

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации имени А.Н.Костякова»

**КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ –
СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Материалы юбилейной международной
научно-практической конференции**

26-27 ноября 2014 г.

Москва 2014

УДК 631.6

Комплексные мелиорации – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научной конференции. –М.: Изд. ВНИИА, 2014.- с. 454

В сборнике публикуются материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию образования Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. Рассмотрен широкий спектр вопросов, включающих обоснование необходимости проведения мелиораций для повышения продуктивности земель, устойчивости агроландшафтов и снижения антропогенной нагрузки на природные объекты. Предложены новые подходы и технологии, обеспечивающие повышение урожайности сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях, экономию водных и энергетических ресурсов на основе экосистемного водопользования в АПК, модели и методы расчета мелиоративных систем и информационные технологии, обеспечивающие поддержку принятия управленческих решений, а также вопросы гидротехнического строительства, механизации проведения мелиоративных работ, экономического обоснования.

Сборник содержит доклады в авторской редакции.

Редакционный совет: академик РАН, д.т.н. Б.М. Кизяев (председатель), профессор, д.т.н. Л.В. Кирейчева (зам. председателя), доктор с.-х.н. В.П. Максименко, д.т.н. С.Д. Исаева, к.т.н. М.А. Волынов, к.т.н. А.О. Щербаков, к.т.н. Г.Х. Бедретдинов

УДК 631.6

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ МЕЛИОРАТИВНОЙ НАУКИ В ИНСТИТУТЕ

Б.М. Кизяев, Л.В. Кирейчева

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

Всероссийскому научно-исследовательскому институту гидротехники и мелиорации им. А.Н.Костякова исполняется 90 лет. Наш институт один из первых в России институтов, деятельность которого была направлена на улучшение сельскохозяйственных угодий и вовлечение в земледелие малопригодных земель на основе мелиорации. В многолетней деятельности института отразилась история становления и развития мелиорации и водного хозяйства в стране, что вызвало необходимость формирования основных направлений научной деятельности: сельскохозяйственная мелиорация, гидротехника и гидравлика, механизация мелиоративных работ, сельскохозяйственное водоснабжение, водное хозяйство, экономика мелиорации и водного хозяйства.

У истоков мелиоративной науки стоят великие ученые и мелиораторы В.В.Докучаев, И.И.Жилинский, В.И. Масальский, А.Н.Костяков И.А.Шаров, Г.К.Ризенкампф и др., которые заложили основу отечественной мелиоративной науки как самостоятельной отрасли знаний. Научное построение, сделанное А.Н. Костяковым, «представляет собой опыт свести отдельные виды и вопросы мелиорации, отдельные разрозненные технические приемы и накопленные в этой области положения и факты в единую систему, построенную на основе определенных принципов...» (А.Н.Костяков, 1953г.) Это было не застывшей системой знаний, она непрерывно дополнялась, изменялась, то есть, находилась в динамическом неустойчивом равновесии, о чем свидетельствовали неоднократные переиздания его книги «Основы мелиораций». Выработка основных контуров мелиоративной науки была осуществлена в работах В.В. Докучаева. В своей фундаментальной работе «Наши степи - прежде и теперь» он в систематизированной форме сформулировал научные и отчасти философские основы мелиорации земель и водных объектов, связанных с ними. Докучаев указывал на необходимость проведения мелиорации с учетом её комплексности, систематичности и последовательности. Он заострил внимание на приоритете идеи единого и цельного подхода к освоению и мелиорации ландшафтов. Большое влияние на формирование взглядов А.Н. Костякова оказал В.Р. Вильямс. Развивая идеи В.В.Докучаева, В.Р. Вильямс говорил о необходимости увязки всех видов мелиоративных мероприятий. Комплекс Докучаева-Вильямса был направлен на регулирование водного режима почв, а вместе с ним и всех почвенных процессов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Завершением этапа наблюдений и экспериментов, связанных с именем академика А.Н.Костякова и его школы явилась разработка, главным образом, полу-

эмпирических зависимостей и построений и создание сравнительно стройной системы мелиораций, как прикладной науки.

Наряду с формированием ценностей концепции А.Н. Костякова, создавались новые направления мелиоративной деятельности и науки, которые успешно развивались учеными ВНИИГиМа: мелиоративное почвоведение (Л.П. Розов, С.В. Астапов, П.С. Рымарь И.Н. Плюснин, И.Н. Антипов-Каратаев, Ф.Р. Зайдельман, Л.Л. Шишов, Е.Г. Петров, В.И. Бобченко, К.Н. Шишков и др.); мелиоративная гидрогеология и инженерная геология (Д.М. Кац, Л.Г. Балаев, Н.И. Парфенова, Д.А. Манукьян, Н.М. Решеткина, В.Е. Райнины др.); сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение пастбищ (Я.М. Пашенков, В.М. Беляков, Е.А. Силин, И.С. Николодышев, Г.М. Краснощеков и др.).

Развивались и традиционные направления сельскохозяйственной мелиорации. Научные исследования в области создания оросительных систем были неразрывно связаны с разработкой способов орошения, техники полива и конструкций оросительной сети. В этом направлении большой вклад внесли А.Н. Костяков, Н.Д. Кременецкий, В.А. Шаумян, З.И. Метельский, И.П. Канардов И.И. Величко, Г.Ю. Шейнкин, Г.М. Зюликов, В.А. Анисимов, К.В. Губер, В.Б. Гордеев и многие другие. Особую роль в развитии орошаемого земледелия сыграл, разработанный сотрудниками института Н.Н. Буковым, З.И. Ивановой, Г.Г. Блюминым, И.П. Прилепиным, Н.А. Григоряном, Н.И. Рычковым агрегат ДДА-100М. Эта дождевальная модифицированная машина до настоящего времени успешно работает на полях России. Тенденция развития дождевальной техники осуществлялась специалистами института в плане разработки малообъемного орошения, включая капельное и мелкодисперсное. Большой вклад внесли Б.К. Рассолов, В.Я. Чичасов, М.Ю. Храбров, В.В. Бородычев и др.

Одним из новых научных направлений в орошении стало «программирование урожая», которым активно занимались Б.Б. Шумаков, Е.П. Галямин, С.О. Сиптиц, Ю.П. Добрачев и др. Широкое использование системного подхода и математического моделирования позволило разработать некоторые математические модели формирования урожая, что создало предпосылки для широкого использования ЭВМ в мелиорации.

Важное направление не только для России, но и в мире связано с проблемами мелиорации засоленных земель. Были разработаны новые технологии освоения первично засоленных земель капитальными промывками и промывками на фоне вертикального дренажа, мероприятия на осолонцованных почвах, обеспечивающие благоприятный мелиоративный режим (В.И. Бобченко, В.П. Баякина, С.И. Мясичев, В.С. Макарова, А.А. Сидько, Г.М. Нешумов, Н.И. Парфенова, Ю.С. Лялин, В.М. Яшин и др.).

Благодаря трудам А.А. Алексашенко, Л.М. Рекса, Л.В. Кирейчевой, В.С. Борисова, А.М. Якиревича, А.Н. Николаенко и многих других, успешно шло развитие теории и методов прогнозирования водно-солевого режима почв, основанных на физико-химических процессах и теории массопереноса.

В области осушительных мелиораций развивались методы осушения при различных гидрогеологических условиях и принципы проектирования осуши-

тельных систем (А.Н.Костяков, А.Д.Брудастов, В.С.Станкевич, А.Д.Панадиади и др.). Большое внимание уделялось разработке конструкций и методов расчета осушительного дренажа и конструкций осушительных систем (Б.С.Маслов, В.Я.Черненко, И.С.Никитин, В.Ф.Митин, Е.П.Панов, В.С. Печенина и др.). Широкое распространение получили осушительно-увлажнительные системы, одним из достоинств которых является возможность их дальнейшего технического совершенствования путем вакуумирования грунта, введения водооборота, т.е. повторного использования дренажных вод (Б.С.Маслов, В.С.Станкевич, В.Я. Черненко).

Большое практическое значение имело и остается актуальным в настоящее время научное направление по обоснованию и практической реализации методов борьбы с заилением каналов, которым занимались Е.А.Замарин, В.В. Подарев, В.В. Пославский, И.И. Коваленко, В.А.Шаумян, Н.Н.Кременецкий, Г.А.Тер-Абрамянц, В.В. Баронин, С.С.Медведев и др.

Мелиоративное строительство, которое развернулось в нашей стране, требовало разработки и создания специальной мелиоративной техники. Еще в 1935 году президент ВАСХНИЛ академик Н.И.Вавилов определил, что одним из основных направлений деятельности ВНИИГиМа является решение задач, связанных с механизацией и рационализацией мелиоративного строительства. В разные годы этими вопросами занимались А.М.Царевский, Б.И.Пугавко, В.И.Антонов, Л.П.Овцов, Е.Д.Томин, Б.М.Кизяев, В.С.Казаков, З.М.Маммаев, М.Т.Клокова, Н.П.Самсонова, Е.И.Копьев, В.Н.Буравцев, В.А.Кокос, В.А.Шрейдер, А.А.Левчиков, Е.В.Струков, В.Н.Басс, А.Н.Ефремов и многие другие. Были разработаны и внедрены прогрессивные технологические процессы строительства дренажа бестраншейным и узкотраншейным способами, освоение земель с применением новых планировщиков, корчевателей, кусторезов и другой мелиоративной техники.

Исследования по гидромеханизации мелиоративных работ выполнялись под руководством А.М. Царевского с активным участием Д.Л.Меламута, Б.И.Пугавко, Л.И.Бадаева, Н.К.Голубева, П.С.Беспалого и других. Разработанная технология строительства и эксплуатации мелиоративных сооружений успешно прошла проверку при регулировании и перекрытии русел Волги, Днепра, строительстве земляных плотин крупных водохранилищ, очистке магистральных облицованных каналов от наносов.

Экономическими вопросами в сфере мелиорации занимались В.С.Дмитриев, Г.Ф.Раскин, М.П.Сигаев, З.А.Сыромятникова, А.К.Заикина, Н.С.Путято. Ими была научно обоснована и усовершенствована методика определения эффективности капитальных вложений в мелиорацию. И.Д.Быц, Ф.Ф.Климук, В.И.Перский, В.А.Жуков разрабатывали нормативно-методические материалы по переводу мелиоративных организаций на хозрасчет и самофинансирование.

В последние десятилетия усилия ученых института были направлены на разработку приоритетных направлений, связанных с развитием технического прогресса и экологизацией мышления в обществе. Были заложены основы формирования продуктивных и устойчивых агроландшафтов при проведении ком-

плексных мелиораций, базирующиеся на энергетическом подходе (Л.В.Кирейчева, Н.П.Карпенко, И.В.Белова, Э.Б.Дедова и др.). Впервые в мировой практике разработана технология проектирования мелиоративных систем на основе новой методологии конструирования продуктивных и устойчивых агроландшафтов, учитывающей закономерности энерго- и массообмена и позволяющей определить экологически регламентированную продуктивность сельхозугодий с учетом устойчивости агроландшафтов в зависимости от количества вкладываемой энергии при проведении агротехнических, гидротехнических или комплексных мелиораций. Методология включает модели управления мелиоративным режимом орошаемых и осушаемых земель, учитывает процессы антропогенного загрязнения почвенного покрова и глобальные изменения климата (В.М.Яшин, Т.Ю.Пуховская, И.В.Глазунова). С использованием полученных разработок сотрудниками института (Л.В.Кирейчева, И.Ф.Юрченко) разработана и утверждена Правительством концепция развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения до 2020 г.

Большое внимание в институте уделяется проблеме использования водных ресурсов. На основе экосистемного водопользования Б.М.Кизяевым и С.Я.Бездниной подготовлена Водная стратегия АПК России на период до 2020 года. Предложен основополагающий принцип снижения антропогенной нагрузки на водные объекты, требующий реализации мероприятий по водосбережению на всех этапах водопользования на гидромелиоративных системах и разработаны рекомендации по осуществлению прогнозных расчетов и оценке потребности гидромелиоративных систем в водных ресурсах в настоящее время и в перспективе с учетом технического и технологического прогресса в гидротехнике, мелиорации и земледелии (Ю.П.Добрачев, И.Ф.Юрченко, А.Л.Бубер и др.). Рассмотрены особенности обоснования и подсчета запасов подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения в современных природно-техногенных условиях и перспективы их использования для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Выделены экономические аспекты управления водохозяйственной деятельностью в системе мер по обеспечению рационального использования подземных вод (С.Д.Исаева, Н.С.Быстрицкая).

Организованы и проведены исследования закономерностей формирования загрязненности компонентов ландшафтов бассейнов крупных рек тяжелыми металлами и разработки модели управления гидрологическим режимом на примере рек Оки и Волги в рамках международного российско-германского научного сотрудничества (В.Е. Райнин, Г.Н. Виноградова, Н.В. Коломийцев, А.О. Щербаков, Т.А. Ильина, П.И. Пыленок, В.М. Яшин).

Сотрудниками института К.В. Губером, М.Ю.Храбровым, В.В.Бородычевым, В.К.Губиным и др. впервые в стране разработаны и внедрены новые конструкции малообъемного орошения, снижающие интенсивность водоподдачи на 20-30%, экономящие водные и энергетические ресурсы на 15-20% и сохраняющие почвенное плодородие. Разработаны технологии и режимы орошения сельскохозяйственных культур, что позволит увеличить урожайность кормовых культур на 200-300%, овощей на 50-100%, риса на 37%, плодовых

культур на 30-40%. С целью снижения антропогенной нагрузки на водные объекты разрабатываются теоретические основы и конкретные мероприятия по утилизации и рециклингу дренажного стока гидромелиоративной системы (И.И.Конторович, П.И.Пыленок).

Предложено принципиально новое направление в разработке инновационных технологий повосстановлению почвенного плодородия деградированных и малопродуктивных сельскохозяйственных угодий с использованием нетрадиционных минеральных и органо-минеральных удобрений и мелиоративных приемов, обеспечивающих быстрое восстановление плодородия за счет усиления процессов трансформации вносимого в почву органического вещества в энергию почвенного гумуса (Л.В.Кирейчева, В.П.Максименко, С.В.Перегудов, В.М.Яшин и др.).

Новое направление в институте – научное обоснование фитомелиорации, которая исследует закономерности средообразующей и средовосстанавливающей функций растений и их системных образований – агробиогеноценозов. Фитомелиорацию следует рассматривать как важное, не имеющее альтернативы, биологическое средство управления восстановительным процессом на деградированных землях, в том числе для восстановления пастбищ в полупустынной зоне (З.Ш.Шамсутдинов, О.Г.Грамматикати, Н.З.Шамсутдинов, В.Г.Головатый, В.Н.Буравцев и др.). В Калмыцком филиале зачинателем работ по фитомелиорации была Л.В.Руднева, последователями которой стали С.Б.Адьяев, Э.Б.Дедова, О.В.Демкин. Фитомелиоративные культуры внедрены в рисовые севообороты, что позволяет не только улучшить свойства почвы, повысить ее плодородие, но и получить дополнительную продукцию, – семян горчицы сарептской 23- 26 ц/га, зерна нута 25 ц/га, рапса -20 ц/га (Э.Б.Дедова, Г.Н.Кониева и др.).

