амарант хвостатый и др.

Амарант – в большинстве случаев однолетние травянистые растения высотой 15-80 см и выше. В природе могут встречаться высокорослые виды, достигающие в высоту 2-3 метров. Корень у этого растения толстый, стержневой, уходит в землю на два, а то и на три метра. Цвет стебля и листьев, может быть, как зеленым, так и пурпурно-красным. У некоторых видов амаранта (амарант запрокинутый) формируется корнеплод. Листья очередные, цельные, без прилистников, ромбовидные, ланцетовидные или яйцевидные. Листовая пластинка у основания вытянута в черешок, верхушка с выемкой и небольшим острием. Верхние листья имеют очень короткие черешки, нижние длинночерешковые, при этом первые не затеняют нижние листья, так как черешки у них растут до тех пор, пока листовая пластинка не выйдет из тени верхних листьев. Цветки мелкие, обычно актиноморфные (правильные), безлепестные, скрыты среди заостренных зеленых прицветников, обоопольные. Встречаются однодомные и двудомные виды. Вегетативный период у растений этого рода длится от 3 до 5 месяцев, продолжительность зависит от климата. Высевают амарант весной в прогретую почву. Температура должна быть не ниже 8 °С. Период созревания семян с августа по сентябрь. Стебли и листья в этот период окрашиваются в кремовый цвет. Зрелые семена при потряхивании стебля легко осыпаются. Плод – орех, реже коробочка. Семена многочисленные, довольно мелкие, гладкие, в прочной кожуре, хорошо приспособлены к выпадению из плода (явление барохории) и разносу с почвой. Каждый из хорошо развитых экземпляров дает сотни тысяч семян.

Кормовая и мелиоративная ценность амаранта создали предпосылки для проведения опытов с этой культурой в Калмыкии на деградированных полупустынных почвах [1-2,5]. Опыты проводили в лиманной части земель опытного хозяйства «Харада» - п. Большой Царын, Октябрьского района. Почвы бурые полупустынные. Типы засоления варьируют по профилю от хлоридно-сульфатного до сульфатного. Сумма содержания солей в пределах– 0,062-0,766 % (табл.1).

Схема полевого опыта включала два варианта: вариант I – амарант бордовый (*Amaranthus paniculatus*); вариант II – амарант зеленый (*Amaranthus cruentus*). Опыт был заложен методом организованных повторений. Повторность опытов пятикратная. Площадь делянок для каждого сорта 15 м².

Таблица 1 - Содержание водорастворимых солей в исследуемой почве

Глубина	НСО ₃ ⁻ МГ-ЭКВ %	Сl ⁻ МГ-ЭКВ %	SO ₄ ⁻ МГ-ЭКВ %	Сумма анионов МГ-ЭКВ %	Са ⁺⁺ МГ- ЭКВ %	Мg ⁺⁺ МГ- ЭКВ %	Na ⁺ МГ-ЭКВ %	Сумма катионов МГ-ЭКВ %	Сумма солей %	Плотный остаток %
0-10	<u>0.40</u> 0,024	<u>0.10</u> 0,004	<u>0.75</u> 0,036	<u>1.25</u> 0,064	<u>0.50</u> 0,010	<u>0.25</u> 0,003	<u>0.50</u> 0,012	<u>1.25</u> 0,025	0,088	0,092
10-20	<u>0.45</u> 0,027	<u>0.10</u> 0,004	<u>0.50</u> 0,024	<u>1.05</u> 0,055	<u>0.50</u> 0,010	<u>0.25</u> 0,003	<u>0.30</u> 0,007	<u>1.05</u> 0,020	0,075	0,080
20-30	<u>0.45</u> 0,027	<u>0.10</u> 0,004	<u>0.25</u> 0,012	<u>0.80</u> 0,043	<u>0.50</u> 0,010	<u>0.25</u> 0,003	<u>0.05</u> 0,001	<u>0.80</u> 0,014	0,057	0,062
30-40	<u>0.55</u> 0,034	<u>1.00</u> 0,036	<u>0.25</u> 0,012	<u>1.80</u> 0,082	<u>0.50</u> 0,010	<u>0.25</u> 0,003	<u>1.05</u> 0,024	<u>1.80</u> 0,037	0,118	0,124
40-50	<u>0.50</u> 0,031	<u>5.00</u> 0,178	<u>1.00</u> 0,048	<u>6.50</u> 0,257	<u>1.25</u> 0,025	<u>1.25</u> 0,015	<u>4.00</u> 0,092	<u>6.50</u> 0,132	0,388	0,423
50-60	<u>0.50</u> 0,031	<u>6.90</u> 0,245	<u>2.25</u> 0,108	<u>9.65</u> 0,384	<u>1.50</u> 0,030	<u>2.25</u> 0,027	<u>5.90</u> 0,136	<u>9.65</u> 0,193	0,576	0,633
60-70	<u>0.50</u> 0,031	<u>7.50</u> 0,266	<u>2.50</u> 0,120	<u>10.50</u> 0,417	<u>1.50</u> 0,030	<u>2.50</u> 0,030	<u>6.50</u> 0,150	<u>10.50</u> 0,190	0,626	0,686
70-80	<u>0.45</u> 0,027	<u>7.60</u> 0,270	<u>2.50</u> 0,120	<u>10.55</u> 0,417	<u>2.00</u> 0,040	<u>3.00</u> 0,036	<u>5.55</u> 0,128	<u>10.55</u> 0,204	0,621	0,677
80-90	<u>0.40</u> 0,024	<u>7.40</u> 0,263	<u>4.00</u> 0,192	<u>11.80</u> 0,479	<u>2.25</u> 0,045	<u>3.25</u> 0,039	<u>6.30</u> 0,145	<u>11.80</u> 0,229	0,708	0,766
90-100	<u>0.45</u> 0,027	<u>7.80</u> 0,277	<u>2.50</u> 0,120	<u>10.75</u> 0,424	<u>1.75</u> 0,035	<u>3.00</u> 0,036	<u>6.00</u> 0,138	<u>10.75</u> 0,209	0,633	0,690

Посев опыта был совершен 02.05.2017 г. нормой 0,2—0,3 г всхожих семян на 1 м² на глубину 2-3 см, рядовым способом, расстояние междурядий 30 см. Перед посевом провели основную обработку почвы, боронование, влагозарядковый полив нормой 300 м³/га, предпосевное и послепосевное прикатывание почвы. В процессе вегетации растений необходимо содержать почву в рыхлом и чистом от сорняков состоянии, неоднократно прореживать.

По данному опыту всходы амаранта появились раньше у зеленого сорта (10.05), чем у бордового (рис. 1).



Рисунок 1 - Всходы амаранта метельчатого

К середине июня растения амаранта метельчатого достигли полной фазы стеблевания, о чем свидетельствуют биометрические показатели (табл. 2). Развитие растений амаранта зеленого и бордового незначительно различается. Густота травостоя достигала в зависимости от вариантов опыта 490...1000 шт./м². Надземную массу амаранта убирали в фазу выметывания, делая срез выше второго яруса листьев.

Таблица 2 - Биометрические показатели амаранта метельчатого

Сорт амаранта	Высота стебля, см	Длина метелки, см	Вес зерен с 1 метелки, г	Масса 1000 семян, г	Кол-во растений на 1 м ² , шт.
Бордовый	75	27	1,90	0,60	190
Зеленый	92	24	3,50	0,80	110

Таблица 3 - Полевая всхожесть и продуктивность амаранта метельчатого

Сорт амаранта	Норма высева г\м ² (шт.)	Количество проросших растений, шт.	Всхожесть, %	Продуктивность, г (а.с.в.)			
				с 1 растения		на 1 м ²	
				семена	листья	семена	листья
Бордовый	0,1(200)	190	85	1,85	2,25	315	390
Зеленый	0,1(120)	110	75	3,40	8,50	335	835

По итогам фенологических наблюдений и полученной урожайности можно сказать, что амарант в зависимости от влажности почвы и содержания питательных веществ формирует урожай от 0,35 до 0,55 кг/м² абсолютно сухого вещества (а.с.в.). Развитие растений амаранта бордового значительно отстает от развития растений амаранта зеленого. Густота травостоя достигала в зависимости от вариантов опыта 490...1000 шт./м².

Таким образом, по результатам исследования можно сказать, что в условиях засоленных бурых полупустынных почв лучше всего адаптируется сорт амаранта метельчатого – зеленый.

Образование мощной стержневой корневой системы структурирует и естественным образом дренирует почву, создавая сеть капилляров для лучшего увлажнения более глубоких слоев почвы. Адаптация амаранта на деградированных землях и фитомелиорация с помощью этой культуры позволит не только ввести бросовые почвы в сельхозоборот, но и укрепить кормовую базу Республики Калмыкия.

Список используемых источников

1. Дедова Э.Б., Даваев А.В. Кормовые культуры на мелиорированных землях Республики Калмыкия: монография. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2015. –196 с.
2. Dedova E.B. Saline lands phytomelioration in Kalmykia // Combating Desertification. Traditional Knowledge and Modern Technology for the Sustainable Management of Dryland Ecosystems. Proceeding of the International Workshop. Elista, Republic of Kalmykia, Russian Federation, 23-27 June 2004. – UNESCO – MAB Dryland Series No 4. – Paris, 2005. P. 131 – 135
3. Кононков П.Ф. Амарант – перспективная культура XXI века // М., РУДН, 1999. – 297с.

4. Манджиева Т.Н. Возделывание нетрадиционной культуры фитомелиоративного действия – амаранта метельчатого в условиях засоленных бурых полупустынных почв // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: сборник материалов II международной научно-практической интернет-конференции; ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». – Соленое Займище, 2017. - С. 335-336.

5. Шунгаева А.Б. Биографическая оценка и мониторинг кормовых агроландшафтов в аридных условиях Калмыкии: дисс. канд. геогр. наук: 25.00.03. – Элиста, 2004. – 174 с.

УДК 631.6

О НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ

В.В. Мелихов¹, А.А. Новиков¹, В.А. Шевченко²

¹ФГБНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия;

²ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Реализация федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» показывает ее востребованность и положительную динамику роста площади мелиорированных земель в Российской Федерации, а темпы их реконструкции и нового строительства предотвращают выбытие капиталоемких земель из сельскохозяйственного оборота. При этом важно отметить, что такому результату, наряду с грамотным управлением Программой и организацией ее господдержки, способствовал и вектор движения, заданный в 2010 году Концепцией развития сельскохозяйственных мелиораций в стране до 2020 года.

Учитывая, что Программа мелиорации земель в рамках перевода с 2018 года государственных программ на механизмы проектного управления является составной частью «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» [1], плановые мероприятия которой завершаются менее чем через 2 года, нам представляется необходимым уже в ближайшее время приступить к определению необходимого для стабилизации позитивного развития сельского хозяйства страны объема мелиоративных работ и представить их в виде «Концепции комплексных мелиораций сельскохозяйственных земель России на период 2020-2030 годы» с приданием ей статуса Государственного документа.

В аргументации выполнения необходимого на рассматриваемый временной период объема мелиоративных работ в новой Концепции и соответственно новой Программе должны быть учтены глобальные изменения климата и биофизического состояния Земли, произошедшие в течение двадцатого века. Этот факт наблюдаемых климатических аномалий признан объективно существующим и требующим обязательного учета при разработке стратегии и мероприятий, способных в изменившихся природных условиях обеспечить устойчивость био-

сферы без отягощения этого процесса хозяйственной деятельностью. В этом документе следует также учесть новые маловодные территории России – Республику Крым и город Федерального значения Севастополь.

Разработка Концепции обуславливает необходимость определения путей и способов повышения конкурентоспособности сельского хозяйства, экспортоориентированной направленности, рентабельности и устойчивости производства сельскохозяйственной продукции с использованием средств комплексной мелиорации земель. При этом продовольственная безопасность России и экологическая устойчивость биосферы в долгосрочной перспективе в значительной степени будут зависеть от того, насколько успешно удастся адаптировать сельскохозяйственные производственные системы к экстремальным климатическим явлениям и нейтрализовать возникающих под их влиянием рисков. Появление новых природных рисков в засушливых регионах связано и с ограничениями отчуждения воды из ряда рек в связи со сложившимся в них дефицитом стока (рисунки 1 и 2). И это при том, что с потеплением климата затраты воды на системы орошения могут возрастать как на вновь создаваемых, так и на существующих оросительных системах.

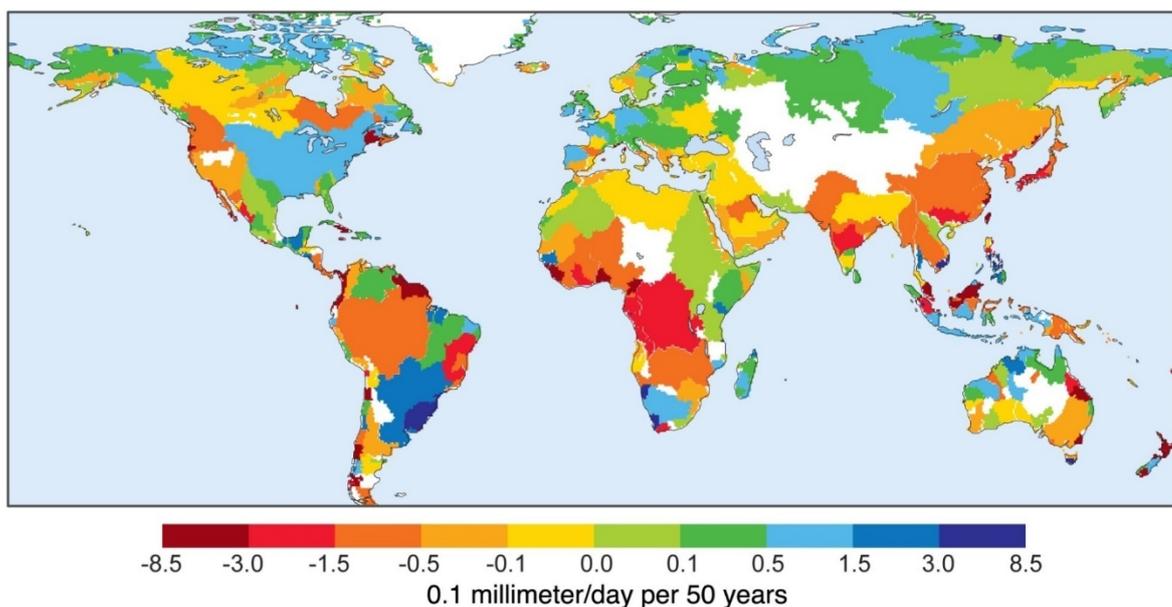
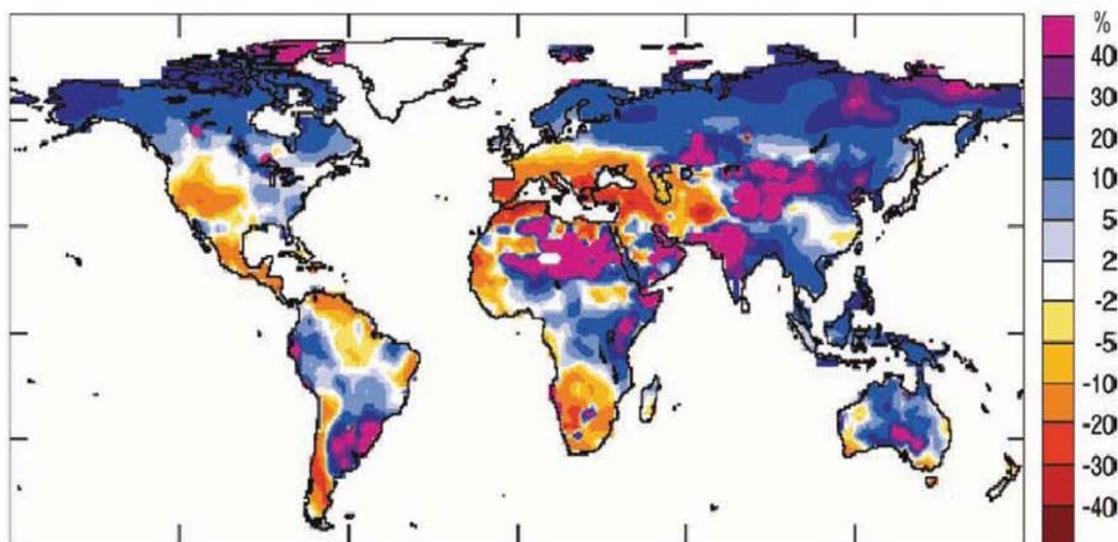


Рисунок 1 – Уменьшение речного стока в странах мира [2]

Кроме того, в условиях глобальных климатических изменений возрастают риски межгосударственного распределения водных ресурсов, особенно со странами, испытывающими острый дефицит воды (например, Центральная Азия). Проблемы лимитирования воды требуют координации усилий по выработке методов и финансовых вложений с учетом интересов использования водных ресурсов заинтересованными субъектами.

К разработке Концепции «Развитие комплексных мелиораций земель сельскохозяйственного назначения в России на период до 2030 года» необходимо привлечь научно-исследовательские учреждения Отделения сельскохозяйственных наук РАН мелиоративного профиля, другие учреждения, которые по заказу

Департамента мелиорации МСХ РФ подготовят проект этого документа и представят заказчику с последующим обсуждением его на совместном заседании научно-технического совета Депмелиоводхоза МСХ РФ с представителями Отделения сельскохозяйственных наук РАН. До представления Концепции в Правительство РФ она должна быть одобрена совместным заседанием Коллегии МСХ РФ и бюро Отделения сельскохозяйственных наук РАН. На все это потребуется время, поэтому чтобы не получилось наспех, работу над Концепцией надо начинать вовремя, без опозданий.



IPCC, 2007, Fourth Assessment Report, vol. 2, Chapter 3, p. 184 www.ipcc.ch, см. также Milly, P. C. D., K. A. Dunne and A. V. Vecchia, 2005: Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, 438, 347–350.

Рисунок 2 – Сводный прогноз изменений стока рек к 2050 году. Изменения в процентах годового стока рек к 2041-2060 гг. с уровня 1900-1970 [3]

Во исполнение рекомендаций ноябрьского (2018 г.) заседания Совета при Президенте по науке и образованию, для разработки программных подходов в решении масштабных задач и вызовов в этом году началось формирование научно-образовательных центров (НОЦ) как одного из мощных ресурсов пространственного, интеллектуального и технологического развития отраслей хозяйственной деятельности и экономики страны в целом. Такие центры, формируя системы сквозной научно-производственной кооперации, могут сыграть большую роль и стать важнейшей составляющей при осуществлении мелиоративных мероприятий, направленных на смягчение меняющихся климатических воздействий.

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации и в рамках национального проекта «Наука» [4, 5] поставлена задача коренного обновления приборно-лабораторной базы и полевого оборудования исследовательских организаций. Такое инфраструктурное обеспечение исследований мелиоративного направления камеральным, полевым и лабораторным оборудованием будет способствовать обеспечению поиска прорывных результатов, ориентации на выбор амбициозных целей и задач более глубоких исследований и разработок,

перехода к качественно новому уровню взаимодействия науки и реальной экономики. Этими обстоятельствами как ученым, так и специалистам мелиораторам надо воспользоваться.

Практика реализации действующей программы мелиорации показывает, что при разработке Концепции развития мелиораций на предстоящий период нужна новая модель, основанная на использовании наилучших теоретических и практических достижений отрасли. Институтами мелиоративного профиля России к настоящему времени заложены теоретические и методологические основы развития мелиорации в стране [6-9]. Ключевым механизмом и инструментом для ускоренного качественного освоения и высокопродуктивного использования вновь построенных, реконструированных и действующих оросительных систем может стать научный центр, созданный в форме компактной научно-технологической системы мелиоративного направления (Агротехнопарк). Он будет призван концентрировать ресурсы для решения наукоемких задач и реализации прорывных научно-технологических и инновационных проектов, а главное – вопросов подготовки кадров.

Такой подход позволит убедить сельскохозяйственных товаропроизводителей, компании, работающие в сфере АПК, в том, что научные знания являются вполне достойными для внедрения в производство и перевода их в рыночный продукт. Этому будет способствовать и работа, проводимая Минобрнауки РФ совместно с Минсельхозом России, направленная на реализацию комплексных планов научных исследований, создание сквозных технологий, что позволит привлечь крупный и средний бизнес в финансирование научных исследований. Созданные научные заделы, мировой и отечественный опыт станут основой для воспитания нового поколения ученых, специалистов АПК, расширят потенциал для разработки конкурентоспособных российских технологий, а также послужат изменению соотношения участия доли государства и бизнеса в увеличивающихся объемах финансирования исследовательских разработок: 30% – государственные средства, 70% – средства из реальной экономики.

Наличие отдельного национального проекта «Наука», который одновременно является составляющей всех других национальных проектов, дает основание для оптимизма в достижении целей и позволит молодым кадрам заниматься исследованиями не по наезженной колее, а непосредственно на новой материально-технической базе участвовать в решении больших задач.

Особенностью решения стоящих перед мелиоративной наукой вызовов является создание и использование технических средств, цифровых технологий, основное назначение которых связано с созданием благоприятных условий роста и развития биологических объектов с целью наиболее полной реализации потенциала их продуктивности без негативного влияния на сами растения, почву и окружающую среду. С учетом этих особенностей, значимости влияния мелиорации земель на объемы производства и устойчивость функционирования экономики АПК, а также высокой капиталоемкости мелиоративного фонда актуализируется решение вопроса о создании научно-исследовательского центра по комплексной мелиорации земель сельскохозяйственного назначения, защите поверхностных и грунтовых вод от загрязнения на уровне водосборных бассейнов.

Для работы в этом направлении необходимо в ближайшее время сосредоточить усилия ученых по профильным и смежным направлениям исследований, а также стимулировать привлечение руководителей и специалистов регионов, хозяйствующих субъектов и органов исполнительной и законодательной власти в сфере АПК.

Оптимизации использования земельных, водных и энергетических ресурсов, повышению безопасности и внедрению прорывных технологий, разработке технологий эксплуатации мелиоративных систем, включая очистку водохранилищ и мелиоративных сетей, создание машин и механизмов нового поколения будет способствовать и создание Федерального научного центра «Мелиорация и водное хозяйство АПК России» в первую очередь на базе ФГБНУ «Всероссийский НИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова» и ФГБНУ «Всероссийский НИИ орошаемого земледелия».

Объединение двух научных организаций в единый научный центр позволит:

- ❖ объединить усилия ведущих ученых – ветеранов мелиоративной отрасли и привлечь молодых исследователей для научного обоснования развития и территориального размещения мелиоративных объектов с учетом охраны окружающей среды и осуществления комплексных мелиораций до 2030 года, а также и на перспективу;

- ❖ обеспечить комплексный подход в проведении поисковых, фундаментальных и прикладных исследований путем создания творческих научных коллективов с привлечением молодых специалистов;

- ❖ создать необходимые условия для разработки и внедрения прорывных технологий строительства, реконструкции и технического перевооружения мелиоративных систем и инновационных технологий повышения продуктивности мелиорируемых земель;

- ❖ устранить дублирование научных исследований и широко использовать результаты научно-технической деятельности и объекты интеллектуальной собственности институтов.

Интеграция интеллектуальных и инфраструктурных ресурсов в рамках единого Федерального научного центра позволит получить новые знания о природных процессах, осуществить районирование способов полива, разработку новых методов и технологий по регулированию мелиоративных режимов для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур с соблюдением экологических ограничений, создание современных машин и механизмов для строительства и эксплуатации ресурсосберегающих мелиоративных систем.

Список используемых источников

1. О внесении изменений в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы. Постановление Правительства Российской Федерации от 13 декабря 2017 года № 1544 (с изменениями на 6 сентября 2018 года). [Электронный ресурс]. URL.: <http://docs.cntd.ru/document/556099836> (дата обращения 30.08.2019).

2. River discharge decrease [Электронный ресурс]. URL.: <http://www.ecoclimax.com/2010/06/river-discharge-decrease.html>

3. Bobylev S. Russia and climate change. Paris. 29 April, 2011. [Электронный ресурс]. URL.: <http://www.chaireeconomieduclimat.org/wp-content/uploads/2015/07/11-04-29-FLM-n29-Bobylev.pdf> (дата обращения 30.08.2019)
4. Государственная программа Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 29 марта 2019 г. № 377. [Электронный ресурс]. URL.: <http://static.government.ru/media/files/AAVpU2sDAvMQkIHV20ZJZc3MDqcTxt8x.pdf> (дата обращения 30.08.2019)
5. Национальный проект «Наука». Утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г. № 16. [Электронный ресурс]. URL.: <http://static.government.ru/media/files/vCAoi8zEXRVSuy2Yk7D8hvQbpbUSwO8y.pdf> (дата обращения 30.08.2019).
6. Мелихов, В.В. Научное обоснование и необходимость развитие мелиорации в агропромышленном комплексе Российской Федерации / В.В. Мелихов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 4 (32). – С. 77-79.
7. Кизяев, Б.М. Роль науки в обосновании и развитии мелиорации в России / Б.М. Кизяев, Л.В. Кирейчева, С.Д. Исаева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 2. – С. 26-31.
8. Щедрин, В.Н. Концептуальное обоснование разработки стратегии научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России / В.Н. Щедрин, Г.Т. Балакай, С.М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2016. – № 4 (24). – С. 1-21.
9. Дубенок, Н.Н. Эффективность использования водных ресурсов в орошаемом земледелии / Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин, А.А. Новиков, А.Г. Болотин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 3 (51). – С. 83-90.

УДК 631.412

СОДЕРЖАНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОДНО-ПОЧВЕННЫХ СИСТЕМАХ

А.Н. Николаенко

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Введение. Из всего многообразия элементов для мелиорации, почвоведения и растениеводства значительный интерес представляют те из них, которые принимают участие в важных биологических процессах и реакциях в растительных и живых организмах, и используются ими в незначительных количествах. К ним относятся такие элементы как цинк, медь, кобальт, молибден, марганец, бор и ряд других, биологическая роль которых в настоящее время еще надежно не идентифицирована. Микроэлементы с одной стороны являются катализаторами биосинтетических процессов в растительных и живых организмах, а с другой – могут быть потенциальными загрязнителями экосферы. Положительное или отрицательное воздействие микроэлемента на агроландшафт определяется величиной его содержания (концентрацией) в почве, поровом растворе или водном объекте. Изучение химического поведения микроэлементов и их воздействие на отдельные составляющие агроландшафта представляет, не только научный, но и практический интерес.

Целью настоящей работы является описание процессов трансформации микроэлементов в водно-почвенных системах на физико-химической основе.

В настоящее время имеется обширная литература по химии, геохимии, биохимии и токсикологии микроэлементов. Так из 90 элементов, содержащихся в земной коре на 9 элементов (алюминий, кальций, железо, магний, кислород, калий, кремний, титан, натрий) приходится 99 % ее массы. Около 80 элементов, содержание которых не превышает 0,14 % известны как микроэлементы, среди которых цинк, медь, марганец, кобальт, молибден и бор играют важную роль в питании растений и животных. В таблице 1 приведена распространенность этих элементов в различных геологических формациях.

Таблица 1 - Средняя распространенность микроэлементов различных геологических формациях, мг/кг [1]

Элемент	Почва	Земная кора	Отложения	Вода морей и океанов
Цинк	50	125	80	10^{-2}
Медь	20	75	57	$3 \cdot 10^{-3}$
Марганец	850	975	760	$2 \cdot 10^{-3}$
Кобальт	10	35	22	$5 \cdot 10^{-3}$
Молибден	2,5	2,3	2	-
Бор*	10	10	56	4.6

*Бор не является металлом, но играет важную роль в питании растений.

Микроэлементы в окружающей среде распределяются в результате первичного рассеивания (вулканическая деятельность) и вторичного (воздействие атмосферы). Третий процесс (третичное рассеивание) возник в результате человеческой деятельности, что привело к перераспределению микроэлементов и возникновению загрязнений. Можно отметить некоторые закономерности распределения в природе важных и второстепенных элементов. Обычно распределение важных элементов в растениях и животных стремится к нормальному, тогда как распределение второстепенных элементов отличается от него. Лайсбчер и Смес [2] отмечали эту закономерность для человека, а Тимпли [3] установил ее для растений.

Под нормальным распределением понимается такое, при котором график зависимости частоты появления элементов от распространенности будет представлять собой Гауссовскую кривую. В другом случае, график распределения будет иметь положительную или отрицательную асимметрию.

Принцип нормального распределения важных элементов заключается в том, что содержание этих элементов в органах растений зависит от внутренних процессов и стремится к постоянному значению, независимо от содержания этих элементов в окружающей среде. Содержание второстепенных элементов определяется внешними по отношению к организму процессами, в результате чего организм будет накапливать элементы пропорционально их содержания во внешней среде.

Тенденция живого организма накапливать второстепенные элементы особенно опасна при наличии загрязнений, т.к. уровень токсичности может быть достигнут очень быстро. В связи с этим, накопление второстепенных элементов - более опасный процесс по сравнению с накоплением важных элементов. В отличие от основных элементов, содержание которых в различных геологических формациях отличается не более чем в 2 раза, содержание микроэлементов в различных районах отличается значительно. Там, где важные примесные элементы содержатся в аномально высоких или аномально низких количествах, можно проследить их вредное воздействие на животных и растения.

В почвах содержание микроэлементов колеблется в зависимости от вида микроэлемента и фазы почвы. В таблице 2 приведены данные по вариации содержания микроэлементов в твердой, сорбированной и жидкой фазах почв. В последнем столбце таблицы приведены значения суммарных концентраций микроэлементов в поверхностном слое почвы, считающиеся предельными в отношении фито токсичности.

Таблица 2 - Интервалы содержания микроэлементов в различных фазах почв (данные разных авторов)

Микро-элемент	Содержание в фазах			ПДК (мг/кг)
	твердая (мг/кг)	сорбированная (мкг/г)	жидкая (мкг/л)	
Zn	17 - 192	16 - 70	4 - 270	350
Cu	2 - 100	0,064 - 64	3 - 135	80
Co	1 - 60	3 - 60	0,3 - 87	50
Mo	0,013 - 17	1 - 5 % от ПДК (отриц. адсорбц.)	1,9 - 7,7	8
Mn	10 - 9000	-	25 - 2200	2250

Значение **микроэлементов** для живого организма определяется тем, что они входят в состав ферментов, витаминов, гормонов и других физиологически активных соединений. Под влиянием микроэлементов увеличивается содержание хлорофилла в листьях, улучшается процесс фотосинтеза, усиливается ассимилирующая деятельность всего растения.

Хотя микроэлементы, в основном, наследуются от материнских пород, их распределение в почвенном профиле и между компонентами отражает действие различных почвообразующих факторов, а также вмешательство внешних процессов, например, сельскохозяйственной деятельности и антропогенных загрязнений. Судьба микроэлементов, мобилизованных при растворении минералов, зависит от свойств ионов и комплексов, образуемых в почвах. Они могут быть выщелочены, осаждены, включены в минералы, адсорбированы компонентами почвы или органическими веществами. Таким образом, разнообразные взаимодействия между твердой почвой, живым веществом и почвенным раствором управляют динамическим равновесием между компонентами почвы. При этом наблюдаются также значительные сезонные вариации таких важных переменных

как рН и потенциала E_n , которые также определяют концентрации микроэлементов в фазах почв. В 80-х годах были проведены некоторые исследования кинетики реакций в почвенных системах. Были описаны общие принципы, механизмы и модели химических процессов [4-6]. Химическое равновесие изучалось в разных типах почв. Некоторые математические модели для определенных почвенных условий приведены в работе [7]. Хотя о поведении микроэлементов в почвах опубликовано много статей, его химические аспекты еще недостаточно известны. Разнообразие ионных форм, образуемых микроэлементами, и их разная способность к образованию комплексных соединений с органическими и неорганическими лигандами дают возможность любому элементу переходить в раствор в достаточно широком диапазоне рН и E_n . Перенос растворенных микроэлементов может происходить через поровый раствор (диффузия) и вместе с движущимся почвенным раствором (конвекция). Катионнообменная емкость почв контролирует скорость миграции микроэлементов в профиле почв. Хотя изучения миграции микроэлементов в почвах посвящено много работ, полного понимания их круговорота и баланса не достигнуто. Обзор теоретических вопросов, связанных с переносом и аккумуляцией растворенных компонентов почв, приведен в работах [7, 8].

Это показывает, что избыточная фаза в ненасыщенном растворе при постоянной температуре обеспечивает постоянство произведения активности ионов. Таким образом, независимо от изменения состава и концентрации раствора за счет любых добавок посторонних растворимых веществ, L сохраняет свое постоянное значение, но при этом возможно изменение величин концентраций катионов и анионов C_k и C_a , а также коэффициентов активностей, рН гидрат образования. Раствор любой соли обладает определенной величиной рН, зависящей от равновесия гидролиза. Понижение рН за счет добавки посторонней кислоты обычно не приводит к каким-либо изменениям, связанным с образованием осадка. Но уменьшение кислотности, например, за счет добавки щелочи, вызывает увеличение рН до определенной величины, при которой начинается выделение осадка малорастворимой гидроокиси металла или его основной соли. Во многих практических случаях важно знать рН, при котором начинается образование осадка. Если произведение растворимости L вещества, могущего выпасть в осадок, известно достаточно точно, то можно рассчитать величину рН, при которой должен появиться осадок.