В области механизации мелиоративных работ, в соответствии с утвержденной Программой развития мелиорации в России, научные исследования направлены на разработку технологий восстановления и реконструкции действующих мелиоративных систем и возврат в сельскохозяйственное использование мелиорированных площадей, вышедших из сельхозоборота. Проведен анализ необходимого объема работ по восстановлению мелиоративных систем, включающих работы по очистке и ремонту открытой и закрытой коллекторно-дренажной сети и восстановлению деградированных земель, заросших древесно-кустарниковой растительностью и кочками. При восстановлении открытых каналов осушительной сети выделены базовые и усовершенствованные технологии. Предложено срезку и удаление растительности из русел каналов выполнять рабочим органом с поворотным пильным диском, а очистку каналов от наносов ротором-метателем, адаптированным для работы с наличием корней и мелких древесных остатков. Разработаны новые технологии очистки каналов, в том числе польдерных систем, которые позволяют ускорить процесс обезвоживания отвалов наносов и выполнить ремонт без нарушения работы магистрального канала (Б.М.Кизяев, З.М.Маммаев, Г.Х.Бедретдинов, О.Ф.Першина).

Научное обеспечение гидротехнических работ связано с решением вопро-

сов защиты берегов от размыва и разрушения русел рек и каналов от заиления и поступления загрязняющих веществ, обеспечения надёжности их работы в эксплуатационном режиме (М.В.Волынов, Е.А.Головинов и др.). Предложен способ регулирования твёрдого стока с применением прирусловых отстойников нового поколения с механизированной очисткой от наносных отложений и с регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов (С.С.Медведев, А.О.Щербаков). До настоящего времени конструкции таких отстойников и методы их расчёта не разработаны. Под руководством М.А. Волынова выполняется значительный объём работ по разработке моделей гидравлических процессов, проектированию инженерных сооружений и декларированию безопасности гидротехнических сооружений

Получили развитие информационные технологии и системы поддержки управленческих решений в мелиорации, разработка различных баз данных, паспортов гидромелиоративных систем (И.Ф.Юрченко, Н.В.Коломийцев, А.Л.Бубер, А.Л.Брайнин). Разработанная модель управления инженерными сооружениями мелиоративных систем (объектами управления являются магистральные и межхозяйственные каналы последующих порядков, а также группы каналов межхозяйственных оросительных систем по принадлежности к водопользователю) обеспечит возможность анализа оперативного водораспределения с заданной степенью точности прогнозируемых параметров системы водопользования (И.Ф.Юрченко и др.).

Таким образом, наш институт с момента его образования обеспечивал фундаментальные и прикладные научные исследования, что способствовало становлению и развитию мелиоративной науки. Результаты исследований способствуют приращению научного знания во многих смежных областях.

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

УДК 631.423.5

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ОСВОЕНИИ

К.Б. Абдешев, Ж.С. Мустафаев, Т.К. Карлыханов

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Общая площадь, пригодная для орошения, составляет в Казахстане 57.547 млн. га, из них не требующих мелиораций – 5.403 млн. га, требующих средней мелиорации – 10.638, очень сложной мелиорации – 8.79 млн. га и условно годные – 32.716 млн. га.

Площадь луговых и лугово-сероземных почв, распространенных в речных долинах Казахстана составляют около 1308 тыс.га, пойменных луговых – 629.9 тыс. га, лугово-болотных и болотных – 553.6 тыс. га и луговых и лугово-сероземных засоленных – 2096 тыс.га.

При освоении этих засоленных почв усиливается геологический круговорот, то есть включается в геохимические процессы ($\Delta S = S_n - S_{дон}$, где S_n – содержание солей в почвенном слое, т/га; $S_{дон}$ – допустимое содержание солей в почвенном слое для возделывания сельскохозяйственных культур, т/га; ΔS – количество солей участвующих в геологическом круговороте, т/га) 145.5 млн. т солей, захороненных в почвогрунтах и не участвующих в активном круговороте.

На фоне этих сложных гидрогеохимических условий на территории Казахстана, в связи с обмелением Аральского моря, с его осушенного дна, которое составляет около 35 тыс.км², по расчетом А.А. Турсунова в атмосферу региона поступает в среднем суммарный вес песка солей и тонкодисперсной пыли 185 млн. т в год [1]. В этих условиях Центральная Азия, согласно мнению академика М. Салахетдинова, испытывает двойное опустынивание: одно наступает со стороны высохшего дна Аральского моря, откуда выдуваются ветром и выносятся на орошаемые земли ядовитые соли и тонкодисперсная пыль; второе происходит на орошаемых землях за счет подъема уровня грунтовых вод и вторичного засоления почв [2].

Освоение или реконструкция засоленных и вторичных засоленных земель для создания адаптивных агроландшафтов является мощным фактором воздействия на природную среду, что по своей силе соизмеримо с геологическими факторами. По существу, под их влиянием в природной системе формируются новые интегральные нарушенные природно-техногенные системы, оказывающие сложные воздействия на их экологическое состояние (табл. 1).

Экологическое состояние природной системы ($\Delta\mathcal{E}$) в районах промывки засоленных почв, предлагается оценивать по следующей формуле [3-6]:

$$\Delta\mathcal{E} \approx 1 - \exp(-q_n \cdot C_n \cdot V_n),$$

где C_n – минерализация дренажного или фильтрационного стока ($C_n = 1000 \cdot \Delta S / N$), г/л; V_n – доля объема транзитных вод, сбрасываемых в реку в процессе промывки ($V_n = N \cdot F / t \cdot Q$); q_n – доля объема промывных норм, поступающих из коллекторно-дренажной системы или грунтовых вод ($q_n = (N - \Delta W - E) / N$); N – промывная норма, м³/га; F – площадь засоленных земель подлежащих промывки, га; Q – расход реки, м³/га; t – продолжительность промывки, сутки; ΔW – объем промывных норм, аккумулирующихся в почвенном слое, м³/га; E – потери промывных норм на испарение во время промывки, м³/га.

Таблица 1 - Интенсивность выноса веществ и их влияние на экологическое состояние природной системы

Показатели	Категория почвы			
	слабо-засоленные	средне-засоленные	сильно-засоленные	очень-сильнозасоленные
Площадь (F), тыс.га	1000.0	350.0	500.0	150.0
Содержание солей в почве (S_H), т/га	45.0-75.0	75.0-105.0	105.0-150.0	>150.0
Допустимое содержание солей в почве ($S_{дон}$), т/га	45.0	45.0	45.0	45.0
$\Delta S = S_H - S_{дон}$	0.0-30.0	30.0-75.0	75.0-105.0	>105.0
Промывная норма нетто (N), м ³ /га	5000.0	8000.0	14000.0	18000.0
Промывная норма брутто (N), м ³ /га	8000.0	11000.0	17000.0	21000.0
$C_n = 1000 \cdot \Delta S / N$	6.0	6.5	6.4	5.8
Q , м ³ /с	200.0	200.0	200.0	200.0
Продолжительность промывки (t), сутках.	120.0	120.0	120.0	120.0
$V_n = N \cdot F / t \cdot Q$	2.40	1.35	3.37	1.30
ΔW , м ³ /га	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
E , м ³ /га	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0
$q_n = (N - \Delta W - E) / N$	0.63	0.73	0.82	0.86
$\Delta\mathcal{E} \approx 1 - \exp(-q_n \cdot C_n \cdot V_n)$	0.999	0.998	0.999	0.998

Как видно из таблицы 1, при промывке засоленных земель повышенный водообмен в зоне аэрации способствует усилению интенсивности выноса ве-

ществ, ионов, элементов и солей из малого биологического круговорота в большой геологический, что приводит к нарушению экологического равновесия в природных системах. Поступление солей в большой геологический круговорот происходит главным образом за счет инфильтрационных промывных вод и растворенных веществ, поступающих в грунтовые воды или водоисточники из биологического круговорота. В результате в природной системе происходит резкое ухудшение экологической обстановки, так как параметр $\Delta \mathcal{E}$ изменяется от 0 до 1, возрастание коэффициента свидетельствует об ухудшении ситуации [4,5]. Функционирование гидрогеохимической системы при промывке протекает в циклах большого геологического круговорота и в этих условиях развиваются негативные явления, так как формируются условия почвообразования, типичные для болота (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, закономерные ритмические изменения всех указанных факторов создали естественную общую благоприятную экологическую обстановку в природной системе, то есть годы периодически влажные и сухие способствовали формированию в определенном географическом масштабе самоорганизующейся экологической системы. В природных ритмах заложено важное свойство – стремление каждого показателя вернуться к прежнему состоянию, что и создает динамическое равновесие гидрогеохимической системы. Однако, орошение и промывка засоленных земель (табл. 2) вызывают глубокое изменение компонентов природных систем, так как сильно увеличивается объем впитавшейся воды в почву, что требует необходимости установить допустимые пределы отклонений их от природных ритмов.

При промывке засоленных почв возникают в основном два типа экологических проблем: во-первых, сохранить направленность почвообразовательного процесса; во-вторых, обеспечить экологическую устойчивость геосистемы при утилизации коллекторно-дренажных вод.

По экологическим аспектам вынос элементов, ионов и веществ из малого круговорота в большой геологический должны быть близким к природному, то есть дополнительный приход воды и солей в гидрогеохимический поток при промывке засоленных земель не должен превышать естественный отток и искусственную дренированность: $g \cdot C_g \pm p \cdot C_p \leq Q \cdot C_o + D \cdot C_d$, где Q - отток подземных вод; $\pm p$ - вертикальный водообмен между водоносными горизонтами через водораздельные слои; $\pm g$ - вертикальный водообмен между почвой и подземными водами; D - дренажный сток; C_g - минерализация инфильтрационных вод, г/л; C_p - минерализация напорных вод в водоносных горизонтах, г/л; C_o - минерализация подземных вод, г/л; C_d - минерализация дренажных вод, г/л.

При этом интенсивность геологического круговорота воды и химических веществ - $Q \cdot C_o + D \cdot C_d$ должна определяться с учетом и использования закономерностей ритмических колебательных изменений всех природных факторов, определяющих гидрогеохимический режим природных систем.

Таблица 2 - Изменение среднеголетних составляющих водного баланса в условиях промывки засоленных почв

Показатели	Условия функционирования	Категория орошаемых почв		
		средне-засоленные	сильно-засоленные	очень сильнозасоленные
1	2	3	4	5
Осадки (O_c), мм	-	150.0	150.0	150.0
Оросительная норма (O_p), мм	-	900.0	900.0	900.0
Промывная норма (N), мм	-	1100.0	1700.0	2100.0
Радиационный баланс деятельной поверхности (R), кДж/см ² год	Природные	230.0	230.0	230.0
	Орошение	243.0	243.0	243.0
	Промывки	243.0	243.0	243.0
Показатель гидротермического режима $\bar{R} = R / L(O_c + N + O_p)$	Природные	2.20-4.00		
	Орошение	0.68	0.68	0.68
	Промывки	0.55	0.36	0.29
Суммарное испарение (E), мм	Природные	150.0		
	Орошение	1000.0	1000.0	1000.0
	Промывки	1100.0	1100.0	1100.0
Поверхностный сток (\bar{O}), мм	Природные	0.00	0.00	0.00
	Орошение	100.0	100.0	100.0
	Промывки	100.0	100.0	100.0
Подземный сток (\underline{O}), мм	Природные	0.00	0.00	0.00
	Орошение	110.0	110.0	110.0
	Промывки	110.0	110.0	110.0
Нисходящий поток $g = O_p - E = N - E$, мм	Природные	0.00	0.00	0.00
	Орошение	110.0	110.0	110.0
	Промывки	110.0	110.0	110.0
Объем впитавшейся в почву воды $B_n = O_p - \bar{O} = N - \bar{O}$, мм	Природные	0.00	0.00	0.00
	Орошение	950.0	950.0	950.0
	Промывки	800.0	1400.0	1800.0
Объем инфильтрационных вод D , мм	Природные	0.00	0.00	0.00
	Орошение	110.0	110.0	110.0
	Промывки	800.0	1400.0	1800.0
Турбулентный поток тепла (P), кДж/см ² год	-	167.0	167.0	167.0
Показатель использования радиации на испарение ($P / LE = P / LN$)	Природные	4.40	4.40	4.40
	Орошение	0.41	0.41	0.41
	Промывки	0.38	0.38	0.38

В связи с этим, закономерности формирования природной гидрогеохимической системы, включающей химический режим водных растворов зоны активных изменений при реконструкции засоленных земель, должны рассматриваться как объект управления природными системами в условиях хозяйственной деятельности человека. Следовательно, главным условием при промывке засоленных земель на фоне реконструкции техногенных нарушенных природных систем должно быть сохранение их стабильности, недопущение разрушений естественного хода эволюции, приводящих к неожиданным катастрофическим перестройкам среды обитания человека.

Список использованных источников

1. Турсынов А.А. Аральская катастрофа и климатические изменения в Центральной Азии // Труды НВП НАН Республика Узбекистан.- Ташкент, 1995.- вып. 3.- С. 28-48.
2. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Экологические проблемы бассейна Аральского моря.- Тараз, 2009.- Тараз, 2009.-354 с.
3. Хачатурьян В.Х., Айдаров И.П. Концепции улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря //Мелиорация и водное хозяйство, М., 1990, №12.- с. 5-12; 1991, №1.- С. 2-9.
4. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. – Алматы: Галым, 1997.- 358 с.
5. Хачатурьян В.Х. Обоснование сельскохозяйственной мелиорации с экологических позиций //Вестник сельскохозяйственной науки, М., 1990. - №5.- С. 43-48.
6. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. О методике экологической оценки природной среды // Проблемы гидротехники и мелиорации земель в Казахстане // Сб. науч. труды.-Алматы, 1997.-С. 128-133.
7. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель.- Тараз, 2004. - 358 с.
8. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Абдешев К.Б. Моделирование засоления и рассоления почвы.- Тараз, 2013.- 204 с.

УДК 631.559

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ НИГЕРИЯ

А.И. Беленков, У.М. Сабо

ФГБОУВО "РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева", г. Москва, Россия

Нигерия расположена в Западной Африке на побережье Гвинейского залива и имеет общую площадь 923 768 км² (356669 квадратных миль). Исторически яровая пшеница была завезена в Западную Африку арабами через Судан и озеро Чад. Яровая пшеница возделывается в Нигерии на небольших участках вдоль берегов рек, озер, ирригационных каналов. Поскольку возделываются сорта умеренного климата, производство яровой пшеницы ограничивается прохладно-сухим сезоном [13, 15]. Пшеница выращивалась на мелких фермах Северной Нигерии, начиная с XVI века [4, 11, 12]. В Нигерии яровая пшеница выращивается полностью при орошении в течение осенне-зимнего периода, когда регион имеет низкие температуры, пригодные для роста урожая [3, 6, 14].

В Нигерии производство яровой пшеницы не соответствует текущим потребностям. Относительно низкая урожайность культуры объясняется невысоким уровнем агротехники, плодородия почвы, высокой стоимостью и дефицитом минеральных удобрений, слабым генетическим потенциалом сортов и отсутствием знаний по утилизации птичьего помета в качестве источника питательных веществ для производства сельскохозяйственных культур [5, 8, 9].

В настоящее время технологии минимальной и нулевой обработки почвы рассматриваются во всем мире как важная альтернатива обычным способам обработки почвы на основе вспашки с оборотом пласта. Основной задачей обработки является создание благоприятных условий для роста и развития растений, а также для правильного хода процессов, происходящих в почве.

Полевой опыт проводится на опытном поле в пригороде Gwallagwaayaka штат Bauchi республики Нигерия. Bauchi - сельскохозяйственный штат, где, в основном, практикуется орошаемое земледелие с использованием поверхностных способов полива [1, 2, 7, 10]. Объектом исследований является яровая пшеница сорта AtillaGanAtilla народной селекции республики. Начало исследований в опыте датируется 2012/2013 гг.

Целью наших исследований является установление закономерностей формирования урожая яровой пшеницы, изменения почвенного плодородия в зависимости от приемов обработки красноземных почв, способов посева и внесения удобрений. Задачи исследований: определение агрофизических, агрохимических и биологических показателей плодородия почвы, наблюдения за ростом и развитием растений, формированием урожая яровой пшеницы, статистическая оценка полученных результатов.