Рассмотрим случай, когда при повышении рН из раствора выпадает осадок гидроокиси. Для этого случая равновесие растворимости может быть в общем виде представлено следующим образом:



Здесь Me^{+Z_k} - катион металла валентности Z_k . Тогда для L можно записать следующее выражение:

$$L = a_{Me^{+Z_k}} \cdot a_{OH^-}^{Z_k}$$

Выразив a_{OH^-} через ионное произведение воды K_W и активность ионов водорода, получим:

$$a_{OH^-} = \frac{K_W}{a_H}$$

Подставив эту величину в выражение для L , найдем:

$$L = a_{Me^{+z_K}} \left(\frac{K_W}{a_H} \right)^{z_K}, \text{ откуда } a_H = \frac{K_W \cdot a_{Me^{+z_K}}^{\frac{1}{z_K}}}{L^{\frac{1}{z_K}}}, \text{ следовательно,}$$

$$pH = -\lg a_H = \frac{1}{z_K} \lg L - \lg K_W - \frac{1}{z_K} \lg a_{Me^{+z_K}} \quad (1)$$

Последнее выражение и может быть использовано для практических важных расчетов, так как связывает величину рН раствора с активностью насыщенного иона металла в таком растворе. Используя формулу (1), можно рассчитать равновесные концентрации металлов в растворах для рН, соответствующих поверхностным, грунтовым водам и поровым растворам почв. Наиболее часто встречающиеся значения рН укладываются в интервал 5,5 - 9,5. Необходимые для расчета значения произведения растворимости взяты из справочных данных, а расчетные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Равновесные концентрации некоторых микроэлементов в водных системах в зависимости от рН

рН	Микроэлементы, г-ион/л		
	Zn	Cu	Co
5,5	4,0	$2,2 \times 10^{-3}$	20,0
6,0	$4,0 \times 10^{-1}$	$2,2 \times 10^{-4}$	2,0
6,5	$4,0 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-1}$
7,0	$4,0 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-2}$
7,5	$4,0 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-3}$
8,0	$4,0 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-4}$
8,5	$4,0 \times 10^{-6}$	$2,2 \times 10^{-9}$	$2,0 \times 10^{-5}$
9,0	$4,0 \times 10^{-7}$	$2,2 \times 10^{-10}$	$2,0 \times 10^{-6}$
9,5	$4,0 \times 10^{-8}$	$2,2 \times 10^{-11}$	$2,0 \times 10^{-7}$

$$L_{Zn(OH)_2} = 4,0 \times 10^{-17} \quad L_{Cu(OH)_2} = 2,2 \times 10^{-20} \quad L_{Co(OH)_2} = 4,0 \times 10^{-14}$$

Из приведенного расчета видно, что рН раствора контролирует процесс гидрат образования и, следовательно, равновесную концентрацию металла в водном

растворе. Присутствие в растворе посторонних веществ, приводящих к изменению его ионной силы, также должно влиять на величину рН гидрат образования, поскольку при этом будет изменяться средний коэффициент активности.

Список использованных источников

1. Химия окружающей среды. – М.: Химия, 1982. - 672 с.
2. Liebscher R., Smith H. Trace Elements Speciation Analytical Methods and Problems // Arch. Environ. Hith., 17: 881 (1968).
3. Timperley M.H., Brooks R.R., Peterson P.J. Statistical Regularities Distribution of Important Elements in Plants // J. Appl. Ecol., 7: 4129 (1970), P. 429-439.
4. Sparks D.L. Kinetics of Reactions in Pure and Mixed Systems. In: Soil Physical Chemistry. CRC Press, Boca Raton, FL, 1986, 83.
5. Sposito J., Leclaire J.P. Methodologies to Predict the Mobility and Availability of Hazardous Metals in Sludge-amended Soils. University of California. Davis. 1984. 94.
6. Sposito G. Thermodynamics of the Soils Solution. In: Soil Physical Chemistry. CRC Press, Boca Raton, FL, 1986, 147.
7. Bolt G.H., Bruggenwert M.G.M. A Basic Element. Soil Chemistry. Amsterdam, 1976, 281.
8. Lag J., Steinnes E. Regional Distribution of Mercury in Humus Layers of Forest Soils. Acta Agric. Scand. 28, 393, 1978.

УДК 631.674: 635.25: 635.63

ВОДНОЕ И МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ОГУРЦА И ЛУКА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А.С. Овчинников, М.А. Акулинина, Т.Н. Сухова
ФГБОУ ВО ВолгГАУ, г. Волгоград, Россия

Основная часть Волгоградской области является зоной рискованного земледелия и входит в семиаридную зону, в которой отношение среднегодовой суммы осадков к потенциальной годовой испаряемости находится в пределах от 0,2 до 0,5. Для области характерны засухи, причем, в последние годы наблюдается тенденция к увеличению засушливых периодов.

Несмотря на непростые природные условия регион традиционно является крупным производителем овощей в стране. За десять лет валовый сбор овощей открытого грунта в Волгоградской области увеличился вдвое - с 5175, 0 тыс. ц в 2010 г. до 10332,2 тыс. ц в 2017 г. По этому показателю в 2017 году регион занял 2-е место среди субъектов Южного федерального округа, уступив лишь Астраханской области (рис.1).

По данным Волгоградстата [1] в общей структуре производства овощей открытого грунта в Волгоградской области огурцы занимают 6-место, уступая таким культурам как лук репчатый, помидоры, капуста, морковь и прочие овощи.

Посевная площадь огурцов открытого грунта в регионе за последние годы не увеличивалась и в 2016 г. составила 1772 га, что практически на уровне 2010г. – 1714 га (рис.2).

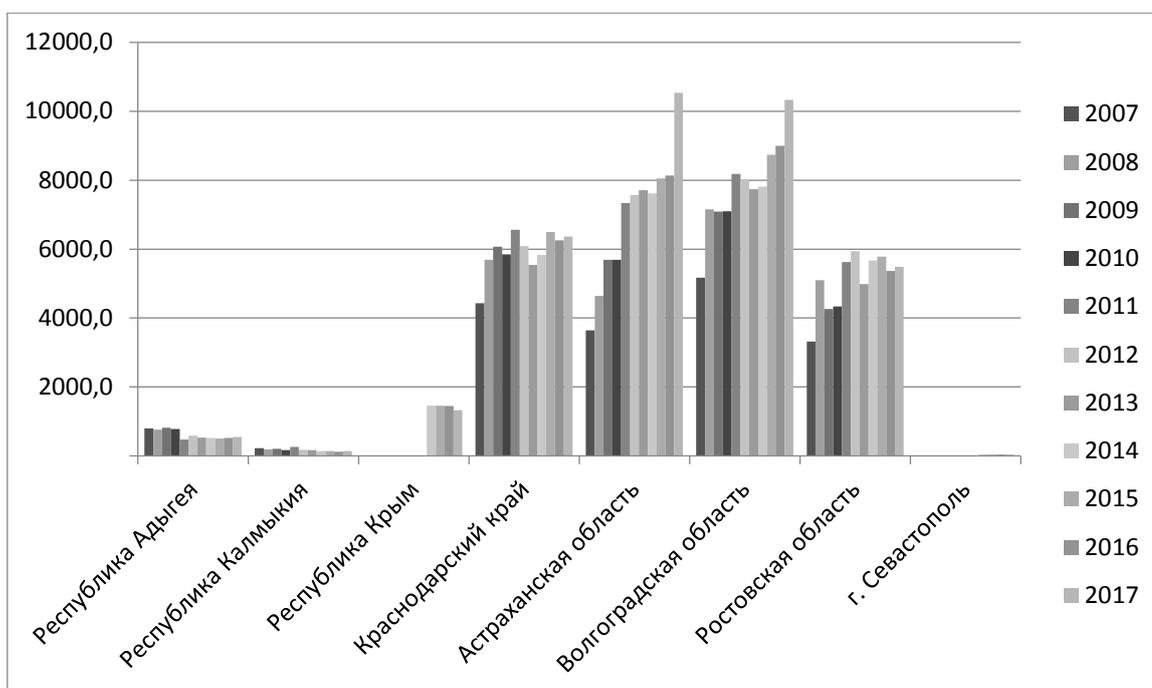


Рисунок 1 - Валовый сбор овощей открытого грунта в Южном федеральном округе, тыс. ц

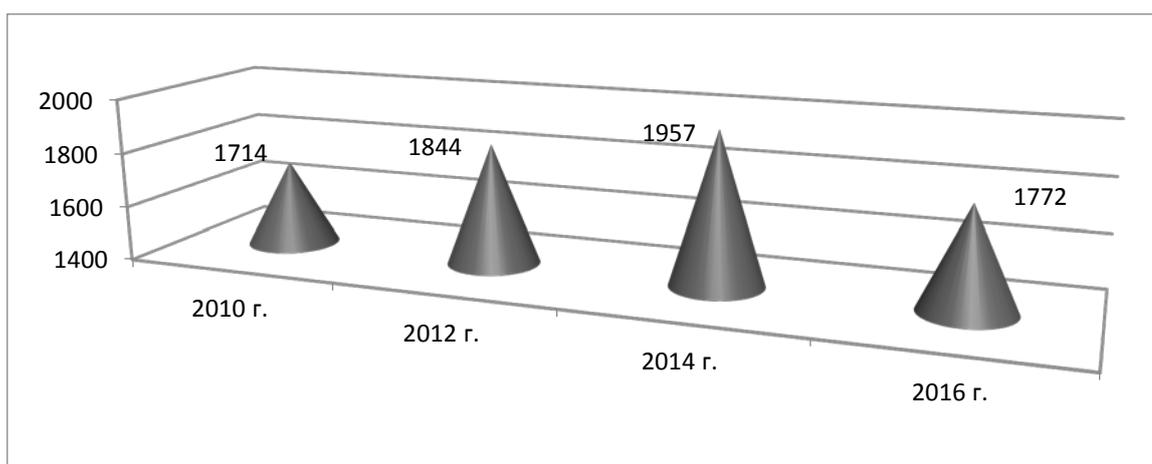


Рисунок 2 – Посевная площадь огурцов открытого грунта, га

В связи с этим, необходимо увеличивать посевные площади огурца, совершенствовать технологию возделывания данной культуры, повышать продуктивность посевов, при установлении закономерностей формирования урожая с оценкой его качества [2].

В настоящее время Россия входит в первую пятерку стран по площадям возделывания лука репчатого. Основное производство (83,5% посевных площадей и 80,1% валового сбора) сосредоточено в Южном, Приволжском и Центральном округах. Большая доля площадей (32,5%) – в Южном округе, а валовых сборов (34,0%) – в Приволжском [3].

Важнейшим условием эффективного ведения сельского хозяйства на Юге России, и, в частности, в Волгоградской области, является орошение. На современном этапе высокоэффективное использование орошаемых земель возможно

только при внедрении новой прогрессивной ресурсосберегающей техники и технологий полива [4].

На сегодняшний день увеличение урожайности выращиваемой культуры - это контролируемый процесс, которым возможно самостоятельно управлять. Высокая урожайность зависит от таких факторов, как: свойства почвы, оптимальной выбор сортов растений, уход за посевами, правильное применение технологий при возделывании культур.

Основные задачи исследований репчатого лука включали:

- обоснование формирования водного режима почвы;
- режимов капельно увлажняемого слоя почвы;
- изучение закономерностей роста, развития и формирования урожая лука в зависимости от изучаемых факторов;
- экономическая и экологическая оценка технологии капельного орошения;
- качество луковиц в зависимости от водного и минерального питания растений и способов подготовки почвы.

Исследования проводили в КФХ «Выборнова В.Д.» Ленинского района Волгоградской области. Опытные орошаемые участки расположены в подзоне светло-каштановых почв. Гранулометрический состав почв опытных участков средне- и легкосуглинистый. Плотность твердой фазы почвы в пределах слоя мощностью 1,0 м изменялась от 2,39 до 2,57 т/м³. В прямой зависимости от гранулометрического состава находились водно-физические свойства почвы. Влажность почвы при наименьшей влагоемкости изменялась от 25,9-24,8% в пахотном слое, до 21,3% от массы сухой почвы на глубине 1,0 м.

Установлено, что для поддержания дифференцированного порога предполивной влажности почвы в слое 0,3-0,4 м на уровне 80...70% НВ в условиях засушливой зоны региона Нижней Волги требуется проведение 14-16 поливов по 160 м³/га и до 8 поливов по 240 м³/га с использованием системы капельного орошения. На этих же вариантах получены наименьшие значения коэффициента водопотребления, которые составили 46,3-46,6 м³/т, что характеризует высокую эффективность капельного орошения лука при таком агротехническом обеспечении.

Средняя урожайность за годы исследований 106,2 т/га была получена на варианте, где система обработки почвы включала дискование стерни предшественника, отвальную зяблевую вспашку, покровное боронование и предпосевное фрезерование почвы с гелиоориентированным профилированием гряд и поддержании предполивного порога влажности почвы в первой половине вегетации (от посева семян до фазы образования 5-го листа) в слое 0,3 м на уровне 80% НВ, во второй половине (от фазы образования 5-го листа до технической спелости) – 70% НВ в слое 0,5 м (таблица 1).

На посевах огурца исследования проводили с 2011 года. Трехфакторная схема опытов включала в себя: три режима капельного орошения (фактор А) – 70, 80 и 90% НВ; три варианта дозы минеральных удобрений (фактор В) – рассчитанных на получение уровней урожайности 40, 60 и 80 т/га; изучение трех раннеспелых гибридов огурца (фактор С) - Маша F1, Меренга F1 и Герман F1,

характеризующихся высоким потенциалом продуктивности и качества плодов, устойчивостью к болезням и стрессовым факторам окружающей среды.

Таблица 1 - Показатели урожайности репчатого лука Манас F1 по вариантам опыта (2015-2017 гг.)

Сочетание факторов		Урожайность, т/га			
Система обработки почвы (фактор А)	Режим орошения (фактор В)	2015	2016	2017	Средняя
А1	В1	70,5	75,4	80,3	75,4
	В2	75,2	79,9	84,0	79,7
	В3	73,6	75,9	82,4	77,3
	В4	72,0	79,3	79,4	76,9
А2	В1	88,9	93,4	95,2	92,5
	В2	91,5	100,8	102,1	97,4
	В3	89,3	95,6	97,6	94,9
	В4	88,0	99,2	98,4	95,2
А3	В1	91,6	102,0	103,1	98,9
	В2	103,6	104,4	110,6	106,2
	В3	95,4	100,3	108,5	101,4
	В4	90,0	103,7	107,2	100,3
НСР ₀₅	по фактору А	1,52	0,52	0,51	-
	по фактору В	1,75	0,60	0,59	-
	взаимодействие факторов АВ	3,03	1,05	1,02	-

В период от посева до начала фазы цветения растений заданный предполивной порог влажности почвы поддерживался в слое – 0,3 м, а с фазы цветения до последнего сбора в слое – 0,5 м.

Удобрения при капельном поливе вносили в два этапа: основное внесение и с поливной водой. Для основного внесения удобрений применяли аммиачную селитру, нитроаммофоску, калий хлористый белый. Принимая во внимание схему расположения капельных линий, удобрения вносили ленточным способом в зону будущих рядов овощных культур. При разработке модели фертигации учитывали высокую корреляцию между нарастанием вегетативной массы и количеством потребляемых элементов питания растениями в течение вегетационного периода с учетом особенностей отдельных фаз вегетации. Оросительные поливы проводили при достижении запланированной предполивной влажности почвы. При совпадении графика орошения и фертигации подкормку осуществляли в конце поливного периода. Для внесения с поливной водой использовали только растворимые удобрения без вредных примесей, натрия и хлора: аммофос,

аммиачную и калийную селитру, сульфат калия и карбамид. После уборки предшествующей культуры (лук) проводили лушение стерни, вспашку с оборотом пласта, культивацию с боронованием.

Посев осуществляется вакуумной сеялкой точного высева фирмы Gaspardo. Схема посадки была 1,4 x 0,25 м с высевом 30 тыс. семян на 1 га.

Поддержание по вариантам опыта заданного уровня влажности почвы в сочетании с внесением минеральных удобрений обеспечило формирование статистически достоверного урожая на примере гибрида Герман F1 (табл.2).

Таким образом, при поддержании порога предполивной влажности почвы на уровне 80% НВ при внесении минеральных удобрений дозой N₁₆₅P₉₀K₇₀ урожай огурцов в 2015 году был максимальным и составил 83,1 т/га, что на 13,7 т/га больше в сравнении вариантом А1В3. Поддержание порога предполивной влажности почвы 90% НВ на варианте А3В3 и внесение N₁₆₅P₉₀K₇₀ обеспечило также получение статистически достоверного урожая огурцов, однако он был на 3,7 т/га меньше в сравнении аналогичными показателями на варианте А2В3. Аналогичные закономерности отмечены и по другим вариантам.

Таблица 2 - Продуктивность посевов огурца гибрида Герман F1

Уровень предполивной влажности почвы, % НВ	Доза внесения минеральных удобрений, кг.дв./га	Урожайность, т/га					Средняя
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015г.	
70	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	31,6	37,3	31,6	32,1	33,2	33,16
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	56,0	55,1	53,4	56,8	55,0	55,26
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	67,8	69,3	70,3	71,0	69,4	69,56
80	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	35,2	38,7	34,7	42,6	39,0	38,04
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	60,3	57,8	55,7	64,0	63,1	60,18
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	75,6	80,8	78,3	78,4	83,1	79,24
90	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	34,2	38,2	36,5	42,0	36,6	37,5
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	60,1	58,4	55,3	62,0	57,8	58,72
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	73,5	77,9	75,6	76,0	79,4	76,48
НСР ₀₅ для фактора уровень предполивной влажности почвы		1,83	1,43	1,54	1,65	1,61	
НСР ₀₅ для фактора уровень минерального питания		1,83	1,43	1,54	1,65	1,61	
НСР ₀₅ для частных средних		3,17	2,47	2,66	2,86	2,78	

При капельном орошении наблюдается созревание культур на 10-15 дней раньше обычного времени. Почвенно-климатические ресурсы Нижнего Поволжья в сочетании с регулированием водного режима почвы и уровня минерального питания обеспечивают возможность получения до 80 т/га и 106 т/га плодов огурца и лука, соответственно.

Список использованных источников

1. Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство Волгоградской области: статистическое обозрение - 2017 // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. - Волгоград: Волгоградстат, 2018. - 203 с.
2. Овчинников А.С., Акулинина М.А. Технология возделывания огурца при капельном орошении: монография. - Волгоград: ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ», 2019. - 252 с.
3. Бородычев В.В., Казаченко В.С. Режим орошения и продуктивность репчатого лука // Мелиорация и водное хозяйство. - 2011. - № 2. - С.31-33.
4. Бородычев В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур: научное издание. – Коломна: ФГБНУ ВНИИ «Радуга», 2009. – 241 с.

УДК 631.8

РАЗРАБОТКА СОСТАВА УДОБРИТЕЛЬНО-МЕЛИОРИРУЮЩЕЙ СМЕСИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВ

Т.Ю. Пуховская, В.Ю. Павлов

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Государственная политика в сельском хозяйстве на современном этапе направлена на восстановление деградированных земель. Федеральная целевая программа «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014-2017 годы и на период до 2020 года» нацелена на предотвращение выбытия из сельскохозяйственного оборота 5,55 млн. га сельскохозяйственных угодий и повышение их почвенного плодородия.

Мировая практика показывает, что проведение оросительных мероприятий может привести к негативным последствиям и снижению устойчивости агроэкологической системы и, как следствие, развитию деградационных почвенных процессов (дегумификация, вторичное засоление, потеря минеральных питательных веществ, переуплотнение, переувлажнение, заболачивание). Таким образом, развитие деградационных процессов приводит к недостаточно эффективному использованию природного потенциала на орошаемых землях. В настоящее время в неудовлетворительном состоянии находятся 23,876 тыс. га орошаемых земель. Значительная часть ранее орошаемых земель вышла из сельскохозяйственного оборота, в ряде случаев из-за снижения плодородия почв.

Интегральным показателем деградации почв следует считать дефицит энергии в почве, который приводит к потере ее продуктивности. Для восстановления энергетической функции орошаемых деградированных почв необходим комплексный подход, направленный в первую очередь на восстановление и расширенное воспроизводство гумуса, как основной составляющей энергетического потенциала почв, восполнение запасов элементов минерального питания, формирование устойчивой саморегулируемой системы.

В условиях орошения восстановление энергетического потенциала деградированной почвы реализуется дополнительным внесением антропогенной энергии в виде удобрительно-мелиорирующих смесей, сочетающих в своем составе

органические и минеральные компоненты, повышающие вещественно-энергетический потенциал почвы и стимулирующие гумусообразование.

Перспективность разработки и применения многокомпонентных удобрительных смесей заключается в комплексном влиянии на показатели почвенного плодородия. Для комплексного восстановления почвенного плодородия орошаемых деградированных почв состав удобрительно-мелиорирующей смеси должен соответствовать следующим условиям:

- состоять из доступных органических и минеральных компонентов;
- восстанавливать естественную почвенную микрофлору;
- увеличивать содержание органического вещества;
- стимулировать естественные процессы гумусообразования;
- восстанавливать потери минеральных веществ;
- оптимизировать кислотно-щелочной режим почвы;
- оптимизировать гранулометрический состав и снижать плотность почвы;
- формировать устойчивую саморегулируемую систему;
- соответствовать требованиям ГОСТ Р 50611-93 «Удобрение комплексное органоминеральное».

Алгоритм подбора компонентов удобрительно-мелиорирующей смеси на основе агрохимических показателей для восстановления орошаемых деградированных почв состоит из нескольких этапов (рис. 1).

На первом этапе проводится анализ и дается оценка состояния агрохимических показателей орошаемой почвы, определяющих ее плодородие и подвергающихся деградационным изменениям в условиях орошения. Анализируется гумусовое состояние почв, содержание основных элементов питания и кислотно-щелочной режим. Полученная аналитическая информация оценивается путем сравнения отклонения фактических значений изучаемых параметров от оптимальных. Для осуществления эффективного управления плодородием почв проводят оценку полученных результатов анализа агрохимических показателей с учетом предельно допустимых (ПДП) и оптимальных параметров (ОП) основных почв. Почвенные характеристики представлены согласно исследованиям [1], в качестве предельно допустимых параметров выбрана средняя степень деградации почв (таблица 1).

На втором этапе с учетом результатов оценки почвенного состояния разрабатываются требования к удобрительно-мелиорирующей смеси и подбираются компоненты смеси. При снижении почвенных показателей до предельно допустимого уровня в состав УМС вводят соответствующие компоненты в зависимости от выявленных факторов неблагополучия.

Восстановление содержания гумуса в орошаемых почвах при снижении его содержания ниже предельно допустимого уровня реализуется введением в УМС органической составляющей.



Рисунок - Алгоритм подбора компонентов удобрительно-мелиорирующей смеси на основе агрохимических показателей

Традиционно агроameliorативные приемы, направленные на повышение содержания гумуса в почвах, основаны на внесении значительных доз органических удобрений в виде навоза. Однако проведенный ВНИПТИОУ анализ показал, что даже при полной мобилизации всех ресурсов навоза и помета потребность пашни в органических удобрениях может быть удовлетворена лишь на 17...20%. В условиях недостатка традиционных органических удобрений дешевыми исходными источниками органического вещества в нашей стране могут служить солома, сидераты, осадки сточных вод, отдельные виды бытовых и промышленных органических отходов, а также значительные запасы торфа и сапропеля, использование которых осуществляется с учетом их особенностей. Применение торфа, несмотря на высокое содержание органического вещества (до 98%) ограничивается долгим сроком его минерализации. В торфе мало растворимых форм азота и легкодоступных органических веществ [2]. Кроме того, применение высоких доз торфа приводит к повышению почвенной кислотности. Для составления УМС или использования торфа на удобрение может быть использован торф с рН выше 5,5, степень разложения не менее 40...50%. Торф, у которого рН солевой вытяжки ниже 5,0 непригоден для удобрения в чистом виде, перед при-

менением его необходимо компостировать с навозом, известью, золой или фосфоритной мукой. В качестве известковых удобрений рекомендуется применять доломитовую муку. Количество извести устанавливается по 0,8 гидролитической кислотности торфа. При влажности торфа 60...70% известь составляет 1...3% от его массы.

Таблица 1 – Предельно-допустимые и оптимальные параметры почв

Почвы	Гумус, %;		Сг.к : Сф.к		Подвижный фосфор, мг/кг		Обменный калий, мг/кг	
	ОП	ПДП	ОП	ПДП	ОП	ПДП	ОП	ПДП
Чернозем выщелоченный								
тяжелосуглинистый	5,0-6,0	4,0-4,5	1,5-2,0	1,2-1,3	150-200	75-100	90-120	40
легкосуглинистый	4,0-4,5	3,0-3,5	1,5-2,0	1,2-1,3	100-150	70-80	80-100	30
Чернозем типичный								
тяжелосуглинистый	7-10	6,0-6,5	1,9-2,5	1,5-1,7	200	100-120	130	100
легкосуглинистый	7,0-9,0	5,5-6,0	1,9-2,5	1,5-1,7	160	80-110	130	100
Чернозем обыкновенный								
тяжелосуглинистый	6,0-7,0	5,0-5,5	1,95-2,1	1,75-1,85	150	80-100	110	90
легкосуглинистый	5,6-6,0	4,5-5,0	1,95-2,1	1,75-1,85	110-130	75-90	85-95	65-75
Чернозем южный								
тяжелосуглинистый	4,5-5,0	3,0-3,5	1,55-1,6	1,45-1,5	100	75-85	100	80
легкосуглинистый	3,8-4,5	2,4-3,0	1,55-1,6	1,45-1,5	85	64-72	90	70
Каштановая почва								
тяжелосуглинистая	3,7-4,0	3,0-3,4	1,0	0,8-0,9	50	30-40	400-600	200-300
Светло-каштановая почва								
	2,0-2,5	1,0-1,5	1,0	0,6-0,8	40-45	20-30	350-500	150-250

Доступным и еще недостаточно широко используемым источником органического вещества для составления удобрительно-мелиорирующих смесей в нашей стране являются сапропели - тонкоструктурные коллоидальные отложения пресноводных водоемов, доля органического вещества в которых доходит до 70%, а гуминовые вещества, которые формируют почвенное плодородие, могут составлять до 30% от сухого вещества [2]. Состав и структура сапропелей

позволяет использовать их для воспроизводства почвенного плодородия, особенно, на деградированных почвах и почвах легкого гранулометрического состава. Характерная особенность сапропелей – постепенная и длительная минерализация органического вещества, что делает его пролонгированным удобрением.

Согласно ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 для использования в сельскохозяйственной практике пригодны отходы, содержащие более 20% органического вещества и не менее 0,6% общего азота. Применение активного ила в качестве удобрений обосновано его составом – в сухом веществе содержится до 90% органических соединений и до 10% минеральных веществ, однако на активный ил сорбируются тяжелые металлы, что является ограничением для использования в качестве удобрений.

В качестве органического удобрения и компонента УМС могут быть использованы компосты, солома зерновых культур. С каждой тонной измельченной соломы, стерни и корней вносится до 800 кг органического вещества, 15 кг азота, 8 кг фосфора, 30 кг калия, микроэлементы. Солому следует измельчать и компостировать с добавлением азотных удобрений из расчета до 15 кг азота на каждую тонну соломы. При заданных благоприятных условиях по воздействию на урожайность сельскохозяйственных культур солома не уступает навозу и компостам. За счет ее запашки можно компенсировать до 20% потребности в органических удобрениях.

Снижение содержания минеральных веществ ниже предельно допустимого уровня компенсируется добавлением минеральных удобрений в состав УМС.

Если оценка мелиоративного состояния земель выявила наличие таких негативных процессов как осолонцевание, ощелачивание, дефицит кальция в почвенном поглощающем комплексе (ППК), то они нуждаются в химической мелиорации и добавления в УМС мелиоранта [3]. Глиногипс, гипс и глауконит имеют реакцию рН близкую к нейтральной, поэтому их рекомендуется применять на почвах с нейтральным типом засоления (не щелочных). Физиологически кислые мелиоранты (фосфогипс, минеральные кислоты, терриконовая порода, электролит травления стали) применяют при улучшении почв щелочного типа, нейтрализуя щелочность и вовлекая в обменные процессы труднорастворимые кальциевые соли [4]. При необходимости проведения известкования почв в состав УМС добавляются известковые материалы. Потребность почвы в известковании с достаточной для практических целей точностью может быть определена по обменной кислотности (рН солевой вытяжки). При значении рН солевой вытяжки 4,5 и ниже потребность в известковании сильная, 4,6-5 – средняя, 5,1-5,5 – слабая и при рН больше 5,5 – отсутствует.

Известковые удобрения в составе УМС вводятся в состав УМС в качестве мелиорирующего компонента, а также для нейтрализации других кислых составляющих смеси, например, торфа. Количество извести устанавливается по 0,8 гидролитической кислотности торфа.

На третьем этапе проводится подбор соотношений компонентов смеси для оказания комплексного воздействия на деградированные орошаемые почвы. Количество и соотношение питательных веществ в органической и минеральной формах зависят от вида и количества первоначальных компонентов, входящих в

состав смеси. При приготовлении УМС подбирают такие соотношения компонентов, чтобы получился продукт, отвечающий технологическим и экологическим требованиям, а именно: содержание влаги не должно превышать 30%, мелиорирующая основа более 20%, масса органического вещества не менее 40%, количество питательных веществ не менее 5% и при полном отсутствии токсичных элементов [5].

Технология приготовления УМС определяется компонентами, входящими в ее состав. Компоненты могут быть перемешаны в соответствии с подготовленной рецептурой или подвергаться предварительной подготовке – промораживание сапропеля для улучшения его физических свойств, раскисление торфа, гидролизного лигнина известкующими материалами или обработка его гидроксидом калия.

В основу приготовления удобрительно-мелиорирующих смесей может быть положен принцип компостирования, особенно если в состав УМС включены микробные препараты, например, ЭМ-культура или трудно разлагаемые органические составляющие (солома, органические отходы производства). Компостирование проводится при определенных условиях: влажность (70...78%), кислотность (рН 6,8-7,2), соотношение углерода и азота (20...30), плотность смеси, равномерность смешивания, температура окружающей среды (более 10°C), аэрация, минеральные добавки.

Доза внесения УМС рассчитывается по традиционным методикам на создание бездефицитного баланса гумуса, в соответствии с потребностями культуры, под которую она вносится в элементах питания и с учетом агрохимических показателей почвы.

Разработанное по представленной методике УМС «Сапросил», состоит из сапропеля, торфа, минеральных удобрений 5-6,5% действующего вещества NPK, в качестве доступного источника кремния добавлен Аэросил. Для активации гуминовых кислот в УМС сапрпель обрабатывается пероксидом водорода в расчете на сухую массу в соотношении 10:1 [6].

При применении УМС Сапросил на основе сапропеля и торфа происходит комплексное воздействие на деградированные земли. Применение многокомпонентного УМС направлено на увеличение запаса органического вещества в почве, повышение ее потенциальной энергии. Благодаря своему составу многокомпонентное органоминеральное удобрение обеспечивает целенаправленное регулирование почвенных процессов гумусообразования и снижение барьера для трансформации гуминовых веществ сапропеля в гумус почвы.

Изучение эффективности применения УМС проводилось на мелиоративной системе «Тинки-2» в Рязанской области. Опыты были заложены в 2014 г. В опыте с внесением УМС в первый год возделывался яровой ячмень сорта «Криничный», прибавка урожайности к контролю составила 0,87 т/га или 59,2%. Через три года после внесения Сапросила в 2016 г. отмечена прибавка урожая зеленой массы овса по сравнению с контролем, существенная для всех вариантов с внесением удобрений, достигающая 12,0 т/га. Прибавка урожая зерна овса по сравнению с вариантом контроль также является существенной и составляет 0,43

т/га, что подтверждает пролонгированный характер удобрений на основе сапропеля [7-9].

Применение органоминеральных удобрений направлено на увеличение запаса органического вещества в почве, повышение ее потенциальной энергии. Через год после внесения этого органоминерального удобрения отмечено повышение по сравнению с контролем содержания органического вещества в почве почти в два раза (9,6% - контроль, 19% - УМС).

Отмечено протекторное действие УМС по отношению к тяжелым металлам - цинку, хрому и марганцу [10]. Установлено, что применение нового удобрительного мелиоранта на основе сапропеля, повышает плодородие деградированных почв, увеличивает продуктивность сельскохозяйственных культур и носит пролонгированный характер.

Применение удобрительных смесей, совмещающих достоинства минеральных и органических удобрений, содержащих в своем составе помимо органического вещества и основных макроэлементов - азота, фосфора и калия, микроэлементы, гуминовые и биологически активные вещества, мелиоранты оказывает комплексное влияние на плодородие почвы, рост и развитие растений, является эффективным приемом увеличения запасов органического вещества в почве, обеспечивая увеличение запасов потенциальной энергии в ней, что реализуется в повышении почвенного плодородия.

Список использованных источников

1. Лентяева Е.А., Кирейчева Л.В., Безбородов Ю.Г. К вопросу оценки степени деградации зонально-провинциальных почв // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: сборник материалов Международной научно-практической конференции (Костяковские чтения), том I / ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»; Москва, 29 – 30 марта 2016 г. – М.: Изд. ВНИИА, 2016. – С. 306-315.

2. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Прокопенко В.В. Удобрения, почвенные грунты и регуляторы роста растений. - Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. - 404 с.

3. Шалашова О.Ю. Повышение плодородия черноземов обыкновенных деградированных при использовании удобрительно-мелиорирующих средств // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. - № 3(07). - С. 65-77

4. Методические указания по выбору комплекса мероприятий, сохраняющих и восстанавливающих почвенное плодородие земель при циклическом орошении сельскохозяйственных культур в Ростовской области. - Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ», 2012. - 20 с.

5. Долина Е.В., Юркова Р.Е., Шалашова О.Ю. Приемы воспроизводства плодородия орошаемых земель на базе местных сырьевых ресурсов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сборник научных трудов ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2009. – Вып. 41. – С. 54–61.

6. Вазыхов И.Т., Кирейчева Л.В., Пуховская Т.Ю., Павлов В.Ю. Многокомпонентное органоминеральное удобрение // Патент РФ №2566684, МПК С 05 F 7/00 (2006.01).

7. Евсенкин К.Н., Кирейчева Л.В., Яшин В.М., Перегудов С.В., Нефедов А.В., Иванникова Н.А. Изучение влияния нового органоминерального удобрения на плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: сборник материалов Международной научно-практической конференции (Костяковские чтения), том I / ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»; Москва, 29 – 30 марта 2016 г. – М.: Изд. ВНИИА, 2016. – С. 198-203.

8. Пуховская Т.Ю., Павлов В. Ю. Удобрительно-мелиорирующая смесь на торфо-сапропелевой основе // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства в России: материалы Международной конференции. - М.: Изд-во ВНИИА, 2013. - С. 78-81.

9. Пуховская Т.Ю., Павлов В.Ю. Органо-минеральные удобрения – перспективное направление в развитии технологий управления мелиоративным режимом агроландшафтов // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: материалы Юбилейной международной научной конференции (Костяковские чтения). - М.: Изд. ВНИИА, 2014. - С.142-146.

10. Пуховская Т.Ю., Павлов В.Ю. Обоснование применения органоминерального удобрения Сапросил на городских почвах // Агрохимический вестник. – 2018. -№3. -С. 19-21.

УДК 634.42: 631.6

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНО-СОЛЕВОГО И ТЕПЛООВОГО РЕЖИМОВ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

К.А. Сейтказиева, С.Ж. Салыбаев, К.Б. Абдешов, Р.А. Байсалбаева

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Решение проблемы мелиоративного освоения засоленных земель выдвинуло необходимость всестороннего познания почвы на новом качественном уровне. Существующие традиционные приемы обработки почвы в основном предполагают преобразование только пахотного горизонта, не влияя в значительной мере на подпахотный слой. Однако при освоении солонцов на основе специальных мелиоративных приемов глубина механической обработки значительно возрастает, независимо от применения различных технологических схем обработки почвы, будь то ярусная вспашка, плантаж или глубокое рыхление, задачей которых является преобразование именно подпахотного иллювиального горизонта. Многочисленные исследования в нашей стране и за рубежом свидетельствуют о значительном влиянии глубоких мелиоративных обработок на климат почвы, который складывается из теплового, водного и воздушного режимов. Ими определяется характер и направление совершающихся в почве процессов. Если с позиции улучшения плодородия солонцовых почв предлагаемые приемы оправданы, то на вопрос об их влиянии на зональные почвы однозначно ответить без всестороннего изучения невозможно. Вопрос же этот неизбежно возникает, так как одной из особенностей солонцов является комплексность залегания, причем доля их распространения на осваиваемом массиве изменяется в широких пределах. Естественно, в этих условиях апробированные приемы регулирования водного, воздушного, теплового режимов нуждаются в пересмотре и корректировке сообразно новым требованиям.

Обоснованность применения глубоких мелиоративных обработок при освоении солонцов диктуется тем, что сами по себе отрицательные химические свойства солонцовых почв, в частности, высокое содержание натрия и магния еще не являются показателем невозможности получения урожая на солонцах. Более важную роль здесь играют отрицательные водно-воздушные свойства солонцовых почв, которые в основном зависят от плотности сложения почвы.

Плотность почвы является наиболее важной физической характеристикой в этой связи, как в нашей стране, так и за рубежом, вся система обработки рассматривается с точки зрения регулирования плотности почвы под сельхозкультурами.

Другая причина, обусловившая постановку данного опыта, малая изученность безотвальной обработки солонцов на глубину более 40 см в условиях Жамбылской области. В нашем случае рыхление производится глубокими рыхлителями РГ-0,5 и РГ-0,8, где глубина обработки зависит от конкретных почвенных условий и не влияет на качество разработки солонцового слоя в такой мере, как при использовании рыхлителей в виде ножа-стойки. Соответственно, изменяется при этом технология проведения рыхления, глубина и периодичность обработки, сочетание ее с другими видами обработок, сроки проведения и экономическая эффективность [1-3].

Проведение работ намечается в 2-х направлениях: лабораторные исследования водно-физических свойств почв солонцовых комплексных земель, динамики почвенной влаги при различных показателях плотности почвы; полевые производственные опыты в хозяйствах Жамбылской области с целью разработки технологии глубокого рыхления засоленных почв.

Агрохимические характеристики: содержание гумуса; валовое содержание азота, фосфора, калия; емкость поглощения; поглощенные основания; водная вытяжка. В настоящее время установлена география распространения засоленных почв, изучены составы солей в зависимости от факторов почвообразования, геохимических и гидрологических условий, технологии режимов орошения. Разработаны ресурсосберегающие направления мелиорации засоленных почв: промывки, дренаж, глубокое рыхление, влияние сорбентов, химической и фитомелиорации земель. На современном этапе актуальность приобретают более экономичные технологии управления массопереносом, воды и солей в почвах орошаемых земель при мелиоративных и эксплуатационных режимах их увлажнения. Для решения этой проблемы целесообразна разработка комплекса физико-математических задач, которые дадут описание законов их движения и распределения в корнеобитаемом слое почвогрунтов, количественную оценку содержания солей в почве.

При орошении земель в аридной зоне одним из обязательных элементов поддержания водно-солевого и теплового балансов является промывка почвы. В настоящее время для различных почв рассчитаны и рекомендованы промывные нормы. Однако, эти расчеты базируются главным образом на экспериментальных данных. Для повышения эффективности промывки, а также экономии поливной воды необходимо исследовать механизм рассоления почвы при их промывании.

Водные мелиорации включают в производственный процесс такие важнейшие компоненты экосистемы, как почва, вода и растения, тесно связанные с потоками воды, энергии и веществ. Деграляция почв, разрушение природных ландшафтов, снижение продуктивности мелиорируемых земель, истощение и загрязнение водных экосистем выдвигают экологические аспекты развития водных мелиораций в ряд приоритетных задач.

На основе данных по почвенно-экологическим условиям сероземно-луговых засоленных почв, возникает необходимость регулирования водного режима корнеобитаемого слоя, как главного фактора влаго- и солепереноса зоны аэрации почвогрунтов.

Современные достижения новой технологии в экологии, экономической биоэнергетики и агроэкосистемы позволяют на основе системного изучения эколого-мелиоративных характеристик растений, разработать методы полноценного количественного прогноза продуктивности по заданным экологическим факторам [1; 2].

Основной задачей промывки засоленных почв является рассоление корнеобитаемого слоя минимальными количеством воды. Промывка почв излишней промывной нормой может снизить их плодородие и ухудшить мелиоративно-экологическое состояние изучаемого массива орошения.

Для исследования водно-солевого и теплового режимов почвогрунтов при освоении засоленных и подверженных засолению орошаемых земель и предупреждения их от вторичного засоления необходим правильный выбор режима и техники орошения сельскохозяйственных культур и комплекса агротехнических мероприятий.

Для обоснования промывных норм необходимо учитывать следующие зависимости: качество оросительной воды, особенности выращиваемой культуры, число поливов, равномерность распределения воды при поливе, водопроницаемость почвенного слоя и дренированность изучаемого массива орошения.

Основными методами исследования водно-солевого и теплового режимов являются воздействия на уровень грунтовых вод различными мероприятиями (орошение, промывка, рыхление почв на фоне дренажа). На формирование водно-солевого, теплового и пищевого режимов в расчетном слое почвогрунта непосредственно влияют водно-физические и физико-химические процессы. Это обусловлено тем, что в результате орошения и промывки с применением дренажа резко изменяются условия формирования приходных и расходных элементов водно-солевого и теплового балансов, запасов солей, скорости инфильтрации, изменения передвижения влаги, испарения, оттока грунтовых вод и другие. Применение комплекса эколого-мелиоративных мероприятий позволило вытеснить выщелачиваемые токсичные соли из расчетного слоя.

Для улучшения экологического состояния земель и эффективного использования водных ресурсов в орошаемых зонах, а также с учетом гидротермического режима почвы можно установить суммарное водопотребление с минимальными затратами воды для обеспечения промывки почвогрунта по следующим формулам [1; 2].

$$N_H = 100H \cdot \gamma \cdot \beta_{HB}, \quad (1)$$

$$N_B = N_T \exp\left(-g \cdot \bar{R}\right), \quad (2)$$

Сложив формулы (1) и (2) получим:

$$N_{об} = 100H\gamma \cdot \beta_{НВ} + N_T \exp\left(-g \cdot \bar{R}\right), \quad (3)$$

где: $N_{об}$ – общие промывные нормы, м³/га; H - расчетный слой почвы, м; N_H - насыщение воды, м³/га; γ - плотность почвы; т/м³; N_T - теплые воды для промывки, м³/га; $\beta_{НВ}$ – наименьшая влагоемкость почвы, %; N_B - нормы промывки для вытеснения солей из расчетного слоя, м³/га; g – интенсивность испарения в долях; \bar{R} - изменение показателя гидротермического режима под влиянием орошения или промывных норм [1-3]:

$$\bar{R} = R / [L(O_c + N_p)], \quad (4)$$

N_p – разовая норма промывки в зависимости от механического состава почвогрунтов, м³/га.

Перед вспашкой поля в почву вносили фосфогипс (3...5 т/га) в сочетании с органическими удобрениями (15...20 т/га). Вспашку поля производили на глубину 30...35 см плантажным плугом (ППН-40). Для обработки уплотненных слоев почвы проводили рыхление на глубину 60...70 см с использованием рыхлителя РН-80Б. Планировка поля производилась длиннобазовым планировщиком П-2,8.

Устройство валиков промываемых чеков высотой 35...40 см проводилось с помощью валикоделателей КЗУ-0,3Д и нарезка временных оросителей осуществлялась канавокопателем КЗУ-0,3 с использованием ДТ-75; нарезка временного дренажа глубиной 1...1,2 м - канавокопателем (МК-16). К-701.

Промывка велась круглосуточно без перерывов. Для обеспечения эффективности промывки промываемые участки разбивались на чеки. Размер чеков зависел от уклона спланированного поля, свойств почвы и коэффициента фильтрации почвогрунтов. Площадь чеков изменялась от 0,125 до 1,0 га. Временные дрены нарезались с междренним расстоянием от 25 до 50 м. Групповые временные дрены устраивались на расстоянии 200...300 м. Чеки заполнялись водой до создания слоя 10...12 см.

Промывку начинали с середины междренья и двигались к дренам. Вода из временного оросителя подавалась самостоятельно в каждый чек. Интервал между двумя разовыми поливами определялся в зависимости от разовой нормы (1000... 2000 м³/га), размера чеков (0,125...0,5 га), типа почвы. Для легких суглинистых - 3...4 дня; для средне суглинистых - 5...6 дней и для тяжелой суглинистой почвы - 7...8 дней [3-5].

Результаты исследований по изучению механизма переноса солей в условиях левобережного Галасского массива и апробация технологических схем промывки с учетом скорости инфильтрационного потока с применением постоянного дренажа на фоне временного приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Определение промывной нормы для метрового слоя почв

Тип почвы по гранулометрическому составу	Плотность почвы γ , т/м ³	Наименьшая влагоемкость $\beta_{нв}$, %	Нормы насыщения N_n , м ³ /га.	Разовые промывные нормы N_p , м ³ /га
1	2	3	4	5
Легкие	1.39	18	2500	1000
Средние	1.45	24	3500	1500
Тяжелые	1.52	26	4000	2000

Продолжений таблицы 1

Количество осадков O_c , м ³ /га	Суммы температуры T , С ⁰	Интенсивность испарения в долях g	Гидротермический коэффициент, R	Теплые воды для промывки N_t , м ³ /га	Общие промывные нормы $N_{об}$, м ³ /га
6	7	8	9	10	11
210	2700	0.12	0.49	3000	5325
220	2900	0.15	0.36	4900	8123
250	3100	0.18	0.29	6000	9714

Практика показывает: вспашка с рыхлением сокращает промывной период, по сравнению с обычным способом, соответственно, в 2,5...3,0 раза и сохраняет плодородие почвы от выноса всяких минеральных и органических веществ. А также, способствует увеличению скорости движения растворимых концентраций вредных солей в расчетном слое почвы [4; 5].

При этом сохраняется плодородие почвы, улучшаются водно-физические свойства почв. Следовательно, для регулирования водно-солевого и пищевого режимов при сохранении и восстановлении плодородия почв, наиболее эффективным и деятельным средством является глубокое рыхление почв на неблагоприятных землях.

Для восстановления плодородия почв, особенно на засоленных почвах. важное значение имеет биологическая мелиорация с помощью солевыносливых растений, среди которых наилучшими культурами является донник. Запашка надземной массы и корневой системы способствует снижению солонцеватости почв. Мощной корневой системой донник извлекает из глубоких слоев почвы кальций, что способствует после запашки и минерализации его органической массы высвобождавшийся кальций, попадая в почву, вытесняет натрий из почвенного поглощающего комплекса.

Для получения положительного эффекта после глубокого рыхления необходимо вносить органическое удобрение в жидком виде, потому что глубокие слои бедны азотом, количество которого в 1.5...3 раза меньше, чем других питательных веществ. Вынос солей из почвогрунтов при поливе теплой водой представлены в таблице 1.

Анализ водно-солевого и теплового балансов орошаемых земель показывает, что при существующей технологии мелиоративных мероприятий

оптимального опреснения почв трудно достичь необходимого уровня порога токсичности. Поэтому нужны более совершенные приемы мелиорации на основе новых технических и технологических средств.

Результаты исследования заключаются в определении особенностей изучаемых ландшафтов, типы почв которых относятся к сероземно-луговым и сероватым, солонцеватым, солончаковатым. Для изучения водно-солевого и теплового режимов почв использованы дифференциальные формулы переноса солей и влаги, на основе этой формулы установлены оптимальные промывные нормы для засоленных почв [1-5].

В настоящее время в мелиорации почв имеются следующие важные вопросы, которые считаются еще нерешенными и требуют специального исследования для обоснования их значений: определение значений испарения с поверхности грунтовых вод, прогноз солевого режима в поливной период, установление значений критического залегания уровня грунтовых вод.

Список использованных источников

1. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. - М.: Колос. 1978. - 288 с.
2. Сейтказиев А.С., Кудайбергенова И.Р., Сейтказиева К.А. Оптимальное решение гидрохимического режима засоленных почв // Издәністер, нәтижелер – Исследования, результаты. – 2018. - №2(78). – С. 322-327. – Алматы. - ISSN 2304-334-02.
3. Seitkazyev Adeubai, Shilibek Kenzhegali, Salybaiev Satipalde, Seitkazyeva Karlygash. The Research of the Ground Water Supply Process on Irrigated Soils at Various Flushing Technologies // World Applied Journal 26(9):1168-1173, 2013.
4. Сейтказиев А.С. Комплекс мелиоративных мероприятий и моделирование переноса солей на засоленных почвах // Материалы Международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). – Москва: ВНИИГиМ, 2013. - С. 82-86.
5. Сейтказиев А.С., Жапарова С.Б., Хожанов Н.Н., Сейтказиева К.А. Экологическая оценка процессов загрязнения агроландшафтов и методы улучшения засоленных земель. – Кокшетау: «Алла прима», 2016. – 278 с.

УДК 631.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В ПЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

**А.С. СЕЙТКАЗИЕВ¹, С.Ж. САЛЫБАЕВ¹, К.К. МУСАБЕКОВ², К.А.
ЕСТАЕВ², А. БАЙЗАКОВА²**

¹Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан;

²Казахский НИИ водного хозяйства, г. Тараз, Казахстан

Характерной особенностью агроландшафтов засоленных земель является появление огромного количества ирригационных возвратных вод, формирующихся в процессе орошения земель.

В настоящее время из общего объема располагаемых водных ресурсов порядка 115-125 км³ около 92...95% используется в сельском хозяйстве, за счет которого в регионе формируется 40-42 км³, а при средней водности 36-38 км³ возвратных вод. Из общего объема возвратных вод порядка 32-35 км³ приходится на долю коллекторно-дренажного стока (КДС).

Из общего объема КДС около 51% (18-20 км³) возвращается в створ реки, внося в них более 110-115 млн. тонн солей, из которых на долю р. Сырдарья приходится 46-47 млн. тонн солей. Большой объем коллекторно-дренажных вод (КДВ), (более 36%, т.е. 16-17 км³) сбрасывается в естественные понижения и испаряется, и лишь незначительная доля (13% или 4-5 км³) повторно используется для орошения по всему бассейну. Повторно «прокатное» использование водных ресурсов с возвратом КДВ в реки в прежних «схемах» и проектах обосновывалось необходимостью увеличения оросительной способности речных стоков (располагаемых водных ресурсов). При этом в схемах комплексного использования водных ресурсов бассейна Аральского моря составленных проектными институтами прогнозировалась возможность повышения оросительной способности речных стоков до 15...20%.

Однако развитие орошаемого земледелия в Центральной Азии за последние десятилетия показало, что «повторно-прокатное» использование располагаемых водных ресурсов через створ рек «полезно» только до определенного предела возврата КДВ, за чертой, которой оно наносит большой ущерб не только питьевому водоснабжению, но и другим отраслям народного хозяйства и, особенно, развитию агропромышленного комплекса. Такое использование располагаемых водных ресурсов привело в регионе к резкому ухудшению качества речных стоков всех рек и, особенно, рек Сырдарья и Амударья на всех участках от истоков до устья. В верхних течениях минерализация воды увеличилась на 0,2-0,3 г/л, а в нижних - на 1,0-1,5 г/л, что явилось причиной увеличения солей на орошаемых землях, роста потребности в воде за счет повышенных норм промывок и поливов и, в конечном итоге, в снижении продуктивности земель. Указанная практика «повторно-прокатного» способа отвода и использования дренажного стока через речные стволы на больших территориях наносит значительный ущерб сельскохозяйственному производству.

Основными методами регулирования гидрохимического режима является воздействие на уровень грунтовых вод различными мероприятиями. Применение горизонтального дренажа с учетом междреннего расстояния позволит определить оптимальные промывные нормы, установить водно-солевой режим почвогрунтов и вытеснить выщелачиваемые токсичные соли из расчетного слоя [1].

Несмотря на многочисленные исследования, влияние промывки почв на прилегающие земли как теоретически, так и экспериментально до сих пор еще мало изучено. Это вызвано тем, что фильтрация имеет пространственный характер. Само явление фильтрации очень разнообразно в разных природных условиях, важными из них являются почвенные, гидрогеологические и эколого-мелиоративные условия.

При непрерывном затоплении поверхность грунтовых вод часто доходит до поверхности земли, при этом фильтрационная вода с опытного участка смыкается с грунтовыми водами и испытывает их влияние.

Результаты исследований [1] показали, что при промывках сероземно-луговых почв хлоридно-сульфатного засоления на фоне временного дренажа необходимо прогнозировать промывные нормы или объем водоподдачи на исследуемый участок. На представленном графике (рисунок 1) отражены зависимости:

$$B = 193,62k_{\phi}^3 - 579,29k_{\phi}^2 + 557,16k_{\phi} - 95,707 \quad (1)$$

$$N = -0,5969k_{\phi}^3 + 2,0839k_{\phi}^2 - 2,5192k_{\phi} + 1,647 \quad (2)$$

позволяющие при известных значениях коэффициента фильтрации определить междреннее расстояние и общий объем промывной воды. Так, например, коэффициенту фильтрации $k_{\phi}=0,35$ м/сут соответствует междреннее расстояние $B=40$ м и норма промывки $N=1,0$ м=10000 м³/га.



Рисунок 1 – График зависимости промывной нормы от коэффициента фильтрации и величины междренного расстояния

Отмеченное положение заставляет ставить на повестку дня поиск других подходов решения проблемы управления и размещения коллекторно-дренажных вод, обеспечивающих, с одной стороны, резкое уменьшение водо- и солеобмена между орошаемой территорией и рекой, а с другой – эффективное развитие орошаемого земледелия.

В современных условиях существует ряд подходов решения этой проблемы:

- первый – «повторно-перекатное» использование водных ресурсов с возвратом КДВ в ствол реки, что собственно и практикуется в течение последних пятидесяти лет;
- второй- определение КДВ с применением различных способов и технологий;
- третий – использование КДВ в местах их формирования на полив сельскохозяйственных культур и промывку засоленных земель, соответственно, уменьшая долю их сброса в реки;
- четвертый – использование КДВ вне реки, отводя на пределы орошаемых территорий на пустынных массивах для выращивания солеустойчивых культур

и древесных насаждений и особо для создания лесозащитных полос вдоль осушенного дна Аральского моря и в других зонах возможного опустынивания;

- пятый – размещение, использование КДВ и утилизация в естественных и искусственных водоемах с учетом рыбохозяйственных требований.

Поскольку первый вариант решения проблемы практикуется стихийным образом и уже привел к увеличению ее остроты и экономическим ущербам, то можно сказать, что впредь необходимо жестко ограничить объемы сброса КДВ в ствол реки.

Что касается второго варианта, применение опреснительных установок в целях орошаемого земледелия на современном этапе экономически нецелесообразно ввиду существенных недостатков: малой производительности установок с огромными объемами стока (км^3) и высокой стоимостью опресняемой воды – 30-50 центов/ м^3 .

Таким образом, на современном этапе можно рассматривать только третий, четвертый и пятый варианты решения проблемы размещения, использования и утилизации КДВ. Проблема утилизации КДВ в перспективе путем выбора 3,4 и 5 варианта решается путем разработки экономико-математической модели их использования. При этом возможность выбора вариантов для агроландшафтов засоленных земель будет резко различаться, что обусловлено природно-хозяйственными условиями.

Для решения этих проблем, в первую очередь, необходимо разработать методики распределения имеющихся ресурсов КДС для развития агроландшафтов засоленных земель и «сброса» в ствол реки с учетом требований нормализации их солевого режима.

В зависимости от условий формирования возвратного коллекторно-дренажного стока возможны две принципиальные схемы расчетных моделей эколого-мелиоративных процессов на агроландшафтах при использовании минерализованных вод на полив и промывку земель, а также распределения части стока и сброса в реки.

Объем стока, планируемого для орошения и промывок земель, устанавливается в следующей последовательности:

-оценивается пригодность дренажных вод с позиции применимости их на поливы растений и промывку засоленных земель;

-оцениваются площади, где возможно использование дренажных вод на орошение без ущерба сельскохозяйственному производству. Поэтому при оценке определяется та часть ресурсов коллекторно-дренажных вод, которая планируется для сельскохозяйственного применения.

Дальнейшее планирование использования дренажно-сбросных вод на перспективу, заключается в выборе площадей под орошение с наименьшим ущербом для плодородия почв. Установлено, что использование минерализованных коллекторно-дренажных вод на орошение на землях с тяжелым суглинистым механическим составом орошаемые почвы интенсивно теряют начальное плодородие за счет увеличения и накопления солей. Освобождение от накопленных солей также затруднительно в виду их низкой водопроницаемости. Для использо-

вания на них вод повышенной минерализации была предложена типизация почвенного профиля по категориям водопроницаемости с учетом слоистости почв [1-3].

В основу такой типизации был положен механический состав почв и чередование слоев различного механического состава. При этом учтено наличие слабопроницаемых прослоек («шош» и «арзык»).

В качестве рассматриваемого слоя, на основе которого ведется типизация, принята зона активного водосолеобмена мощностью 2 м. Для выделенных типов почвенных профилей установлены осредненные фильтрационные и гидрохимические характеристики для предварительных расчетов объемов мелиоративных мероприятий (режим орошения, промывки, дренаж и др.).

После установления доли ресурсов КДВ, направляемых для агроландшафтов засоленных земель, должны разрабатываться методы решения организационно-технологических приемов ведения хозяйств. В частности, для ведения орошаемого земледелия на базе использования минерализованных вод необходимо установить режим орошения и промывок земель с использованием дренажных вод, технологию поливов, оптимальные параметры дренажных систем, передовые приемы выращивания сельхозкультур, которые требуют разработки своих методических подходов.

Допустимый объем сброса возвратных вод в створ реки определяется исходя из обеспечения водозабора в зоны планирования, с допустимой для орошения без ущерба качества воды в реках, т.е. не более 1,0 г/л. Объем возможного сброса КДВ определяется по зависимости:

$$Q_{воз.} = \frac{Q_{реч.ст.} (M_{реч.ст.} - M_{воз.})}{M_{воз.} - M_{реч.ст.}} \quad (3)$$

где: $Q_{воз.}$ - объем возвратных вод, м³/с, или млн. м³; $M_{реч.ст.}$ - минерализация речного стока; $M_{воз.}$ - то же возвратного стока, г/л; $Q_{реч.ст.}$ - объем или расход речного стока в расчетном створе, м³/с или млн.м³.

Для развития рыбного хозяйства перспективными являются территории, расположенные в среднем и, особенно, нижнем течении рек Сырдарьи и Амударьи, где находятся многочисленные озера естественного происхождения и созданные искусственно. Поддержание этих озер, и создание из них промысловые хозяйства является актуальной задачей для государств Центральной Азии. При этом необходимо разработать методику прогнозирования режимов поддержания объемов и качества воды с учетом требований рыбного хозяйства с использованием минерализованных вод.

С учетом указанных требований, необходимые режимы поддержания объемов воды и ее качества можно регулировать на основе уравнения водно-солевого баланса, составленного для конкретного водоема. В приходной части водного баланса водоема основная роль принадлежит поступлению воды за счет поверхностного притока (в нашем случае коллекторной воды) и атмосферных осадков [2,4]. В расходной части такую роль играют отток (сток) из водоема и испарение

с ее поверхности. А другие элементы, такие как приток и отток (фильтрация из ложа) подземных вод имеют незначительную величину по сравнению с объемом воды, накопленным в водоеме, что позволяет их не учитывать или разницу между притоком и оттоком приравнять к нулю. В соответствии со сказанным, уравнение водного баланса для сточных водоемов имеет вид (в объемных единицах):

$$W_{np} + W_{oc} - W_{отток} - W_{исп} = \pm \Delta W_{ак}, \text{млн.м}^3 / \text{год} \quad (4)$$

а солевой баланс можно записать:

$$W_{np} \cdot S_{np} + W_{oc} \cdot S_{oc} - W_{от} \cdot S_{от}, \text{млн.т} / \text{год} \quad (5)$$

где: W_{np} – приток воды по питающим коллекторам за период времени; W_{oc} – объем поступления воды за счет атмосферных осадков на площадь зеркала водоема.

Он определяется по наблюдениям островных и береговых дождемерных пунктов, а при их отсутствии можно принять данные близлежащих метеостанций. Объем осадков, поступающих на зеркало водоема, подсчитывается для его средней площади за рассматриваемый период. Следует отметить, что осадки в условиях водосливов, расположенных в пустынной зоне Средней Азии, не являются существенной статьей водного баланса. В расходной части баланса основную роль играет испарение с поверхности водоема. Расчет испарения с поверхности водоема производится согласно работам [4-5] по формуле:

$$E = 0,14n(1_0 + 0,72U_2) \quad (6)$$

где: E - сумма испарения за период времени, мм; 1_0 - среднее значение максимальной упругости водяного пара, вычисленное по температуре поверхности воды в водоеме, мбар; U_2 - среднее значение упругости водяного пара (абсолютная влажность воздуха) над водоемом на высоте 2 м, м/с; n - число дней в расчетном интервале времени.

Список использованных источников

1. Сейтказиев А.С., Байзакова А.Е. Метод определения промывных норм засоленных почв // Поиск. – 2005. - №3. - С. 199-202.
2. Полинов С.А. Рекомендации к выбору оптимальных направлений использования и режимов сброса коллекторно-дренажных вод с Бухарского и Каршинского водохозяйственных районов. Отчет и НИР. - Ташкент, САНИИРИ, 1989. - 129 с.
3. Якубов М.А. Особенности мелиоративно-гидрологических процессов в бассейнах рек Сырдарья и Амударья и регулирование качества их вод. Дисс.докт.техн.наук. - Ташкент, САНИИРИ, 1997. – 49 с.
4. Сейтказиев А.С. Комплекс мелиоративных мероприятий и моделирование переноса солей на засоленных почвах // Материалы Международн. Конф.Костяковские чтения.Москва, ВНИИГиМ, 2013. - С. 82-86.

5. Сейтказиев А.С., Жапарова С.Б., Хожанов Н.Н., Сейтказиева К.А. Экологическая оценка процессов загрязнения агроландшафтов и методы улучшения засоленных земель. - Кокшетау, «Алла прима», 2016. – 278 с.

УДК 631.6: 613.42

УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР В ЗВИСИМОСТИ ОТ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ

К.А. Сейтказиева, Н.Н. Хожанов, К.Б. Абдешов, Б.Н. Тажбенова, С.З. Жигитова

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан

При разработке эколого-мелиоративных мероприятий учитывались такие факторы как эффективность промывок засоленных почв, которая находится в прямой зависимости от подготовки почвы и, особенно, от глубины и способа вспашки. Промывные нормы засоленных почв являются одним из основных почвенно-экологических и агротехнических мероприятий, обеспечивающих повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому оптимальное установление нормы, тактности проведения поливов и способа подготовки почвы к проведению промывок на засоленных землях имеет большое практическое значение в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения экологического состояния орошаемых геосистемах.

Засоление почв может происходить самыми различными способами. Одним из них является неумеренный, бессистемный полив при отсутствии дренажа. Засоление почв имеет значительные масштабы и представляет опасность для орошаемого земледелия, которое выдвигает ряд экологических проблем. Главная из них - борьба с вторичным засолением почв, которое актуально в глобальном масштабе. Влияние засоления испытывает почти половина орошаемых земель мира [1].

Другая проблема, тесно связанная с первой: нормирование качества возвратных (дренажных) вод, сбрасываемых с полей орошения и содержащих включения минеральных удобрений, гербицидов и пестицидов. Эта проблема особенно актуальна для пустынной и полупустынной зон, где водные ресурсы весьма ограничены и существует опасность их количественного и качественного истощения. Значительная часть земельных ресурсов под влиянием хозяйственной деятельности человека подвержена процессам опустынивания, проявляющимся деградацией растительного покрова, дефляцией песков, водной и ветровой эрозией, засолением орошаемых почв, техногенным опустыниванием, загрязнением почвы и воды промышленными и бытовыми отходами, ядохимикатами и др. Эти факторы в совокупности приводят к изменению функции почв, т.е. количественному и качественному ухудшению их свойств, снижая природно-хозяйственную значимость.

Под засолением понимают избыточное содержимое в верхнем слое грунта солей, которые пагубно действуют на развитие сельскохозяйственных культур. К токсичным солям, которые имеют ядовитое влияние на растительный организм, относят: NaCl , CaCl_2 , Na_2SO_4 , MgSO_4 , NaHCO_3 , Na_2CO_3 и к нетоксичным -

CaSO_4 , CaCO_3 . В практике орошаемого земледелия известны случаи катастрофически быстрого засоления почвы, которые до орошения не были засолены совершенно или засолены лишь незначительно. Такой процесс получил название вторичного засоления почв. Этот процесс сопровождается резким снижением плодородия почв в результате накопления в его корнеобитаемом слое вредных для сельскохозяйственных растений солей. Вторичное засоление почв развивается на территориях, необеспеченных естественным оттоком грунтовых вод, вследствие коренного нарушения существующего водного режима.

Содержание солей в почве (% от массы) определяется по следующими зависимостями [2; 3]:

$$A = c(w - \vartheta)/1000, \quad (1)$$

где: a - содержание солей в почве, % от массы; c - концентрация почвенного раствора, г/л; w - влажность почвы, % от массы; ϑ – не растворяющий соли объем влаги в почве (гигроскопическая вода), % от массы; $(w - \vartheta)$ – растворяющий объем влаги в почве.

Концентрация почвенного раствора зависит от почвообразующих пород и климатических условий. Тундровые, подзолистые, серые лесные почвы, черноземы и красноземы имеют слабоминерализованный почвенный раствор, каштановые, бурые полупустынные почвы и сероземы более минерализованы. Солонцы, солончаки – сильно минерализованы. Состав почвенного раствора и особенно концентрация его очень изменчивы и зависят, прежде всего, от сезонных изменений температуры и влажности почвы. После выпадения дождя и таяния снега концентрация почвенного раствора понижается, а в сухое время повышается, вследствие чего некоторые растворенные вещества могут выпадать в осадок. Изменение состава почвенного раствора связано также и с тем, что часть растворенных веществ усваивается растениями и микроорганизмами, некоторое количество вымывается в глубокие горизонты, часть переходит в твердую фазу почвы.

Относительная урожайность $У$ в процентах при любой засолённости почв (E_{Ce}) может быть определена по следующей формуле [4; 5]:

$$У = 100 - b(E_{\text{Ce}} - a), \quad (2)$$

где: a - пороговая величина засолённости; b - снижение урожайности (%) при повышении засолённости на 1 д См/м.

Данные, представленные в таблице 1, в основном были получены на искусственно засоленных участках с использованием агротехники и экологомелиоративных мероприятий близких к обычно практикуемым в агропромышленном хозяйстве. Эти цифры дают значения солеустойчивости, которую можно ожидать для данной культуры в нормальных условиях.

Таблица 1 - Урожайность культур в зависимости от засоления почв

Тип засоления	Наименьшая влагоемкость, %	Гигроскопическая влага, %	Растворяющийся объем влаги в почве, %	Концентрация почвенного раствора, С,	Содержание солей в почве, а, %	ЕС, мсм/см	П, ат	Урожайность, %		
								Люцерны: а = 2 в = 7.3	Сахарной свеклы: а = 4 в = 9	Кукурузы на силос: а = 1.8 в = 7.4
Хлоридный	12	1.2	10.8	0.3	0.0032	0.48	0.17	82	60	83
	16	1.5	14.5	1.8	0.026	2.9	1.04	93	90	92
	19	2	17	3	0.051	4.84	1.74	79	92	95
	25	2.5	22.5	4.3	0.097	6.94	2.5	64	74	62
	28	3	25	4.7	0.117	7.58	2.73	59	68	57
Хлоридно-сульфатный	11	1	10	0.45	0.0045	0.73	0.26	80	57	93
	15	1.5	13.5	2.3	0.031	3.71	1.34	88	97	86
	18	1.7	16.3	2.6	0.042	4.2	1.51	84	98	82
	22	2.3	19.3	4.5	0.086	7.26	2.61	62	71	60
	25	2.7	22.3	5.3	0.118	8.54	3.08	52	59	50
Сульфатный	11	1.5	9.5	1	0.0095	1.61	0.58	97	78	98
	13	2	11	2.5	0.028	4.03	1.45	85	91	83
	18	2.5	15.5	3	0.047	4.84	1.74	79	92	78
	22	3.5	18.5	4	0.074	6.45	2.32	68	78	66
	27	4	23	5	0.115	8.06	2.90	56	63	54
Сульфатно-хлоридный	13	1.5	11.5	1.5	0.017	2.42	0.87	97	86	95
	15	2	13	3.2	0.042	5.2	1.86	77	89	75
	19	2.4	16.6	5	0.083	8.1	2.90	55	63	53
	24	3	21	6.5	0.136	10.5	3.77	38	42	36
	26	3.4	22.6	7	0.158	11.3	4.06	32	34	30
Сульфатное с участием соды	14	2	12	2	0.024	3.23	1.16	91	93	89
	18	2.5	15.5	4	0.062	6.45	2.32	68	78	66
	22	3.0	19	6	0.114	9.67	3.48	44	49	42
	25	3.5	21.5	7	0.151	11.3	4.06	32	34	30
	28	3.7	24.3	8	0.194	12.9	4.64	20	20	18

Регулирование водного режима – обязательное мероприятие в районах интенсивного земледелия. При этом осуществляется комплекс приемов, направленных на устранение неблагоприятных условий водоснабжения растений. Искусственно меняя приходные и расходные статьи водного баланса, можно существенно влиять на общие полезные запасы воды в почвах и этим способствовать получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В конкретных почвенно-климатических условиях способы регулирования водного режима имеют свои особенности. Улучшению водного режима слабодренированных территорий зоны достаточного и избыточного увлажнения способствуют планировка поверхности почвы и нивелировка микро- и мезо понижений, в которых весной и летом может наблюдаться длительный застой влаги. Все

приемы окультуривания почвы (создание глубокого пахотного слоя, улучшение структурного состояния, увеличение общей пористости, рыхление подпахотного горизонта) повышают ее влагоемкость и способствуют накоплению и сохранению продуктивных запасов влаги в корнеобитаемом слое.