Схема полевого опыта в республике Нигерия включает два варианта обработки почвы под яровую пшеницу: отвальную и нулевую; три способа посева культуры: пунктирный, разбросной и рядовой; пять вариантов внесения различных доз птичьего помета: контроль (без удобрения), 2,5; 5,0; 7,5; и 10 т/га. Размещение делянок систематическое. Опыт выполняется в условиях орошения открытым способом полива по полосам. В случае первого варианта обработки почвы (отвального) помет запахивается, второго (нулевого) - остается на поверхности почвы и растворяется в воде при поливе яровой пшеницы.

Характеристика почвы опытного участка. Тип почвы – краснозем легкосуглинистый, мощность пахотного слоя 25-30 см, содержание гумуса 2,0-2,2%, содержание легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия в мг/кг почвы соответственно: 20-30, 60,2-62,3 и 30-33.

В ходе проведения исследований проводились следующие наблюдения и учет:

- влажности, плотности сложения, твердости, структуры почвы;
- содержания гумуса в пахотном слое;
- содержания азота, фосфора, калия и микроэлементов в почве;
- определение массы корней яровой пшеницы;
- всхожести семян, густоты стояния растений, их высоты, площади листьев;

- структуры урожая и биологической урожайности яровой пшеницы;
- хозяйственной урожайности яровой пшеницы;
- статистическая оценка результатов полевого опыта.

Результаты исследований. По итогам исследований 2012/13 и 2013/14 гг. выявлено преимущество пунктирного способа посева яровой пшеницы, поэтому отбор корневых остатков проводился по всем вариантам внесения птичьего помета и двум обработкам почвы именно для пунктирного способа посева (табл. 1).

**Таблица 1 - Сухая масса корней яровой пшеницы, т/га
(среднее за 2012/13-2013/14 гг.)**

Обработка почвы	Способ посева яровой пшеницы	Норма внесения птичьего помета, т/га	Воздушно-сухая масса корней, т/га в слое почвы (см)			
			0-10	10-20	20-30	0-30
отвальная	пунктирный	контроль	2,1	1,1	0,7	3,9
		2.5	3.1	1.5	1.0	5.5
		5.0	3.5	1.6	1.2	6.3
		7.5	3.8	2.0	1.9	7.7
		10	4.6	2.6	2.1	9.3
нулевая	пунктирный	контроль	2.2	1.5	1.0	4.7
		2.5	2.9	2.1	1.3	6.3
		5.0	3.3	2.5	1,6	7.4
		7.5	3.6	2.5	1.9	8.0
		10.0	4.7	2.8	2.2	9.7

Выявлено, что более высокую массу корней яровая пшеница накапливала по нулевой обработке, увеличиваясь с повышением дозы вносимого птичьего помета. Разница между обработками составляла от 0,3 до 0,9 т/га в пользу варианта без обработки почвы. Различия внутри каждой обработки почвы между вариантами различных доз птичьего помета колебались от 0,8 до 1,8 т/га.

По урожайности выявлено преимущество нулевой обработки с пунктирным посевом, внесением птичьего помета нормой 10,0 т/га (табл. 2).

Максимальная урожайность яровой пшеницы на орошаемых землях штата Ваучи в среднем за два года - 4,05 т/га была получена по варианту нулевой обработки почвы при пунктирном способе посева с внесением 10,0 т/га птичьего помета, минимальная отмечалась по отвальной обработке при разбросном способе посева на контрольном варианте удобрений – 1,28 т/га.

Если проследить урожайность яровой пшеницы по отдельным годам, то проявляется тенденция преимущества нулевой обработки, однако по различным вариантам способов посева и внесения различных доз птичьего помета статистическая разница нивелируется.

Таблица 2 - Урожайность яровой пшеницы, т/га

Обработка почвы	Способ посева	Норма внесения птичьего помета, т/га	Урожайность по годам, т/га		
			2012/13	2013/14	Среднее
отвальная	пунктирный	контроль	1,32	1,58	1,45
		2,5	2,63	2,75	2,69
		5,0	3,11	3,23	3,17
		7,5	3,40	3,66	3,53
		10,0	3,80	3,96	3,88
	разбросной	контроль	1,22	1,35	1,28
		2,5	2,58	2,77	2,68
		5,0	2,74	2,91	2,85
		7,5	3,10	3,42	3,26
		10,0	3,51	3,89	3,70
	рядовой	контроль	1,28	1,42	1,35
		2,5	2,52	2,66	2,59
		5,0	2,81	2,92	2,87
		7,5	3,20	3,56	3,38
		10,0	3,61	3,80	3,70
нулевая	пунктирный	контроль	1,51	1,57	1,54
		2,5	3,30	3,19	3,25
		5,0	3,48	3,25	3,37
		7,5	3,73	3,68	3,70
		10,0	3,94	4,12	4,05
	разбросной	контроль	1,44	1,53	1,49
		2,5	2,55	2,90	2,73
		5,0	3,01	3,22	3,11
		7,5	3,40	3,50	3,45
		10,0	3,58	3,78	3,68
	рядовой	контроль	1,45	1,54	1,50
		2,5	2,95	2,92	2,94
		5,0	3,07	3,09	3,08
		7,5	3,65	3,71	3,68
		10,0	3,78	3,90	3,84
НСР ₀₅ (обработка)			0,19	0,21	-
НСР ₀₅ (способ посева)			0,15	0,18	-
НСР (норма удобрения)			0,12	0,23	-

Среди способов посева на вспашке средняя урожайность яровой пшеницы за 2 года исследований колебалась в пределах 1,3-3,9 т/га и 1,5-4,0 т/га по нулевому варианту. Строгой математически достоверной разницы не установлено, однако в лучшую сторону выделяется вариант с пунктирным способом

посева, разбросной и рядовой способы равноценны.

Оценка влияния эффективности внесения различных доз птичьего помета на урожайность яровой пшеницы свидетельствует о существенной прибавке при внесении 10,0 т/га, преимущество этого варианта подтверждается расчетами НСР, величина которой существенно превышает.

Влияние вариантов полевого опыта на основные качества зерна яровой пшеницы изучалось по лучшему варианту обработки почвы (нулевому) и способу посева (пунктирному) (табл. 3).

Таблица 3 - Показатели качества зерна яровой пшеницы по вариантам внесения птичьего помета в 2012/2013 г.

Вариант опыта	Содержание белка (протеина),%	Содержание клейковины, %	Зольность, %	Влажность, %
контроль	13.14	22.92	1,82	9,13
2.5	14,28	24.37	1,82	9,58
5,0	14, 86	25,49	1,80	10,33
7.5	15.32	27,75	1,80	9,62
10	16,05	28,45	1.78	9,97

Исходя из приводимых данных, следует отметить, что при внесении максимальной дозы 10 т/га птичьего помета были получены более высокие показатели содержания белка (протеина) и клейковины и минимальное значение содержания зольных веществ. Согласно российским требованиям к качеству зерна, последний вариант можно отнести к первому классу по содержанию клейковины. Влажность зерна яровой пшеницы не имела четких закономерностей изменения по вариантам внесения птичьего помета, поскольку от данного фактора практически не зависела.

Заключение. На основании двухлетних данных научных исследований следует отметить более высокие количественные и качественные показатели, полученные при посеве яровой пшеницы в необработанную почву с использованием пунктирного способа и внесением 10 т/га птичьего помета, который растворяется в поливной воде и оказывает положительный результат.

Список использованных источников

1. Барановский П.М., Галямин Е.П., Филимонов М.С. Вопросы управления формированием урожая с.-х. культур при орошении. Волгоград, 1978.-128 с.
2. Бондаренков И.Е. Режим орошения яровой пшеницы в зоне светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья. Автореф. Канд. дисс., Волгоград, 1971,-20 с.
3. Добрачев Ю.П., Мучкаева Г.М. Эколого-экономические аспекты разработки ресурсосберегающей технологии выращивания сельскохозяйственных культур при орошении // Мелиорация и окружающая среда. Том 1. -М, ВНИИА, 2004.
4. Иванов П.К. Яровая пшеница. -М.: Колос, 1971.-328 с.
5. Кельчевская Л.С., Кобрин Н.И. Агроклиматическая оценка продуктивности яровой пшеницы по расходам влагозапасов // Метеорология и гидрология, 1971, №2. с. 45-47.

6. Кружилин А.С. Биологические особенности и продуктивность орошаемых культур. М.: Колос, 1977. 304 с.
7. Неттевич Э.Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в Центральном районе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. 2001. №3. с. 45-48.
8. Титаренко А.В., Титаренко Л.П., Дерканосова Н.М., Сорокина И.А. Урожайные свойства и качество твердой яровой пшеницы // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. №3. с. 49-50.
9. Чуб М.П. Влияние удобрений на качество зерна яровой пшеницы. М.: Россельхозиздат, 1980. 70 с.
10. Шумакова К.П., Ясониди О.В. Влияние орошения и удобрений на урожайность, качество зерна и водопотребление яровой пшеницы. В кн.: Эффективное использование орошаемых земель в степных районах. М., 1974, с. 152-157.
11. Abdulmumin, A. and Owonubi, J. J. (1990). Determining the optimal time of planting wheat using air temperatures. Wheat in Nigeria: Production, Processing and Utilization. Edited by A.J. Rayar, B.K. Kaigama, J.O. Olukosi and A.B. Anaso. LCRI, IAR and UNIMAID. Pp. 85-89.
12. Abdel Magid, H. M; Shafik, I; Abdel-Aal, RAafat, K. Rabie and Ragaa, E. A. Sabrah (1995). Chicken manure as a biofertilizer for wheat in the sandy soils of Saudi Arabia. Journal of Arid environments, 29:413-420.
13. Hinjari, Y. L. (1990). Wheat production in Gongola State. In: Wheat in Nigeria: production, processing and utilization. Rayar, A. J; Kaigama, B. K; Olukosi, J. O; and Anaso, A. B. (eds). LCRI, IAR and UNIMAID.
14. Rayar. A. J; Kaigama, B. K; Olukosi, J. O; and Anaso, A. B. (1990). Wheat production in Nigeria: production, processing and utilization. Pp. 3-29.
15. Yusuf, J.O. Vajinne L.I. and 2. Chado Edefes (1992) wheat production in Nigeria. Extension bulletin No. 62 publish by: National agricultural Extension and Research Liaison services. AhmaduBelloUniversityZaria.

УДК 631.674:634.8:631.535

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЭЛИТНЫХ САЖЕНЦЕВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ ПОВОЛЖСКОГО РЕГИОНА

В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, В.М. Гуренко, А.В. Майер, С.В. Бородычев
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Развитие виноградарства в Волгоградской области, причем как столового, так и технического направления, должно рассматриваться как новое перспективное направление развития агропромышленного комплекса. На современном этапе рассмотрение и решение этого вопроса как никогда актуально.

Сухой климат и минимальное количество осадков в условиях Нижней Волги препятствуют развитию болезней, позволяют свести к минимуму пестицидную нагрузку и производить более экологически чистую продукцию, чем на юге России. Практика фермерских хозяйств Волгоградской области показала, что трех-четырёхкратная обработка виноградников обеспечивает полную защиту от грибковых заболеваний. Дальнейшее совершенствование экологизированной системы защиты виноградников позволит производить уникальную,

экологически чистую продукцию, потребность в которой растет с каждым годом. Особенностью Поволжской зоны виноградарства является то, что в этой зоне нет злостного вредителя филлоксеры, поэтому виноградники могут быть посажены корнесобственными саженцами. Очень важно учитывать, что виноградарство Поволжья является укывным, поэтому предусматривает глубокую посадку саженцев.

Задача обеспечения высококачественными корнесобственными саженцами с удлиненным штамбом является важной для развития виноградарства в регионе. В условиях высоких температур и низкой влажности воздуха черенки быстро теряют влагу, поэтому саженцы следует выращивать удлиненными черенками (0,40-0,45 м). Развитие почки опережает развитие корней. В результате процент приживаемости получается довольно низкий.

Для решения этой проблемы нами проведены исследования, направленные на разработку технологии комбинированного орошения по управлению параметрами фитоклимата на посадках виноградной школки.

Цель исследований – изучить параметры роста и развития саженцев винограда при капельном и комбинированном орошении, определить оптимальную схему посадки для получения максимального выхода элитных саженцев винограда в условиях климата Нижнего Поволжья.

Исследования проводились в фермерском хозяйстве «Садко» и ИП «Шишлянниковой М.В.» Дубовского района Волгоградской области в 2011 – 2013 гг. Опыты проводили на посадках саженцев винограда сорта Каберне фран по двухфакторной схеме: фактор А- системы орошения, фактор В- плотность посадки виноградных черенков.

По фактору А предусмотрено два варианта: А1- выращивание саженцев винограда на капельном орошении; А2- выращивание саженцев винограда на комбинированном орошении. На каждом из вариантов орошения исследовали три варианта густоты посадки: В1- посадка черенков винограда в строчке через 0,13 м (101 тыс./га); В2 - через 0,10 м (132 тыс./га); В3 – через 0,07 м (188 тыс./га).

Предполивную влажность в 0,5м слое почвы поддерживали на уровне 90% НВ в период от посадки черенков до начала активного роста побегов, в период от начала активного роста побегов до начала вызревания побегов - 80%НВ и от начала вызревания побегов до уборки – 60%НВ. Уровень минерального питания поддерживался внесением минеральных удобрений дозой N60 P60 K60. Режим капельного орошения по поддержанию почвенной влажности и уровень минерального питания во всех вариантах опыта одинаков.

Посадку черенков проводили на грядах в две строчки на расстоянии 0,25м между строчками. Гряды высотой 0,20м и шириной 0,40м покрывали черной полиэтиленовой пленкой. Черенки винограда до высадки хранили в поле при температуре 0 – 2⁰С и относительной влажности близкой к 100%. Перед посадкой черенки вымачивали в холодной (12-15⁰С) воде в течение 12 часов и нарезали длиной 0,40 – 0,45 м. Кильчевание, бороздование и обработка стимуляторами роста не проводились. Высадку черенков проводили, когда температура

почвы прогревалась на глубине 0,20 м до 10-12⁰С.

Опыт заложен методом организованных повторений. Повторность опыта четырехкратная. В пределах повторений варианты опыта расположены рендомизированно. Площадь учетных делянок – 30м², что соответствует 20 погонным метрам двустрочного ряда. Почва опытного участка светло-каштановая легкосуглинистая, типичная для региона. Обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом низкая, а подвижным фосфором и калием средняя. Плотность сложения в пахотном слое 1,13 – 1,17т/м³.

Выращивание элитных саженцев - одна из задач создания адаптивной технологии укрывного виноградарства в Поволжском регионе. Такая технология обеспечивает закладку высокопродуктивных, долговечных виноградников с ранним сроком вступления в плодоношение. Существующий общепринятый стандарт саженцев для закладки таких виноградников, к сожалению, не подходит. В этой связи к элитным саженцам предъявляются повышенные требования. Длина штамба с вызревшей частью побега должны быть не менее 0,6 м, количество корней более 2 мм равномерно распределенных по окружности, не менее четырех. Такими параметрами руководствовались при определении элитных саженцев в данных исследованиях.

Экспериментальный участок оснащен системой комбинированного орошения. В комплект комбинированного орошения входит капельное и спринклерное орошение.

Капельное орошение состоит из полного комплекта фирмы «НЕТА-ФИМ». Фильтростанция состоит из однокамерного фильтра грубой очистки (песчано-гравийный фильтр производительностью 25м³/ч) и фильтра тонкой очистки (пластиковый дисковый фильтр), последовательно соединенных. Гравийный фильтр рассчитан на ручной режим обратной промывки. Узел внесения удобрений емкостного типа объемом 80 литров. Трубопроводы представлены полиэтиленовыми трубами 63 и 50 мм, заложенными на глубину 0,65 м. Регуляторы давления 4U поддерживают давление в режимах 1,5- 2,5 атмосферы. Клапан выпуска воздуха (вантуз) расположен в самом высоком месте трубопровода после фильтростанции. Система оснащена счетчиком воды и манометрами. Капельные линии диаметром 16мм с компенсированными капельницами через 30 см и расходом 1,2 л/ч обеспечивают высокую равномерность распределения воды по длине ряда. На экспериментальном участке разница расхода воды из капельниц по длине ряда не превышает 4%, что обеспечивает достоверность результатов эксперимента.

Капельное орошение выполняет задачу поддержания запланированных уровней влажности почвы и минерального питания.

Спринклерное орошение представлено мини дождевателями 5022-U (желтый) фирмы «Наан-Дан-Джейн» с кулачковыми рефлекторами. Дождеватели установлены по схеме 10x12 м и закреплены на стойках через 10 метров, соединены с полиэтиленовым трубопроводом диаметром 40 мм с помощью микротрубки. Расстояние между линиями 12 метров.

Спринклерное орошение работает в режиме, обеспечивающем эффектив-

ное снижение негативного воздействия стрессовых факторов (высокая температура воздуха, листовой поверхности черенков, низкая относительная влажность воздуха в среде растений). Спринклеры работают от посадки черенков до начала активного роста побегов (период полного укоренения черенков 25 дней) в режиме: 5 минут работы, один час пауза. Работа спринклеров продолжалась с 10 часов утра до 18 часов вечера (в период активного солнечного излучения, когда температура поверхности черенков и почек значительно превышает температуру окружающего воздуха). В дальнейшем саженцы выращивались только на капельном орошении.

В результате наблюдений за ростом и развитием виноградных саженцев было подтверждено предположение о негативном влиянии стрессовых факторов континентального климата Нижней Волги. Критической фазой при выращивании виноградной школки является период от посадки до начала активного роста побегов. В этой связи на приживаемость черенков положительное влияние оказало регулирование параметров фитоклимата проведением спринклерного орошения, которое снимало температурный стресс и повышало относительную влажность в зоне растений.

В свою очередь, за счет капельного орошения поддерживалась высокая относительная влажность в зоне корнеобразования.

Таким образом, выявлено преимущество применения комбинированного орошения перед традиционным капельным орошением при выращивании виноградной школки. Выявлены закономерности роста и развития саженцев. При капельном орошении во всех вариантах опыта приживаемость составила около 70% без существенных отклонений. При комбинированном орошении процент приживаемости был выше (80 - 87%), что указывает на эффективность использования комбинированного орошения (табл. 1).

При анализе влияния густоты посадки на выход элитных саженцев выявлено следующее. Наибольший выход элитных саженцев достигнут в вариантах опыта на комбинированном орошении при густоте посадки 132 тыс.шт./га и 188 тыс.шт./га составил соответственно 92846 шт./га и 93386шт./га (табл. 2). Кроме этого в этих вариантах наблюдалось наиболее продуктивное использование влаги.

При небольшой разнице выхода саженцев в этих вариантах в варианте опыта А2 - Б3 с густотой посадки 188 тыс./га. перерасход черенков по сравнению с вариантом А2 – Б2 с густотой посадки 132 тыс./га составил более 40 тыс./га., что негативно повлияет на экономическую эффективность производства. Таким образом самым эффективным вариантом оказался вариант А2 – В2 на комбинированном орошении с густотой посадки 132тыс./га. Расстояние между черенками 10 см можно считать наиболее оптимальным. Более редкая посадка ведет к усилению роста и развития саженцев, что значительно повышает их качество, но приводит к снижению выхода саженцев с единицы площади

Таблица 1 - Показатели приживаемости черенков и выхода элитных саженцев винограда в вариантах опыта, (2010 – 2012 гг.)

	2010				2011				2012			
	Количество принявшихся саженцев, шт.	Доля от посаженных, %	Количество элитных саженцев, шт.	Доля от посаженных, %	Количество принявшихся саженцев, шт.	Доля от посаженных, %	Количество элитных саженцев, шт.	Доля от посаженных, %	Количество принявшихся саженцев, шт.	Доля от посаженных, %	Количество элитных саженцев, шт.	Доля от посаженных, %
А1(Капельное) Б1 (101тыс/га)	72720	72	69680	69	73740	73	70710	70	69680	69	67680	67
А1(Капельное) Б2 (132 тыс/га)	95040	72	88440	67	93720	71	89760	68	92410	70	85810	65
А1(Капельное) Б3 (188тыс/га)	131600	70	90240	48	131600	70	88360	47	129720	69	84600	45
А2 (Комбиниров.) Б1 (101тыс/га)	84840	84	76750	76	87870	87	77780	77	83820	83	74010	74
А2 (Комбиниров.) Б2 (132тыс/га)	109560	83	95040	72	110880	84	92420	70	106920	81	91080	69
А2 (Комбиниров.) Б3 (188 тыс/га)	150410	80	95880	51	152280	81	94040	50	146640	78	90240	48

и неэффективному использованию поливной воды. Более густая посадка повышает выход саженцев с единицы площади, но снижает качество саженцев и приводит к перерасходу посадочного материала.

Таблица 2 - Показатели развития элитных саженцев винограда по вариантам опыта (2010-1012 гг.)

Варианты опыта	Выход саженцев		Длина вызревшего побега, см	Кол-во корней более 2 мм	Диаметр побега у основания, мм
	всего	элитных			
А1(Капельное) Б1 (101тыс/га)	72046	69356	41	12	8,2
А1(Капельное) Б2 (132 тыс/га)	93723	88003	38	9	7,9
А1(Капельное) Б3 (188тыс/га)	130973	87733	30	7	6,6
А2 (Комбинированное) Б1 (101тыс/га)	85510	76180	42	14	8,4
А2 (Комбинированное) Б2 (132тыс/га)	109120	92846	37	9	8,3
А2 (Комбинированное) Б3 (188 тыс/га)	149776	93386	31	8	6,1

УДК1 626.8 УДК2 621.39

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ РАБОТЫ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИВОВ

Е.Э. Головинов, М.Н. Лытов

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

Перспективным направлением интенсификации сельского хозяйства в засушливых регионах России является разработка и внедрение современных технологических регламентов применения оросительных мелиораций с учётом преимуществ новой поливной техники. Совокупность требований, предъявляе-

мых к оросительным системам нового поколения, сводится к следующему:

- должны быть реализованы свойства многофункциональности, управляемости и адаптационной способности к природным особенностям почвенно-климатических зон, ландшафтных единиц;
- должна обеспечиваться возможность освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия;
- фундаментальным свойством технологий и техники полива в составе оросительных систем нового поколения должно стать снижение экологических нагрузок на орошаемые угодья;
- ориентированность на применение автоматизированных высокопроизводительных и экологически безопасных средств орошения.

Автоматизация процесса полива является современным и самым динамичным направлением совершенствования оросительных систем. Проблемы автоматизации процесса полива современной дождевальнoй техникой связаны с необходимостью организации непрерывного контроля состояния работы дождевальных машин в режиме реального времени. Блок оперативного контроля работы дождевальной техники в режиме реального времени является неотъемлемой частью современных моделей оросительных систем, обеспечивающих при поливе:

- ресурсосбережение в целях экономии водных, земельных, энергетических, материальных, трудовых и временных ресурсов;
- экологическую безопасность среды;
- сохранение плодородия почв;
- повышение продуктивности и стабильности производства кормов на сенокосах и пастбищах.

В рамках исследований, проводимых ГНУ ВНИИГиМ, поставлена цель - разработать технологию оперативного контроля работы дождевальной техники в режиме реального времени при производстве поливов. Новизна исследований состоит в разработке инновационных методов оперативного контроля работы дождевальных машин кругового и фронтального действия.

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, которые обеспечивают возможность контроля фактического режима работы машины только в «ручном» режиме. Ведение оперативного мониторинга при этом является чрезвычайно трудоемкой операцией, вследствие чего обслуживающий персонал дождевальной техники, как правило, не ведёт журнал производства работ должным образом. В большинстве хозяйств, в лучшем случае, отчёт о производстве полива представлен в виде даты и количества поливов, что затрудняет или делает невозможным планирование поливов и осуществление оперативного управления [1].

Вместе с тем современные технологии, телеметрическое оборудование и использование ЭВМ в совокупности позволяют разработать техническое уст-

ройство для осуществления оперативного контроля работы дождевальной техники дистанционным способом.

Создаваемая в рамках задания РАСХН технология оперативного контроля работы дождевальной техники позволяет перейти на новый технологический уровень эксплуатации оросительных систем. Устройства дистанционного мониторинга позволят контролировать качество поливных работ, а именно соблюдение заданных поливных норм, сроков поливов и других производственных параметров.

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

В общем виде технология представлена в виде блок-схемы (рис. 1).



Рисунок 1 - Блок-схема элементов технологии оперативного контроля работы дождевальной техники

Основными показателями, обеспечивающими контроль качества выполнения технологического процесса дождевальной техники, являются давление (на аппарате, гидранте, насосе), расход воды (машиной и аппаратом), интенсивность дождя (с перекрытием), средний слой осадков за проход, коэффициент эффективного полива (при скорости ветра, характерной для региона), коэффициент равномерности полива, средний диаметр капель, повреждение растений. Кроме того, необходимо знать технические характеристики и нормативные параметры работы дождевальной техники, такие как рабочая скорость движения, рабочая ширина захвата, рабочий ход и пр.

Рабочее давление, величина которого определена техническими требова-

ниями, необходимо контролировать на гидранте, напорном патрубке насоса (для машин, имеющих собственный насос), у основания струйного аппарата непрерывно манометром класса точности не ниже 1,5 с пределом измерений, превышающим на 30-50 % рабочее давление машины. Считка или автоматическая запись показаний приборов производится при установившемся режиме в одной и той же последовательности. Давление в начале и конце водопроводящего трубопровода, крыла фермы измеряется одновременно с расходом.

Контроль рабочей скорости проводится путём измерения длины пути и продолжительности движения машины вперёд и назад в установившемся режиме. Не допускается погрешность измерения длины пути более, чем на 0,1 м, продолжительности движения – более чем на 1 с.

Совокупность критериев оценки качества выполнения работ при поливе культур дождевальной техникой определяет конфигурацию мониторинга. Исследования показали, что минимальная совокупность критериев в составе современной конфигурации мониторинга работы дождевальной техники должна включать следующие параметры: давление в нескольких точках для машин длиной более 100 м, скорость движения и траектория движения в принятой системе координат. Определение мгновенных координат расположения дождевальной техники в рамках современной концепции технологий мониторинга целесообразно проводить на основе систем глобального спутникового позиционирования (ГЛОНАСС/GPS) [2].

При создании экспериментального образца регистрирующего и передающего модуля использованы существующие отладочные платы. При этом отладочная плата частично решает задачу регистрации ГЛОНАСС/GPS координат и передачи данных по каналу GSM/GPRS на удалённый терминал.

Устройство мониторинга дождевальной техники состоит из нескольких стандартных компонентов:

- датчик давления;
- вычислительный блок и блок оперативной памяти;
- блок передачи данных в сеть Интернет;
- блок определения координат ГЛОНАСС/GPS.

Основное внимание потребовалось уделить проверке работоспособности датчика давления и блока передачи данных в сеть Интернет через GSM канал. Для проверки работоспособности разработанного устройства проведён ряд экспериментов. Стандартизированной методики проверки устройств подобного рода не существует. Поэтому за основу были приняты стандартные методы оценки функциональных показателей [3-9].

Для создания давления использовался баллон углекислотный 5 л (ГОСТ 949-73). Для регулировки и стабилизации давления использовался редуктор углекислотный БУО-5МГ(9). Диапазон выходного давления редуктора обеспечивается в пределах 0 – 0,6 Мпа, чего достаточно для моделирования всех режимов работы дождевальной техники (рис. 2).



Рисунок 2 - Экспериментальная установка в сборе

Общая продолжительность проведения эксперимента составила 3 часа. Показания манометра фиксировались после каждого изменения давления на редукторе. Показания с датчика давления фиксировались с интервалом в 1 минуту (рис. 3).

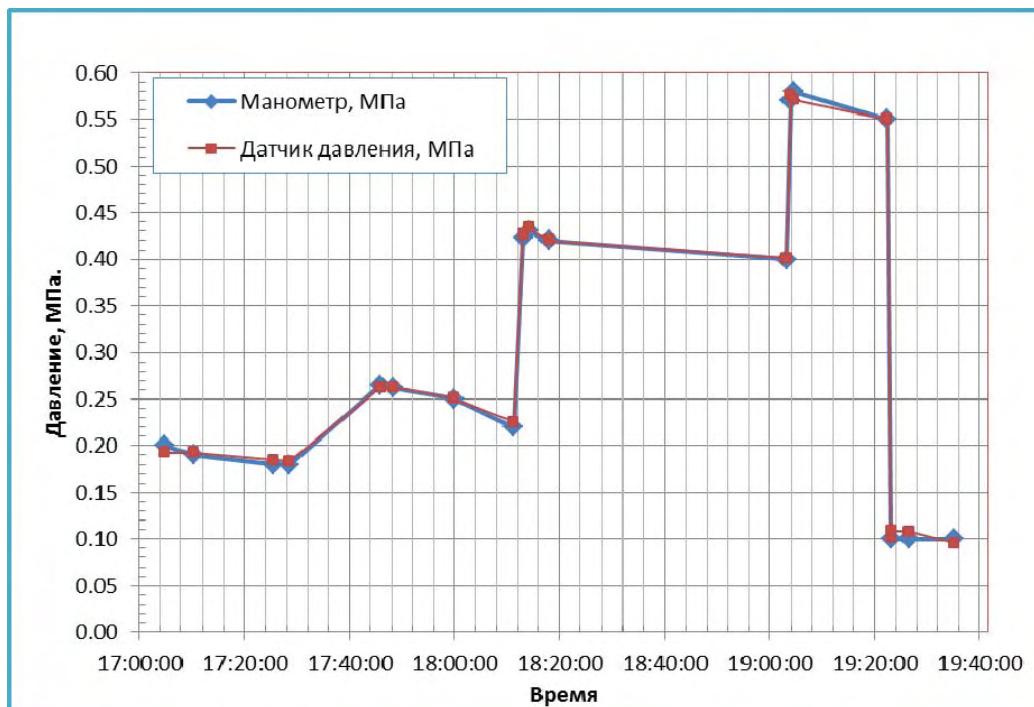


Рисунок 3 - График изменения давления на экспериментальной установке, показания манометра и датчика давления

Для манометра класса точности 1,5 с верхним пределом измерений (ВПИ) 0,6 МПа пределы абсолютной погрешности составляют $\pm \text{ВПИ} \cdot \text{КТ} / 100 = 0,6 \cdot 1,5 / 100 = 0,009$ МПа. В результате проведённого эксперимента было установлено, что точность определения давления устройством находится в пределах точности манометра. Это позволяет использовать устройство в составе прибор-

ного обеспечения контроля и дистанционного мониторинга работы дождевальной техники в режиме реального времени.

Заключение

Использование систем дистанционного контроля за параметрами полива в реальном времени позволит вывести на новый технический уровень существующие и проектируемые оросительные системы. Предложенное в статье техническое решение, для системы дистанционного мониторинга дождевальной техники, позволяет в реальном времени передавать данные телеметрии. Экспериментальные испытания устройства подтвердили заявленные технические характеристики, а также возможность использования разработанного устройства на существующих оросительных системах.