Список использованных источников

1. SeitkaziyeV A., Khozhanov N.N., Maimakova A.K., SeitkaziyeV K.A. Environmental assessment of the studies area by salinity level // Нәтижелер –исследования, результаты. – 2018. - №1(77). - 254-260.
2. Хоффан, Дж.Дж. и др. Засоленность почв на орошаемых землях. -Москва,1986. -62 с.
3. Соколенко Э.А., Зеличенко Е.Н., Кавокин А.А. и др. Теоретические основы процессов засоления – рассоления почв. - Алма-Ата: Наука,1981. – 296 с.
4. Сейтказиев А.С., Толкынбева А.Т., Сейтказиева К.А. Методика определения физико–химических параметров природных растворов // Материалы международной педагогика–практической конференции, 22-30 мая. – Прага, 2018. – С. 90-93.
5. SeitkaziyeV A., Shilibek K., Zhgytova S., Technology of washing of in salt soils is in an arid zone//international scientific and practical conference Proceedings of the conference innovative technologies in science (February 21-22, 2015) ,Vol.I ,Rost Publishing ,Dubai, p. 32-36
6. Сейтказиев А.С., Кудайбергенова И.Р., Сейтказиева К.А. Оптимальное решение гидрохимического режима засоленных почв // Изденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. - №2(78). – Алматы. - 2018. - ISSN 2304-334-02. - С. 322-327.

УДК 631.147: 631.6

БИОФАБРИКА ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНОГО ОБЪЕКТА

В.Н. Сельмен

МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

Мелиоративный объект требует больших затрат как на стадии строительства, так и при его эксплуатации. Окупиться эти затраты могут только за счет получения стабильных и высоких урожаев, существенно превосходящих урожаи, получаемые на окружающих не мелиорированных землях. Помимо работ по обеспечению оптимального водного режима [1], использования самых современных технологий с соответствующим набором сельскохозяйственной техники на мелиорированном объекте должны вестись работы по оптимизации питательного режима, а также применяться биотехнологические достижения [2].

С оросительной водой на поля и к растениям должны доставляться основные элементы питания, наборы требующихся микроэлементов. Для повышения биологической активности почвы в оросительную воду надо добавлять штаммы полезных почвенных микроорганизмов. Биологически активные вещества - стимуляторы и регуляторы роста и созревания растений.

На мелиоративном объекте требуется правильный подбор культур, разработка и тщательное соблюдение научно-обоснованных севооборотов, что позволит обеспечить положительный баланс гумуса, улучшить ситуацию с вредителями и болезнями.

Очень важным фактором повышения плодородия и улучшения структуры почвы является наличие, численность и активность дождевых червей. На сельскохозяйственных полях вследствие многочисленных механических обработок и применения химикатов их численность существенно снижается. На мелиоративном объекте их следует специально разводить (вермикультура) и выпускать в почву.

Должны активно использоваться микробиологические средства защиты растений от болезней и вредителей, позволяющие сократить количество обработок пестицидами и повысить экологическое качество производимой продукции.

Эффективно использовать приемы биостимуляции семенного и посадочного материала – прогревание, обработка интенсивными магнитными и электрическими полями, лазерное облучение, обработка и полив намагниченной, а также наноструктурированной водой. Биостимуляция требует незначительных затрат на ее проведение, а урожайность увеличивается на 5...30%.

На мелиоративном объекте для получения наивысших урожаев посеvy и посадки следует проводить высокоэлитными репродукциями новых перспективных сортов сельскохозяйственных растений. Семена можно закупать у семеноводческих фирм, но более целесообразно налаживать контакты с селекционерами – авторами сортов и самостоятельно, на основе взаимовыгодного сотрудничества, налаживать массовый выпуск перспективного посевного и посадочного материала. С экономической стороны производство семян дает большую отдачу, чем производство товарной продукции сельскохозяйственных культур. В дополнение к традиционному семеноводству на мелиоративном объекте следует использовать и перспективный способ размножения сельскохозяйственных культур способом меристемной культуры.

Меристема - это точка роста, имеет размер 0,1 – 0,2 мм. В строго стерильных лабораторных условиях она извлекается из почки растения и высаживается на агаровую или жидкую питательную среду в пробирки, чашки Петри или колбы. В питательной среде содержатся 22...27 компонентов - макро и микроэлементы питания, сахара, витамины и гормоны, необходимые растению для роста и развития. Чаще всего для меристемного размножения применяется среда Мурасиге – Скуга (MS). Пробирки с выделенной меристемой помещаются под искусственное или естественное освещение. Для разрастания меристемы требуется 2-4 недели, затем снова в стерильных условиях ее можно разделить на части и перенести в новые пробирки. Размноженная и разросшаяся меристема помещается в новые пробирки на среду с гормонами корнеобразования, где растет, укореняется и превращается в полноценное растение. Это растение, снова в стерильных условиях, можно разрезать на части и поместить в пробирки с гормонами корнеобразования, процесс разрастания повторится.

Лучше всего меристемное размножение отработано на картофеле. Весь производимый в стране картофель, за редчайшим исключением, прошел на начальных стадиях через пробирочное меристемное размножение. Для разрастания выделенной части картофельного растения в размер пробирки требуется три-четыре недели. Затем в стерильных условиях делится на 5 – 10 и более частей, со-

стоящих из кусочка стебля с одним листочком. В среднем коэффициент размножения за месяц 1:10. За год, из одного пробирочного растения картофеля, теоретически, может быть получено ($1000000000000 = 10^{12}$) триллион потомков, полностью обеззараженных от набора вирусных, грибных и бактериальных болезней. Традиционное семеноводство не может сравниться с меристемным размножением по скорости, количеству и качеству посадочного материала. Меристемное размножение испытывалось и отработано с разной степенью успеха для большинства сельскохозяйственных растений.

На основании меристемного размножения можно создать систему оперативного и массового распространения новых и ценных сортов различных растений, свободных от инфекции, вредителей, сорняков и разноса карантинных объектов. Это послужит для развития сельского, лесного, паркового хозяйства и цветоводства.

Недостаток меристемного размножения – пробирочные растения, выросшие в условиях полной стерильности на искусственных питательных средах, трудно переносят пересадку в землю в условиях открытого грунта. Пробирочные растения следует извлечь, пересадить в торфяные горшочки, стаканчики или иные емкости с почвенным субстратом, поместить под искусственное освещение и вырастить там до состояния рассады. Полученную рассаду с многочисленными приживочными поливами высадить в открытый грунт. За меристемной рассадой требуется более тщательный и кропотливый уход, чем за обычной рассадой овощных или цветочных культур.

На лабораторной стадии меристемное размножение отработано хорошо, но выход на массового сельхозпроизводителя с высокоэлитным посевным и посадочным материалом слабо отработан. Сочетание возможностей мелиорации и биотехнологии в этом вопросе может оказаться очень перспективным.

Мелиоративный объект должен оснащаться биофабрикой, имеющей поточные линии для меристемного размножения картофеля и других сельскохозяйственных культур с целью создания первичного материала для последующего семеноводства. На биофабрике следует производить в значительных объемах штаммы полезных почвенных микроорганизмов; размножать микроорганизмы и энтомофагов для биологической защиты растений. На биофабрике должны осуществляться работы по вермикультуре – разведению маточного поголовья дождевых червей для выпуска в поле и производство с помощью червей биогумуса.

В качестве примера и прообраза такой биофабрики следует вспомнить опыт успешной работы в Полково под научным руководством Мещерского филиала ВНИИГиМ завода «Рязсемтрав». Завод принимал от специализированных хозяйств убранные семена, дорабатывал до соответствующих посевных кондиций, хранил их, а затем обеспечивал хозяйства Рязанской области высокоэлитными семенами трав.

Следует дополнить биофабрику лабораториями меристемного размножения сельскохозяйственных культур и микробиологическими лабораториями по производству полезной почвенной микрофлоры и биологических средств защиты растений, имеющими в своей основе близкий набор лабораторного оборудования.

Для правильного исполнения всех изложенных выше требований к мелиоративному объекту он должен оснащаться компьютерным центром с набором программ по передовым технологиям производства сельскохозяйственных культур; программами по оптимизации водного, пищевого режимов; по севооборотам; семеноводству; биостимуляции семян и растений; вермикультуре; микробиологии почвы; биологическим мерам борьбы с болезнями и вредителями; экологии.

Значительный объем работ по сочетанию биотехнологий и мелиорации был выполнен лабораторией природоохранных мелиоративных технологий Мещерского филиала ВНИИГиМ, которая проводила их как в рамках гостематики, так и своими внутренними силами. Лабораторией разрабатывались природоохранные режимы орошения. Изучалось сочетание поливов с внесением микробиологических препаратов для биоактивации почвы (Байкал-ЭМ), внесения комплексного набора микроэлементов. Использовалось лазерное облучение для стимуляции энергии прорастания и всхожести семян сельскохозяйственных культур. Изготовлено своими силами лабораторное оборудование и освоены методы производства семенного картофеля на основе меристемной культуры тканей, предназначенные для непосредственного применения в хозяйствах на мелиоративных объектах, фермерами и населением. Создана производственная модель и получен патент RU № 2258352 [3] на многоярусную светоустановку для выращивания предбазисного оздоровленного семенного картофеля и другой сельскохозяйственной продукции. Данный патент может быть использован в качестве основы для создания и оснащения биофабрики. На производственной модели под искусственным люминесцентным и светодиодным освещением выращивались рассада картофеля после меристемного размножения, зеленные овощи, рассада овощных культур, саженцы винограда и тутовника. Эти данные могут быть использованы при освоении северо-восточных регионов и Арктики [4]. Изучались оптимальные интенсивность и спектр искусственного освещения отдельных культур [5]. Разработаны предложения по строительным решениям, организации работы и оборудованию биофабрики. Рассчитана экономическая эффективность использования биофабрики для мелиоративного объекта.

Использование биотехнологий позволит существенно увеличить отдачу, значение и экономическую эффективность мелиораций, а для этого необходимо активизировать научно-исследовательские и экспериментально-производственные работы.

Список использованных источников

1. Пыленок П.И. Повышение эффективности управления водными ресурсами мелиорируемых территорий на основе гидромелиоративного рециклинга // Водные ресурсы и климат: материалы V Международного Водного Форума, 5-6 октября 2017 г. – Минск, 2017. – Ч. 2. – С. 5–10.
2. Сельскохозяйственная биотехнология. Под ред. Шевелухи В. С. – М.: Высшая школа, 2003. – 472 с.
3. Сельмен В.Н., Поляков А.В., Пыленок П.И., Сидоров И.В. Многоярусная светоустановка для выращивания предбазисного оздоровленного семенного картофеля и другой сель-

скохозйственной продукции // Патент РФ № 2258352; МПК А 01 G 9/24, А 01 G 31/02. Заявитель и патентообладатель Сельмен В.Н., Поляков А.В., Пыленок П.И., Сидоров И.В. - № 2003119943/12; заявл. 04.07.03; опубл. 20.08.05, Бюл. № 23. – 10 с.: ил.

4. Сельмен, В.Н. Обоснование круглогодичного производства растениеводческой продукции при освоении Арктики и других перспективных территорий России / В.Н. Сельмен, А.В. Ильинский, Д.В. Виноградов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 3 (35). – С. 68–73.

5. Сельмен В.Н., Ильинский А.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Результаты применения светодиодных ламп в выращивании зеленных культур под искусственным освещением при решении экологических задач (Электронный ресурс) // АгроЭкоИнфо. – 2018. - №4. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/СТАТУИ/2018/4/st_449.doc. (дата обращения 14.08.2019).

УДК 502.5

КОНТРОЛЬ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОБЪЕКТАМИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Н.Е. Степанова

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия

Объекты нефтегазового комплекса оказывают комплексное влияние на компоненты окружающей среды. На отрасль нефтегазового комплекса на сегодняшний день приходится около 80 % массы загрязняющих веществ, поступающих в целом по Волгоградскому региону в окружающую среду.

Большая часть месторождений нефти и газа расположена в правобережной части Волгоградской области - это скважины, которые имеют более 80% выработанности. Перспективным районом расположения новых объектов по добыче углеводородов является левобережная часть Волгоградской области, где залежи нефти расположены на глубине более 5 км.

В пятнадцати районах Волгоградской области расположены объекты нефтегазодобывающей промышленности: Жирновский, Котовский, Фроловский, Камышинский, Клетский, Иловлинский, Николаевский, Быковский, Ольховский, Серафимовичский, Дубовский, Руднянский, Михайловский, Старополтавский, Еласникий (рисунок 1).

В Волгоградской области добывается более 3,5 миллионов тонн нефти и 700 миллионов кубометров природного газа ежегодно. Более 50% углеводородов добывают в Жирновском районе. Большую часть земельного фонда района занимают земли сельскохозяйственного назначения, на них приходится 80%. Любая хозяйственная деятельность человека не обходится без использования мощной

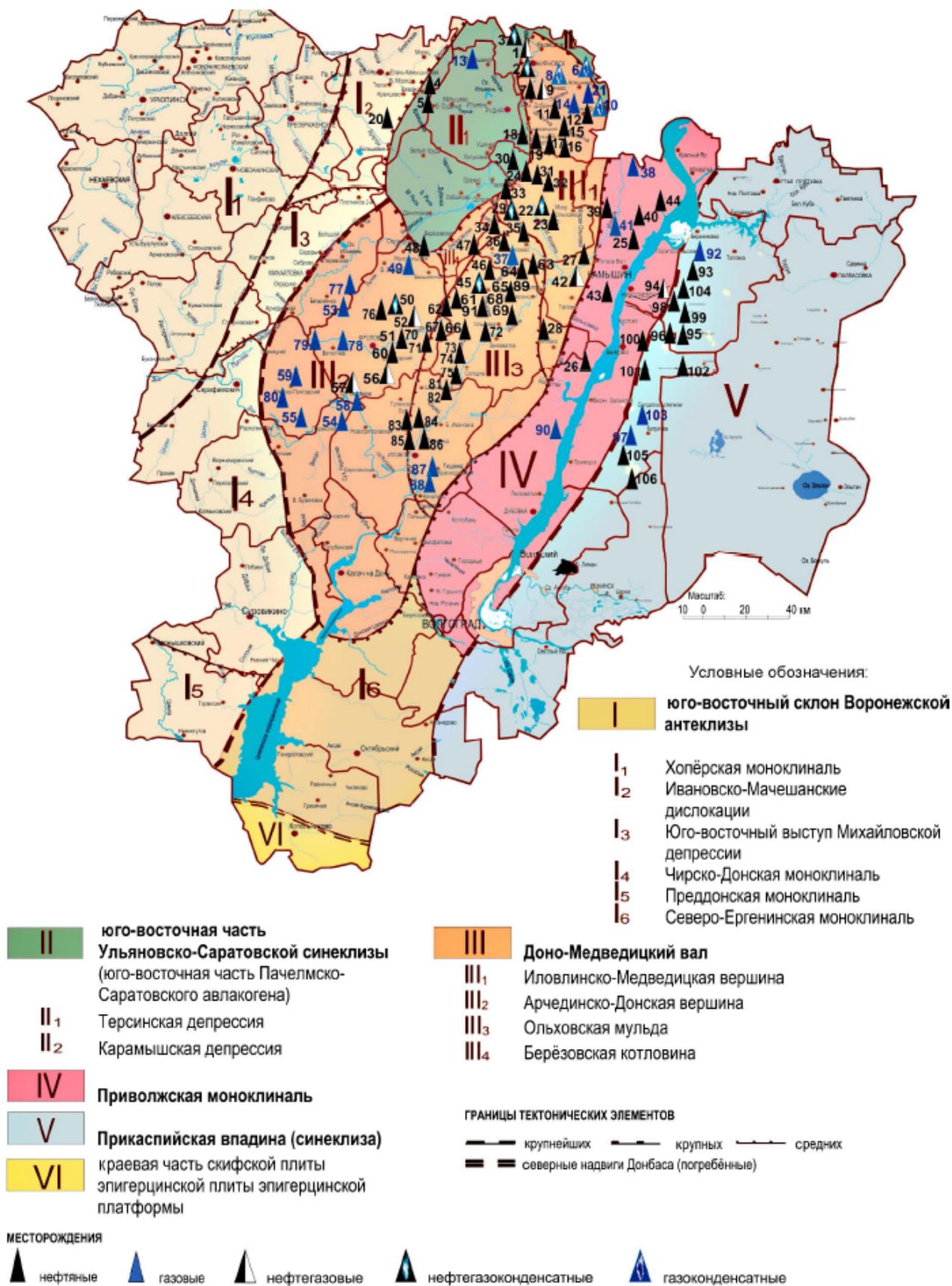


Рисунок 1 – Нефтегазоносные районы Волгоградской области

техники, которая воздействует на все компоненты экосистемы. Разработка, добыча, перевозка оборудования влияют на свойства почвенного покрова, переуплотняя и загрязняя его [1, 5, 6].

Одним из наиболее крупных нефтяных месторождений области является Памятно-Сасовское. Оно расположено на юго-востоке Жирновского муниципального района. Ежегодная добыча составляет 2,0...2,5 млн. т нефти, это примерно 60...70% всей добываемой в Волгоградской области нефти за один год. По объемам годовой добычи нефти месторождение занимает восьмое место среди крупных нефтедобывающих месторождений нефтяной компании ОАО «ЛУКОЙЛ». Памятно-Сасовское плюс остальные месторождения нефти Нижнего Поволжья – это 30% нефти, добываемой на юге России.

На сорока двух площадях Волгоградской области учтены перспективные извлекаемые ресурсы нефти. В сумме разведанные запасы углеводородов в регионе составляют:

- нефти – более 400 млн. т;
- свободного газа – 1,2 трлн. м³.

Одной из актуальных проблем охраны окружающей среды на современном этапе является загрязнение почвенного покрова нефтью и нефтепродуктами. Объекты нефтегазовой отрасли являются главными загрязнителями почв региона. Поэтому поиск эффективного способа рекультивации земель является главной задачей на пути решения проблем возвращения земель в сельскохозяйственный оборот.

Сельскохозяйственное направление рекультивации предусмотрено во всех районах разработки углеводородов Волгоградской области. В результате проведения рекультивационных мероприятий территории становятся пригодными для сельского хозяйства [7-9].

На практике при аварийном разливе нефтепродуктов применяются, как правило, способы с учетом местоположения объекта и объемов его загрязнения. Это связано с тем, что многие из имеющихся способов, например, термический, невозможно осуществить вблизи населенных пунктов, так как в результате выгорания нефти в окружающую среду выделяется много канцерогенных и токсичных загрязняющих веществ. При больших объемах разлива нефти применяют для сбора нефтепродуктов специальное вакуумное оборудование. Физико-химический метод заключается в использовании сорбирующих материалов, таких как опилки, торф, но данный метод эффективен при небольших объемах загрязнения почвы. Использование деструкторов (активных разрушителей нефтепродуктов) с одновременным проведением агротехнических приемов (высадки растений, обработки почвы) на сегодняшний день является высокоэффективным приемом для очистки почв от нефтепродуктов [2, 3].

Во многих регионах России разработаны достаточно эффективные методы ликвидации нефтяных загрязнений почвы, включающие обвалование загрязненного участка, сбор нефти вакуумным оборудованием, использование сорбирующих материалов, промывку почвы, использование нефтеокисляющих микроорганизмов и др.

Самым экономичным способом очистки почвы от нефти является биологическая очистка, основанная на разложении углеводородов нефти при помощи микробов-деструкторов. Но стоит учесть, что применяемые микроорганизмы, должны быть выделены из аборигенной микрофлоры почв, типичной для данного района. Для создания благоприятного микроклимата жизнедеятельности микроорганизмов используют различные агротехнологические приемы (внесение минеральных удобрений, аэрация почв, поддержание оптимального уровня рН, орошение) [4].

Согласно научным исследованиям, зарастание участка травами при средней степени загрязнения почвы нефтепродуктами происходит обычно в течение 3–7 лет, а полный процесс самоочищения загрязненных земель с возобновлением естественных растительных сообществ может продолжаться более 80 лет.

Практика показывает, что оптимальными и наиболее безопасными для почвенных экосистем целесообразно считать методы рекультивации, основанные на интенсификации процессов самоочищения путем создания микроклимата для активной деятельности микроорганизмов.

Минимизация уровня негативного воздействия хозяйственной деятельности объектов нефтегазовой отрасли будет зависеть от качества проведения инженерно-экологических изысканий и контроля выполнения работ. Результаты изысканий должны послужить основой при осуществлении государственной экологической экспертизы для принятия правильных управленческих решений и контроля при эксплуатации данного объекта хозяйственной деятельности [10].

В соответствии с Земельным кодексом РФ предприятия, учреждения и организации при разработке полезных ископаемых, проведении строительных и других работ обязаны после окончания работ за свой счет привести нарушенные земли в состояние, пригодное для дальнейшего использования по назначению.

В соответствии с действующим в РФ природоохранным законодательством, а также общим требованиям к восстановлению нарушенных земель, рекультивация проводится в два этапа: технический и биологический. Все мероприятия при восстановлении нарушенной территории проводятся с учетом местных почвенно-климатических условий.

При осуществлении технического этапа рекультивации учитывается снятие плодородного слоя почвы с последующим использованием.

Комплекс агротехнологических мероприятий является следующим этапом – биологическим, цель проведения которого создание плотного травостоя с мощной корневой системой для предотвращения ветровой и водной эрозии.

Главным требованием при проведении биологического этапа рекультивации является выравнивание нарушенной территории для последующего использования почвообрабатывающих механизмов.

Выявленные в ходе контроля дефекты, отклонения от проектной документации, устраняются до сдачи рекультивируемых земель в эксплуатацию.

Для уменьшения негативных воздействий от объектов нефтяной отрасли необходимо предусмотреть ряд мероприятий:

- организацию работ и передвижение машин и механизмов исключительно в пределах отведенных для строительства земель, с максимальным использованием для технологических проездов существующих дорог;
- запрет на складирование и хранение строительных материалов в непредусмотренных проектной документацией местах;
- сбор отходов производства и потребления в специальные контейнеры с дальнейшим вывозом в места хранения и утилизации;
- заправку автотранспорта в специально отведенных для этого местах с целью предотвращения загрязнения почвенного покрова ГСМ;
- техническое обслуживание машин и механизмов на специально отведенных площадках.

Осуществление контроля за выполнением работ по рекультивации земель позволит требовать от руководителей объектов данной отрасли соблюдения принятых в заключении государственной экологической экспертизы решений и контроля со стороны руководящих органов.

Список использованных источников

1. Брылев, В.А. Ландшафтные исследования нефтегазоносных территорий, как фактор устойчивого развития Нижнего Поволжья [Текст] / В.А. Брылев, С.И. Пряхин // Вестник Воронеж. Гос. Ун-та: География. Геоэкология, 2011. -№ 1. – С. 34-36.
2. Виноградов, Д.В. Результаты экологической оценки остаточной токсичности загрязненной нефтепродуктами почвы при проведении реабилитационных мероприятий [Текст] / Д.В. Виноградов, А.В. Ильинский, Г.В. Побединская, Д.В. Данчеев, Г.Д. Гогмадзе. – Рязань: АГОЭКОИНФО. Издательство: ВНИИИ Агрэкоинфо, 2018. - № 3(33) – С. 26.
3. Елифанова, И.А Оптимизация затрат биологической стадии очистки нефтезагрязненных земель [Текст] / И.А. Елифанова, М.Р. Цыбулькинова // Экономика минерального и углеводородного сырья. – Томск, 2015. - С. 647-648.
4. Парфенов, В.Г. Рекультивация нефтезагрязненных земель: учеб. пособие [Текст] /В.Г. Парфенов, Ю.В. Сивков. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2015. – 96 с.
5. Природные условия и ресурсы Волгоградской области: учебник [Текст] / В. А. Брылев, И. М. Шабунина, В. А. Харланов, А. Н. Сажин; под ред. проф. В. А. Брылева. – Волгоград: Перемена, 1995. – 264 с.
6. Степанова, Н.Е. Исследование почвенно-климатических условий светло-каштановых почв Городищенского района Волгоградской области [Текст]/ Н.Е. Степанова //Материалы Международной научно-практической интернет-конференции «Проблемы и перспективы развития современной аграрной науки». 01 июля 2014 г. – Изд. Николаевская государственная сельскохозяйственная опытная станция ИОЗ Национальной академии аграрных наук Украины, 2014. - С. 57-58 .
7. Степанова, Н.Е. Контроль в сфере охраны окружающей среды и экологическая экспертиза как способ предупреждения негативных последствий деятельности объектов нефтегазовой отрасли [Текст] / Н.Е. Степанова // Успехи современного естествознания. - 2019. - № 4. - С. 75-80.
8. Степанова, Н.Е. Экологическая экспертиза почв Волгоградской области [Текст] / Н.Е. Степанова // Материалы Национальной научно-практической конференции «Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования» (9 февраля 2018 г.).- Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2018. – С. 257-260.
9. Семененко, С. Я. Рекультивация почвы методом ферментативной биостимуляции на объекте захоронения твердых бытовых отходов [Текст] / Семененко С.Я., Морозова Н.В. //

Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2017. - № 3 (47). - С. 78-86.

10. Шейнфельд, С.А. Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для нефтедобывающего комплекса [Текст] / С. А. Шейнфельд, П.В. Касьянов. — Экологический вестник России, 2015. - № 7 — 274 с.

УДК 631.618(043)

ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ КАК ЗАЩИТА ОТ ОПУСТЫНИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА ВЕЛИКАЯ ЗЕЛЕНАЯ СТЕНА

О.А. Стрижников

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Защитное лесоразведение получило начало, и в последующем распространилось по всему земному шару, именно в России. Оно имеет более чем 250-летнюю историю, которую можно разделить на четыре периода [1]:

- первый период – до 1843 г. характеризуется проведением ряда правительственных мероприятий и первыми попытками частных землевладельцев;
- второй – 1843-1917 гг. - разрабатываются основы теории и практики защитного лесоразведения; была доказана необходимость и найдены успешные способы и приемы создания защитных насаждений;
- третий период – 1917-1990 гг. - бурное развитие теории и практики защитного лесоразведения, вызванное наличием сформированных научных основ и научно-техническим прогрессом;
- четвертый – с 1990 г. и по настоящее время - спад в странах бывшего СССР и устойчивое развитие в остальных странах.

История защитного лесоразведения на сельскохозяйственных землях базируется на степном лесоразведении, которое первоначально преследовало только цели производства древесины на безлесных территориях. Официально признано, что первая попытка создания лесных насаждений в степи относится к концу XVII века, когда в 1696 г. по указу Петра I для обеспечения флота древесиной в окрестностях города Таганрога была заложена дубовая роща «Дубки» в урочище «Большая Черепаша» [1]. В последующем, на необходимость создания лесных насаждений в степи неоднократно указывали в своих работах многие видные ученые, в том числе М.В. Ломоносов, А.Т. Болотов [1].

Однако первые попытки создания специализированных посадок для защиты участков относятся только к началу XIX века, когда были накоплены и обобщены сведения о положительном влиянии массивных лесных насаждений в степи на произрастание сельскохозяйственных культур. Первые лесные полосы начали создаваться в 1809 г. помещиком В.Я. Ломиковским в Полтавской губернии. Но этот яркий пример не нашел себе сторонников. Крестьянство, имея раздробленные и узкие полосы земли, не могло заниматься этим делом, а более или менее крупные землевладельцы не хотели иметь дело с мероприятиями, окупающими себя в течение длительного срока. Только в 1879 г. опытом В.Я. Ломиковского заинтересовался А.А. Де-Карьер, который за 12 лет обсадил лесополосами 1090

га. Независимо от А.А. де-Карьера, занимались посадками защитных насаждений в имении землевладельцев Шатиловых [1].

В 80-е годы были начаты работы по созданию широких полос в бывших Волгоградской, Саратовской, Куйбышевской, Оренбургской областях. Полосы закладывались шириной 500–600 м в направлении с северо-востока на юго-запад. Организатором этого мероприятия был лесовод Н.К. Генко, который вполне четко осознавал всю значимость защитного лесоразведения.

Однако практика значительно обгоняла теорию, результатом чего было большое количество неудавшихся опытов. Только после неурожая 1891 г. царское правительство проявило интерес к вопросам защитного лесоразведения в засушливых районах. Для определения целесообразности создания защитных насаждений, а также для систематизации имевшихся уже навыков 22 марта 1892 г. была образована специальная экспедиция под руководством профессора В.В. Докучаева. За семь лет работы экспедиции были проведены исследования лесорастительных условий в степи, заложено несколько сот гектаров полос, проведены наблюдения за их влиянием на микроклимат прилегающих полей и урожайность сельскохозяйственных культур [1]. Самой главной заслугой экспедиции было то, что впервые были сформулированы научные основы полосного защитного лесоразведения. Особая роль в этом деле принадлежит последователю В.В. Докучаева - Г.Н. Высоцкому. По его мнению, введение кустарников в защитные насаждения способствует борьбе с нежелательной растительностью, защите почв от задернения, что приведет к уменьшению числа уходов, а значит и к удешевлению посадок. Наиболее эффективным оказался метод Н.П. Кобранова, который предусматривал использование, как сопутствующих теневыносливых пород, так и кустарников [1].

Всего до 1917 г. было посажено 130 тыс. га защитных лесных насаждений, в том числе 20 тыс. га полезащитных лесных полос. Борьба с водной эрозией проводилась одновременно с созданием полосных и массивных насаждений в степи и носила второстепенный характер. И только в 1900 г. было принято правительственное решение о борьбе с оврагами [1].

Облесением песчаных земель начали заниматься в начале 19 века. В период с 1804 по 1818 гг. И.Л. Данилевский вырастил на сыпучих песках Северского Донца около 1 тыс. га соснового леса. Большую роль в развитии агролесомелиорации на песках сыграли работы А.А. Колесова. Он в 1891 г. впервые применил предварительное шелюгование песков практически в том виде, в каком мы используем его сейчас. Примерно с 1923-1924 гг. создание лесных полос начало развиваться в различных районах засушливой зоны России. Таким образом, уже к 1926 г. было создано 26 тыс. га полезащитных полос [1]. В 1931 г. были открыты Всесоюзный НИИ агролесомелиорации в Москве и Украинский институт агролесомелиорации и лесного хозяйства в Харькове. В 1948 г. был принят Государственный план преобразования природы в лесостепных и степных районах европейской части СССР, проектировалось создание восьми государственных защитных лесных полос (ГЗЛП) на площади 117.9 тыс. га, четыре из которых

располагались по водоразделам. В целом же к началу 90-х гг. на территории бывшего СССР было создано около 5,5 млн. га защитных насаждений и в том числе около 2 млн. га полезащитных лесных полос [1].

К сожалению, в современной России создание защитных лесополос для восстановления поврежденных земель не получает значимой поддержки. Однако за рубежом проекты, связанные с созданием защитных насаждений, приобретает широкую международную значимость.

Ярким примером является Международный глобальный проект «Great Green Wall» (Великая Зеленая Стена), который направлен на объединение усилий десятков африканских стран и на улучшение жизни миллионов людей. Его результаты не только будут видны из космоса, но и окажут позитивное влияние на всю планету [2].

Летом 2005 года Африканский союз поддержал экологический проект «Great Green Wall», а в июне 2010 года Глобальный экологический фонд выделил на реализацию Великой Зеленой Стены \$119 млн. Новая зеленая полоса начала строиться в 2007 г. усилиями 12 африканских стран (рис. 1), а еще 9 присоединились к проекту позднее [2].



Рисунок 1 – «Великая Зеленая Стена» на карте Африки

На сегодняшний день «построено» уже около 15% зеленой стены на юге Сахары и позитивный эффект от высадки десятков миллионов деревьев уже замечен. Основные характеристики главного экологического проекта африканских стран:

- зеленая стена протянется на 7775 км от Сенегала до Джибути;
- ширина полосы деревьев составляет не менее 16 км;
- после завершения зеленая стена пройдет по территории 11 стран;
- общая площадь проекта – более 11,6 млн. га;
- ориентировочный бюджет «строительства» – около \$8 млрд.

По расчетам авторов проекта такое массовое озеленение позволит восстановить к 2030 г. не менее 100 млн. га деградировавших земель и создать около 350 тыс. новых рабочих мест в сельской местности. Обобщенно говоря, – «вдохнуть новую жизнь» в огромные территории и значительно улучшить условия существования миллионам жителей Африки [2].

По итогу проведения глобального проекта, результатом станет более 100 млн. га восстановленных земель, стабилизация социально-экономической сферы, а также возможность ведения сельского хозяйства. Данный зарубежный опыт может быть полезен и на территории России, где находится около 100 миллионов га деградированных земель.

Список использованных источников.

1. Защитные лесные насаждения и их виды. Объекты защитного лесоразведения. Неблагоприятные природные явления [Электронный ресурс]. <https://www.belstu.by/Portals/0/userfiles/44/files/lescultures/Zasch--lesorazv---teksti-lekcij.pdf> (дата обращения 25.09.2019).

2. Уже «построено» 15% Великой Зеленой Стены в Сахаре: URL: <https://taratutenko.ru/uzhe-postroeno-15-velikoy-zelenoy-sten-v-sahare.html> (дата обращения 25.09.2019).

УДК. 631.24.628.7

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В РИЗОСФЕРЕ ПОЧВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Н.Н. Хожанов¹, Ю.Г. Безбородов², М. Масатбаев¹

¹Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан;

²ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева», г. Москва, Россия

Возделывание солеустойчивых сельскохозяйственных культур способствует мелиорации засоленных малопродуктивных почв. При этом мелиорация эродированных земель должна осуществляться на основе научно-обоснованной разработки рекомендации по рациональному использованию почвенных ресурсов и минеральных удобрений. В мировом масштабе имеются значительные результаты по практике мелиорации и освоения засоленных земель. Между тем, необходимость изучения микрофлоры мелиорируемых засоленных почв в зависимости от энергетических ресурсов конкретной местности, позволяет детально охарактеризовать сущности почвенной экосистемы в зоне ризосферы растений. Так как почвенные микроорганизмы, участвуя в процессах минерализации растительных остатков, нитрификации, азотофиксации, активно формируют плодородие почвы.

На практике продуктивность почвы в основном оценивается по урожайности и зависит от почвенной структуры, уровня доступных питательных веществ, а также от численности, видового состава и деятельности почвенных организмов. Исследованиями установлены, что содержание питательных веществ в почве и охрана окружающей среды положительно сказывается на уровне продуктивности почвы.

Активное размножение микрофлоры ризосферы, состоящей в основном из бактерий, обусловлено наличием веществ, выделяемых корнями растений в течение вегетационного периода. Корневые выделения содержат различные органические кислоты, аминокислоты, углеводы, служащие источником питания ризосферной микрофлоры, численность которой на возделываемых участках в несколько раз больше, чем в почве без растений.

В целях повышения почвенного плодородия деградированных почв, глауконитовые пески могут оказать положительное влияние [1-3]. Так как глауконитовые пески способствуют:

- обогащению почвы фосфором, калием, магнием и такими важными микроэлементами, как медь, марганец, бор, цинк и др.;
- улучшению структуры почвы, сохранению влаги, препятствуют вымыванию питательных веществ;
- стимулированию роста растений, снижению заболеваемости.

Положительный эффект использования глауконитов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур отмечен в работах Д.Н. Прянишникова [4]. Указывал на возможность использования глауконитов в качестве калийных удобрений и А.Н. Энгельгардт [5].

Химический состав глауконитов варьирует в широких пределах. Глауконитовые пески следует рассматривать как многофакторное удобрение, позволяющее не только обогащать почву калием, фосфором, магнием и микроэлементами (марганец, медь, цинк, бор и др.), но и улучшать ее структуру, препятствовать выносу питательных веществ, сохранять влагу, стимулировать рост и снижать заболеваемость растений. Кроме того, глаукониты оказывают влияние на миграцию и распределение токсичных элементов между почвой и растениями, заметно снижая тем самым их концентрацию в продуктах питания.

По химическому составу глауконит, например, месторождения «Изобильное», содержит: SiO_2 – 49,84%, TiO_2 – 0,09%, Al_2O_3 – 7,37%, Fe_2O_3 – 20,14%, FeO – 1,88%, Mg – 2,89%, V_2O_5 – 0,03%, CaO – 0,84%, K_2O – 6,0%, Na_2O – 0,17%, P_2O_5 – 0,21%, H_2O – 4,38%. Главным обменным катионом в глауконите является калий.

Содержание элементов-примесей в глауконите, по данным количественного анализа, следующее: молибден – 3 г/т, свинец – 10 г/т, медь – 15 г/т, цинк – 100 г/т, фосфор – 1500 г/т, никель – 70 г/т, кобальт – 40 г/т, ванадий – 300 г/т, олово – 2 г/т, барий – 300 г/т, бериллий – 15 г/т, мышьяк – 100 г/т, германий – 10 г/т, иттрий – 30 г/т, стронций – 100 г/т, хром – 200 г/т, марганец – 70 г/т, цирконий – 100 г/т [6].

Отличительной особенностью глауконита от цеолитов является то, что он обладает не каркасным, а слоистым строением. При этом часть внутримолекулярных сил не уравновешена взаимодействием с расположенными в полости одного такого слоя ионами химических элементов. Эти силы могут вступать во взаимодействие с ионами химических веществ, содержащихся в растворах или воздухе. В результате они скапливаются на активных поверхностях пластинок, составляющих общий кристалл. Площадь активной поверхности значительно увеличивается и в этом состоит основное отличие глауконита от цеолита [6].

Нами в лабораторных и полевых исследованиях на территории полигона кафедры «Мелиорация и агрономия» Таразского государственного университета имени М.Х. Дулати проведены исследования по выявлению полевой и лабораторной всхожести семян озимой пшеницы при применении биостимулятора с концентрацией глауконитового раствора от 10 % до 20 %.

Результаты исследований свидетельствуют, что при замачиваниях семян озимой пшеницы по сравнению с контролем, где не производились замочки семян, повышается всхожесть семян на 32...35% (таблица 1), так как в прикорневой зоне почвы заметно увеличивается почвенная кислотность. В наших случаях, если контрольная почва имела рН = 5,8, то в зоне корней рН в зависимости от концентрации увеличивается до 6,3...6,8. Кроме того, в ризосферной зоне предложенная концентрация глауконитового раствора обеспечивает усиление деятельности грибной микоризы. Применение глауконита при выращивании картофеля и сахарной свеклы повышает урожайность на 30...55 %, при этом увеличивается крахмалистость картофеля и сахаристость свеклы.

Таблица 1 - Всхожесть семян озимой пшеницы, %

Варианты	Даты наблюдений			
	10.XI	13.XI	16.XI	19.XI
Контроль без обработки	25	39	47	63
10 % раствор глауконита	41	65	89	95
15 % раствор глауконита	43	72	87	98
20 % раствор глауконита	46	80	88	98

Полезное действие глауконита на повышение урожайности растений проявляется в различных направлениях. Он улучшает структуру почвы, увеличивая ее проницаемость, что особенно важно на тяжелых почвах; обладая высокой избирательностью по отношению к крупным катионам, глауконит накапливает такие важнейшие элементы питания растений, как азот и калий в форме объемных катионов и сорбирует NH_3 , а затем медленно отдает их во время роста растений, выполняя роль пролонгатора.

Подвижные формы удобрений, адсорбированные глауконитом, сохраняются от вымывания; уменьшаются потери аммонийного азота за счет нитрификации и улетучивания.

В полевых опытах установлено положительное влияние глауконита на урожай культур, предъявляющих повышенные требования к структурному слою почвы и плохо произрастающих на плотных, недостаточно аэрируемых, заплывающих и коркообразующих почвах. Так, на почве с преобладанием пылевой и иловой фракций (92% частиц менее 0,01мм) внесение глауконита повысило урожай зеленой массы кукурузы на 46,5%; сбор сухого вещества увеличился на 73...75%, обменной энергии в корме – на 75%. Питательная ценность 1 кг. зеленой массы составила без глауконита 0,15 к.е., а на фоне глауконита 0,18 к.е. (+20 %). Таким образом широкое использование глауконита в сельском хозяйстве способствует смягчению экологической обстановки

орошаемого земледелия и стабилизации экономики сельского хозяйства за счет сбережения дорогостоящих минеральных удобрений и препаратов по борьбе с болезнями и вредителями сельскохозяйственных растений.

В последние годы во всех регионах агропромышленного комплекса произошло серьезное снижение показателей экономической эффективности хозяйственной деятельности и усиление процессов деградации природной среды. Это связано, как с отсутствием механизма рационального природопользования, так и капитальных вложений, направленных на его техническую и технологическую модернизацию, восстановление природных ресурсов. Поэтому изучение взаимосвязи экономических и экологических показателей в сфере аграрного производства позволяют дать оценку степени их взаимовлияния и построение моделей эколого-экономической сбалансированности конструктивных параметров агропромышленного комплекса.

Обоснование подходов к решению проблемы эколого-экономической сбалансированности конструктивных параметров АПК аридной зоны базируется на принятии ряда основополагающих принципов, применяемых при построении моделей сложных систем. Оценка степени региональной эколого-экономической сбалансированности конструктивных параметров АПК осуществлялась с использованием аналитической модели, где учитывались количественные связи между отдельными параметрами природной системы с жизненно важными структурами сельскохозяйственных культур (корневой системой).

Как известно на растение влияют следующие факторы: - климатические; почвенно-грунтовые; питательные. Схематически их можно подразделить на следующие зоны:

зона А – приземной слой факторов, который по определению метеорологов находится на уровне 2,0 м от поверхности земли;

зона Б – корнеобитаемый слой почвы, который обогащен необходимыми питательными веществами (0-30 см);

зона В – распространяется до уровня грунтовых вод, при относительно низком содержании питательных веществ и под воздействием инфильтрационного подъема грунтовых вод различной степени минерализации, что отрицательно сказывается на благоприятном росте и развитии сельскохозяйственных культур (Н= 1...5 м).

В практике сельскохозяйственного производства такие основные мероприятия, как подготовка почвы, междурядная ее обработка, проведение поливов и других мероприятий осуществляются без учета биометрических показателей корневой системы сельскохозяйственных культур. Корневая система различных культур имеет специфические различия. На рост и развитие корневой системы большое внимание оказывают уровни залегания и минерализация грунтовых вод. Исследованиями установлено, что для получения максимального урожая сельскохозяйственных культур развитие корневой системы должно быть также максимальным.

Корневая система культур севооборота колеблется в различных интервалах: так, томаты имеют ярко выраженный стержневой корень. От главного корня отходят корни первого порядка, от них – корни второго порядка. Бывают также

корни третьего и четвертого порядков. Все корни покрыты густой массой корневых волосков. Корневая система огурцов хотя и довольно разветвленная, но развита слабо. Основная масса корней у этого растения располагается в поверхностном самом плодородном слое почвы, примерно, на глубине до 25...30 см. Основная масса корней люцерны располагается в пахотном слое почвы (0...25 см) и составляет около 60% всей массы корней, расположенных в метровом слое. Однако наиболее важные в питании мелкие корни расположены в большом количестве лишь на боковых корнях второго, третьего и последующих порядков, которые сосредоточены в более глубоких (25...70 см) слоях почвы. У ячменя корневая система мочковатая. При прорастании зерна сначала образуются так называемые зародышевые, или первичные корни, у ячменя 5...8 см. Из подземных стеблевых узлов образуются придаточные или узловые корни, которые при достаточном увлажнении начинают быстро расти, однако первичные корни при этом не отмирают. Основная часть корней находится на глубине 20...25 см в верхнем пахотном слое почвы.

Сельскохозяйственные культуры в период вегетации используют из почвы различные виды минерального питания, благодаря развитию корневой системы. Данные таблицы 2 свидетельствуют, что в орошаемой зоне глубина проникновения солнечной энергии, в зависимости от степени развития корневой системы сельскохозяйственных культур, имеет различные показатели. Так, например, при скоплении в пахотном слое (0-30 см) порядка 70% корневой системы глубина проникновения солнечной энергии по глубинам 0-30; 30-60 и 60-100 см соответствуют 25; 45 и 30%, т.е. имеет равномерное распределение. В соотношениях 50-40-10% размещения корневой системы 72% солнечной энергии сосредотачивается в слое 0-30 см и 22% в слое 30-60 см.

Таблица 2 - Расчет проникновения солнечной энергии в почву в зависимости от густоты размещения корневой системы

Расчетный слой, см.	Размещение корневой системы, %			Соотношение по отношению к горизонтам			Соотношения энергетического коэффициента к их показанию по горизонтам, %		
	70	60	50	3,5	2,0	1,25	25	45	72
0-30	70	60	50	3,5	2,0	1,25	25	45	72
30-60	20	30	40	2,0	3,0	4,0	45	30	22
60-100	10	10	10	-	-	-	30	25	6

Незначительное увлажнение и слабое проявление биологических процессов обуславливают в пустынной зоне охват почвообразованием небольшого по мощности слоя породы (40...50 см) и, как следствие, малую мощность почвенных горизонтов и профиля в целом. В зоне, в связи с биоклиматическими условиями, наблюдается слабое проявление гумусообразования, его прерывистость и кратковременность. Поэтому в серо-бурых почвах в верхнем слое отмечается лишь незначительное содержание гумуса (< 0,5%) с упрощенной структурой входящих в его состав гумусовых веществ.

Из анализа приведенных материалов становится ясным, что под влиянием растительности меняется численность и состав микроорганизмов, а следовательно - и интенсивность процессов, в которых они участвуют. Такие изменения является результатом взаимодействия растений и микроорганизмов, определяют степень развития и питание сельскохозяйственных культур. В связи с этим считаем, что назрела необходимость изучения микрофлоры ризосферы для разработки приемов, благоприятно влияющих на ее развитие и состав, на улучшение питания растений и получение высоких урожаев с учетом энергетических ресурсов конкретной местности.

В почвообразовательном процессе энергетические связи среди компонентов геосистемы во многих случаях связаны с потоками воздуха, воды, твердых масс, с перемещением живых организмов.

Различия в абсолютных высотах отдельных территорий зоны определяют различия в атмосферном увлажнении, в составе естественной растительности и ее продуктивности. По мере повышения абсолютной высоты местности (от подгорных равнин к предгорьям и низкогорьям) увеличивается количество осадков, становится разнообразнее видовой состав растительности, возрастает ее продуктивность и, как следствие, улучшаются условия гумусообразования. Поэтому от равнин к предгорьям и низкогорьям возрастает мощность гумусового профиля серо-коричневых почв и повышается содержание гумуса. В этом же направлении возрастает и интенсивность процессов внутрпочвенного выветривания (оглинивание профиля).

Наряду с этим, как следует из данных [4], абсолютные высоты местности оказывают влияние на климатические условия, и географическая широта. Увеличение высоты обычно сопровождается падением атмосферного давления, понижением температуры и влажности воздуха, ростом прямой солнечной радиации. Эффект влияния абсолютной высоты на отношение испаряемости на конкретной высоте к таковому на уровне моря характеризуется выражением:

$$K=0,000172 Z+1,$$

где: Z- высоты над уровнем моря, м.

Эти и другие аспекты агроэкологического состояния орошаемых земель Приаралья, требуют со всей серьезностью относиться к вопросам мелиоративного оздоровления орошаемых земель в новой редакции. Так, Хожановым Н.Н. [6,7] выявлены следующие процентные отношения показателей суммарного испарения. Данные свидетельствуют, что при формировании суммарного испарения основным факторами являются энергетический (ФАР) - 16,2%, индекс почвы - 19,9%, человеческий фактор - 20,2% и другие компоненты составляют - 42,7%.

Основываясь на данных многолетних исследований в южной зоне Казахстана, нами выявлено, что наличие солей в почве сдерживает процессы почвообразования при их слабом засолении от 20 до 31%, при среднем - от 64 до 74% и сильном - от 83 до 87%. Почвообразовательный процесс с достаточной точностью можно оценить по следующим факторам (таблица 4) [7; 8]:

фактор $K_1 = (O_c + M_{op})/I$;

фактор $K_2 = S/\Gamma$;

$K_{п} = K_1/K_2$ – коэффициент почвообразования,

где: O_c – атмосферные осадки, мм; M_{op} – оросительная норма, м³/га; I – испарение с поверхности почвы, м³/га; S - содержание солей в почве, %; Γ - содержание гумуса в , %.

Таблица 4 - Показатель коэффициента почвообразования

№ п/п	Осадки, мм.	Оросительная норма, мм	Испаряемость, мм	$K_1 = O_c + M_{op}/I$	Засоление почвы, %	Содержание гумуса, %	$K_2 = S/\Gamma$	$K_{п} = K_1/K_2$
1	100	250	1500	0,23	0,030	0,080	0,375	0,61
2	200	200	1500	0,26	0,030	0,080	0,375	0,69
3	300	150	1500	0,30	0,030	0,080	0,375	0,80
4	100	250	1500	0,23	0,070	0,080	0,875	0,26
5	200	200	1500	0,26	0,070	0,080	0,875	0,29
6	300	150	1500	0,30	0,070	0,080	0,875	0,34
7	100	250	1500	0,23	0,140	0,080	1,750	0,13
8	200	200	1500	0,26	0,140	0,080	1,750	0,14
9	300	150	1500	0,30	0,140	0,080	1,750	0,17

Таким образом, в целях оценки энергетических связей в ризосфере почвенной экосистемы деградированных земель, изучение микрофлоры ризосферы для разработки приемов, благоприятно влияющих на ее развитие и состав, на улучшение питания растений и получение высоких урожаев с учетом энергетических ресурсов конкретной местности, является велением времени. Поэтому научное исследование по изучению теоретических связей, происходящих в ризосфере, позволит установить специфические особенности процессов почвообразования в конкретной местности.

Список использованных источников

1. Бетехтин А.Г. Минералогия. — М.: Государственное издательство геологической литературы, 1950. — 956 с.
2. Актуальные проблемы технологии приготовления кормов и кормления сельскохозяйственных животных //Материалы международной научно-практической конференции / ВИЖ. – Дубровицы, 2006.
3. ООО Глауконит Создание и продвижение сайта: «Урал Медиа». 2008г.
4. Прянишников Д.Н. Белковые вещества и их распадение в связи с дыханием и ассимиляцией // Докторская диссертация. - 1900 г.

5. Энгельгардт А.Н. Об опытах применения фосфоритов для удобрений. - СПб., 1891, 4 изд. 1898.
6. Батталов А.К., Перегудов В.В., Щелкин А. Глауконит - местный природный материал для очистки воды // Экология и устойчивое развитие. – 2000. - №7. - С. 36-37.
7. Хожанов Н.Н., Естаев К.А., Жабалбаев Г.Е. Фитомелиорация - основа экологического равновесия орошаемого земледелия // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства: сборник материалов Международной НПК (Костяковские чтения). – Москва, 2013. - С. 91-95.
8. Хожанов Н.Н., Турсунбаев Х.И., и др. Энергетическая концепция развития системы земледелия. ИЗВЕСТИЯ № 55 (ч.1) научно – теоретический журнал Горского государственного аграрного университета.

УДК 631.445.4:631.465

УРЕАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ОПОДЗОЛЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА, ЗАГРЯЗНЕННОГО ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ, В УСЛОВИЯХ АГРОХИМИЧЕСКОЙ САНАЦИИ

О.В. Черникова¹, Ю.А. Мажайский², Л.Е. Амплеева³

¹Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, г. Рязань, Россия;

²МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия;

³ФГБОУ ВО РГАТУ, Рязань, РФ

Проблема увеличения площадей в различной степени деградированных и выведенных из оборота, в том числе нарушенных и техногенно трансформированных земель сельскохозяйственного назначения, одна из наиболее насущных для агропромышленного комплекса РФ [1].

Одной из важных проблем современной экологии является загрязнение почв тяжелыми металлами, которое отражается практически на всех компонентах биосферы. Тяжелые металлы, попав в атмосферу, почву или водоемы, включаются в природный круговорот веществ и удаляются очень медленно при выщелачивании, эрозии и дефляции, а также потреблении растениями.

Основными источниками загрязнения тяжелыми металлами являются предприятия черной и цветной металлургии, горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, тепловые электростанции, транспорт. При оценке экологического состояния окружающей среды большую роль играет изучение почвенного покрова [3, 6].

Проблема мониторинга почв актуальна в настоящее время, вследствие того, что вопрос сохранения почвенного плодородия стоит достаточно остро. Согласно литературным данным, наиболее информативной интегральной характеристикой биологической активности почвы, а, следовательно, и ее плодородия, является активность почвенных ферментов.

Одним из важных показателей, характеризующих продуктивность почв, является ее ферментативная активность. Исследования в этой области проводились многими учеными [1,2,4,5], которые установили высокую эффективность использования этого показателя для диагностики динамики плодородия почв при

различных антропогенных и естественных воздействиях на экосистемы. Преимуществом использования этого метода является возможность быстрого определения изменений, происходящих в экосистемах на самых ранних стадиях развития деградиционных процессов, прогноз их направленности и степени проявления.

Одним из наиболее изученных почвенных ферментов является гидролитический фермент из группы амилаз – уреазы, который обладает специфическим свойством катализировать гидролиз мочевины до двуокси углерода и аммиака.

Уреазы обнаруживаются у широкого спектра живых существ: в бактериях (уробактерии), дрожжах, растениях (много содержится в семенах сои), а также у ряда беспозвоночных. В почву карбамид попадает в составе растительных остатков, навоза и как азотное удобрение; он образуется также в самой почве в качестве промежуточного продукта в процессе превращения азотистых органических соединений.

Многие исследователи рассматривают уреазную активность как показатель самоочищающей способности почвы и один из наиболее важных показателей биологической активности почвы. Самоочищение – одна из важных экологических функций почвы, которая способна обеспечивать защиту самой почвы и сопредельных сред как от химического, так и от бактериального загрязнения. Интенсивно протекающие процессы разложения мочевины в почве могут характеризовать ее потенциальную самоочищающую способность как высокую, при медленно протекающих процессах – низкую [1,2].

На территории Рязанской области черноземы оподзоленные находятся в зоне воздействия энергетического комплекса Рязанской ГРЭС. При сжигании бурого угля с летучей золой от ГРЭС только свинца поступает ежегодно 2,6 т. Рязанская ГРЭС негативно воздействует на экосистемы как Пронского района, где она находится, так и на прилегающие к нему районы и, в частности, особенно сильно на экосистемы Кораблинского административного района, вследствие выбросов, содержащих тяжелые металлы, в атмосферу [6].

Чернозем является сильным аккумулятором ТМ, в связи с этим, актуальной становится проблема разработки агромелиоративных мероприятий по их санации и получению экологически безопасной продукции растениеводства в условиях техногенеза.

Цель наших исследований заключалась в изучении уреазной активности оподзоленного чернозема, загрязненного тяжелыми металлами при разработке приемов его агрохимической мелиорации.

Исследования проведены в условиях лизиметрического опыта (лизиметры конструкции ВНИИГиМ с ненарушенным почвенным профилем, площадь каждого лизиметра 1,17 м²), выполнено моделирование повышенного комплексного уровня загрязнения почвы растворами солей тяжелых металлов. Общее их содержание в почве составило: Cu – 90 мг/кг; Zn – 110; Pb – 40; Cd – 0,6 мг/кг. Для этого использовались химически чистые соли: Zn(CH₃COO)₂ × 2H₂O; CuSO₄ × 5H₂O; Pb(CH₃COO)₂; CdSO₄. При загрязнении учитывалось содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах с учетом суммарного индекса загрязнения почвы. Схема опыта представлена в таблице 1. Уреазная активность определялась по экспресс-методу Аристовской и Чугуновой.

Таблица 1 – Схема лизиметрического опыта

Варианты опыта	Дозы внесения удобрений
1	Без удобрений (контроль)
2	Навоз КРС 100 т/га
3	Навоз КРС 100 т/га N90P60K120
4	P120 N90K120
5	P240 N90K120
6	P480 N90K120

В качестве показателя уреазной активности была выбрана величина времени роста щелочности паров, которые находятся в равновесии с почвой в присутствии карбамида и, по мере роста концентрации выделяемого при распаде мочевины аммиака, переходят в фиксируемую индикаторной бумагой щелочную область цвета.

В процессе наблюдения учитывались и сравнивались величины увеличения щелочности паров почв. Результаты определения уреазной активности по времени разложения мочевины в контрольном варианте и варианте, где применялись различные приемы агрохимической санации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Уреазная активность черноземов оподзоленных, загрязненных тяжелыми металлами при агрохимической санации

Вариант	Уреазная активность (время разложения карбамида), ч.	Процент увеличения активности	Степень активности
Без удобрений (контроль)	9	-	низкая
Навоз КРС 100 т/га	4,5	50	высокая
Навоз КРС 100 т/га N90P60K120	4	66	высокая
P120 N90K120	7	23	низкая
P240 N90K120	7	23	низкая
P480 N90K120	6,5	28	средняя

В ходе наблюдений резких скачков величины водородного показателя отмечено не было, что говорит о плавности протекания процесса разрушения карбамида и выделения аммиака.

Характер динамики изменения времени разложения карбамида в оподзоленном черноземе, загрязненном тяжелыми металлами, говорит об угнетении уро-бактерий. В пробах контрольного образца степень разложения мочевины очень низкая. На вариантах с применением минеральных удобрений скорость разложе-

ния мочевины увеличивается, но незначительно, причиной чего является недостаточное количество доступной органики. Как следствие, увеличивается время разложения карбамида, а сама уреазная активность ингибируется.

В двух других вариантах, где вносились органические удобрения, скорость разложения мочевины относительно велика, что является следствием относительного богатства ее органикой.

Следует отметить, что стимулированию работы уреазы способствуют условия близкой к нейтральной реакции среды, а также наличие доступной органики в комплексе с минеральными удобрениями. В нашем опыте, изменения уреазной активности почвы при загрязнении ее повышенным уровнем тяжелых металлов, состояние контрольного образца, без применения методов агрохимической санации, можно назвать неудовлетворительным, что говорит о неблагоприятных условиях для развития растений, в том числе и сельскохозяйственных культур.

Учитывая, что главной экологической функцией уреазы в почве является самоочищение ее от поллютантов и бактериальных загрязняющих агентов путем преобразования продуктов распада органических соединений до более подвижных и легкоразлагаемых углекислого газа, и аммиака, можно сказать, что происходящие в загрязненных оподзоленных черноземах процессы разложения карбамида свидетельствуют о сравнительно низкой потенциальной способности таких систем к самоочищению.

Полученные в лизиметрическом опыте результаты исследований показали, что применение систем удобрений при повышенном содержании в почве тяжелых металлов способствует активизации уреазы, и, как следствие, увеличению микробиологической активности почвы и плодородию, что благоприятно сказывается на росте и развитии выращиваемых на ней сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников

1. Титова, В.И. Влияние изменения физико-химических и агрохимических показателей чернозема в ходе его техногенного нарушения на урожайность горчицы белой и уреазную активность почвы / В.И. Титова, С.С. Шахов, Е.В. Сеньчева // Живые и биокосные системы. – Ростов-на-Дону, 2015. № 14. – С. 6.

2. Илюшкина Л.Н. Биологическая активность почв урболандшафтов г. Ростова-на-Дону и г. Азова: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Ростов-на-Дону, 2004. – 24 с.

3. Максименко В.П., Меньшикова С.А. Экологические аспекты мелиоративных технологий при использовании комплексных удобрений // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сборник научных трудов, выпуск 7 / Под общей редакцией д.с.-х.н., профессора Ю. А. Мажайского. – Рязань: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2016. – С. 3 -7.

4. Амплеева, Л.Е. Ферментативная активность чернозема оподзоленного, загрязненного свинцом /Л.Е. Амплеева, О.В. Черникова // В книге: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. Материалы III международной научно-практической конференции. – Рязань, 2019. – С. 12-15.

5. Мажайский, Ю.А. Микробиологическая активность оподзоленного чернозема, загрязненного тяжелыми металлами, при агрохимической санации / Ю.А. Мажайский, О.В. Черникова // В сборнике: Мелиорация земель - неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации Материалы международной научно-практической конференции. 2019. – С. 229-232.

6. Черникова, О.В. Экологическое обоснование комплексных приемов реабилитации черноземов, загрязненных тяжелыми металлами (на примере Рязанской области): Диссертация кандидата биологических наук. - Рязань, 2010. – 178 с.

УДК 633.37: 631.6

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО (*Galega orientalis* L am.) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

В.А. Шевченко¹, А.М. Соловьев¹, Н.П. Попова¹, В.Н. Мельников²

¹ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

² ВГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Среди эффективных мер по управлению продукционным процессом любой сельскохозяйственной культуры на первое место выходят мелиоративные мероприятия, внесение расчетных доз удобрений [1, 2, 3], а также применение физиологически активных соединений [4], которые оказывают антистрессовое и стимулирующее влияние. По данным отечественных ученых [4] физиологически активные соединения положительно влияют на жизненные процессы растений.

Современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур нуждаются в применении биогенных полифункциональных физиологически активных веществ нового поколения. Эти соединения обладают свойствами регуляторов роста и индикаторов устойчивости растений, которые стимулируют развитие и продуктивность культур, индуцируют устойчивость растений к заболеваниям и неблагоприятным факторам, увеличивают урожайность и улучшают биохимический состав и качество получаемой продукции без ущерба для агроэкологии.

Этим требованиям в полной мере отвечают биокремнийорганический препарат Мивал-Агро, КРП и органоминеральный Гумисол-М, которые были использованы нами для экзогенного воздействия на семена и вегетирующие посевы козлятника восточного.

Целью наших исследований явилось изучение влияния удобрений и физиологически активных соединений на динамику фотосинтетической активности и ботанический состав при длительном использовании посевов козлятника восточного на мелиорированных землях Нечерноземной зоны.

Опыты проводились в 2008 – 2017 гг. в выводном поле кормового севооборота ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» Конаковского района, Тверской области, а также на полевой станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Почва опытных участков дерново-подзолистая, хорошо окультурена, осушена закрытым дренажом. Объектом исследования являлся сорт Гале, который включен в Госреестр селекционных достижений и допущен к использованию для всех регионов РФ. В качестве физиологически активных соединений были использованы препараты Мивал-Агро, КРП и Гумисол-М. Обработку семян ризоторфином и физиологически активными соединениями (ФАС) проводили в день посева влажным способом в следующих дозировках: ризоторфин – 10^6 клеток активных

ризобий; Мивал-Агро, КРП – 5 г на 1 т семян и 15 г (150 мг/л) на 1 га посевов; Гумисол – М – 2 л на 1 т семян и 7 л на 1 га посевов. Опрыскивание посевов проводили в фазе начала образования стеблей перед каждым укосом при расходе рабочего раствора 300 л/га или 30 мл/м². Расчет доз удобрений на запланированную урожайность 60 т/га зеленой массы в сумме за два укоса проводили по методике М.К. Каюмова [5] с внесением после каждого укоса 100 т/га жидких животноводческих стоков и компенсационных доз минеральных удобрений. Повторность опыта 4-х кратная, учетная площадь делянки 50 м², норма посева 4,5 млн. всхожих семян на га. Исследования выполнялись по общепринятым методикам и ГОСТам; статистическая обработка данных проведена с применением программного комплекса «STRAZ».

Результаты исследований. Фито мелиорирующий эффект и целесообразность многолетнего использования плантации козлятника восточного возможен только при формировании в первом и последующих годах эксплуатации оптимальной густоты стеблестоя. В этой связи важное значение имеет количество побегов в расчете на 1 м², определяющее в итоге кормовую ценность козлятника восточного. Важно отметить, что сформировать агроценоз козлятника с оптимальными фотосинтетическими параметрами в год посева – задача довольно сложная: семена имеют низкую всхожесть и нуждаются перед посевом в скарификации и инокуляции; почва должна быть окультуренной и отличаться оптимальным увлажнением на протяжении всего вегетационного периода. Установлено, что внесение расчетных доз удобрений и применение физиологически активных соединений оказывает положительное влияние на количество побегов у козлятника восточного на 1 м² посевной площади. Так, по сравнению с контролем, в год посева увеличение стеблестоя на 1 м² составило: от применения расчетных доз удобрений – 5 побегов, от совместного применения удобрений и инокулянта – 12 побегов и от комплексного использования удобрений, инокулянта и физиологически активных соединений – от 13 до 16 побегов при НСР₀₅ = 2,5. В нашем опыте максимальное количество побегов на единицу площади, которые козлятник сформировал на 7-й год жизни, равнялось: на контроле – 46 шт./м²; при применении расчетных доз удобрений – 49, а при использовании всего комплекса воздействия на семена и посевы – от 53 до 58 шт./м² при НСР_{0,5} = 3,4. Отмечено, что предпосевная обработка семян ризоторфином, также обеспечивала достоверное увеличение числа побегов в расчете на 1 м², но не столь значимое – до 51 шт./м², как от совместного воздействия инокулянта и применения физиологически активных соединений.

Начиная с 8-го года жизни, на всех вариантах происходит постепенное снижение количества побегов, и к 10-му году эксплуатации плантации их остается на контроле 86,1%, а при использовании расчетных доз удобрений, инокулянтов и физиологически активных веществ – 89,1...89,8%. Максимальное количество побегов в среднем за 2008...2017 гг. – 51,8 шт./м² отмечено на варианте, где семенной материал и посевы были обработаны препаратом Гумисол-М. Таким образом, прослеживается положительное действие гуминовых препаратов как в качестве регуляторов роста, так и в качестве антистрессовых препаратов, поскольку в аномально жарком и сухом 2010 г. четко наблюдается преимущество

Гумисол-М по количеству образовавшихся побегов на всех вариантах, где он применялся.

Нами изучена сохранность растений козлятника при разных системах удобрений и применении физиологически активных соединений. При этом отмечено, что минимальное количество сохранившихся растений в среднем за годы исследований характерно для контрольного варианта, возделываемого без удобрений и регуляторов роста, где оно составило 81,3%.

Также следует отметить, что четкая тенденция увеличения количества сохранившихся растений в популяции козлятника восточного прослеживается на всех вариантах до 4-го года жизни. В последующий период наблюдений количество сохранившихся растений постепенно снижается и в значительной степени зависит от метеорологических условий вегетационного периода. Но и здесь более плавное снижение доли выживших растений характерно для вариантов опыта с использованием гуматов.

Особенностью козлятника восточного является тот факт, что его фотосинтетический аппарат - это и фактор накопления биомассы и самая ценная часть урожая. Поэтому для повышения использования энергии солнечной радиации следует как можно быстрее создать условия для формирования оптимальной величины и длительной активности листового аппарата.

Основным показателем, характеризующим активность работы ассимиляционного аппарата в течение вегетационного периода, является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). В наших исследованиях ЧПФ на различных фонах питания растений находится в прямой зависимости от величины ассимиляционной поверхности посевов козлятника, причем максимальные значения этого показателя отмечены на первом укосе травостоя. Так, в среднем за десятилетний период наблюдений на контрольном варианте ЧПФ в первом укосе составила 3,17, а во втором – 0,53 г/м² в сутки, в то время как при обработке семян ризоторфином и физиологически активными соединениями она существенно увеличилась и находилась в интервале 3,74...4,07 г/м² в сутки у первого укоса и 0,57...0,59 г/м² в сутки во втором укосе при НСР_{0,5}, соответственно, 0,24 и 0,04 г/м² в сутки. Возделывание козлятника восточного на фоне внесения расчетных доз удобрений под запланированную урожайность, но без инокуляции семян также обеспечивает достоверное увеличение ЧПФ, хотя и не всегда доказуемое. Оно было заметно меньшим, чем при комплексном применении бактериализации семян, а также обработки их посевов ФАС.