Список использованных источников

1. Головинов Е.Э. Управление поливами сельскохозяйственных культур на закрытой оросительной системе // Диссертация на соискание учёной степени к.т.н. по специальности 06.01.02. – «Мелиорация, рекультивация и охрана земель». - Москва. – 2010. – С. 122.
2. Аминев Д.А., Головинов Е.Э., Увайсов С. У. Система мониторинга данных от датчиков веса и энкодеров. // Международная научно-практическая конференция «ИНФО-2012». - Сочи. - 2012. - С. 485 – 486.
3. ГОСТ Р ИСО 17123-2-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 2. Нивелиры.
4. ГОСТ 8.092-73 Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, тягомеры, напорометры и тягонапорометры с унифицированными электрическими (токовыми) выходными сигналами. Методы и средства поверки.
5. СТО АИСТ 11.1–2010 Испытания сельскохозяйственной техники МАШИНЫ И УСТАНОВКИ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ. Методы оценки функциональных показателей.
6. СТО АИСТ 11.3-2004 Испытания сельскохозяйственной техники МАШИНЫ И УСТАНОВКИ ПОЛИВНЫЕ. Методы оценки функциональных показателей.
7. СТО АИСТ 11.4–2010 Испытания сельскохозяйственной техники. МАШИНЫ И УСТАНОВКИ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ. НАДЁЖНОСТЬ. Классификация отказов по группам сложности.
8. СТО АИСТ 12.1–2010 Испытания сельскохозяйственной техники. МАШИНЫ МЕЛИОРАТИВНЫЕ ОСУШИТЕЛЬНЫЕ И ОРОСИТЕЛЬНЫЕ. Методы оценки функциональных показателей.
9. СТО АИСТ 12.4–2010 Испытания сельскохозяйственной техники. МАШИНЫ МЕЛИОРАТИВНЫЕ ОСУШИТЕЛЬНЫЕ И ОРОСИТЕЛЬНЫЕ. НАДЁЖНОСТЬ. Классификация отказов по группам сложности.

УДК 631.674

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЛИВА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

К.В.Губер

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

При орошении дождеванием используется большая номенклатура дождевальных машин и стационарных систем. Дождевальная техника отличается по конструктивным особенностям, технологии полива, способам передвижения.

Для полива дождеванием применяют (с учетом форм собственности) сле-

дующую дождевальную технику:

- широкозахватные многоопорные дождевальные машины с фронтальным перемещением, работающие в движении, с водозабором из открытой и закрытой оросительной сети (типа «Кубань-Л», «Кубань-ЛШ», «Фрегат-ФШ», «Ладога»);

- дождевальные машины кругового действия, работающие в движении, с водозабором из закрытой оросительной сети или непосредственно из скважин (типа ДМУ «Фрегат», «Кубань-ЛК»);

- колесные дождевальные трубопроводы позиционного действия с забором воды из закрытых трубопроводов (типа ДКШ-64 «Волжанка»);

- консольные дождевальные агрегаты, работающие в движении, с забором воды из временных оросителей (типа ДДА-100ВХ);

- дальнеструйные дождевальные машины позиционного действия с водозабором из закрытой или открытой оросительной сети (типа ДДН);

- полосовые шланговые дождеватели, работающие в движении, с водозабором из закрытой оросительной сети (типа «Агрос»);

- полустационарные комплекты с забором воды из открытых и закрытых систем (тип ДП-26);

- средне- и дальнеструйные дождевальные аппараты с водозабором из закрытой оросительной сети на стационарных системах и в комплектах ирригационного оборудования.

Дождевальную технику применяют для проведения влагозарядковых, предпосевных, вегетационных, удобрительных, освежительных, посадочных, противозаморозковых поливов.

Оценку качества дождевальных машин производят по равномерности полива, которую устанавливают при испытаниях. Для определения показателей качества дождя в полевых условиях площадь орошения разбивают на равновеликие площадки квадратной или прямоугольной формы. Размер площадки принимают в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 - Размеры учетных площадок для определения интенсивности дождя

Радиус действия аппарата (насадки), м	Площадь учетной площадки, м	Максимальная длина стороны, м	
		квадрата	прямоугольника
до 12	до 4	2	2
12-15	4-16	4	5
свыше 15	16-25	5	6

Количество площадок должно быть кратным площади полива с перекрытием. Центры площадок отмечают на местности колышками, у которых устанавливают вертикально дождемеры, притирая их к почве. Емкость дождемера – не менее 0,5 л с калиброванной приемной площадью. Оптимальная площадь сечения 100 мм².

В зависимости от типа дождевальной машины и технологии ее работы

применяют различные схемы расстановки дождемеров.

Для машин, работающих в движении фронтально и машин с перемещающимся дождевальным аппаратом, дождемеры расставляют в 2 ряда вдоль всей ширины захвата. При этом расстояние между центрами дождемеров в ряду – не более 2,0 м, а между рядами – не более 15-20 м. Число дождемеров в линии должно обеспечивать фиксацию ширины захвата машины по крайним каплям без перекрытия. Длина гона должна обеспечивать попадание дождя в дождемеры от первых до последних капель.

Для машин, работающих в старт-стопном режиме, допускается дополнительно расставлять дождемеры по трем продольным рядам с расстоянием не менее 15 м (в начале, середине и конце крыла) параллельно ходу машины.

Для машин позиционного действия дождемеры расставляют по всей площади орошения без перекрытия, разбитой на равновеликие площадки.

При испытаниях позиционных широкозахватных машин дождемеры расставляют в начале, середине и конце водопроводящего трубопровода так, чтобы каждая учетная площадка охватывала площадь, поливаемую тремя аппаратами или смежными тремя группами аппаратов.

Для машин, работающих по кругу (сектору) дождемеры расставляют по радиусу на всю ширину захвата машины без перекрытия. Расстояние между центрами дождемеров по радиусу – не более 2 м. Измерения выполняют не менее чем по трем лучам (радиусам), расположенным друг от друга под углом 30° на расстоянии не менее 15 м.

Показатели качества машины (ширина и длина захвата дождем, площадь полива позиции, интенсивность дождя или слой осадков за один проход) определяют с помощью дождемеров при поливе с перекрытием и без перекрытия, показатели – радиус полива и диаметр капли – без перекрытия. Действительную интенсивность дождя для машин, работающих в движении, определяют при позиционном поливе. Перекрытие ширины и длины захвата дождем выполняются при поливе смежных позиций.

Продолжительность опыта ограничивают временем наполнения дождемеров не более чем на 80% их емкости в местах наибольшей интенсивности дождя или слоя осадков за один проход машины. Для машин позиционного действия измеряют время от начала и до конца работы дождевальных аппаратов, для машин, работающих в движении, учитывают, кроме того, число проходов (оборотов) машин за опыт. Измерения выполняют с помощью секундометров.

После окончания полива с помощью мерных цилиндров измеряют объем воды в дождемерах. Данные заносят в специальную ведомость, а затем на масштабный план расстановки дождемеров, составленный на миллиметровой бумаге. По следам дождя в дождемерах на масштабном плане наносят нулевую изогипсу, т.е. определяют границы площади, политой без перекрытия. Рабочую ширину и длину захвата дождем машины определяют по средним значениям линейных измерений на плане.

Площадь орошения с одной позиции определяют путем измерения пла-

ниметром на масштабном плане без перекрытия по нулевой изогие, с перекрытием – измерением масштабной линейкой расстояния между позициями или оросителями, или линейным измерением ширины и длины захвата.

Радиус полива определяют на масштабном плане без перекрытия поливных зон по крайним каплям дождя.

Интенсивность дождя и слой осадков за один проход определяют по объему воды, подаваемой дождевальными машинами в единицу времени на определенную площадь. Показатель определяют путем математической обработки данных на ЭВМ по специальным программам или вручную по каждому опыту.

При ручной обработке данных интенсивность дождя ρ_i (мм/мин) по каждому дождемеру вычисляют по формуле:

$$\rho_i = 10V_i / F_d t_d, \quad (1)$$

где: V_i – объем воды в дождемере, см³; F_d – приёмная площадь дождемера, см²; t_d – продолжительность заполнения дождемера, мин.

Слой осадков за один проход h (мм) по каждому дождемеру для машин, работающих в движении, вычисляют по формуле:

$$h = 10V_i / F_d n, \quad (2)$$

где n – число проходов машины.

На масштабный план расстановки дождемеров в каждой точке их расположения наносят рассчитанные значения интенсивности дождя или слоя осадков за один проход. Полученный контур дождя с масштабного плана переносят на кальку, на которой указывают местоположение оросителей и дождевателя.

Для расчёта средней интенсивности дождя и среднего слоя осадков за один проход необходимо сделать камеральное перекрытие площади полива или рабочей ширины захвата машины, для чего вычерчивают план размещения оросителей, гидрантов, позиций дождевателя в том же масштабе, что и план с перекрытием, которая определяется по расстоянию между позициями и оросителями или путём измерения ширины и длины захвата дождём машины согласно схеме полива.

Перекрытие осуществляют путём последовательного наложения кальки на все смежные позиции, с которых должна поливаться очередная площадь, и переноса с кальки на план числовых значений интенсивности, которые попадают на контур учётной площади полива с перекрытием. Числовые значения наложенных интенсивностей суммируют между собой. При наложении кальки на план на каждой позиции совмещают оросители, оси машин или позиции дождевателя.

Среднюю интенсивность определяют одним из методов вариационной статистики как среднюю величину из интенсивностей в точках площади полива с перекрытием и без перекрытия.

Измеренные величины интенсивности дождя обрабатывают вариационным методом с выборкой по классам K_L , а величину класса определяют по формуле:

$$K_L = (\rho_{\max} - \rho_{\min}) / n_2, \quad (3)$$

где: ρ_{\max} и ρ_{\min} – соответственно максимальное и минимальное значения интен-

сивности дождя или слоя осадков за один проход, мм/мин, мм; n_2 – принятое число классов (не более 16).

После выборки подсчитывают количество случаев по каждому интервалу и по всей выборке. Сумма случаев (Σn) должна быть равна:

$$\Sigma n = F/F_d, \quad (4)$$

где: F – площадь орошения на позиции по технологической схеме, m^2 ; F_d – приемная площадь дождемера cm^2 .

Интервалы интенсивности или слоя дождя в классах задают, например, в пределах $0,1...0,2$; $0,21...0,3$; $0,31...0,4$ и т.д., а среднее значение класса соответственно равно $0,15$; $0,25$; $0,35$ и т.д. Затем для каждого класса определяют сумму случаев, попадающих в данный интервал. Значение средней эффективной интенсивности или слоя дождя находят для такого интервала, где сумма случаев выше и ниже этого класса равны между собой.

Затем строят частотный график (рис.1) распределения интенсивностей (слоя дождя).

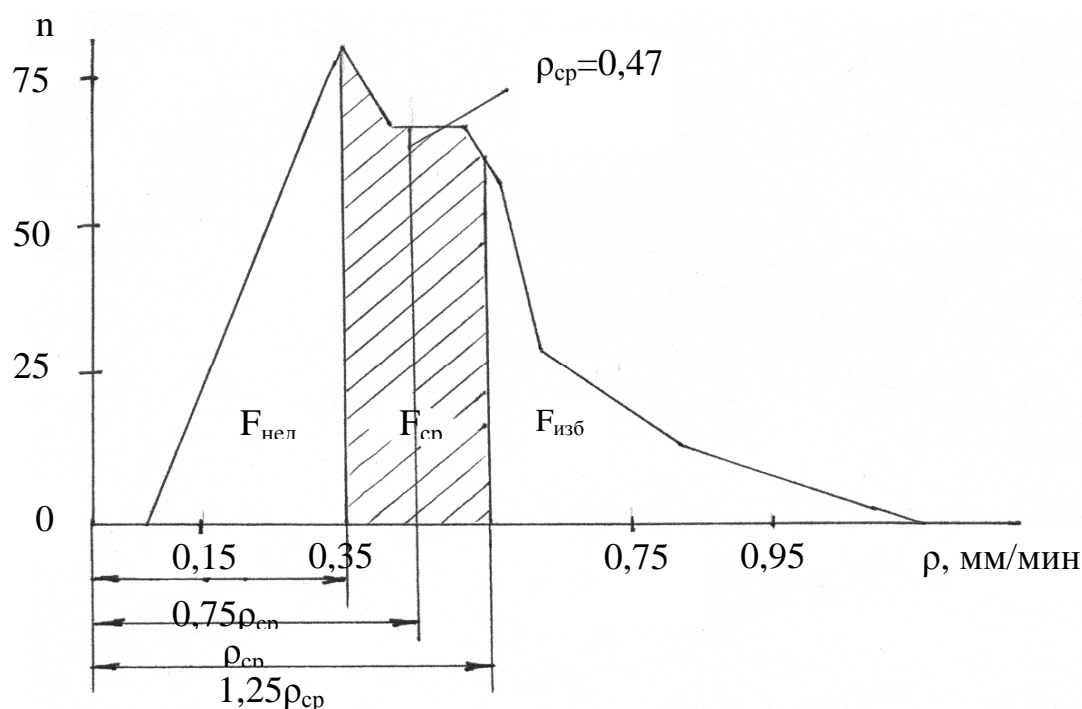


Рисунок 1 - Частотный график распределения интенсивности дождя

На графике по оси абсцисс откладывают интенсивность (слоя дождя), по оси ординат – число случаев соответствующее данной интенсивности. По этим точкам строится ломаная кривая, которая характеризует распределение дождя. Затем по оси абсцисс откладывают среднюю интенсивность (слой) дождя и вправо и влево от неё величины, соответствующие $\rho_{min} = 0,75\rho_{cp}$ и $\rho_{max} = 1,25\rho_{cp}$. Площадь, ограниченная интервалом $(0,75...1,25)\rho_{cp}$ и ломаной линией, характеризует эффективно политую площадь $F_{эф}$, справа от неё – избыточно политую площадь $F_{изб}$, слева – недостаточно политую площадь $F_{нед}$.

Измерение площадей производят с помощью планиметра. Отношение площадей эффективной, избыточной и недостаточно политой площади к общей

поливной площади, даёт соответственно коэффициенты эффективного ($K_{эф}$), избыточного ($K_{изб}$) и недостаточного ($K_{нед}$) поливов, которые определяются по формулам:

$$K_{эф} = F_{эф}/F_{общ} \quad (5)$$

$$K_{изб} = F_{изб}/F_{общ} \quad (6)$$

$$K_{нед} = F_{нед}/F_{общ}, \quad (7)$$

где $F_{об}$ – общая политая площадь, m^2 (га).

Допускается определять коэффициент полива как отношение случаев эффективного, избыточного и недостаточного поливов к сумме случаев:

$$K_{эф} = n_{эф}/n \quad (8)$$

$$K_{изб} = n_{изб}/n \quad (9)$$

$$K_{нед} = n_{нед}/n, \quad (10)$$

где: n , $n_{эф}$, $n_{изб}$, $n_{нед}$ – соответственно число случаев – общее, эффективного, избыточного и недостаточного поливов.

При испытаниях дождевальнй техники оценку качества полива проводят по коэффициенту равномерности полива Кристиансена C_n , по формуле:

$$C_n = 100 \left(1 - \frac{\sum |d|}{h_m n_1} \right), \quad (11)$$

где: $\sum |d|$ – абсолютная величина отклонения измерения от среднего слоя осадков, мм; h_m – средний слой осадков, мм; n_1 – число измерений (случаев) (табл. 2).

Таблица 2 - Связь между коэффициентами эффективного полива и равномерностью полива

Коэфф.	Значение коэффициента										
	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
$K_{эф}$	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
C_n	90,3	88,88	87,4	85,95	84,5	82,6	81,1	78,75	76,4	72,8	69,4

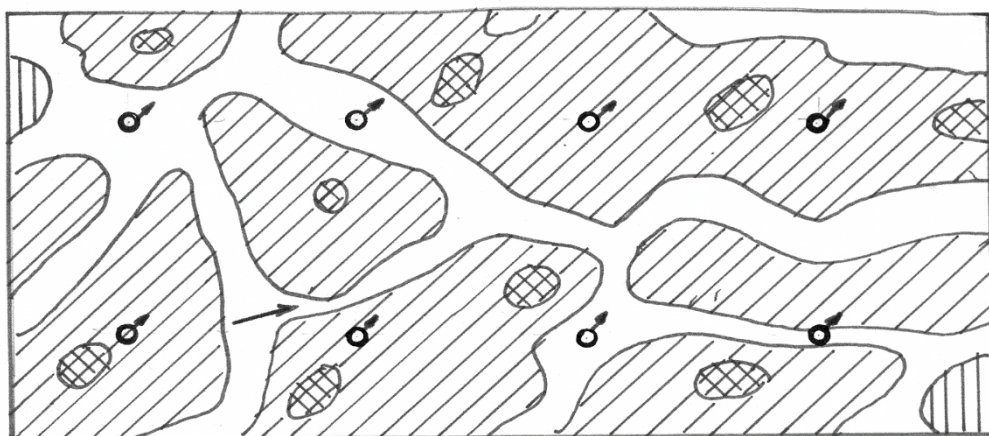
На масштабном плане перекрытия вычерчивают карту распределения дождя (рис. 2). Для машин, работающих в движении, сначала строят карту распределения слоя осадков по ширине захвата без перекрытия, а затем после перекрытия строят частотный график. Карту распределения дождя вычерчивают на плане путём нанесения трёх изогий с интенсивностью дождя $\rho_1 = 0$, $\rho_2 = 0,75\rho_{ср}$ и $\rho_3 = 1,25\rho_{ср}$. Изогии отделяют друг от друга неполитые, недостаточно, избыточно и эффективно политые участки. На карту наносят схему расположения дождевальнй аппаратов и указывают направление ветра.

Для машин, работающих в движении, сначала строят карту.

Неполитые участки планиметрируют и вычисляют относительную величину неполитой площади F_n в процентах по формуле:

$$F_n = (F_n'/F_{об})100 \quad (12)$$

Согласно агротехническим требованиям, коэффициент эффективного полива должен быть не ниже 0,7; коэффициенты недостаточного и избыточного полива – не выше 0,15. По степени равномерности распределения дождя все машины можно проранжировать в следующей последовательности: машины фронтального действия, работающие в движении (ДДА–100МА, “Кубань–Л”), машины кругового действия (“Фрегат”, “Кубань–ЛК”), машины позиционного действия (“Волжанка”, “Днепр”, ШД–25/300, КИ–50А), дальнеструйные машины (ДДН–70, ДДН–100).



Условные обозначения


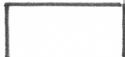




	недостаточно политая площадь
	эффективно политая площадь
	избыточно политая площадь
	неполитая площадь
	направления ветра
	место расположения дождевального аппарата

Рисунок 2 - Карта распределения дождя

Список использованных источников

1. Лебедев Б.М. Дождевальные машины. Изд. «Машиностроение». М.1965.
2. СТО АИСТ 11.1-2010. Стандарт организации. Испытание сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей.

УДК 631.674:635.649

ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ПЕРЦА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАННЕЙ ПРОДУКЦИИ В ТОННЕЛЬНЫХ УКРЫТИЯХ

В.М. Гуренко, А.В. Майер, Е.С. Стешенко

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

Работа основана на полевых и лабораторных исследованиях, выполненных в Волгоградском филиале ВНИИГиМ и фермерском хозяйстве «Садко» Дубовского района Волгоградской области в 2007-2009 гг. и в 2011-2013 гг.

Полевой эксперимент реализован по двухфакторной схеме, включая регулирование водного (фактор А) и пищевого (фактор В) режимов почвы.

По фактору водного режима почвы в опыте были заложены следующие варианты:

А 1 – поддержание порога предполивной влажности почвы на уровне 70% НВ в слое почвы 0,5 м;

А 2 - поддержание порога предполивной влажности почвы на уровне 80% НВ в слое почвы 0,5 м;

А 3 - поддержание порога предполивной влажности почвы на уровне 90% НВ в слое почвы 0,5 м.

На каждом из вариантов по водному режиму почвы исследовалась эффективность внесения 3-х доз минерального питания:

В 1 – внесение минеральных удобрений дозой $N_{100}P_{60}K_0$, рассчитанной на формирование 30 т/га;

В 2 - внесение минеральных удобрений дозой $N_{180}P_{110}K_{20}$, рассчитанной на формирование 50 т/га;

В 3 - внесение минеральных удобрений дозой $N_{260}P_{160}K_{190}$, рассчитанной на формирование 70 т/га.

Дозы удобрений на получение планируемой урожайности рассчитывали по общепринятой методике. При расчете доз удобрений учитывали: планируемую урожайность, позволяющую с учетом химического состава продукции рассчитывать вынос питательных веществ; биологические особенности и химический состав перца, которые обуславливают динамику потребления и вынос элементов минерального питания растениями в расчете на единицу основной продукции; содержание подвижных форм элементов минерального питания в почве, по которому определяли степень ее обеспеченности азотом, фосфором и калием, что необходимо для дифференцирования расчетных доз удобрений. Вынос NO_3 , P_2O_5 и K_2O принимали соответственно равными 2,6; 0,8 и 4 кг на 1 т товарной продукции перца сладкого.

По площади земельного участка опыт был заложен методом организованных повторений. Повторность опытов 4-х кратная в пределах организованного повторения, варианты опыта располагались рендомизировано. Площадь учет-

ных делянок по вариантам опыта составила 150 м², площадь повторения 2250 м². Исследования проводились на посевах сладкого перца сортов: Ред Насера, Юпитер и гибрид Блонди F 1.

Агротехника в опытах разрабатывалась на основе действующих зональных рекомендаций с дополнениями их вариантами изучаемых приемов.

Опытный орошаемый участок, находящийся на территории фермерского хозяйства «Садко» Дубовского района Волгоградской области, расположен в подзоне светло-каштановых почв. По содержанию доступных форм элементов питания почвы характеризуются низкой обеспеченностью азотом, средней – подвижным фосфором и высокой обменным калием. Содержание общего азота составляет 0,11–0,15%, гидролизуемого – 35 мг на 1 кг сухой почвы. Количество общего фосфора достигает 0,08–0,09 %, а доступного – 35 мг на 1 кг почвы, общего калия по Мильвич – 1,45 %, а обменного – свыше 332 мг на 1 кг почвы.

Величина плотности сложения верхнего пахотного слоя колеблется от 1,14 до 1,18 т/м³. В нижележащих горизонтах по мере углубления численные показатели плотности сложения возрастали, достигая на глубине 1,0 м величины 1,33 т/м³. Плотность твердой фазы почвы опытного участка в пределах слоя мощностью 1,0 м изменяется от 2,40 до 2,56 т/м³.

Влажность почвы при наименьшей влагоемкости изменялась от 24,7–26,1% в пахотном слое до 21,4 % от массы сухой почвы на глубине 1,0 м.

Почвы характеризуются низким содержанием гумуса с колебанием в пределах пахотного слоя от 0,98 до 2,30 %.

Реакция почвенной среды близка к нейтральной с тенденцией в сторону увеличения рН с увеличением глубины взятия образцов, рН почвенного раствора изменяется от 6,3 – 6,9 в пахотном слое до 7,4 на глубине 1,0 м.

Обеспеченность почв опытного участка легкогидролизуемым азотом низкая (24-35 мг/кг сухой почвы), а подвижным фосфором (26-32 мг/кг сухой почвы) и обменным калием средняя (299-317 мг/кг сухой почвы), что характерно для среднесуглинистых каштановых почв.

Разработка технологии возделывания перца сладкого при капельном орошении проводилась поэтапно. Использовался ранее накопленный опыт при выращивании рассматриваемой культуры в открытом грунте. Принята наиболее оптимальная схема посадки. Капельные линии на опытном участке расположены через 1,4 метра. Расстояние между растениями в ряду 25 см, посадка рассады в одну строчку. Эта схема позволяет провести укрытие растений с наименьшими затратами, а также создает удобства по дальнейшему уходу за растениями. Облегчается проход техники, уменьшается трудоемкость при прополке. Широкие проходы между рядами облегчают сбор урожая.

Для посева использовали дражированные семена перца Блонди F1.

Для получения сверхраннего урожая перца и его реализации в свежем виде выращивали рассаду полновозрастную 45-50 дней. Наилучшим способом выращивания рассады является кассетный. Для получения такой рассады использовали кассеты с количеством 96 ячеек.

Кассеты заполняли универсальным торфо-цеолитовым субстратом, кото-

рый включает торф, перлит, цеолит. Кассеты заполняли субстратом и проводили увлажняющий полив. Сроки высева семян определялись из сроков высадки рассады в тоннельные укрытия. Подготовленные семена высевали на глубину 1,5-2, см по одному в ячейку, посыпали субстратом и увлажняли. Для поддержания оптимального уровня влажности в период прорастания семян кассеты покрывали полиэтиленовой пленкой. Чтобы избежать вытягивания ростков, сразу после появления одиночных всходов пленку снимали, а субстрат по мере необходимости увлажняли.

Перед посевом семена замачивали при температуре 23-25⁰ С. Для профилактики вирусных болезней, семена перца замачивали на 20 минут в 1%-ном растворе марганцево-кислого калия и после этого на 2 часа в 0,2%-ом растворе Фитолавина-300 уже для профилактики бактериальных заболеваний.

Для лучшего начального роста сеянцев в приготовленную смесь вносили вместе с водой минеральные удобрения. На 10 литров воды брали 10 г аммиачной селитры, 3,6 г сульфата калия, 7,6 г монокалийфосфата. Для стабилизации кислотности добавляли 1,5 мл ортофосфорной кислоты.

При развитии у растений 2-х листьев, рассаду проливали раствором «превикур» 60,7% в.р., добавляя его в питательный раствор, т.е. 12-13 мл на 10 л воды. Это способствует предотвращению поражаемости корневыми гнилями и хорошо стимулирует рост рассады. В период развития 5-ти настоящих листьев рассаду проливали раствором Кондифора 20% в.р.к., добавляя его в питательный раствор из расчета 15 мл на 10 л.

За 10-15 дней до высадки рассаду закаливали, постепенно снижая температуру воздуха до 16-18⁰ С днем и 15⁰ С ночью.

Наиболее оптимальным вариантом в наших опытах оказалось использование 45-50 дневной рассады, выращенной в пластмассовой кассете № 96 с диаметром ячейки 5 см. В этом случае мы формируем высококачественную рассаду перца, которая имеет 8-9 листьев темно-зеленой окраски, стебель толщиной около 0,5-0,7 см и высотой 23-25 см, массой надземной части 8-10 г, корней 1,1-1,5 г.

Рассада прочно держится в кассете при переносе, ее легко извлекать из кассеты, не отмечено повреждения корневой системы, что обеспечивало стопроцентную приживаемость растений, динамичное продолжение роста без потери «забега» в этот период. Использование рассады ускоряло вступление растений в плодоношение на 14-15 дней.

В комплексе агротехнических мероприятий, направленных на создание оптимальных условий для выращивания перца в условиях капельного орошения, важнейшим звеном является система обработки почвы, состоящей из основной осенней и предпосадочной весенней.

Способ подготовки почвы опытного участка зависел от предшественника и степени засорения площади поля. Учитывая, что поле было засорено однолетними сорняками, проводили лущение на глубину 6-8 см.

Вспашку проводили на глубину 27-30 см ярусным прицепным плугом ПЯ-3-35. Под зяблевую вспашку вносили минеральные удобрения локально. До

зимы проводили 1-2 культивации на глубину 8-10 см. Гербициды не применяли.

Предпосадочная обработка почвы была направлена на создание условий интенсивного развития растений, борьбу с сорняками и сохранение влаги. Рано весной для закрытия влаги проводили боронование. От ранневесеннего боронования до высадки рассады в зависимости от засоренности и уплотнения почвы проводили одну сплошную культивацию культиватором КПС-4 с одновременным боронованием на глубину 10-12 см.

Нарезку гряд под установку дуг и высадку рассады перца проводили фрезой-грядоделом «AFSUPER 140 S». Лезвия переднего ротора фрезы иссекают почву и проникают в глубину, не изменяя натуральную структуру почвы и не образуя уплотнения под взрыхленным слоем. Ротор, находящийся в задней части фрезы, снабжен маленькими зубчиками и вращается в противоположную сторону. Благодаря высокой скорости он измельчает поверхностные комья, направляя самые большие комья на передний ротор. Таким образом, осуществляется выравнивание поверхности с легким уплотнением. Благодаря этой операции мы отлично подготавливали поверхность почвы для высадки рассады перца.

Определяющим критерием для высадки рассады служит утренняя температура почвы на глубине 8-10 см, которая должна быть не ниже 14⁰С. Установлено, что для региона исследований в тоннельных укрытиях такие условия обеспечиваются в период с 10 по 25 апреля.

При устройстве тоннельных укрытий были определены следующие оптимальные параметры: высота тоннелей 0,7 м, ширина 0,5 м, длина произвольная, каркас – из проволоки толщиной 6 мм, длина дуг из расчета превышения ширины полотна пленки на 0,5 -0,6 м, расстановка дуг – через 1,5-2,0 м.

Для орошения использовали систему капельного орошения «НЕТАФИМ» с интегрированными капельницами полукомпенсированного типа с расходом воды 1,7 л/с и установленными через 0,4 м. Раскладку капельных линий проводили до высадки рассады. Сразу после высадки рассады проводили полив до полного промокания контура увлажнения.

После 15-20 мая, когда исчезает угроза заморозков, пленочное покрытие снимали. Очень важно в этот момент адаптировать растения к уже сухому воздуху с достаточно высокими дневными температурами. Для этого в тоннелях проделывали отверстия диаметром 4-6 см по 2-3 шт. на каждое растение. На 2-й день площадь этих отверстий увеличивали в 2 раза. Вечером третьего дня пленочное покрытие снимали окончательно, а дуги выдергивали. После этого проводили культивацию с окучиванием. Затем незамедлительно проводили профилактическое опрыскивание от болезней и вредителей. В дальнейшем повторные профилактические опрыскивания проводили через каждые 10 дней.

Против бактериальных болезней проводилась 2-х кратная обработка «Фитолавином». Первая сразу после снятия пленки, вторая через 15 дней после первой. Против грибковых болезней, до массового цветения, обработка ведется «Оксихоном», а затем системным препаратом «Радомил Голд» 2,5 л/га.

В качестве инсектицидов для борьбы с комплексом вредителей использовали препараты системного действия (Актара 25% в.г. – 0,1 кг/га, Кондифор 20% в.р.к. – 0,5 л/га) и для профилактики против распространения клеща и уничтожения тли, белокрылки, трипсов применяли препарат «Атлетик» 50%к.э. – 1,5 л/га.

Уход за посадками перца в течение вегетации состоял в обработке междурядий проведением культиваций. При разрастании кроны междурядные обработки осуществляли культиватором, оборудованным лапками с удлиненными лезвиями, типа плоскорезов. Плоскорезами обрабатывали почву непосредственно под листовостебельной массой растений. Оптимальная глубина обработки 6-8 см. Присыпание поливных шлангов слоем почвы при междурядных обработках не сказывалось на качестве работы поливной системы, а размещение растений по сторонам шлангов при посадке облегчало их уборку в конце сезона.