Максимальные значения ЧПФ как у первого (3,95...4,11 г/м² в сутки), так и у второго укосов (0,55...0,62 г/м² в сутки) отмечены при совместном применении ФАС и инокуляции семенного материала, а также при комплексной обработке семян и посевов препаратом Гумисол-М (4,01...4,11 г/м² в сутки в первом укосе и 0,57...0,62 г/м² в сутки во втором, против, соответственно, 3,95...3,96 и 0,55...0,56 г/м² в сутки при аналогичном воздействии препаратом Мивал-Агро, КРП).

Интегральным показателем фотосинтетической деятельности посевов является суммарная урожайность сырой и сухой биомассы за два укоса. В нашем

опыте накопление зеленой массы и сухого вещества у козлятника восточного зависело от возраста агроценоза, системы удобрений, объектов обработки и метеорологических условий года. Анализируя данные, представленные в таблице 1, можно заключить, что формирование урожайности у козлятника восточного определяется в значительной степени площадью листовой поверхности и чистой продуктивностью фотосинтеза, поскольку между этими показателями установлена тесная корреляционная зависимость ($r = 0,72...0,81$).

Небольшая площадь листьев и низкий показатель ЧПФ в первый год жизни обеспечили минимальный сбор как сырой, так и сухой биомассы у всех вариантов. Тем не менее, комплексная обработка семян и посевов ФАС и их инокуляция, а также внесение расчетных доз удобрений на запланированную урожайность 60 т/га зеленой массы, оказали положительное влияние на продукционный процесс козлятника восточного, так как разница между этими вариантами и контролем по накоплению полезной продукции в расчете на 1 га посевов была существенной.

Начиная со второго года жизни, наблюдается интенсивное нарастание сырой и сухой биомассы, которое продолжается до четвертого года включительно, когда на всех вариантах, кроме контроля, достигнут уровень запланированной урожайности. Следует отметить, что процесс синтеза органической массы с наибольшей интенсивностью отмечен на вариантах, где проводилась комплексная обработка семян и посевов физиологически активными соединениями в сочетании с инокуляцией (67,3...70,2 т/га сырой и 18,8...19,6 т/га сухой биомассы против, соответственно, 67,2...68,8 и 18,5...18,8 т/га при аналогичном воздействии их только на сменной материал). На этих же вариантах наблюдается и замедление процессов снижения продуктивности посевов по мере старения агроценозов.

На контрольном варианте, где козлятник восточный возделывался без экзогенного воздействия на семена и посевы, также наблюдается аналогичное увеличение сборов сырой и сухой биомассы. При этом уровень продуктивности составляет лишь 55,0...57,6% по сбору сырой массы и 52,7...55,0% по сбору сухого вещества по сравнению с применением всего изученного нами агротехнического комплекса.

Таблица 1 - Суммарная урожайность козлятника восточного за два укоса при разных системах удобрений и применении ФАС, т/га (в числителе – зеленая масса; в знаменателе – сухое вещество)

N п/ п	Варианты опыта		Система удобрений	Годы исследований										В среднем за 2008-2017 гг.
	препарат	объект обра- ботк и		2008, 1-й г.ж.	2009, -й г.ж.	2010, 3-й г.ж.	2011, 4-й г.ж.	2012, 5-й г.ж.	2013, 6-й г.ж.	2014, 7-й г.ж.	2015, 8-й г.ж.	2016, 9-й г.ж.	2017, 10-й г.ж.	
1	Вода (контроль)	семена	без удобре- ний	6,9 2,8	26,0 6,1	18,6 5,6	40,1 11,2	36,1 9,2	34,7 9,0	32,6 8,8	31,3 8,6	30,2 8,2	28,1 7,0	28,5 7,7

2	Вода	се- мена	Стартовые дозы N – 10 кг д.в./га при посевах + поукосно жидкие стоки 100 т/га + компенсационные нормы РК	17,4	40,7	31,0	60,1	54,0	51,3	48,5	47,5	45,9	43,8	44,0
				5,0	11,2	9,2	16,8	13,9	15,1	14,5	13,8	13,5	10,9	12,4
3	Ризоторфин	се- мена		18,0	42,9	32,0	62,5	57,3	53,5	50,8	49,6	47,9	44,8	45,9
				5,2	11,8	9,6	17,5	14,7	15,8	15,1	14,3	14,0	11,2	12,9
4	Ризоторфин +Мивал- Агро,КРП	се- мена		18,2	45,6	34,1	67,2	61,7	57,2	54,6	53,1	51,1	48,5	49,1
				5,2	12,6	10,2	18,5	15,8	16,8	16,3	15,4	14,9	12,0	13,8
5	Ризоторфин +Гумисол-М	се- мена		18,3	47,5	35,0	68,8	63,3	58,9	56,1	54,4	52,9	50,1	50,5
				5,3	13,1	10,5	19,2	16,2	17,3	16,7	15,7	15,5	12,5	14,2
6	Ризоторфин	се- мена		17,9	46,5	34,5	67,3	61,9	58,1	55,0	53,4	51,6	48,9	49,5
				5,2	12,9	10,4	18,8	15,9	17,1	16,4	15,5	15,2	12,1	14,0
7	Ризоторфин	се- мена		18,1	47,1	35,1	68,7	62,8	59,4	55,6	54,1	52,6	50,0	50,4
				5,2	13,0	10,5	19,2	16,1	17,5	16,6	15,7	15,4	12,5	14,2
8	Ризотофин	се- мена		17,6	46,8	34,7	67,8	62,2	58,8	54,6	53,7	51,9	49,9	49,8
				5,1	12,9	10,4	18,9	16,0	17,3	16,4	15,6	15,2	12,5	14,0
9	Ризоторфин	се- мена	18,8	48,4	36,0	70,2	64,6	60,5	57,4	55,4	54,5	52,0	51,8	
			5,4	13,4	10,8	19,6	16,6	17,8	17,1	16,0	16,0	13,0	14,6	
В среднем				16,8	43,5	32,3	63,6	58,2	54,7	51,7	50,3	48,7	46,3	46,6
				4,4	11,9	9,7	17,7	14,9	16,0	15,3	14,5	14,2	11,5	13,1
НСР _{0,5}				1,2	2,9	2,1	4,4	4,1	3,7	3,5	3,4	3,3	3,1	3,2
				0,3	0,8	0,6	1,2	0,9	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,9

Увеличение сбора полезной продукции за счет инокуляции семенного материала по сравнению с контролем равняется соответственно 4,3 и 4,0%; совместная обработка семян ризоторфином и физиологически активными соединениями обеспечивает прибавку в размере 11,6...14,8% по урожайности сырой массы и 11,3...14,5% по сбору сухого вещества. Эффект от комплексного воздействия инокулянта и ФАС на семенной материал и вегетирующие растения находился в пределах 12,5...17,7% по урожайности зеленой массы и 12,9...17,7% по сбору сухого вещества.

На основании многолетних наблюдений нами установлено, что ботанический состав агроценоза козлятника восточного в значительной мере зависит от возраста плантации, погодных условий, системы удобрений, инокуляции семенного материала и обработки посевов физиологически активными соединениями.

В первый год жизни в конце вегетационного периода доля культурных растений при комплексном воздействии на семена и посевы инокулянта, удобрений и ФАС составляет 70,7...74,2% против 64,6% на контроле (при НСР_{0,5} = 4,8%). В последующие годы исследований, благодаря ежегодному образованию дополнительных зимующих почек и большой способности к вегетативному размножению, травостой козлятника на всех вариантах опыта загущается вплоть до седьмого года включительно как на контроле (77%), так и при воздействии на семена (81,4...84,9%) и при комплексной обработке семян и посевов (85,4...87,2%) при НСР_{0,5} = 5,8%. На десятый год жизни снижение доли козлятника восточного по

отношению к седьмому году составило на контроле 8,8%; на вариантах с применением инокулянта, системы удобрений и физиологически активных соединений – 4,8...7,5%, а при воздействии на семена всего комплекса – 7,8...10,0%, что было статистически достоверным. Также за этот период наблюдений по всем вариантам опыта отмечен существенный рост численности многолетних и уменьшение количества однолетних сорняков. Поддержание функционирования продукционного процесса у козлятника восточного на высоком уровне возможно при постоянном дополнительном поступлении антропогенной энергии в агроценоз с помощью различных агротехнических приемов, таких как инокуляция посевного материала, известкование, внесение расчетных доз органических и минеральных удобрений, контроль над фитосанитарным состоянием плантаций.

Выводы

В современных агротехнологиях возделывания культуры козлятника возрастает роль физиологически активных соединений, и, в частности, гуминовых веществ, среди которых перспективным препаратом является Гумисол-М, применение которого для обработки семян и вегетирующих посевов оказывает стимулирующее действие на формирование побегов, сохранность растений, фотосинтетическую активность, а также длительное время поддерживает в агроценозе культурный компонент в активном состоянии.

Применение комплексного воздействия на семена и посевы инокулянта и ФАС в фазу начала отрастания побегов позволяет дополнительно получать 12,5...17,7% полезной продукции в расчете на 1 га.

В повышении продуктивности посевов козлятника большое значение имеет уровень минерального питания растений. На основании полученных результатов можно заключить, что в среднем за 10 лет исследований эффект от применения расчетных доз удобрений превышает контрольный вариант по урожайности зеленой массы на 54,4%, а по сбору сухого вещества – на 61,0%.

При включении изучаемых агроприемов в технологический процесс возделывания козлятника, повышается не только кормовое, но и мелиоративное значение культуры, позволяющее использовать его в качестве природного мелиоранта, способствующего повышению плодородия почвы [6], и возделывать его на склоновых землях для защиты почв от водной эрозии.

Список использованных источников:

1. Новиков, С. А., Биоклиматический потенциал мелиорированных земель Нечерноземной зоны России: монография / В. А. Шевченко, А. М. Соловьев // - М: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2018. - 284 с.
2. Шевченко, В. А. Перспективы производства растениеводческой продукции на мелиорированных землях Нечерноземной зоны России: монография / В. А. Шевченко // - М: Изд. ВНИИГиМ, 2017. - 918 с.
3. Шевченко, В. А., Теоретические и практические аспекты влияния разноточных приемов обработки почвы и севооборотов, в том числе биологизированных, на показатели почвенного плодородия мелиорированных земель Нечерноземной зоны: монография / А. М. Соловьев, Н.П. Попова // - М: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2019. - 182 с.
4. Прусакова, Л.Д. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами. / Н. Н. Малеванная, С. Л. Белопухов В. В. Вакуленко // *Агрохимия*. - 2005. - №11. - С. 76 – 86.
5. Каюмов, М. К. Программирование урожаев / М. К. Каюмов. – М.: Московский рабочий, 1981. – 161 с.
6. Максименко В.П., Волчкова Т.Л., Меньшикова С.А. Козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.) – эффективный аккумулятор приходящей энергии // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции 24-25 октября 2018 г. – М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019. – С. 223-227.

УДК 551.46

CLIMATE CHANGE AND RISK OF LAND RECLAMATION IN GEORGIA

Givi Gavardashvili

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University

Abstract

The potential impact of climate change on agricultural reclamation was estimated for two periods: 2021-2050 and 2071-2100 years. In order to assess the potential impact of climate change, three indicators were taken into account: climatic parameters (indicator identifying climate change); variation of temperature and precipitation – (parameters identifying variation of temperature and precipitation) – were considered for the vulnerable and critical periods of agricultural crops development stages – for summer period and wind velocity.

In 2021-2050, in municipalities, where irrigation systems will be operated, existed irrigation regime and irrigation rate will basically provide crop water requirement. In certain municipalities it is possible to increase irrigation mode. Decrease of precipitation stipulates normal operation of drainage systems. In municipalities, where increase of precipitation is forecasted, period of keeping the surface rainfall water will be insignificantly prolonged.

In 2071-2100, increase of summer temperature and reduction of precipitation probably will reach such value, at which it becomes necessary to increase the amount of irrigation rate. In municipalities, where merely drainage scheme is operated, it becomes necessary to set double-functioning (irrigation-drainage) or local irrigation systems, however, in municipalities, where such systems doesn't exist – their arrangement.

At the end of the given paper those recommendation are offered, that are necessary for overcoming social-economical risks caused by climate change.

Key words: climate change, irrigation, drainage, risk.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И РИСКИ ПРИ УЛУЧШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ В ГРУЗИИ

Гиви Гавардашвили

Институт водного хозяйства им. Цотне Мирцхулавы Грузинского технического университета

Аннотация

Потенциальное воздействие изменения климата на мелиорацию сельского хозяйства оценивалось для два периода: 2021-2050 и 2071-2100 гг. Для оценки потенциального воздействия изменения климата были приняты во внимание три показателя: климатические параметры (показатель, определяющий изменение климата); изменение температуры и осадков - (параметры, определяющие изменение температуры и осадков) - были рассмотрены для уязвимых и критических периодов при разных стадий развития сельскохозяйственных культур - для летнего периода и скорости ветра.

В 2021-2050 гг. в муниципалитетах, где будут функционировать ирригационные системы, существующие режим и норма орошения будут в основном обеспечивать потребность сельскохозяйственных культур в воде. В некоторых муниципалитетах можно повысить режимы орошения. Сокращение осадков обуславливает нормальную работу осушительных систем. В муниципалитетах, где прогнозируется увеличение количества осадков, период удержания поверхностных дождевых вод будет незначительно продлен.

В 2071-2100 гг. повышение летней температуры и уменьшение количества осадков, вероятно, достигнет такого значения, при котором возникает необходимость в увеличении объема орошения. В муниципалитетах, где функционирует лишь осушительная схема, возникает необходимость установить двойные (ирригационно-осушительные) или местные ирригационные системы, однако в муниципалитетах, где таких систем не существует - их устройство.

В конце данной статьи предлагаются рекомендации, необходимые для преодоления социально-экономических рисков, связанных с изменением климата.

Ключевые слова: изменение климата, ирригации, осушение, риск.

1. INTRODUCTION

Regional Climate Model 4 (RegCM4) was used for the South Caucasus region³⁴. This model belongs to the group of so-called “limited models”, it uses large-scale meteorological parameters as initial and boundary conditions on the area limited by the user, on which high-resolution geographical information (such as: topographic elevations, land use, vegetation and so on) can be used in high-definition calculations. A simulation was done (N 40°30′-47°; W 39°25′-44°) with maximal horizontal resolution of 20km, admissible in the area. The area used for simulation includes the territory of Georgia as well as part of the territories of Armenia, Azerbaijan, Turkey and the Russian Federation. Initial and boundary conditions were taken from.

The methodology employed in the USAID-supported Institutionalization of Climate Change Adaptation and Mitigation in Georgian Regions (ICCAMGR) project and therefore in the Road Map closely follows the methodology described in the “ESPON (European Spatial Planning Observation Network) Climate: Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies Report” (2011)¹⁹. This methodological choice was made for several reasons: Georgia’s national aspirations with regard

to association with the European Union, Georgia’s Eastern European geographical location, methodological soundness, a comparable set of indicators and approaches followed, the wide use of the methodology applied in this report by the climate change and impact research community and its applicability to Georgian realities in terms of data availability and other related issues [1,2,3].

The indicators employed in this study are also comparable with ones used in the “European Environmental Agency Report: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 (an indicator-based report)”²⁰, a background document for elaboration of EU Strategy on adaptation to climate change (See fig. 1).

EH5OM (MPI, Hamburg), global model output data (existing from 1941-2100) and A1B socio-economic scenarios [1].



Fig.1. Geopolitical map of the Caucasus Region

2. METHODOLOGY

The methodology employed in the USAID-supported Institutionalization of Climate Change Adaptation and Mitigation in Georgian Regions (ICCAMGR) project and therefore in the Road Map closely follows the methodology described in the “ESPON (European Spatial Planning Observation Network) Climate: Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies Report” (2011)¹⁹. This methodological choice was made for several reasons: Georgia’s national aspirations with regard to association with the European Union, Georgia’s Eastern European geographical location, methodological soundness, a comparable set of indicators and approaches followed, the wide use of the methodology applied in this report by the climate change and impact research community and its applicability to Georgian realities in terms of data availability and other related issues.

The indicators employed in this study are also comparable with ones used in the “European Environmental Agency Report: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 (an indicator-based report)”²⁰, a background document for elaboration of EU Strategy on adaptation to climate change.

- **Sensitivity:** The degree to which a system is affected, either adversely or beneficially, by climate related stimuli. The effect may be direct or indirect. Sensitivity tells us about the status quo of the physical and natural environment of the affected systems that makes them particularly susceptible to climate change. For example, a sensitivity factor could be topography, land use land cover, distribution and density of population, built environment, proximity to the coast, etc.
- **Impact:** Consequences of climate change on natural and human systems. Depending on the consideration of adaptation, one can distinguish between potential and residual impacts. Potential Impact is determined by combining exposure and sensitivity to climate change on a system.
- **Adaptability or Adaptive capacity:** The ability of a natural or human system to adjust to climate change (including climate variability and extremes) to moderate potential damages, to take advantage of opportunities, or to cope with the consequences.
 - **Vulnerability:** The degree to which a system is susceptible to, or unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude, and rate of climate variation to which a system is exposed, its sensitivity, and its adaptive capacity.
 - **Mitigation:** Climate change mitigation refers to all human attempts to mitigate the effects of climate change.

3. ASSESSMENT FLOWCHART

For the sake of terminological compatibility (between English and Georgian languages) and clarity, the terms are first noted in both languages below, followed by the IPCC23 definitions of key climate change impact assessment terms employed in this report (in italics). These definitions are completed by more extended explanations extracted from GIZ (2015)²⁴ explaining their meaning in greater depth and in easily accessible language for four of the concepts below:

Exposure: The nature and degree to which a system is exposed to significant climatic variations. Exposure refers to changes in climate parameters that might affect socioecological systems. Such parameters are for example temperature, precipitation and wind speed, which climate change alters with regard to their quantity and quality as well as their spatial and temporal.

In order to aggregate various types of indicator datasets, the data first needs to be transformed into a unit-less score on a common scale. This process is called normalization. For the integrated assessment of vulnerability, a scale with a value range of 1-to-10 was preferred with the value 1 representing low vulnerability and the value 10 representing high vulnerability (see Figure 3 for typical legends applied). Methodologically it is feasible that all dataset values are normalized to this scale at each step requires normalization, though depending on particular data characteristics, different methods can be applied. These are briefly explained below. Sensitivity Exposure Impact.

Typically, the following linear transformation can be applied to statistical or other types of data for normalization (so called *Min-Max* normalization):

$$X_i(0 \text{ to } 1) = (X_i - X_{Min}) / (X_{Max} - X_{Min}) \quad (1)$$

$$X_i(1 \text{ to } 10) = (X_i(0 \text{ to } 1)) * 9 + 1 = (X_i - X_{Min}) / (X_{Max} - X_{Min}) * 9 + 1 \quad (2)$$

4. AGGREGATION AND WEIGHTING

There is a wide range of different aggregation methods that can be used to build integral indices from the values of composite indicators. As these methods can have a major influence on the result of the impact and vulnerability assessment, our approach was to use the simplest and most straightforward methods so that less influence is introduced by the aggregation method chosen. This section describes aggregation methods that can be applied in various cases. Next we discuss the methods used for weight allocation. Choices primarily depend on statistical properties of the indicator data, and the meaningfulness of the end result of the aggregation, which is ultimately judged by sectoral experts.

An arithmetic aggregation index is derived through weighted summation of normalized indicators in accordance with the following linear averaging formula [1,2]:

$$\text{Index value} = \sum W_i * X_i = (W_1 * X_1 + W_2 * X_2 + W_3 * X_3 + \dots + W_n * X_n), \quad (3)$$

where: n is the number of composite indicators, X_i and W_i are normalized indicators and respective weights. The weight W_i should comply with the following criteria: $0 \leq W_i \leq 1$ and $\sum W_i = 1$. In case of equal weights (when knowledge is insufficient to allocate differing weights) the common weight should respectively satisfy the condition $W * n = 1$, which transforms the formula into simple arithmetical averaging with weight $W = 1/n$:

$$\text{Index value} = \sum X_i * (1/n) = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) / n. \quad (4)$$

An arithmetic aggregation index is derived through weighted summation of normalized indicators in accordance with the following linear averaging formula:

$$\text{Index value} = \sum W_i * X_i = (W_1 * X_1 + W_2 * X_2 + W_3 * X_3 + \dots + W_n * X_n), \quad (5)$$

where: n is the number of composite indicators, X_i and W_i are normalized indicators and respective weights. The weight W_i should comply with the following criteria: $0 \leq W_i \leq 1$ and $\sum W_i = 1$.

In case of equal weights (when knowledge is insufficient to allocate differing weights) the common weight should respectively satisfy the condition $W * n = 1$, which transforms the formula into simple arithmetical averaging with weight $W = 1/n$:

$$\text{Index value} = \sum X_i * (1/n) = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) / n. \quad (6)$$

Arithmetic aggregation is a very simple method but two main weaknesses are interaction and compensability. An arithmetic aggregation index is derived through weighted summation of normalized indicators in accordance with the following linear averaging formula:

$$\text{Index value} = \sum Wi * Xi = (W_1 * X_1 + W_2 * X_2 + W_3 * X_3 + \dots + W_n * X_n), \quad (7)$$

where: n is the number of composite indicators, X_i and W_i are normalized indicators and respective weights. The weight W_i should comply with the following criteria: $0 \leq W_i \leq 1$ and $\sum W_i = 1$.

In case of equal weights (when knowledge is insufficient to allocate differing weights) the common weight should respectively satisfy the condition $W * n = 1$, which transforms the formula into simple arithmetical averaging with weight $W = 1/n$:

$$\text{Index value} = \sum Xi * (1 / n) = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) / n. \quad (8)$$

Arithmetic aggregation is a very simple method but two main weaknesses are interaction and compensability.

5. WEIGHTS

There can be various methods of weight allocation when indicators are from different sectors and require the setting of priorities. In the case of not allocating specific weights, equal weights are assumed during aggregation (when weights are $1/n$). Due to the need to set priorities for decision-making, it is important to apply the most straightforward and practical methodology for weight allocation.

In case of intra-sectoral weight allocations (for instance, two or more agricultural sensitivity indicators) the respective expert team member was requested to individually provide weights and justification arguments, validated on self-consistency interactively by the experts from other sectors. Results of the expert intersectoral weight allocation are documented in each sectoral methodology description provided by each sectoral expert for each thematic dimension of this assessment.

As for inter-sectoral weight allocations, the Delphi expert survey method was applied in this assessment, described briefly here. The survey for weight allocation among sectors/dimensions was conducted in two interactive rounds. First, all members of the expert group were asked to allocate percentages to each sensitivity dimension as well as to each component of the two 'impact pairs' of exposure-sensitivity. Each of these two estimations added up to a sum of 100% (which is equivalent to summation of weights to 1). In the second round, all experts were informed about the results of the first round and those who wished to do so and whose opinions differed significantly from the average scores of the first round were given the opportunity to adjust to more moderate scores. Two sets of weights were then recalculated from percentages to fractions of 1 for use in sensitivity and impact aggregate index calculations. The results of the inter-sectoral Delphi survey exercise are provided in Table 1 below. Results obtained were compared to similar figures given in ESPON (2011) in order to be compatible with similar international studies (see Table 1.).

Agriculture has traditionally been a key industry for Georgia. The country's fertile soil creates extremely favorable conditions for both farming and livestock breeding. Agricultural land makes up 43.4% of the country's territory⁶⁸. Traditional Georgian crops include grapes, wheat, maize, fruit, citrus fruit and tea ⁶⁹. The main types of

livestock breeding are sheep and cattle breeding, while beekeeping is also well established in Georgia.

Table 1. Weights resulting from the Delphi-based inter-sectoral expert survey

Delphi Survey	Agriculture	Tourism	Energy	SUM
Agriculture Team	45	15	40	100
Project Coordination Team	50	25	25	100
Report Reviewer/Editor	50	20	30	100
Tourism Expert	50	20	30	100
Industry Expert	40	20	40	100
Energy Team	40	20	40	100
GIS Analysis Team	40	20	40	100
AVERAGE	45	20	35	100

Within the framework of this study, based on quantitative indicators and taking into account the available information, the potential sensitivity of agriculture and forest ecosystems to climate change and the impact of climate change on them for two projection periods (2021-2050 and 2071-2100) have been analyzed for each municipality in Georgia.

6. SENSITIVITY OF AGRICULTURAL SECTOR TO CLIMATE CHANGE

Agriculture has traditionally been a key industry for Georgia. The country's fertile soil creates extremely favorable conditions for both farming and livestock breeding. Agricultural land makes up 43.4% of the country's territory⁶⁸. Traditional Georgian crops include grapes, wheat, maize, fruit, citrus fruit and tea⁶⁹. The main types of livestock breeding are sheep and cattle breeding, while beekeeping is also well established in Georgia.

Within the framework of this study, based on quantitative indicators and taking into account the available information, the potential sensitivity of agriculture and forest ecosystems to climate change and the impact of climate change on them for two projection periods (2021-2050 and 2071-2100) have been analyzed for each municipality in Georgia.

According to Georgia's Third National Communication to the United Nations Framework Climate Change Convention, an internationally recognized official report⁸⁶, the average annual temperature in lowland regions and the Black Sea coastal area of Georgia is 14-15°C⁸⁷, while total annual precipitation varies from 1,500 mm to 2,700 mm. In the lowlands of eastern Georgia, the average annual temperature reaches 11-13°C and the annual precipitation totals 400-600 mm, increasing up to 800-1,200 mm in mountainous regions. In the last 25 years, as a result of climate change,

the average annual temperature in western Georgia has increased by about 0.3 °C, while in eastern Georgia the increment reached 0.4-0.5°C88.

7. SENSITIVITY INDICATORS

A report by the European Environment Agency (2012) lists indicators of soil sensitivity to climate change, including: a) Soil moisture; and b) Soil erosion.

Agriculture sensitivity in the same report is assessed by: a) Growing season for agricultural crops; b) Water-limited crop productivity; and c) Irrigation water requirement.

Sensitivity of irrigation rate of agricultural crops to moisture change 103 – the irrigation rate (M) in m^3 shows the amount of water applied per 1 ha during the entire period of vegetation, according to how frequently the given crop is irrigated and drainage (see Fig. 2,3,4). The irrigation rate is determined by the following correlation [6,7,8]:

$$M = \sum_{i=1}^n m_i = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n \quad (9)$$

where:

$$m = W_{\max} - W_0 = 100\gamma h(r_{marg} - r_{agr}) = 100\gamma h(r_{marg} - 0.7r_{marg}) \quad (10)$$

The soil moisture ratio (K) is calculated by the following formula:

$$K = \frac{P}{F} \quad (11)$$

where: P is the total of average annual precipitation, mm; F - evaporation (mm), being determined by the ratio:

$$F = 0.0018(25 + t^2) \times (100 - d) \quad (12)$$

where: t is the average monthly temperature °C; d - relative air humidity (%).

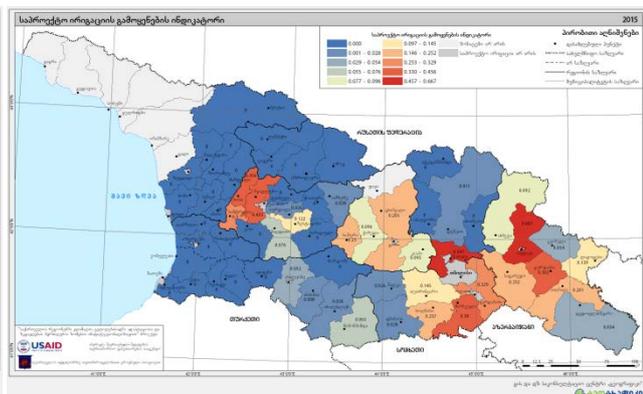
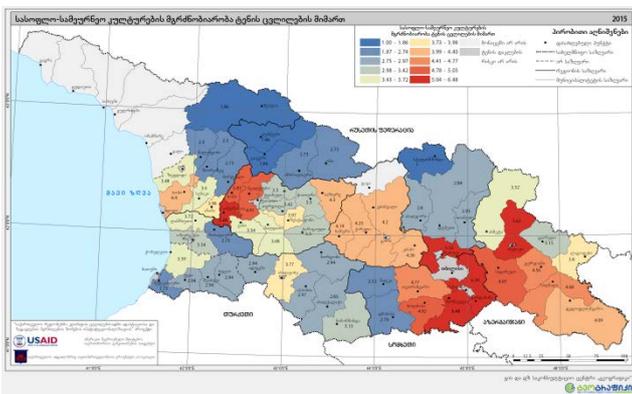


Fig. 2. Average Irrigation Rates of Agricultural Crops (M^3) For Each Municipality for 2015

Fig. 3. Designed irrigation systems' utilization in each municipality

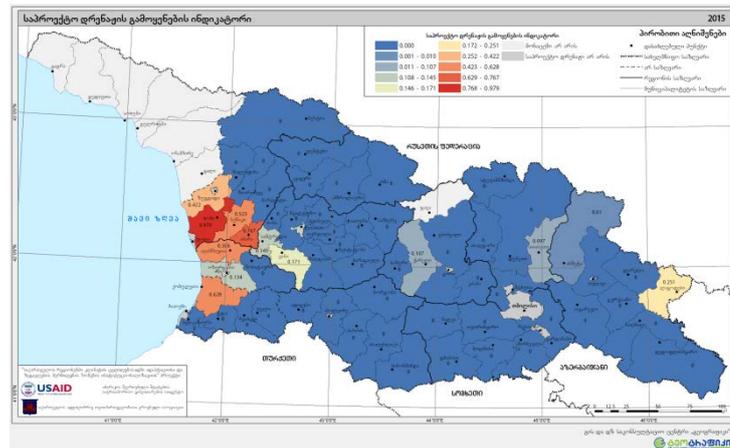


Fig. 4. Designed Drainage Systems' Utilization in Each Municipality

8. CONCLUSION

- In 2021–2050, in the municipalities where irrigation systems are in operation, the existing irrigation regime and irrigation rates generally meet the water requirements of a plant. In individual municipalities, the irrigation rate may increase. Precipitation decline may positively affect operation of drainage systems. In 2071–2100, the temperature growth tendency will be more pronounced; the precipitation total, both annual and in the summer period, will decrease in all municipalities, while the wind velocity variability trend will be the same as in 2021-2050.
- In 2071–2100, the summer temperature increase and the precipitation decline in the same period will presumably reach a level where an increase in the quantity of irrigations will be required. In the municipalities where only a drainage network is in place, the arrangement of double-action (irrigation-drainage) or organization of local irrigation systems may become necessary. In the municipalities where irrigation systems do not exist or their network is insufficient, such systems should be put in place or expanded.

REFERENCE

1. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012, an indicator-based report, European Environment Agency http://ec.europa.eu/agriculture/climate-change/factsheet_en.pdf.
2. European Observation Network for Territorial Development and Cohesion ESPON Climate: Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies (Scientific Report, Final Report, Version 31/5/2011).
3. Рамки конвенции изменения климата ООН «Третье национальное сообщение Грузии об изменениях климата. Тбилиси, 2015, 220 с.
4. Ц. Е. Мирцхулава – Методические рекомендации по прогнозу водной (дождевой) эрозии почв//М.:, ВАСХНИЛ, 1978.
5. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. – Эрозия и охрана почв. М.:, Колос, 2004, 350 с.
6. Гавардашвили Г.В. – Иригация, дренаж, эрозия. Тбилиси, 2016, 410 с.
7. Гавардашвили Г.В. - Прогноз чувствительности сельскохозяйственной мелиорации в Грузии к изменению климата. Материалы Международной научно-практической конференции по теме: «Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных ресурсосберегающих технологий в АПК», Часть2, Рязань, Россия, 16-17 февраля, 2017, с. 46-53.
8. The Georgian Road Map on Climate Change Adaptation. (This Publication is made possible by the generous support of the American people through the United States Agency for International development (USAID). The contents are the responsibility of NALAG and authors of the texts and do not necessarily reflect the views of USAID or the US Government) Tbilisi, 2015, 228p.

ТЕХНИЧЕСКОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ И ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

УДК 635.132:631.674

НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

В.В. Бородычев, А.А. Мартынова

ВФ ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Волгоград, Россия

Морковь – одна из немногих овощных культур, которые в свежем виде можно употреблять круглый год. По содержанию витаминов, морковь превосходит многие другие овощи. Издавна морковь использовали не только в пищу, но и в качестве домашней косметики и народной медицины [1]

В Российской Федерации морковь в настоящее время выращивают на площади 23 тыс. га. Валовой сбор корнеплодов в 2017 году составил 14384 тыс. ц, что на 1266, тыс. ц больше в сравнении с 2001 годом [2].

Волгоградская область занимает ведущие позиции по производству столовой моркови в Российской Федерации. По посевной площади и объему производства морковь находится на втором месте после репчатого лука. Если валовой сбор моркови в 2007 году составлял 410 тыс. ц, то в 2017 году 1884,8 тыс. ц. Средняя урожайность корнеплодов моркови в 2017 году выросла до 403,3 ц/га, тогда как в 2007 году она не превышала 212,3 ц/га с площади 5,3 тыс. га [3].