УДК 631.529:631.445.52

КОМПЛЕКСНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ – ВАЖНЫЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АПК РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

Э.Б. Дедова

Калмыцкий филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н.Костякова», г.Элиста, Россия

Современное развитие экономики нашей страны направлено на восстановление и расширение отечественного производства. Республика Калмыкия, являющаяся одним из субъектов Южного Федерального округа РФ, имеет ярко выраженную аграрную направленность экономики. Природные условия, связанные с размещением основной части территории в пределах Прикаспийской низменности и наличием огромных площадей (около 5 млн.га) естественных кормовых угодий – пастбищ, исторически предопределили развитие мясного животноводства (скотоводства и овцеводства). Наш регион государством определен как один из форпостов создания мясного пояса страны.

В последний период агропромышленный комплекс республики находится на подъеме. За 2006-2011 годы среднегодовой темп прироста продукции сельского хозяйства составил 6,8%, а валовой ее объем увеличился в 2,1 раза. поголовье крупного скота возросло почти на 85% и составляет на данный момент около 600 тыс.голов, овец и коз – около 2,5 млн. голов (прирост на 97%) и лошадей – свыше 20 тыс.голов.

Многолетняя практика показала, что устойчивое функционирование всех отраслей народного хозяйства и создание нормальных условий жизни населения Калмыкии обеспечивается только при мелиорации земель.

Аридность климата и дефицит местных водных ресурсов создают трудности для земледельческой и растениеводческой отраслей хозяйствования. Основной объем местного поверхностного стока, используемого на нужды республики, формируется на восточном склоне Ергенинской возвышенности, где

расположено около 40 малых рек и балок с площадью водосбора от 30 до 780 км² и длиной 20...60 км. Реки и балки не составляют единого бассейна. Они раздельно впадают либо в Сарпинские озера и лиманы, либо вообще теряются на прилегающей низменности (что наиболее характерно для юго-восточных балок). Среднемноголетний слой поверхностного стока колеблется от 8 до 30 мм/год (объем до 150 млн. м³), с основным сроком прохождения - ранней весной и по годам существенно варьирует. При обеспеченности 5% он составляет 438 млн. м³; 25% - 215 млн. м³; 75% - 51 млн. м³; 85% - 38 млн. м³; 95% - 12 млн. м³. Паводковый поверхностный сток с восточного склона Ергеней аккумулируется в прудах-водохранилищах (общее количество которых около 400 при полезном объеме 140...150 млн. м³). Однако следует отметить, что большинство водоемов построено без учета возможности их комплексного использования и более 70% от их общего количества не имеют водосбросных сооружений, охранных и санитарных зон. Качество воды не всегда отвечает необходимым требованиям, да и общего ее количества недостаточно для удовлетворения всех нужд народного хозяйства республики. На западном склоне Ергеней расположено 6 рек и балок, в т.ч. верховья рек Россошь, Аксай Курмоярский и Сал, площадь водосбора – более 3 тыс. км². Поверхностный сток почти полностью уходит за пределы республики. Реки и балки юго-западного склона Ергеней и северного склона Ставропольской возвышенности с общей площадью водосбора в пределах республики около 5 тыс. км² весь свой сток сбрасывают в большой водоприемник – озеро Маныч - Гудило, расположенное в Кумо-Манычской впадине в русле реки Маныч и соединенное с другим крупным водоемом - Пролетарским водохранилищем, расположенным на территории Ростовской области, а также в другие озёра и лиманы. В целом же, в связи с ограниченностью местных водных ресурсов хорошего качества для обеспечения нужд различных отраслей народного хозяйства Республики Калмыкия, основные объемы воды поступают из-за ее пределов [1,6,7].

В этих целях на территории республики построены и функционируют пять крупных оросительно-обводнительных систем (Сарпинская, Калмыцко-Астра-ханская, Черноземельская, Право-Егорлыкская, Каспийская) с подачей воды из сопредельных бассейнов рек Волга, Кубань, Терек и Кума (общий ежегодный объем около 800 млн.м³).

Общая площадь мелиорированных земель составляет 90,3 тыс. га, в том числе 53,1 тыс. га регулярного орошения и 37,2 тыс. га лиманного орошения. Кроме того, из межхозяйственной оросительной сети обводняется 1 167,2 тыс. га пастбищных угодий. Однако, в силу сложившихся причин экологического, технического и экономического характера, в настоящий период эксплуатируется всего 44 тыс.га, из них 27 тыс.га лиманов [5,6]. Продуктивность мелиорированных земель очень низка, о чем свидетельствуют данные динамике урожайности основных сельскохозяйственных культур (табл. 1). С них получают всего 25...33 тыс. т зерна, 38...42 тыс.т кормов и 25...30 тыс.т овощебахчевых культур. В то время как ежегодная потребность в грубых кормах составляет около 800 тыс. тонн.

В целях модернизации и интенсификации аграрного сектора экономики по заказу и под руководством Министерства сельского хозяйства РК учеными-аграрниками были разработаны сначала «Концепция сельскохозяйственных земель Республики Калмыкии на период до 2020 года» (утверждена постановлением Правительства РК № 210-Р от 2 августа 2011 г.), а затем Республиканская целевая программа «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель Республики Калмыкия на период до 2020 года» (утверждена постановлением Правительства РК № 320 от 16 сентября 2011 г.)

Реализация Программы мелиорации позволит увеличить площадь используемых орошаемых земель к 2020 г. в 2,3 раза, довести её до 106,6 тыс. га (табл. 2) и повысить валовый сбор кормов до 300 тыс. тонн, зерна риса – до 25 тыс. тонн, овощей – до 234 тыс. тонн и бахчевых – до 350 тыс. тонн. Прибыль от продажи продукции превысит 2,0 млрд.руб.

Таблица 1 – Динамика урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Калмыки, т/га

Годы	Зерновые, всего	в т.ч. рис	Однолетние травы (сено)	Многолетние травы (сено)	Овощи	Бахчи	Естественные травы лиманов (сено)
1971	9,71	4,13	1,08	1,80	7,40	9,50	2,44
1976	3,00	3,22	1,93	3,08	9,60	6,10	2,20
1980	3,11	3,76	4,52	5,25	14,70	6,10	1,53
1986	2,67	3,59	3,09	7,92	2,50	-	1,41
1991	2,15	3,47	4,99	6,08	2,50	9,50	1,40
1996	1,23	1,08	2,84	2,37	4,70	-	1,85
1999	2,41	2,55	1,77	2,41	4,90	4,10	0,75
2000	1,54	2,36	2,23	3,19	5,50	3,71	1,80
2002	2,18	2,80	1,70	5,00	6,50	6,80	1,45
2009	2,96	4,00	3,47	4,26	12,80	13,70	1,26
2010	2,72	3,60	3,20	4,50	7,89	13,12	1,12
2011	2,88	3,80	4,58	4,80	13,06	7,29	1,53
2012	2,21	4,10	3,38	4,70	16,96	6,02	1,36
2013	2,89	3,42	3,50	4,62	15,53	11,27	1,36

В последнее время, как показывает практика, сильно обострилась проблема, связанная с экологической устойчивостью природных систем, в частности, агроландшафтов. Для того, чтобы сознательно противостоять нарастающей тенденции снижения экологической устойчивости агроландшафтов, а, следовательно, и продуктивности сельскохозяйственных угодий, необходима разработка наукоемких технологических процессов, обеспечивающих воспроизводство природных ресурсов и достижение экологически обоснованной продуктивности сельхозугодий.

Для эффективного использования орошаемых земель в полупустынной и пустынной зонах республики необходимо совершенствование всей системы ве-

дения орошаемого земледелия. В первую очередь надо пересмотреть структуру посевных площадей с внедрением малоэнергоемких экологически безопасных способов полива и технологий возделывания культур, осуществить строительство и реконструкцию дренажа.

Таблица 2 - Структура площадей сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Калмыкии, тыс.га

Сельскохозяйственные культуры	2013 год			2020 год		
	общая площадь орошаемых земель	в том числе:		общая площадь орошаемых земель	в том числе:	
		регулярное орошение	лиманное орошение		регулярное орошение	лиманное орошение
Кормовые	30,5	3,5	27,0	76,1	20,0	
Зерновые яровые и зернобобовые	6,0	6,0	-	8,0	8,0	
Рис	5,0	5,0	-	6,1	6,1	
Овощи	0,9	0,9	-	5,2	5,2	
Бахчевые	1,2	1,2	-	7,0	7,0	
Прочие	0,4	0,4	-	4,2	4,2	
Итого	44,0	17,0	27,0	106,6	50,5	

Во всех зонах республики оросительные мелиорации являются наиболее действенным фактором, влияющим на урожайность, эффективное плодородие почв и культур, а в полупустынной и пустынной - единственным гарантированным средством устойчивости сельскохозяйственного производства. Однако, в силу ряда причин, как объективных (дефицит поливной воды хорошего качества; ограниченность земельных ресурсов, орошение которых не вызовет негативных последствий и др.), так и субъективных (несоблюдение научно обоснованных рекомендаций при эксплуатации оросительных систем - завышение оросительных норм и доз удобрений; применение технологий орошения, не соответствующих почвенно-мелиоративным условиям и т.п.), орошаемое земледелие часто приводит к дестабилизации экологической обстановки на ООС и прилегающих к ним территориях.

Для успешного ведения земледелия на регулярно орошаемых землях всех категорий необходимо разработать адаптивные системы земледелия на основе комплексных мелиораций, которые обеспечат, наряду с получением планируемых урожаев, сохранение и повышение плодородия почв, высокую устойчивость агробиоценозов и стабильно благоприятную экологическую обстановку в агроландшафтах.

Адаптивно-ландшафтные системы (АЛС) обеспечивают такую организацию землепользования, которая органично вписывается в природные ландшафты, не ухудшает, а по возможности и улучшает их, обеспечивая сбережение ресурсов на основе оптимального сочетания основных угодий - пашни, лугов, пастбищ, леса, зеркала вод и применяемых технологий в многоукладном хозяйст-

ве (от малых крестьянских ферм до крупных агрофирм и кооперативов). Комплексная мелиорация всех угодий, включающая в себя (по необходимости) орошение, промывки, дренаж, агролесомелиорацию, противоэрозионные мероприятия, агрохимическое окультуривание полей, мелиорацию солонцов и другие приемы по рациональному использованию земель, выступает в качестве “технологической” начинки ландшафтного землеустройства и землепользования [1,8,9].

Анализ и системное обобщение работ [3,4,10,11,12,14] позволило выполнить районирование территории Калмыкии по величине энергопотенциала, рассчитанного в ГДж/га, необходимого для ликвидации и предупреждения деграционных процессов (рис. 1).

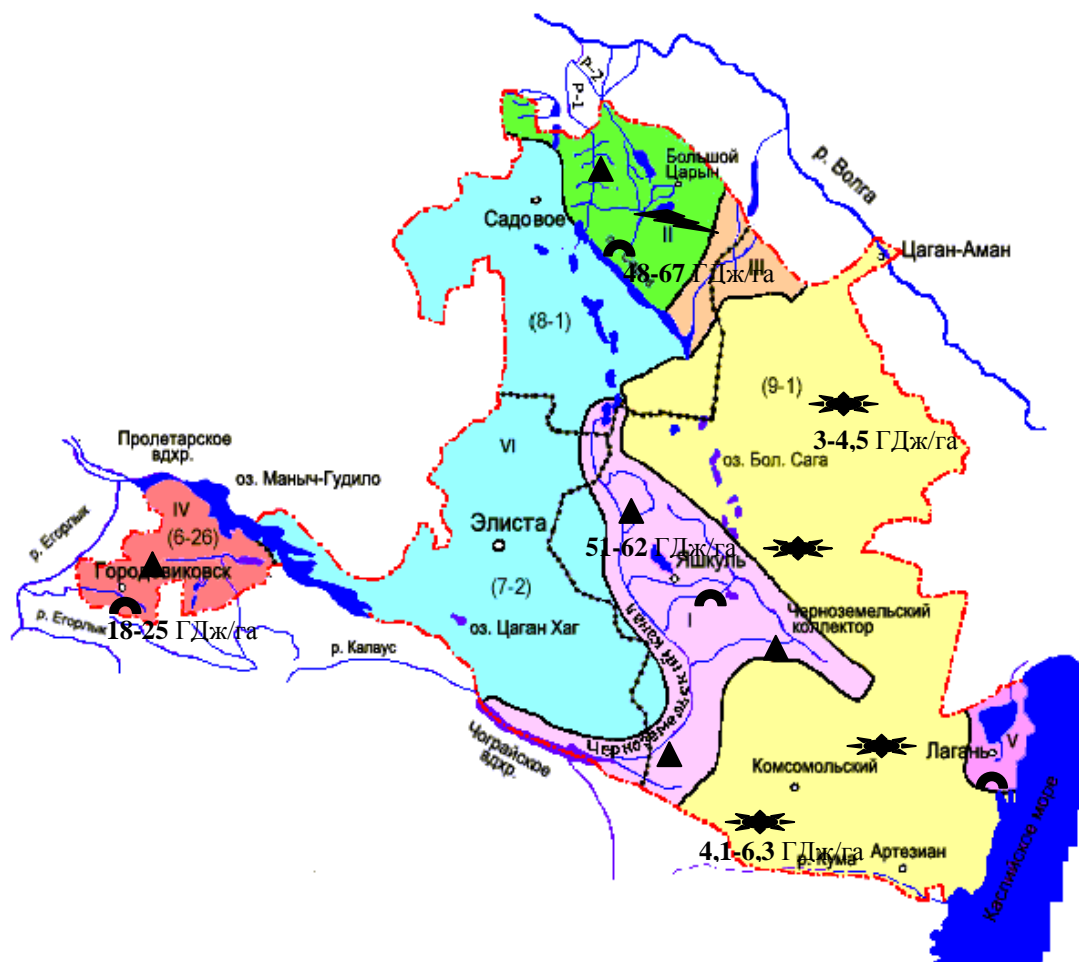
Оценка энергопотенциала выполнялась на основании анализа результатов экспериментальных исследований по влиянию комплекса мелиоративных мероприятий, включающего фитомелиорацию, по его воздействию на биоэнергопроизводительность мелиорирующей агроэкосистемы, что явилось основой для разработки технологий восстановления природно-ресурсного потенциала. Показано, что методы фитомелиорации позволяют улучшить агрохимические, агрофизические, агрогидрологические свойства почвы, а также обеспечивают сохранение и повышение их плодородия, что ведет к формированию устойчивого высокопродуктивного агроландшафта.

Выполнена классификация фитомелиорантов, используемых для повышения природно-ресурсного потенциала, в зависимости от вида деградации сельскохозяйственных угодий и с учетом их отношения к экологическим факторам внешней среды (рис.2).

Установлено, что в качестве фитомелиорантов для улучшения деградированных пастбищных фитоценозов целесообразно использовать интродуцированные виды из местной дикорастущей флоры, такие как прутняк, житняки, камфоросма, терескен, волоснец, пырей и другие, адаптированные к аридным условиям.

Для фитомелиорации вторично засоленных земель выбраны нетрадиционные для условий Калмыкии сельскохозяйственные культуры-освоители (топинамбур, амарант, мальва, пажитник и другие), способные формировать высокие урожаи в условиях атмосферной засухи и гидроморфного водного режима.

Для улучшения мелиоративного состояния и повышения плодородия рисовых полей были выбраны культуры-мелиоранты - люцерна посевная, горчица сарептская, яровой рапс, подсолнечник, которые рационально используют остаточные после риса запасы влаги для формирования урожая, обогащают почву органическим веществом за счет дополнительного поступления в почву растительных остатков, повышают ее биологическую активность, улучшают фитосанитарное состояние полей, оказывают положительное влияние на рост, развитие и урожайность основной культуры севооборота – риса, снижают его засоленность и поражение растений вредителями и болезнями.