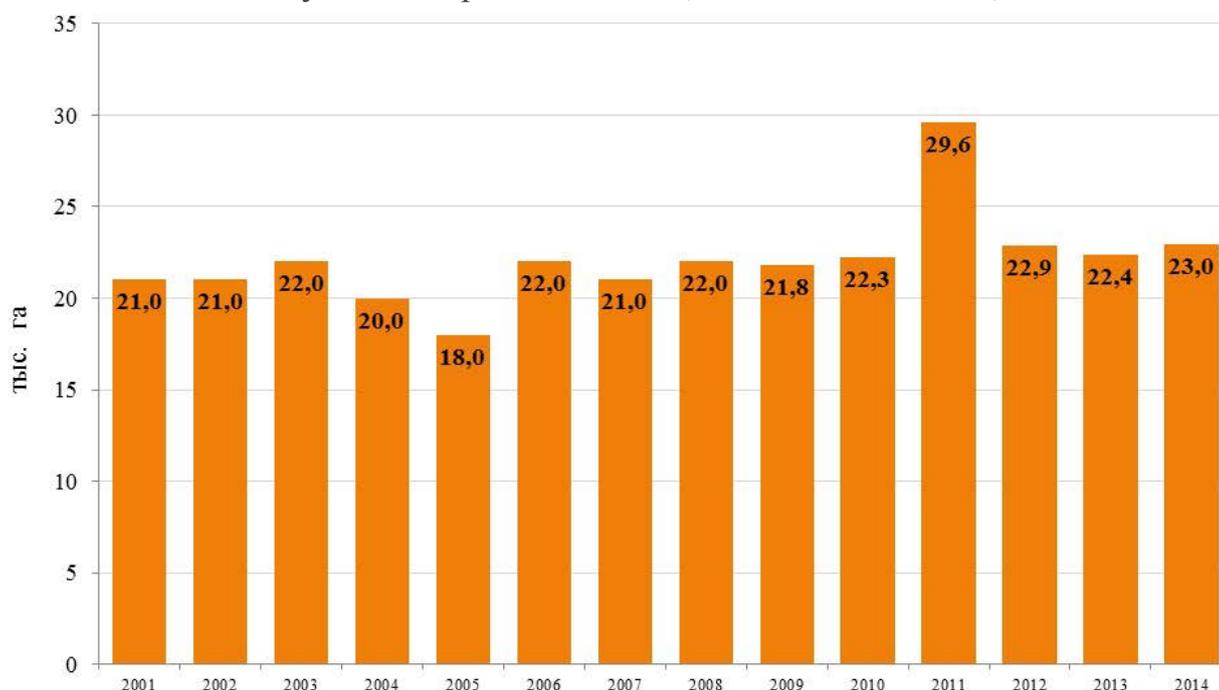


Рисунок 1 - Посевные площади моркови промышленного выращивания в Российской Федерации в 2001-2014 гг., тыс. га (без учета хозяйств населения)

Объемы производства моркови могут значительно возрасти в основном за счет разработки и внедрения интенсивных технологий выращивания. Как показали ранее проведенные исследования в Волгоградской области [4,5,6,7], Дагестане [9], Московской области [8], Ростовской области [10] повысить эффективность капельного орошения возможно только при высоком уровне агротехники. Поэтому цель наших исследований – совершенствование агротехники возделывания столовой моркови при капельном орошении за счет включения в технологию подготовки почвы формирование гребней с использованием современных посевных агрегатов.

Экспериментальные исследования проводили в КФХ «Зайцев В.А.» Городищенского района Волгоградской области.

Опыт закладывался по двухфакторной схеме и включал варианты по условиям водообеспечения (фактор А) и режиму минерального питания моркови (фактор В).

Фактор А включал в себя следующие варианты:

А1 – поддержание предполивного порога влажности почвы 80% НВ в слое 0,4 м в течение всего периода вегетации моркови;

А2 - поддержание предполивного порога влажности почвы 80% НВ в слое 0,2 м в период от посева до образования 2-го листа, и в период от образования 2-го листа до технической спелости моркови в слое 0,4 м;

А3 - поддержание предполивного порога влажности почвы 80% НВ в слое 0,2 м в период от посева до образования 4-го листа, и в период от образования 4-го листа до технической спелости моркови в слое 0,4 м.

Фактор В включал в себя внесение минеральных удобрений дозами: $N_{210}P_{140}K_{140}$, $N_{290}P_{180}K_{250}$ и $N_{370}P_{220}K_{360}$, рассчитанными на получение планируемой урожайности – 80, 100 и 120 т/га корнеплодов моркови, соответственно.

Опыт закладывался методом расщепленных делянок в четырехкратной повторности.

Для исследования был выбран гибрид моркови «Каскад». Корнеплод веретеновидной формы со слегка заостренным кончиком, сортотип Шантане. Этот гибрид имеет презентабельный внешний вид, его употребляют в свежем виде, перерабатывают и закладывают на хранение. Гибрид устойчив к альтернариозу, церкоспорозу и черной гнили. Хорошо растет в различных климатических условиях.

Почвенный покров опытного участка представлен светло-каштановыми, среднесуглинистыми почвами. Наименьшая влагоемкость пахотного горизонта составляет 24,1-25,2% от массы сухой почвы. При порозности почвы в пахотном слое 21,9-23,9%, плотность сложения не превышала 1,17-1,25 т/м³. Содержание гумуса в почве в слое 0,25 м составило 1,6-1,7%. Реакция почвенной среды в слое до 0,3 м слабокислая (рН – 6,2-6,6), в слое 0,3-0,5 м – нейтральная (рН – 6,9-7,1). Содержание в пахотном слое легкогидролизуемого азота – 29-33 мг/кг сухой почвы, обменного калия – 312-343 мг/кг сухой почвы, подвижного фосфора 29-38 мг/кг сухой почвы.

Предпосевная обработка почвы проводилась вертикально фрезерным культиватором на глубину 30 см. Применение данного культиватора обеспечивает

обработку почвы без активного перемешивания ее горизонтальных слоев, с последующим выравниванием и прикатыванием.

Посев моркови проводился на глубину 2 см в четыре ряда по три строчки (рис. 1), пневматической сеялкой точного высева Agricola. Расстояние между строчками 6 см, расстояние между растениями в строчке 6,16 см. Норма высева семян 1,3 млн. шт/га. Технология возделывания моркови схема посева 3x4 (12 строчек). В центре строчки разрежены для получения растениями свежего воздуха, лучшего проветривания и аэрации почвы. Все это, включая формирование гряд высотой в 0,3 м с помощью грядообразователя, направлено на повышение урожайности моркови.

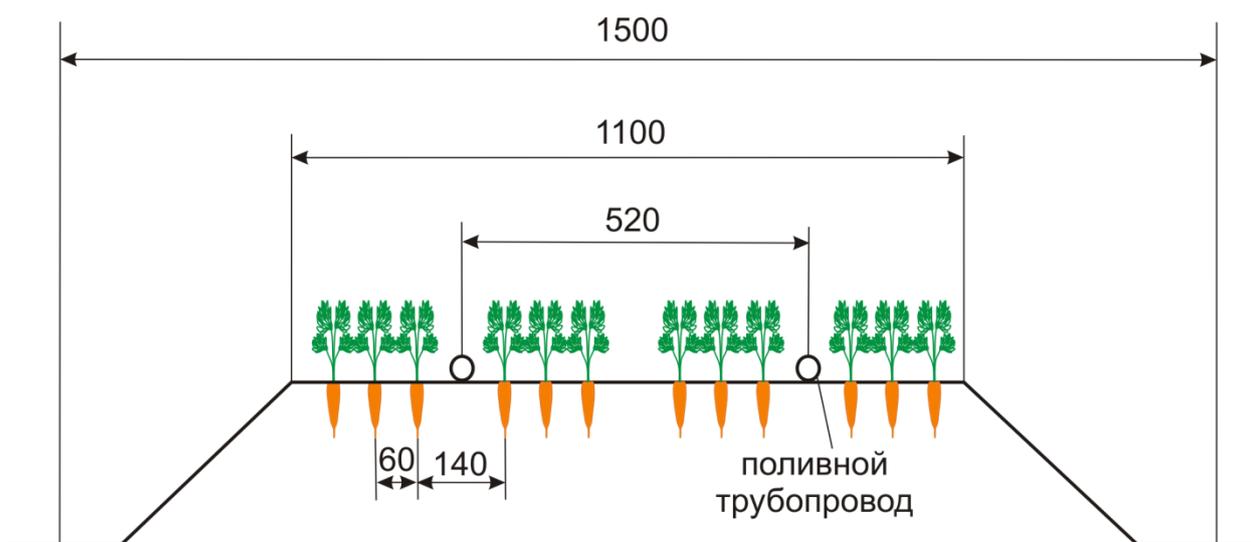


Рисунок 2 - Схема размещения растений моркови при капельном орошении

Для полива применяли капельное орошение, смонтированное на участке. Расстояние между капельными водовыпусками 0,3 м и расход капельниц 1,6 л/ч, что обеспечивает поддержание влажности почвы на уровне 80% НВ. Исследования показали, что морковь очень требовательна к влаге в период от посева до всходов, а также в период интенсивного нарастания корнеплодов.

Минеральные удобрения вносили расчетными дозами при посеве и в подкормки с поливной водой. Дозы минеральных удобрений определяли исходя из результатов агрохимического анализа почв участка, с учетом использования растениями элементов питания из почвы. В системе фертигации использовались хорошо растворимые удобрения – аммиачная селитра, калийная селитра, ортофосфорная кислота, монокалий фосфат. Количество элементов питания моркови распределялось по фазам роста и развития растений с учетом агрохимического анализа почвы.

В таблице 1 приведены результаты, полученные во время полевого опыта. Урожайность корнеплодов моркови, в среднем за годы исследований, изменялась от 76,2 т/га на варианте с расчетной дозой внесения минеральных удобрений $N_{210}P_{140}K_{140}$ и глубиной увлажняемого слоя 0,4 м в течение всего вегетационного периода, до 103,4 т/га на варианте с глубиной увлажнения 0,2 м в фазы от посева

до образования 2-го листа и 0,4 м в фазы от образования 2-го листа до технической спелости, и внесением минеральных удобрений дозой $N_{370}P_{220}K_{360}$.

Таблица 1 Урожайность корнеплодов столовой моркови по вариантам опыта, т/га, 2014-2017 гг.

Условия водообеспечения (глубина увлажнения)	Минеральные удобрения на планируемую урожайность, т/га	Урожайность, т/га				Средняя, т/га
		2014 г	2015 г	2016 г	2017г	
0,4 м в течение всего вегетационного периода	80	75,6	77,3	73,2	78,5	76,2
	100	91,2	92,4	90,7	94,7	92,3
	120	93,4	97,1	92,4	99,2	95,5
0,2 м (посев-образование 2-го листа)	80	83,4	86,5	80,9	88,4	84,8
	100	99,5	103,2	95,7	104,1	100,6
0,4 м (образование 2-го листа – техническая спелость)	120	101,3	105,5	99,3	107,3	103,4
0,2 м (посев-образование 4-го листа)	80	77,6	79,9	75,1	80,5	78,3
	100	88,2	90,3	85,2	93,5	89,3
0,4 м (образование 4-го листа – техническая спелость)	120	89,7	95,7	87,4	97,1	92,5
НСР ₀₅ , т/га	Фактор А	2,76	1,40	3,14	1,49	
	Фактор В	2,76	1,40	3,14	1,49	
	Для частных средних	4,79	2,43	5,44	2,58	

Наименьшая статистически достоверная урожайность 76,2 – 84,8 т/га, в среднем за годы исследований, отмечена на вариантах с внесением минеральных удобрений дозой $N_{210}P_{140}K_{140}$, рассчитанных на получение урожая корнеплодов моркови до 80 т/га. С увеличением доз вносимых удобрений соответственно увеличивалась урожайность корнеплодов моркови.

По условиям водообеспечения лучшим показал себя вариант, где глубина увлажнения изменялась в течение роста корнеплода моркови (0,2 м – от посева до 2-го листа и 0,4 м от 2-го листа до технической спелости корнеплодов). Урожайность моркови здесь составила 84,8-103,4 т/га.

На варианте с глубиной увлажнения 0,4 м в течение всего вегетационного периода моркови, средняя урожайность по годам исследований составила 76,2 – 95,5 т/га. Снижение урожая по сравнению с предыдущим вариантом обусловлено нехваткой влаги во время прорастания семян. Т.к. семена моркови содержат эфирные масла, то им для прорастания необходимо достаточное количество влаги. При поддержании одинаковой предполивной влажности почвы 80% НВ,

на варианте с глубиной увлажнения 0,4 м поливы проводятся реже, чем на варианте с глубиной увлажнения 0,2 м. Верхний слой почвы иссушается, семена медленнее прорастают, тем самым уменьшается урожайность.

На варианте, где глубина увлажняемого слоя с 0,2 м увеличивается до 0,4 м в фазу 4-го листа, средняя урожайность моркови, по годам исследований составила 78,3 – 92,5 т/га.

Таким образом, исследованиями выявлено статистически существенное влияние условий водного и минерального питания растений моркови на формирование урожая корнеплодов высокого качества при гребневой схеме посева.

Список использованных источников

1. Гиш Р.А. Овощеводство юга России: учебник / Р.А. Гиш, Г.С. Гикало. – Краснодар: ЭДВИ, 2012. – 632.
2. Российский статистический ежегодник 2018. Статистический сборник. М., Росстат, 2018. – 196 с.
3. Волгоградская область в цифрах. 2017: краткий сб. / Терр. орган Федеральной службы гос. статистики по Волгоградской области. -Волгоград: Волгоградстат, 2018. – 374 с.
4. Бородычев В.В., А.И. Болдырь, В.М. Гуренко, О.М. Дмитриенко // Картофель и овощи. 2005. - № 8. – С.36.
5. Бородычев В.В. Водопотребление и продуктивность моркови при капельном орошении / В.В. Бородычев, А.А. Мартынова, А.А. Шуравилин//Агро ХХ1. –2010. -№7-9. – С.34.
6. Бородычев В.В. Управление реализацией продуктивности моркови / В.В. Бородычев, А.А. Мартынова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса2011. - № 1(21). – С. 17-23.
7. Ovchinnikov A.S. Optimum control model of soil water regime under irrigation| A.S Ovchinnikov, V.S. Bocharnikov, S.D. Fomin, O.V.Bocharnikova. E.S.Vorontsova V.V.Borodychev M.N. LytovM // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. Т. 24. № 5. С. 909-913
8. Пчелкин В.В. Режим орошения моркови на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий Московской области/В.В. Пчелкин, С.О. Владимиров//Агрономия, 2015. - № 5. – С.78-82.
9. Курбанов, С.А. Выращивание моркови при капельном орошении в Республике Дагестан / С.А. Курбанов, Д.С. Магомедова, Л.Г. Курбанова // Проблемы развития АПК региона. – 2016. - №4. – С.15-19.
10. Авдеенко С.С. Влияние комплекса агроприемов на урожайность и качество и сохраняемость моркови на обыкновенных черноземах Ростовской области/С.С. Авдеенко//Международный научно-исследовательский журнал. –2015. -№ 9(40). Часть 3. –С. 98-100.

УДК631.6

РЕНОВАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В РОССИИ

А.Е. Касьянов

ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

По данным Росреестра РФ на начало 2018 г. из 11255 тыс. га мелиорируемых земель в Российской Федерации не удовлетворительное состояние отмечается на площади 3702.4 тыс. га и на площади 4199 тыс. га требуется повышение технического уровня гидромелиоративных систем [3]. Устранение отмеченных недостатков требует применения реновационных мероприятий, которые должны

обеспечить высокоэффективное экологически безопасное производство качественной сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях.

В соответствии с системным подходом производство сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях рассматривается как сложная многоэлементная система, включающая основные процессы роста и развития сельскохозяйственного растения, движения влаги, тепла растворов в почве и применение рабочей силы и техники, которые протекают под влиянием природно-климатической и производственно-хозяйственных групп факторов. Структура системы производства сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях показана на рисунке 1.

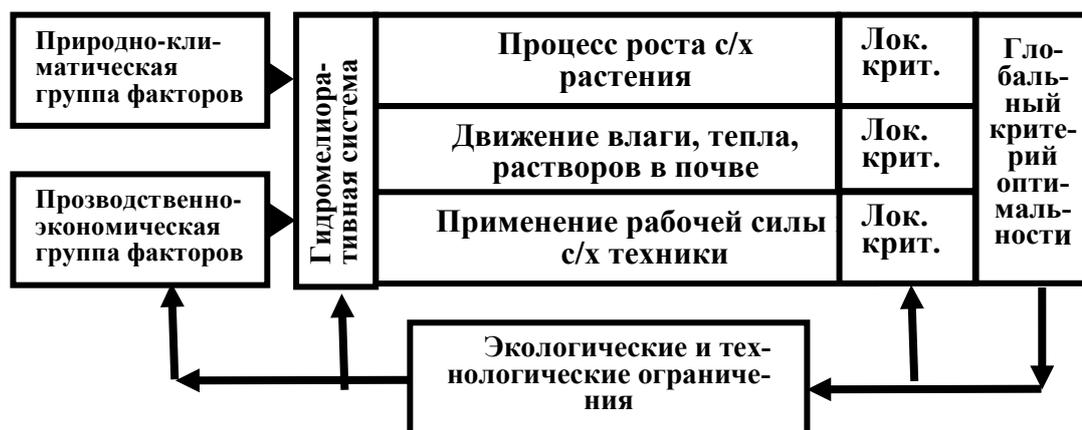


Рисунок 1 - Структура системы производства сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях

Природно-климатические факторы неуправляемы. Они изменяются случайным образом. Посредством изменения производственно-экономических факторов, включающих режим орошения, нормы внесения удобрений, нормы осушения, параметры агротехнических работ управляют системой производства сельскохозяйственной продукции.

Количественно эффективность функционирования системы отображает глобальный критерий оптимальности, представленный в форме целевой функции:

$$Y = Y(X_I, X_{II}) \rightarrow \max, \\ | \Psi_Y | \leq | B |$$

где: Y – величина урожая на мелиорируемых землях; $Y(X_I, X_{II})$ – аналитическая зависимость величины урожая от совокупности внешних факторов X_I, X_{II} ;

X_I – совокупность неуправляемых природно-климатических факторов;

X_{II} – совокупность управляемых производственно-экономических факторов;

$| \Psi_Y |$ – матрица параметров почвенно-гидрогеологических процессов, определяющих экологическое состояние мелиорируемых земель объекта;

$| B |$ – матрица экологических ограничений, обеспечивающих сохранение природной среды мелиорируемых земель.

В качестве глобального критерия также применяют целевую функцию вида:

$$S_{(x)} = \left[C_0 \cdot Y - \left(\sum_{i=1}^m c_i x_i + A \right) \right] \rightarrow \max ,$$

$$| \Psi_Y | \leq | B | ; Y > Y_{np}.$$

где: $S(x)$ – чистый доход; C_0 - закупочная цена единицы урожая, Y - урожайность; x_i - удельная величина i -го затраченного ресурса; c_i - стоимость i -го затраченного ресурса; A - капитальные издержки; Y_{np} - проектная урожайность.

В качестве математической модели Y использована кинетическая функция (КФ) вида:

$$y = a \prod_{i=1}^m x_i^{\beta_i} e^{-\gamma_i x_i},$$

где: α, β, γ – коэффициенты; x – величина фактора; m – количество рассматриваемых факторов; $i = 1 \dots m$. КФ также количественно описывает процессы применение рабочей силы и сельскохозяйственной техники. Каноническая форма кинетической функции представлена на рисунке 2.

Процессы движения влаги, тепла и растворов в почве количественно отображают системы эллиптических дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами [4].

Модель урожайности озимой пшеницы на орошаемых землях Марковского района Саратовской области включала следующие факторы [2]:

1. Число использованных на 1 га озимой пшеницы тракторов (в пересчете на условный трактор) x_1 .
2. Число использованных на той же площади комбайнов x_2 .
3. Сумма начальных запасов питательных веществ в почве, пересчитанных в объем удобрений (x_{H3}), и сумма минеральных и органических удобрений, внесенных на 1 га (x_{y3}), x_3 , т/га.
4. Затраты труда на 1 ц зерна, чел.-дн., x_4 .
5. Минимальная среднемесячная температура поверхности почвы в январе, °С, x_5 .
6. Сумма естественных осадков (x_{e6}), выпавших на поле за период III декада августа - сентябрь, и объема оросительной воды (x_{o6}), поданной на поле за тот же период, x_6 , мм.
7. Сумма осадков за октябрь - март, x_{e7} , мм.
8. Сумма осадков за апрель, x_{e8} , мм,
9. Сумма естественных осадков (x_{e9}), выпавших на поле озимой пшеницы за май, и объема оросительной воды (x_{o9}), поданной на поле за тот же месяц, x_9 , мм.
10. Сумма естественных осадков (x_{e10}), выпавших на поле за июнь, объема оросительной воды (x_{o10}), поданной на поле за тот же месяц, x_{10} , мм.
11. Сумма осадков за июль, x_{11} , мм.

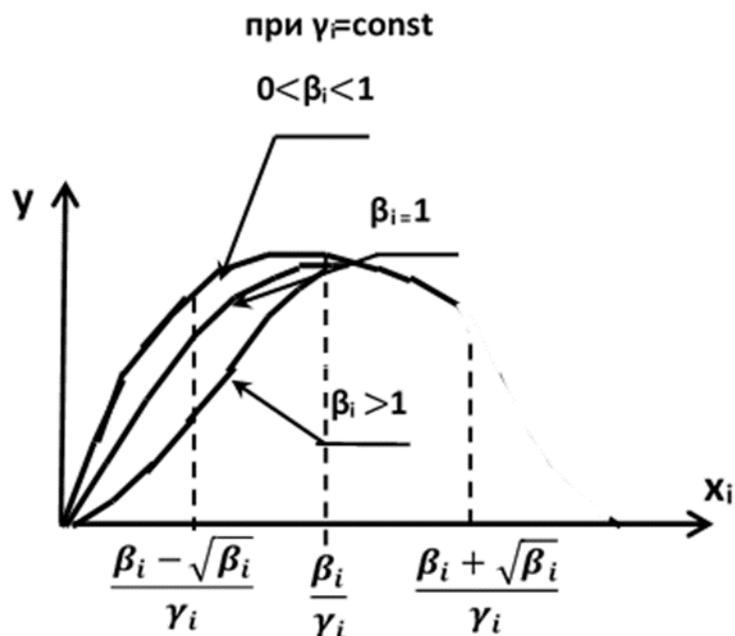


Рисунок 2 - Куполообразная каноническая форма КФ

Совокупность значений факторов составила 2720 и урожайности – 160. Значения факторов получены по данным метеостанций районов Саратовского Заволжья, отчетов хозяйств, полевых обследований и опытов.

Логарифмированием КФ приводим к линейному виду и находим параметры уравнения регрессии. Статистическая значимость коэффициентов γ_i и β_i уравнения регрессии при уровне значимости $P = 0,05$ и степенях свободы 125 проверена по критерию Стьюдента $t_T = 1.67$. Критерий Фишера-Снедекора при уровне значимости $P = 0,05$ и степенях свободы для числителя 23 и знаменателя 125 $F_T = 4.47$ подтверждает статистическую значимость всех коэффициентов уравнения регрессии. В таблице 1 приведены коэффициенты уравнения регрессии.

В аналитическом виде модель записывается в следующей форме:

$$y = 0.46 \cdot x_1^{0.042} \cdot e^{-0.009x_1} \dots x_{11}^{-0.008} \cdot e^{-0.003x_{11}}.$$

Экспериментальная проверка модели выполнена на землях Приволжской оросительной системы. В таблице 2 приведены результаты сравнения опытных и рассчитанных по модели значений урожайности на делянках вариантов полевого опыта. Опыт выполнен по стандартной методике[1]. Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок рендомезированное. Полив – ДДА-100МА.

Максимум урожайности озимой пшеницы достигается при оптимальных значениях факторов $x_i^0 = \beta_i / \gamma_i$.

Оптимальные значения водопотребления нетто озимой пшеницы при критерии оптимальности максимум урожайности: = 78 мм; = 42 мм; = 58 мм. Нормы

поливов для лет разной влагообеспеченности определяют разностью оптимальных значений водопотребления и сумм естественных осадков.

Таблица 1 - Коэффициенты КФ

i	γ_i	β_i
1	- 0,00941	0,0421
2	0,310	0,0199
3	0,0150	- 0,008131
4	- 0,0702	0,148
5	- 0,0549	-0,166
6	- 0,0108	0,856
7	- 0,00319	0,310
8	0,0153	0,0609
9	- 0,00151	0,0829
10	- 0,00599	0,339
11	- 0,00311	-0,00846

$$a = 0.46$$

Таблица 2 - Результаты сравнения опытных (Y_{on}) и рассчитанных (Y_p) значений урожайности на делянках вариантов полевого опыта

№ вар.	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9 (x_{e9} + x_{09})	x_{10} (x_{e10} + x_{010})	x_{11}	Урожайность, ц/га	
												Y_p	Y_{on}
1	0,40	0,06	0,8	1,0	12,6	98,0	200	17,7	53,0	84,1	18,6	36,4	36.8
2	0,40	0,06	0,8	1,5	12,6	98,0	200	17,7	53,0	124,1	18,6	35,9	36.2
3	0,40	0,06	0,8	1,7	12,6	98,0	200	17,7	53,0	144,1	18,6	34,6	35.3
К	0,40	0,06	0,8	0,8	12,6	98,0	200	17,7	33,0	84,1	18,6	34,4	35.0

$$F_{\phi} = 10.25 > F_{05} = 3.49 \text{ (Степени свободы: числитель – 3, знаменатель – 12)}$$

Модель была использована при разработке рекомендаций по повышению эффективности производства озимой пшеницы на орошаемых землях Марковского района Саратовской области.

Параметры гидромелиоративной системы в системе производства сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях во многом определяют эффективность ее функционирования. Низкий технический уровень гидромелиоративной системы проявляется в технологических и экологических ограничениях, которые не позволяют обеспечить оптимальные параметры основных процессов системы производства продукции и достичь высоких урожаев. Для устранения этих недостатков необходимо выполнить реновационные мероприятия, на базе инновационных конструкций гидромелиоративных систем и технологий.

Список использованных источников

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта /Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 416 с.
2. Касьянов А.Е. Экологический контроль оросительных мелиораций: Монография /А.Е. Касьянов. – М.: Издательство «Спутник +», 2017. – 322 с.
3. Национальный доклад об использовании земельных ресурсов в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/activity/> (дата обращения 19.09.2019).
4. *Mathematical model Saltmed* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.icid.org/res_tools.html. (дата обращения 19.09.2019).

УДК 57.033:631.67.03

ОСОБЕННОСТИ ФЕНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ОГУРЦА ПРИ ОРОШЕНИИ ВОДОЙ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ РЕГУЛИРУЕМЫМ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

С.Я. Семененко, А.Н. Чушкин, Е.В. Чушкина
ФГБНУ «ФНЦ агроэкологии РАН», г. Волгоград, Россия

Создание благоприятной для развития и реализации продукционного потенциала растений среды является одной из важнейших задач мелиорации [1-4]. Свою, вполне определенную нишу в этом процессе могут занять технологии, основанные на использовании воды с электрохимически регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП). Сегодня уже накоплены данные о возможности и потенциале использования электрохимически обработанной (ЭХО) воды в аграрном производстве [5-7]. Приоритетными задачами при разработке такого рода технологий являются вопросы количественного отклика, реакции сельскохозяйственных растений на различные способы воздействия, реализованные с использованием электрохимически обработанной воды. Настоящее исследование посвящено оценке влияния различных способов использования ЭХО-воды в составе технологии капельного орошения на динамику фенологического развития и продуктивность огурца в летне-осеннем обороте.

Материалами исследований являются результаты собственного полевого эксперимента, реализованного в рамках первого этапа работ с группой овощных культур, выращиваемых с использованием капельного орошения и ЭХО-воды в условиях защищенного грунта. Сооружения защищенного грунта представлены легкими теплицами с использованием ПВХ и нетканых укрывных материалов. Полевые исследования территориально реализованы на орошаемых землях КФХ «Толочко Ф.Ю.» Среднеахтубинского района Волгоградской области. Опыт был реализован в 2018 году по двухфакторному плану, включая следующие варианты. Фактор А представлен пятью вариантами с варьируемой величиной электрохимически инициированного сдвига ОВП: вариант А1 – контроль, с использованием природной оросительной воды; вариант А2 - использование католита с ОВП (-100) мВ; вариант А3 - использование католита с ОВП (-500) мВ; вариант А4 - использование анолита с ОВП (+500) мВ; вариант А5 - использование анолита с ОВП (+800) мВ. Фактор В нацелен на исследование способов применения

ЭХО-воды, включал три варианта: вариант В1 - использование ЭХО-воды при проведении вегетационных (увлажнительных) поливов, вариант В2 - использование ЭХО-воды при проведении удобрительных поливов; вариант В3 – использование ЭХО-воды при проведении увлажнительноудобрительных поливов. Электрохимическая обработка воды осуществлялась интегрированным в систему капельного орошения проточным электролизером, разработанным в лаборатории ПНИИЭМТ – филиале ФНЦ «Агроэкологии РАН».

Исследования показали существенную изменчивость вегетационного периода огурцов, обусловленную, преимущественно, варьированием продолжительности периода плодоношения под влиянием факторов, связанных с регулированием окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды. Продолжительность вегетационного периода огурцов в опытах изменялась от 78 до 91 суток с амплитудой почти в две календарные недели (таблица 1). Амплитуда изменения продолжительности периода плодоношения составила 12 суток.

Таблица 1 – Динамика фенологического развития огурца при орошении электрохимически обработанной (ЭХО) водой

Фактор А (электрохимически инициированный сдвиг ОВП)	Фактор В (способ использования ЭХО-воды при орошении)	Продолжительность периода, сут.					Вегетационный период, сут
		Высадка рассады - начало цветения	Начало цветения - начало плодообразования	Начало плодообразования - 1 сбор урожая	Начало плодоношения - последний сбор урожая	Период высадки рассады - начало плодоношения	
А1	В1-В3	11	15	11	45	37	82
А2	В1	11	15	11	47	37	84
А2	В2	11	15	11	47	37	84
А2	В3	12	15	11	49	38	87
А3	В1	12	15	11	49	38	87
А3	В2	12	15	10	52	37	89
А3	В3	13	15	10	53	38	91
А4	В1	11	15	11	44	37	81
А4	В2	11	15	11	44	37	81
А4	В3	11	15	12	43	38	81
А5	В1	10	15	11	43	36	79
А5	В2	11	15	12	43	38	81
А5	В3	10	15	12	41	37	78

Лимитирующим фактором, ограничивающим период продуктивного использования огурца на Нижней Волге в летне-осеннем севообороте, являются

температурные условия окружающей среды. Установлено, что использование для полива электрохимически обработанной воды позволяет продлить продолжительность промышленного плодоношения огурцов и в условиях пониженных температур окружающей среды.

Полученные данные показали, что использование католита позволяет увеличить продолжительность плодоношения огурцов на 2-8 суток в сравнении с вариантами, где для полива применялась природная оросительная вода. Использование воды даже с небольшим, (-100) мВ, электрохимически инициированным сдвигом обеспечивало продление периода плодоношения на 2-4 суток. При использовании для полива воды с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала (-500) мВ продолжительность периода плодоношения возрастала до 49-53 суток, что на 4-8 суток больше, чем на контроле (с поливом природной оросительной водой).

Характерно, что продолжительность вегетационного периода возрастала при использовании электрохимически обработанной воды для проведения не только вегетационных поливов, но и в малых объемах, - для проведения удобрительных поливов. Этот факт лишает преимущества гипотезу об увеличении продолжительности продуктивного использования огурца в условиях пониженных температур воздуха только из-за увеличения температуры прошедшей электрохимическую обработку оросительной воды. Ведь для проведения удобрительных поливов используется относительно небольшой объем электрохимически обработанной воды, а продолжительность, например, периода плодоношения, оказалась на 3 суток больше в сравнении с вариантами использования электрохимически подготовленной воды для проведения вегетационных поливов. Однако, наибольшая пролонгация периода плодоношения огурцов в опытах была отмечена при совокупном использовании электрохимически обработанной воды для проведения вегетационных и удобрительных поливов.

Применение анолита сокращало продолжительность периода плодоношения огурцов на 1-4 суток. Минимальным отклонениями (1-2 суток) от контроля характеризовались варианты, где для проведения поливов использовали воду с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала (+500) мВ. Наиболее агрессивным сокращением продолжительности периода плодоношения (до 4 суток) в опытах характеризовались варианты с совокупным использованием электрохимически обработанной воды, (+800) мВ, для проведения вегетационных и удобрительных поливов.

Опытами получены данные, подтверждающие, что использование легких пленочных сооружений защищенного грунта позволяют получить до 100 т/га плодов огурца в летне-осеннем обороте. Фактическая средняя урожайности огурцов на контроле (полив природной оросительной водой) составила 98,1 т/га (таблица 2).

Исследования показали, что использование анолита для полива огурцов формирует устойчивый тренд снижения урожайности, - до 96,8 т/га при использовании воды с электрохимически обусловленным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала (+500) мВ и до 88,9 т/га при использовании воды с электрохимически обусловленным сдвигом окислительно-восстановительного

потенциала (+800) мВ. Наибольший недобор урожая, до 9,8 т/га, наблюдался на участках, где анолит (+800 мВ) совокупно использовали для проведения вегетационных увлажнительных и удобрительных поливов.

Таблица 2 – Урожайность плодов огурца при капельном орошении водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом, т/га

Фактор А	Фактор В	Урожайность, т/га				
		I повторность	II повторность	III повторность	IV повторность	Средняя
A1	B1-B3	96,8	97,2	97,9	100,4	98,1
A2	B1	102,2	102,4	103,2	101,8	102,4
A2	B2	101,8	101,2	103,5	101,9	102,1
A2	B3	105,1	107,7	105,3	108,7	106,7
A3	B1	112,6	114,7	113,1	114,4	113,7
A3	B2	113,5	116,2	114,1	117,4	115,3
A3	B3	119,0	122,2	120,8	123,6	121,4
A4	B1	97,9	97,9	98,7	97,5	98
A4	B2	95,9	97,0	96,1	99,8	97,2
A4	B3	95,3	96,8	96,2	98,9	96,8
A5	B1	92,7	94,5	93,8	96,3	94,3
A5	B2	91,9	93,0	92,9	97,1	93,7
A5	B3	87,2	89,7	88,8	90,0	88,9
НСР ₀₅	фактор А					1,06
	фактор В					0,82
	для частных средних					1,83

В отличие от данных, полученных в опыте с томатами [8], по огурцам не получено положительной реакции растений в плане продуктивности при использовании анолита всеми изучаемыми способами. В тоже время отмечено, что использование анолита только для проведения вегетационных поливов сопровождалось наименьшим отрицательным эффектом в сравнении с вариантами, где анолит использовали для удобрительных или удобрительно-увлажнительных поливов. Применение анолита с электрохимически обусловленным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала (+500) мВ только для проведения вегетационных поливов обеспечило формирование урожайности огурцов на уровне контрольного варианта (с проведением поливов природной оросительной водой).

При использовании католита урожайность огурцов повышалась, - в меньшей степени при использовании только для проведения вегетационных или только удобрительных поливов, и максимально, - при совокупном использова-

нии католита для проведения увлажнительных и удобрительных поливов. Установлено, что электрохимически обусловленный сдвиг окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды (-100) мВ обеспечивает до 4,0-8,6 т/га прибавки урожая относительно варианта, где поливали природной оросительной водой. Формирование наиболее продуктивных посевов, с урожайностью до 121,4 т/га, обеспечивается при совокупном использовании католита с электрохимически обусловленным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала (-500) мВ для проведения вегетационных и удобрительных поливов.

Таким образом, экспериментально подтверждена эффективность использования католита в составе технологии капельного орошения, что обеспечивало увеличение продолжительности периода продуктивного использования огурца при возделывании в летне-осеннем обороте. Использование анолита сокращало продолжительность вегетационного периода огурца преимущественно за счет сокращения периода плодоношения. Наибольшая урожайность, с формированием до 121,4 т/га плодов огурца обеспечивается при совокупном использовании католита с электрохимически обусловленным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала (-500) мВ для проведения вегетационных и удобрительных поливов.

Список использованных источников

1. Голованов, А.И. Мелиорация земель / А.И. Голованов, И.П. Айдаров, М.С. Григоров, В.Н. Краснощеков и др. – М.: Колос, 2011. – 825 с.
2. Дубенок, Н.Н. Мелиорация земель - основа успешного развития агропромышленного комплекса / Н.Н. Дубенок // Мелиорация и водное хозяйство. - 2013. - № 3. - С. 7-9.
3. Петрова, Н.В. Состояние и задачи развития комплексных мелиораций в Краснодарском крае / Н.В. Петрова // Эпомен. - 2018. - № 13. - С. 124-127.
4. Никонова, Г.Н.. Мелиоративное состояние сельскохозяйственных угодий в системе факторов эффективного их использования / Г.Н. Никонова, А.Г. Трафимов // Научное обозрение: теория и практика. - 2018. - № 11. - С. 24-40.
5. Семенов, С.Я. Эффективность возделывания томата на светло-каштановых почвах при капельном орошении с использованием электрохимически активированной воды / С.Я. Семенов, М.Н. Лытов, Е.И. Чушкина, А.Н. Чушкин // Плодородие. - 2014. - № 3 (78). - С. 38-39.
6. Дубенок, Н.Н. Возможность снижения пестицидных нагрузок при возделывании томатов в условиях орошения / Н.Н. Дубенок, С.Я. Семенов, М.Н. Лытов, Е.И. Чушкина // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2014. - № 5. -- С. 55-58.
7. Былгаева, А.А. Перспективы использования электрохимически активированных жидких сред в сельском хозяйстве / А.А. Былгаева, Н.А. Обоева, М.П. Неустроев, Н.П. Тарабукина, А.Н. Максимова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2018. - № 4. - С.176-181.
8. Семенов, С.Я. Общая и хозяйственная биопродуктивность томатов при капельном орошении водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом / С.Я. Семенов, М.Н. Лытов, А.Н. Чушкин, Е.И. Чушкина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2018. - № 4 (52). - С. 346-353.

**ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ НА
ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ****Ю.А. Тарарико, Л.А. Семенко**

Институт водных проблем и мелиорации НААН, г. Киев, Украина

Современные системы сельскохозяйственного производства необходимо формировать с учетом потенциала накопления растительной биомассы и с оценкой эффективности различных приемов интенсификации. Объективно оценить агроресурсный потенциал сельскохозяйственных территорий позволяют стационарные агротехнические опыты [1]. Варианты этих опытов рассматриваются как элементарные модели агроэкосистем разной специализации. Например, на фонах без удобрений, с минеральной системой удобрения, сидерацией, соломой имитируется растениеводческая специализация, дозы навоза 10-12 т/га – смешанная отраслевая структура, его внесение в количестве 20-24 т/га моделирует чисто животноводческое направление с использованием всей продукции растениеводства на корм и подстилку. Такие опыты проводились и проводятся в разных почвенно-климатических условиях Украины, и на их основе разработаны перспективные модели развития аграрного производства с адекватной агроресурсному потенциалу сельскохозяйственных территорий отраслевой структурой [2].

В данной работе представлены результаты моделирования на примере стационарного опыта и землепользования Сарненской опытной станции (ОС) Института водных проблем и мелиорации НААН, расположенной в зоне осушения Украины (г. Сарны Ровенской области).

Опыт заложен в 1965 году. Почва торфяная с объемной массой 0,6 г/см³, рН – 4,0-4,2, содержание подвижного фосфора – 250 и обменного калия – 80-120 мг/кг. Севооборот: 1 – тимофеевка, 2 – озимая рожь, 3 – картофель, 4 – ячмень, 5 – овес, 6 – кукуруза. По показателям средней по годам ведения опыта урожайности культур севооборота на варианте без удобрений (контроль) моделировался естественный потенциал продуктивности (рис. 1). Максимальный уровень продуктивности посевов на этом фоне в наиболее благоприятный за историю ведения опыта год имитирует искусственное регулирование водно-воздушного режима почвы. Средняя по годам урожайность при длительном применении удобрений показывает роль улучшения питательного режима почвы. Максимальная продуктивность посевов в наиболее благоприятном году на фонах длительного применения удобрений отражает значение совместного улучшения условий увлажнения и питания растений. В результате был установлен потенциал продуктивности севооборотов при улучшении водно-воздушного и питательного режимов почвы, а также при оптимизации севооборотного фактора с формированием севооборотов из наиболее урожайных культур (рис. 2).

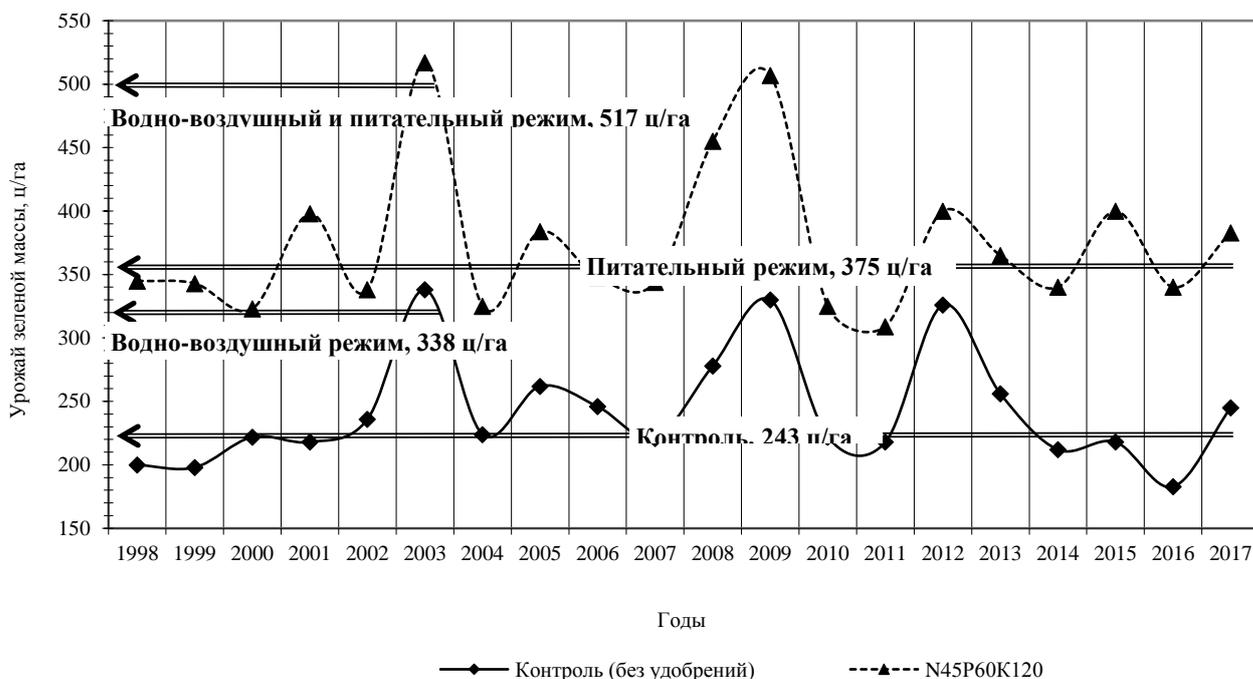


Рисунок 1 – Урожайность культур севооборота

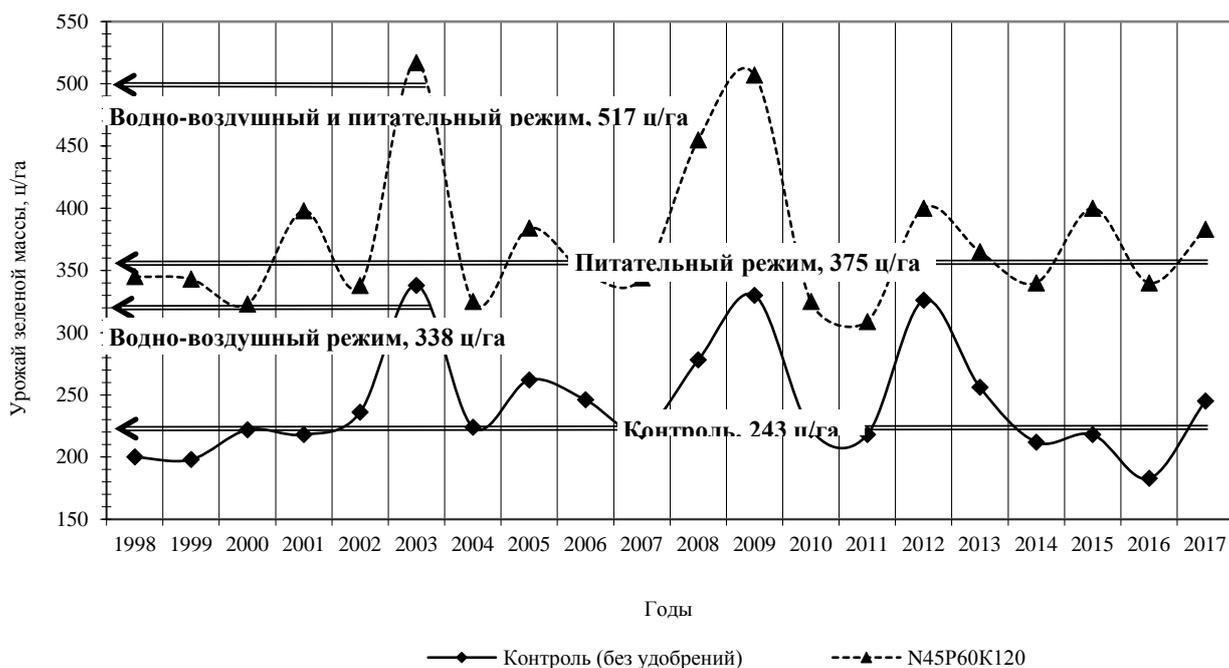


Рисунок 2 - Влияние различных факторов на продуктивность осушаемых земель

В поисковых опытах также изучался потенциал урожайности 17 многолетних и 12 однолетних мало распространенных кормовых культур. Как оказалось, некоторые из них имеют значительно более высокие в сравнении с традиционными кукурузой, многолетними и однолетними травами показатели урожайности зеленой массы, особенно в благоприятные годы.

Полученные показатели в дальнейшем использовались при моделировании различных сценариев аграрного производства. Компьютерное моделирование

осуществлялось с помощью программного комплекса «Агроэкосистема» [3] в два этапа. На первом этапе в расчете на абстрактную площадь 1000 га анализировались следующие модели производственной деятельности:

- Модель №1 «Распространенная низко затратная современная практика» - выращивание картофеля и зерновых культур без удобрений с урожайностью соответственно 14,5 и 1,8 т/га.

- Модель №2 «№1 + мелиоративная система (МС)» - рассматривается для понимания целесообразности возобновления работы МС при растениеводческой специализации с урожайностью картофеля 19,6 и зерновых 2,9 т/га.

- Модель №3 «№2 + удобрения» - анализируется для оценки влияния одновременного улучшения водно-воздушного и питательного режимов почвы на сроки окупаемости МС при урожайности картофеля 35,8 и зерновых 3,7 т/га.

- Модель №4 «№3 + биогазовая установка (БГУ)» - устанавливается целесообразность выращивания наиболее продуктивной в опытном севообороте кукурузы с урожайностью 52 т/га зеленой массы с ее переработкой на электроэнергию и органические удобрения.

- Модель №5 «№4 + животноводство продуктивностью 4 тыс. л молока в год» - для оценки целесообразности создания соответствующей имеющейся кормовой базе отрасли молочного скотоводства с переработкой продукции.

- Модель №6 «№5 + животноводство продуктивностью 8 тыс. л молока в год» - удвоение продуктивности животных и соответственно сокращение капитальных затрат на инфраструктуру животноводства.

Минимально затратный вариант со строительством хранилищ для кормов и приобретением комплекса техники для растениеводства (Модель №1) имеет приемлемый срок окупаемости (до 4-х лет) при относительно низком уровне прибыльности (табл. 1). Стоимость реконструкции МС принималась согласно специально разработанному для Сарненской ОС проекту в пересчете на 1000 га. Эти вложения удвоят чистую прибыль, но значительные капитальные затраты обуславливают длительный срок их окупаемости (Модель №2). При этом систематическое применение удобрений в условиях регулирования водно-воздушного режима позволяет сократить период окупаемости затрат на восстановление МС в 2 раза (Модель №3).

Таблица 1 - Экономическая оценка моделей производства на площади 1000 га, млн у.ед.

Показатели	Модели					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Капитальные затраты	1,3	10,3	11,1	17,0	22,0	19,5
Валовой доход	1,6	2,2	3,9	2,9	7,8	10,6
Производственные затраты	1,2	1,4	2,4	1,2	3,4	3,4
Чистая прибыль	0,4	0,7	1,6	1,7	4,4	7,2
Срок окупаемости инфраструктуры	3,4	14,2	7,2	10,2	5,0	2,7

С точки зрения прибыльности (1,7 тыс. у.е./га) биоэнергетическое направление развития аграрного производства может быть достаточно привлекательным, особенно в условиях радиоактивного загрязнения. Но, наряду с реконструкцией МС, значительные инвестиции на строительство БГУ и на приобретение к ней электростанции будут окупаться достаточно долго даже при реализации электроэнергии по «зеленому» тарифу (Модель №4).

Создание единого инфраструктурного комплекса с МС, молочным скотоводством, переработкой молока и мяса, а также всех отходов животноводства, растениеводства, хранения и переработки на БГУ с получением энергии и органических удобрений, предполагает значительный рост чистой прибыли, что позволяет окупить финансовые вложения за 5 лет (Модель №5).

Анализ Модели №6 указывает, что в улучшении экономических показателей производственной деятельности важное значение имеет уровень продуктивности молочного стада. Поскольку численность КРС напрямую связана с имеющимся потенциалом растениеводства, значительный рост продуктивности животных будет сопровождаться существенным сокращением их поголовья и инфраструктуры животноводства. Кроме того, расход кормов на единицу продукции также будет уменьшаться, что увеличит объемы ее производства без дополнительных вложений. Все это сократит окупаемость капитальных затрат до 3 лет и позволяет взять этот сценарий как основу для дальнейшего поиска путей повышения прибыльности уже конкретного сельскохозяйственного предприятия.

На следующем этапе моделирования анализировались такие сценарии межотраслевой оптимизации опытного хозяйства Сарненской ОС (434,7 га):

- Модель №1 «Реконструкция МС развитие молочного животноводства».
- Модель №2 «№1 + БГУ, переработка продуктов животноводства».
- Модель №3 «№2 + приобретение концентрированных кормов».
- Модель №4 «№3 + замена кукурузы и трав нетрадиционными кормовыми культурами».

Модели №1 и №2 рассматриваются для понимания целесообразности привлечения в инфраструктуру предприятия мощностей по переработке и хранению продукции животноводства, а всех отходов на электроэнергию и органические удобрения. Урожайность кормовых культур принималась максимальная за годы исследований в стационарном опыте на удобренном фоне - 140 ц к. ед./га, плотность КРС - 2,0 условные головы на гектар, годовая продуктивность дойной коровы - 10 тыс. кг молока. Для обеспечения такой продуктивности кукуруза на силос и многолетние травы при урожайности 52 т/га должны занимать 100 га, зерновые при урожайности 6 т/га - 340 га с валовым производством зеленой массы для получения силоса, сена, сенажа, а также соломы 8,6 тыс. т и зерна 2,1 тыс. т. Если на 1 дойную корову со шлейфом молодняка необходимо 3,3 тыс. к. ед. грубых и сочных кормов, то имеющихся запасов будет достаточно для содержания дойного стада в 525 голов. При этом на каждую корову для получения молока приходится 4 тыс. к. ед. в год концентрированных кормов, вместе с грубыми и сочными - 6,1 тыс. к. ед. или в сутки - 16,8 к. ед. В результате валовое производство молока составит 5,2 тыс. т, с учетом потребностей молодняка - около 5,0 тыс. т.

Как отмечалось выше, запланированное количество основных и концентрированных кормов (почти 10 тыс. т) учитывает их затраты на выращивание телят. При забойной массе выбракованной коровы 525 кг, а бычка 370 кг можно рассчитывать на получение 180 т живого веса КРС [4].

Организация такого производства предусматривает создание инфраструктуры с элеватором, хранилищами для грубых и сочных кормов, животноводческим комплексом, хранилищем для навоза, с эффективно действующей МС и закупкой маточного поголовья КРС. Благодаря такой отраслевой структуре с навозом в почву будет возвращаться 55% азота, 80% фосфора и 90% калия от выноса урожаем, что позволит сэкономить значительное количество минеральных удобрений и обеспечить положительный баланс органического углерода.

Согласно со сценарием Модели №2 мощность модулей по переработке продукции животноводства должна быть рассчитана на 5 тыс. т молока и 200 т живого веса КРС. Стоимость установки по производству твердых сыров и сливок с суточной переработкой 20 т молока составляет 575 тыс. у.е., мясоперерабатывающий мини-цех на 0,5 т живого веса в сутки обойдется в 50 тыс. у.е. Склады с регулированием температурного режима должны быть рассчитаны на хранение не менее 300 т продукции при стоимости морозильной камеры на 500 м³ 20 тыс. у.е.

Принималось, что молоко обезжиривается с получением 20% сливок и нормализованной смеси жирностью 2,3% с ее расходом на производство 1 т твердого сыра - 13,8 т. Выход всех категорий мяса - 40% от живого веса.

Расчеты потенциала производства электро- и тепловой энергии строились на том, что при хранении портится 20% грубых и сочных кормов, 50% сухого вещества скормленных кормов трансформируется в навоз в процессе жизнедеятельности животных [5], в биогаз переходит 45% массы сухого вещества навоза и испорченных кормов, отходы бойни - 20% от живого веса из 1 т которых получают 300 м³ биогаза с массой одного м³ 1,2 кг. Из 1 м³ биогаза производится 2,4 кВт-час электроэнергии и 2,8 кВт-час тепла [6,7], а стоимость БГУ для переработки навоза от 1 тыс. голов КРС составляет 850 тыс. у.е.

Таким образом, по условиям Модели №2 годовое производство мяса будет на уровне 70 т, сыра - 280 т, сливок - 300 т, тепловой и электроэнергии соответственно 3,7 и 3,2 млн. кВт-час. При этом рециркуляция азота достигнет 78, фосфора - 92 и калия - 99% с экономией 380 т минеральных удобрений.

Результаты, полученные в стационарном опыте, показали, что в условиях региона выраженная в кормовых единицах продуктивность кормовых значительно выше в сравнении с зерновыми культурами. Это приводит к тому, что для обеспечения оптимального баланса между основными и концентрированными кормами зерновые должны занимать в структуре посевных площадей около 75%. Учитывая средние многолетние себестоимости зерна и цену его реализации, становится очевидной целесообразность возделывания кормовых культур на всей площади пашни предприятия с покупкой зерна в необходимом количестве (Модель №3). При урожайности кормовых культур 52 т/га это позволит получать 23 тыс. т зеленой массы. Для балансирования рациона кормления нужно приобрести 5,8 тыс. т зерна. Соответственно, необходимо увеличить емкости элеватора,

хранилища для кормов, животноводческий комплекс необходимо расширить до 3 тыс. голов КРС, приобретение маточного поголовья увеличится до 1,4 тыс. голов, модули по переработке молока и мяса должны быть рассчитаны соответственно на 14 и 0,5 тыс. т в год, склады для хранения готовой продукции - на 2 тыс. т, биоэнергетический комплекс - на 25 тыс. т отходов, хранилище для органических удобрений (биогумуса) - на 5 тыс. т. При этом производство всех видов продукции увеличится в 2,7 раза. За счет покупки зерна поступление в почву азота, фосфора и калия будет составлять 150, 200 и 120% от выноса с урожаем при экономии 825 т минеральных удобрений.

Модель №4 аналогична предыдущей с заменой традиционных более продуктивными перспективными кормовыми культурами. Так, урожайность зеленой массы козлятника восточного в благоприятные годы достигает 80 т/га, горчица - 130 т/га, редьки масличной - 90 т/га, пайзы - 80 т/га. В условиях регулирования водно-воздушного режима почвы в севообороте из этих культур продуктивность пашни будет составлять 90 т/га зеленой массы (18 т/га к. ед.) с ее валовым производством 40 тыс.т. При этом с приобретенными 10 тыс. т зерна в круговорот будет вовлекаться примерно 160 т азота, 60 т фосфора и 40 т калия, а в почву с органическими удобрениями поступит 160, 210 и 120% этих элементов от выноса урожаем с экономией 1,5 тыс. т минеральных удобрений.

По сценарию Модели №1 на развитие животноводства, реконструкцию МС, техническое оснащение растениеводства и строительство элеватора необходимо израсходовать 7,1 млн. у.е. (табл. 2). Включение в инфраструктуру БГУ, мощностей по переработке, хранению продукции, кормов и органических удобрений увеличит ее стоимость до 9,8 млн. у.е. (Модель №2). Приобретение концентрированных кормов позволит значительно увеличить поголовье КРС, что потребует расширения инфраструктуры животноводства с возрастанием капитальных вложений по Модели №3 до 15,6 млн. у.е. и по Модели №4 до 24,3 млн. у.е.

Таблица 2 -Экономические показатели перспективных вариантов развития предприятия

Показатели	Единицы	Модель			
		№1	№2	№3	№4
Капитальные затраты	млн. у.е.	7,1	9,8	15,6	24,3
Производственные затраты	млн. у.е.	1,1	1,6	5,2	9,1
Валовой доход	млн. у.е.	2,2	5,1	13,2	23,1
Чистая прибыль	млн. у.е.	1,1	3,5	7,9	14,0
	тыс. у.е./га	2,4	7,9	18,0	31,9
Срок окупаемости инфраструктуры	лет	7	3	2	2

Текущие технологические расходы в растениеводстве, животноводстве, приобретение концентрированных кормов, эксплуатация перерабатывающих модулей, БГУи МС образуют производственные затраты. Согласно условиям

Модели №1 этот показатель составит более 1,1 млн. у.е., по Моделям №2-4 он возрастет соответственно в 1,4, 5,2 и 7,9 раза.

Если без переработки молока, мяса и навоза валовый доход будет составлять 2,2 млн. у.е., то при реализации готовой продукции и электроэнергии по «зеленому» тарифу этот показатель возрастет более чем в 2 раза. Расширение инфраструктуры и увеличение объемов производства за счет покупки зерна позволит повысить доход до 13,2 млн. у.е. (Модель №3), по Модели №4 – до 23,1 млн. у.е. Чистая прибыль по Моделям №1-№4 изменяется в возрастающем ряду: 1,1 → 3,5 → 7,9 → 14,0 млн. у.е. На последнем этапе дополнительно полученные финансовые ресурсы компенсируют капитальные затраты за 2 года.

Проведенный анализ позволяет сделать следующее заключение. Дополнение животноводства мощностями по переработке молока, мяса и отходов при относительно невысоких финансовых затратах позволяет значительно увеличить прибыльность и сроки окупаемости вложенных средств. На кислых органогенных почвах при относительно низкой урожайности зерновых концентрированные корма выгоднее закупать, чем производить. В этих условиях некоторые кормовые культуры имеют потенциал продуктивности выше, чем традиционные кукуруза и многолетние травы. Благодаря высокому уровню рециркуляции макро- и микроэлементов достигается расширенное воспроизводство плодородия почвы без применения минеральных удобрений. Полная стерилизация всех отходов и освобождение их от семян сорняков на БГУ, а также освоение севооборота с оптимальными предшественниками со временем также позволит сократить применение агрохимикатов и перейти на принципы «органического» производства. Значительные затраты на восстановление МС быстрее окупаются если она функционирует в составе адаптированной к агроресурсному потенциалу территории производственной инфраструктуры. Формирование биоэнергетических систем аграрного производства требует значительных инвестиций, но они быстро окупаются, а чистая прибыль после модернизации предприятия может достигать 30 тыс. у.е./га.

Сопутствующие преимущества: энергетическая независимость системы и высокий уровень рециркуляции макро- и микроэлементов обеспечивают 30-50% снижение себестоимости конечной продукции, высокое качество «органических» продуктов определяет возможность ее экологической сертификации, снижение выбросов CO₂ в атмосферу достигает 10 т/га, формируются условия для расширенного воспроизводства почвенного плодородия, стабилизации и улучшения экологического состояния окружающей среды, создаются дополнительные рабочие места и, в целом, условия жизни сельского населения становятся комфортными.

Проведенные в зоне осушения исследования подтверждают результаты, полученные в других почвенно-климатических условиях, в т.ч. в зоне орошения. Но широкое распространение подобных производственных систем сегодня ограничивается трудностями с привлечением крупных инвестиционных ресурсов.

Список использованных источников

1. Стаціонарні польові дослідження України. Реєстр атестатів. - К.: Аграр. наука, 2014. -146с.

2. Формирование устойчивых агроэкосистем. – К.: ДИА, 2007. – 560 с.
3. Розробка ґрунтозахисних ресурсо- та енергозберігаючих систем ведення сільськогосподарського виробництва з використанням комп'ютерного програмного комплексу / Рекомендації. – К.: Нора-Друк, 2002. – 122 с.
4. Справочная книга директора совхоза. Ч. 2. — М.: Сельхозгиз, 1956. — 1016 с
5. Справочник по удобрениям. – М.: “Колос”. – 1964. – С 93-122.
6. <http://ekotenk.com.ua/>. (дата обращения 23.09.2019).
7. <http://zorgbiogas.ru/biogazovye-ustanovki/vygody>. (дата обращения 23.09.2019).

СО Д Е Р Ж А Н И Е

В.А. Шевченко ВСЕРОССИЙСКОМУ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ ИНСТИТУТУ ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ ИМЕНИ А.Н. КОСТЯКОВА - 95 ЛЕТ	3
---	---

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

А.Л. Бубер, Ю.П. Добрачев КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАССЕЙНОВ РЕК В ИНТЕРЕСАХ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОФИЛЯ	9
Е.Э. Головинов ТЕХНОЛОГИЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИВОВ	19
Е.Э. Головинов, В.С. Афанасьев, С.А. Киселев ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА БАССЕЙНА РЕКИ ЯХРОМА.....	22
Н.Н. Дубенок ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ.....	27
Н.П. Карпенко СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОЧВ И ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОУРОВНЕВЫХ СЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ	38
А.М. Кушер ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	43
Е.А. Лентяева, А.Д. Тимошкин, А.Л. Аветисян РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ ПИЛОТНОГО ВОДОСБОРА С УЧЕТОМ КАТЕГОРИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИФфуЗНЫХ СТОКОВ НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА р. ЯХРОМА	49
М.Н. Лытов СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ	54
С.А. Меньшикова, А.А. Бубер ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ ПРОГРАММ ЦИФРОВОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОД РАЗЛИЧНЫЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К СОЗДАНИЮ БАЗЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	58
В.П. Филиппов, В.В. Алексеев, С.И. Чучкалов МОДЕЛИРОВАНИЕ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ.....	65
В.В. Шабанов, В.Н. Маркин, А.Д. Солошенко ВОПРОСЫ ОБОСНОВАНИЯ НЕОБХОДИМОСТИ ТОЧНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ФАКТОРОВ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ.....	71

И.Ф. Юрченко АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРОНИЗАЦИЯ, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ, КАК ПРЕДШЕСТВЕННИКИ ЦИФРОВИЗАЦИИ МЕЛИОРАЦИИ	76
--	----

**СОЗДАНИЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ
СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Е.Э. Головинов, Д.А. Аминев, А.М. Каспарян КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ КОНСТРУКЦИИ КОРПУСА ДЛЯ АППАРАТУРЫ МОБИЛЬНОГО АГРОМЕТЕОКОМПЛЕКСА.....	85
В.К. Губин, Л.В. Кудрявцева ДОЖДЕВАТЕЛЬ ДЛЯ ПОЛУСТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ.....	88
Г.И. Ершова, В.Н. Родькина ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА_СОВМЕЩЕННОГО ТИПА ...	93
И.И. Конторович ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ_КАНАЛОВ ДЛЯ ОТВЕДЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД В ИСПАРИТЕЛИ	96
А.В. Майер, С.В. Бородычев, В.С. Бочарников УСТАНОВКА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ МНОГОЛЕТНИХ НАСАЖДЕНИЙ	103
В.А. Павлущенко К ВОПРОСУ О ПРОЕКТИРОВАНИИ КРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ПЛОТИН ДРЕВЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ	110
А.С. Плотников, Л.Н. Медведева, А.В. Медведев, Л.А.Воеводина ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.....	116
М.Ю. Храбров, Н.Г. Колесова ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОРОШАЕМОГО ПОЛЯ	123

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ, ПОВЫШЕНИЕ
ПРОДУКТИВНОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

А.А. Дедов, Е.Г. Чернова ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ АРИДНОГО КЛИМАТА	131
К.Н. Евсенкин ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	136
А.В. Ильинский, В.А. Игнатенко ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АГРОМЕЛИОРАТИВНОГО ПРИЕМА ОЧИСТКИ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ	144

А.В. Ильинский, П.И. Пыленок К 95-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ВНИИГИМ И 65-ЛЕТИЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВА- ТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЩЕРСКОГО ФИЛИАЛА ВНИИГИМ.....	147
Н.П. Карпенко, А.С. Сейтказиев, К.А. Сейтказиева, Б.Н.Тажбенова ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ.....	154
Л.В. Кирейчева, Е.А. Лентяева, В.М. Яшин ВОСТАНОВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	158
А.В. Колманов, Н.В. Коломийцев ОСОБЕННОСТИ НАЧАЛЬНОГО ПЕРИОДА ФИЛЬТРАЦИИ В ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ ПРИ ЗАМАЧИВАНИИ С ПОВЕРХНОСТИ.....	165
Б.И. Корженевский, Г.Ю. Толкачев ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ С РАЗЛИЧНЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ.....	172
А.В. Кузин, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова О СОСТОЯНИИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ	178
Н.С. Лазарева, В.В. Бородычев, С.Б. Адьяев ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В РИСОВЫХ ЧЕКАХ КАЛМЫКИИ	183
М.Ю. Лапушкин О ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫМИ БИФЕНИЛАМИ	187
Т.Н. Манджиева AMARANTHU PANICULATUS НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИИ.....	192
В.В. Мелихов, А.А. Новиков, В.А. Шевченко О НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ.....	196
А.Н. Николаенко СОДЕРЖАНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОДНО-ПОЧВЕННЫХ СИСТЕМАХ	201
А.С. Овчинников, М.А. Акулинина, Т.Н. Сухова ВОДНОЕ И МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ОГУРЦА И ЛУКА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	206
Т.Ю. Пуховская, В.Ю. Павлов РАЗРАБОТКА СОСТАВА УДОБРИТЕЛЬНО-МЕЛИОРИРУЮЩЕЙ СМЕСИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВ.....	211
К.А. Сейтказиева, С.Ж. Салыбаев, К.Б. Абдешов, Р.А. Байсалбаева ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНО-СОЛЕВОГО И ТЕПЛООВОГО РЕЖИМОВ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ.....	218
А.С. Сейтказиев, С.Ж. Салыбаев, К.К. Мусабеков, К.А. Естаев, А. Байзакова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В ПЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ	223

К.А. Сейтказиева, Н.Н. Хожанов, К.Б. Абдешов, Б.Н. Тажбенова, С.З. Жигитова УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР В ЗВИСИМОСТИ ОТ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ.....	229
В.Н. Сельмен БИОФАБРИКА ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНОГО ОБЪЕКТА.....	232
Н.Е. Степанова КОНТРОЛЬ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОБЪЕКТАМИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	236
О.А. Стрижников ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ КАК ЗАЩИТА ОТ ОПУСТЫНИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА ВЕЛИКАЯ ЗЕЛЕНАЯ СТЕНА	241
Н.Н. Хожанов, Ю.Г. Безбородов, М. Масатбаев ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В РИЗОСФЕРЕ ПОЧВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ	244
О.В. Черникова, Ю.А. Мажайский, Л.Е. Амплеева УРЕАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ОПОДЗОЛЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА, ЗАГРЯЗНЕННОГО ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ, В УСЛОВИЯХ АГРОХИМИЧЕСКОЙ САНАЦИИ .	251
В.А. Шевченко, А.М. Соловьев, Н.П. Попова, В.Н. Мельников ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ КОЗЛЯТНИКА	255
ВОСТОЧНОГО (<i>Galega orientalis</i> L am.) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ	255
Givi Gavardashvili CLIMATE CHANGE AND RISK OF LAND RECLAMATION IN GEORGIA	261

***ТЕХНИЧЕСКОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ
И ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ***

В.В. Бородычев, А.А. Мартынова НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СТОЛОВОЙ_МОРКОВИ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ.....	270
А.Е. Касьянов РЕНОВАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В РОССИИ ОСОБЕННОСТИ ФЕНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ОГУРЦА ПРИ ОРОШЕНИИ ВОДОЙ	274
С.Я. Семененко, А.Н. Чушкин, Е.В. Чушкина С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ РЕГУЛИРУЕМЫМ ОКИСЛИТЕЛЬНО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ	279
Ю.А. Тарарико, Л.А. Семенко ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ	283

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
МЕЛИОРАЦИЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА
НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Материалы международной юбилейной
научно-практической конференции

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка – Е.Н. Гетьман
Макет обложки – А.В. Матвеев

Подписано в печать 02.10.2019 г.
Усл. печ. л. 18,7. Тираж 500 экз.
Заказ № L25.0716.028
Издательство ВНИИГиМ
127550 Москва, ул. Большая
Академическая, 44, корп. 2

Отпечатано с готовых макетов
в типографии ООО «ОнтоПринт»
105187, Москва, ул. Окружной
проезд, д. 15, офис 78
www.ontoprint.ru

ISBN 978-5-6042439-3-0



9 785604 243930