Условные обозначения:

обводнительно-оросительные системы: I - Черноземельская; II - Сарпинская; III -Калмыцко-Астраханская; IV - Право-Егорлыкская; V - Каспийская; VI - местный сток;

Природно-сельскохозяйственные зоны – степная, полупустынная, сухостепная, пустынная

- | | | | |
|---|--------------------------------------|-------|--|
| — | - границы республики; | ○ | - населённые пункты; |
| — | - оросительные обводнительные каналы | — | - границы ООС; |
| — | - природные лиманы и озера | ●●●●● | - границы природно-сельскохозяйственных зон; |

- | | | | | | |
|---|---------------------------|---|----------------|---|------------------|
| ▲ | - историческое засоление; | ◐ | - подтопление; | → | - заболачивание; |
|---|---------------------------|---|----------------|---|------------------|

Рисунок 1 - Карта-схема районирования энергопотенциала (ГДж/га), необходимого для ликвидации и предупреждения деградационных процессов на территории Калмыкии

Формирование мелиоративного режима осуществляется на основе анализа природных условий и прогноза их изменения в результате антропогенного воздействия. Мелиоративный режим - это совокупность требований к регулируемым факторам почвообразования, обеспечивающим коренное улучшение и дальнейшее повышение плодородия почв, и получение заданного урожая определенных сельскохозяйственных культур.



Рисунок 2 - Классификация фитомелиорантов различных экологических групп, используемых для повышения природно-ресурсного потенциала в зависимости от вида деградации сельскохозяйственных угодий

Мелиоративный режим может быть благоприятным, когда в результате правильного орошения и выполнения всех мероприятий, входящих в систему земледелия, наблюдается рост плодородия почвы, и неблагоприятным – при ее засолении, осолонцевании и заболачивании. Одним из основных показателей мелиоративного режима в различных природно-климатических зонах является уровень грунтовых вод и связанные с ним интенсивность и направленность влаго-, соле-, теплопереноса. С этой целью при оценке состояния мелиоративного режима особое значение имеют многолетние режимные наблюдения за почвенно-мелиоративным состоянием орошаемых земель на оросительных системах Калмыкии [2,6,13,15]. Они позволяют выявить активность солевого обмена между зоной аэрации и зоной насыщения, установить закономерности формирования состава и минерализации грунтовых вод в зависимости от почвенного покрова, определить мощность и гидрохимическую структуру насыщения, и ряд других параметров, необходимых для оценки и выбора как гидротехнических мероприятий, обеспечивающих оптимизацию водно-солевых режимов почв и грунтовых вод, так и агротехнических, направленных на создание высокого плодородия орошаемых почв, а также экологических, обеспечивающих функционирование природных систем биосферы без отрицательных последствий (табл.3).

Таблица 3 - Значения основных показателей мелиоративного режима орошаемых почв по природным зонам Калмыкии

Показатели мелиоративного режима	Природно-сельскохозяйственные зоны			
	полупустынная		пустынная	
	светло- каштановые солонцеватые, бурые- полупустынные среднесуглинистые солонцеватые	бурые- полупустынные тяжелосуглинистые, их комплексы с солонцами пустынными	бурые- полупустынные среднесуглинистые, их комплексы с солонцами пустынными	бурые- полупустынные легкосуглинистые и супесчаные
Водный режим: пределы регулирования влажности корнеобитаемого слоя, в долях от НВ пределы регулирования уровня грунтовых вод интенсивность промывного режима почв	0,75...0,80 >3 ≤(0,1...0,15) E	0,75...0,90 >3 ≤(0,1...0,20) E	0,75...0,90 >2 ≤(0,1...0,20) E	0,70...0,90 >1 ≤(0,1...0,20) E
Солевой режим: рН содержание легкорастворимых солей (0-40 см), % емкость поглощения, мг-экв./100г почвы в ППК, % Na - в растворе Na/√Ca; - Na/√Mg; минерализация поливной воды, г/л	7,0...8,0 0,2...0,4 10...15 <5 ≤1,0 (1,5) ≤01,0 (1,8) 0,3...0,7 (4...6)	7,5...8,2 0,4...0,6 10...15 5...10 <1,0 ≤1,0 0,5...1,8 (3...5)	7,5...8,2 0,4...0,6 18...24 5...10 1,2...1,5 1,5...2,0 1,2...2,0	7,5...8,2 0,4...0,8 8...18 <10 1,2...1,5 1,5...2,0 1,2...2,0
Пищевой режим: содержание гумуса, % P ₂ O ₅ , мг-экв./100г почвы K ₂ O, мг-экв./100г почвы	2...3 4...6 20...40	1,8...2,5 2...5 20...60	1,8...2,5 2...5 40...70	1,5...2,5 2...3 25...30
Воздушный режим: пористость, %	44...48	44...48	42...46	42...46
Тепловой режим: температура почвы в период вегетации, °С	20...30	20...30	25...30 (40)	>30 (40)

Таблица 4 - Технологические параметры возделывания сельскохозяйственных культур на орошении в РК

Перечень с.-х. культур	Суммарное водопотребление	Схема посева (посадки)	Междурядное расстояние, м	Допустимая продолжительность за-топления, сут.	Требуемая глубина увлажнения почвы, м	Продолжительность полив-ного периода (начало-окончание)	Нормы поливов, тыс.м ³ /га		Количество поливов	Оросительная норма, тыс.м ³ /га	Биологическая урожайность, т/га
							Влагозарядковых	Вегетационных			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зерновые и зернобобовые											
Яровая пшеница	4,5-5,5	-//-	-//-	-//-	0,4-0,8	10.5-10.07	0,7-1,0	0,5-0,8	5-6	3,8-4,2	8
Рис	10,0-13,0	-//-	-//-	100-120	0,4-0,8	1.05-20.08	-	-		10,0-17,0	10
Кукуруза	4,5-6,0	пунктирный	0,6-0,7	≤ 3,5	0,4-0,8	25.05-20.08	1,0-1,5	0,4-0,8	6-7	4,0-5,4	15
Кормовые											
Люцерна	7,5-8,5	рядовой и широко-ряд	0,15 0,7	≤ 3 ≤ 3	0,6-1,2	13.05-20.09	1,0-1,5	0,5-0,9	8-10	5,3-7,0	25 (сено)
Суданка	4,8-6,0	рядовой	0,15	≤ 2	0,6-0,7	13.05-5.09	1,0-1,2	0,5-0,7	7-9	4,5-5,7	20
Кукуруза	5,4-7,4	пунктирный широко-ряд	0,45 0,6-0,7	≤ 3,5	0,5-0,8	25.05-25.07	0,8-1,2	0,5-0,8	6-7	4,2-5,0	150 (сено)
Технические											
Подсол-неч-ник	4,5-5,5	пунктирный	0,7	≤ 2	0,5-0,8	17.05-5.08	0,8-2,2	0,4-0,8	7-8	4,2-5,0	100
Картофель	4,0-6,0	широкоряд	0,6*0,25 0,7*0,25	≤ 2	0,3-0,7	20.05-31.08	0,8-1,0	0,4-0,6	5-6	3,8-4,3	30
Овощебахчевые											
Томаты	5,5-7,4	квадр.-гнездовой	0,7*0,7 0,9*0,5	≤ 1	0,3-0,7	10.05-25.08	0,8-1,0	0,2-0,6	8-12	4,5-5,5	80
Лук	3,0-4,5	-//-	0,6-0,7	-//-	0,2-0,6	15.05-30.07	-//-	0,4-0,5	8-9	3,5-3,8	55
Арбузы	4,2-6,5	широкоряд-ный	1,8-2,0 1,4-1,1	≤ 1	0,5-0,6	25.05-20.08	1,0-1,2	0,3-0,6	9-11	5,0-6,0	100

Для повышения продуктивности мелиорируемых агроландшафтов и их экологически безопасного функционирования, учеными республики разработаны адаптивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, позволяющие получать до 20,0 т/га сена многолетних и до 18 т/га сена однолетних трав, а также овощебахчевых культур на уровне 50...80 т/га (табл. 4). Одним из основных направлений, помимо развития гидромелиорации и орошаемого земледелия, является увеличение природно-ресурсного потенциала сельскохозяйственных угодий за счет фитомелиорации опустыненных земель. К 2020 году намечено провести соответствующие мероприятия на площади 25 тыс.га.

Таким образом, опыт мелиорации земель в Калмыкии показал, что для повышения природно-ресурсного потенциала сельскохозяйственных земель перспективным направлением является применение комплексных мелиораций на основе фитомелиоративного подхода. Предложенные комплексы мелиоративных мероприятий дифференцированы для различных видов земель сельскохозяйственного использования.

Они обеспечивают создание оптимальных условий для повышения природно-ресурсного потенциала аридных экосистем и направлены на предупреждение опустынивания территорий, нивелирование комплексности почвенного покрова, снижение природной и антропогенной засоленности, солонцеватости и риска развития других негативных процессов. Для их практической реализации представлена классификация фитомелиорантов различных экологических групп, основанная на использовании закономерностей адаптивной стратегии продукционного потенциала, естественной средообразующей и средооптимизирующей функции растений. Разработаны и внедрены адаптивные ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии возделывания сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях.

Список использованных источников

1. Борликов Г.М., Лачко О.А., Бакинова Т.И. Экология. Природопользование аридных территорий // Ростов-на-Дону, 2000. – 84 с.
2. Борликов Г.М., Оконов М.М., Чимидов П.П. Эколого-мелиоративные проблемы использования орошаемых земель в республике Калмыкия // Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России. Сб. науч. трудов. М. 2005 г. С 199-203.
3. Бакинова Т.И., Оконов, М.М. Пастбищные ресурсы аридных территорий: оценка состояния и использования – Элиста: изд-во Калм. ун-та, 2013 – 146 с.
4. Бегучев П.П. Естественная и искусственная растительность как средство биологической мелиорации солонцов на пастбищах и сенокосах// Мат. Международного Конгресса полуговодству.- М., 1974. - С. 20.
5. Дедова Э.Б. Состояние и проблемы мелиоративного комплекса Республики Калмыкия //Инновационные технологии в мелиорации. Мат-лы междунар.науч-пр. конф. (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2011. - С. 46-51.
6. Дедова Э.Б., Бородычев В.В., Шуравилин А.В. Хозяйственно-мелиоративная оценка оросительных систем Республики Калмыкия //Мелиорация и водное хозяйство - 2011.- №4.- С. 11-13.
7. Демкин О.В., Адьяев С.Б., Дедова Э.Б., Сазанов М.А. Комплексное использование

водных ресурсов Республики Калмыкия// Монография - Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар», 2006.- 200с.

8. Каштанов А.Н. Концепция ландшафтной контурно-мелиоративной системы земледелия// Земледелие. М., 1992, № 4, С. 2-4.

9. Кизяев, Б.М., Кирейчева, Л.В., Руднева, Л.В. Режимы комплексных мелиораций земель // Рекомендации Москва, РАСХН, 2000 г.- 63 с.

10. Ковда В.А. Проблемы с опустыниванием и засолением орошаемых почв / М.: 1984. – 301с.

11. Кулик К.Н., Петров, В.И. Древние очаги дефляции на Черных землях и возможности их фитомелиорации // Аридные экосистемы, 1999, - Т.5, - №10. - С. 57-64.

12. Лачко О. А. Фитоэкологические концепции и принципы в системе действий по борьбе с опустыниванием // Аридные экосистемы, 1995. - Т.1, - №1, - С. 16-21.

13. Руднева Л.В. Пути повышения эффективности и экологической безопасности орошения в Калмыкии // Мелиорация и водное хозяйство. – М. – 2000 - №4 – С. 40-42.

14. Шамсутдинов З.Ш. Учение о биосфере и биологическая мелиорация экологически дестабилизированных агроландшафтов// Материалы 7 науч-практ. конф. – Симферополь, 1998. С. 470-475.

15. Шматкин В.Ф. Состояние комплексных мелиораций на территории Калмыкии // Проблемы рационального природопользования аридных зон Евразии/ М.: Изд-во Моск. унив-та, 2000. С.166-169.

УДК 631.674:635.21

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ЮГЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

¹И.В. Дергачева¹, А.А. Новиков¹, В.В. Бородычев², В.М. Гуренко²

¹ФГНБУ "ВНИИОЗ", г. Волгоград, Россия;

²Волгоградский филиал ФГНБУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Волгоград, Россия

Анализ современного состояния отрасли картофелеводства показывает, что к числу наиболее актуальных задач повышения эффективности производства относятся: подъем урожайности, улучшение семеноводства, использование новых перспективных пластических сортов, адаптивных к условиям возделывания, совершенствование зональных технологий, обработка посадок высокоэффективными препаратами для защиты от сорняков, болезней и вредителей. Необходимость ежегодного завоза семян картофеля ставит товаропроизводителей, в том числе и фермерские хозяйства, в экономическую и агротехническую зависимость. Нередко семена дорогие, не всегда желаемого ассортимента, низкого качества, поставляются позже оптимальных для региона сроков посадки. В целях снижения затрат производители должны использовать летние посадки не только в семеноводческих целях, но и при производстве продовольственного картофеля для зимне-весеннего потребления.

Благодаря длительному безморозному периоду, характерному для южных регионов, можно регулируя сроки посадки, найти условия, адаптивные для вегетации картофеля во второй половине лета и начале осени. В этом интервале времени ранние и средне-раннеспелые сорта реализуют сортовой потенциал

продуктивности, а полученные с урожаем клубни хорошо хранятся и при использовании в качестве семян не несут признаков южного вырождения. В Волгоградской области картофель выращивают на площади 1152 га в 13 районах. Средняя урожайность по области в 2013 году составила 30,4 т/га. Большую площадь занимает Городищенский район – 594 га.

Цель исследований – совершенствование агротехнических приемов возделывания картофеля летних посадок для получения высококачественного посадочного материала 20 – 25 т/га при эффективном использовании водных ресурсов.

Исследования проводили при орошении посадок картофеля капельным способом. В 2006-2013 годах в многофакторных опытах на землях Городищенского и Дубовского районов Волгоградской области при капельном орошении изучали влияние сроков посадки (фактор А), густоты посадки (фактора В) и условий водного питания (фактора С) на динамику роста, развития и формирования клубней картофеля сортов Ароза (Городищенский район) и Розара, Невский (Дубовский район).

Изучение сроков посадки клубней картофеля (фактор А) включало 4 варианта и проводилось по следующей схеме: вариант А1 – посадка клубней 1 июня; вариант А2 – посадка клубней 10 июня; вариант А3 – посадка клубней 20 июня; вариант А4 – посадка клубней 1 июля.

Схема опытов по изучению густоты посадки картофеля (фактор В) включает варианты: вариант В1 – норма посадки 50 000 шт./га; вариант В2 – норма посадки 60 000 шт./га.

Схема опытов по уровню водного питания (фактор С) предусматривала 3 варианта: С1 – поддержание постоянного порога предполивной влажности почвы на уровне 70% НВ в течение вегетационного периода; С2 – поддержание постоянного порога предполивной влажности почвы на уровне 80% НВ в течение вегетационного периода; С3 – поддержание постоянного порога предполивной влажности почвы на уровне 90% НВ в течение вегетационного периода.

Влажность почвы в опытах поддерживали в расчетном слое почвы 0,3 м до фазы бутонизации, далее в слое почвы 0,6 м при орошении капельным способом.

На всех вариантах опыта рельеф, почвенные, гидрологические условия были идентичными. Требования репрезентативности, однородности почвенного покрова были соблюдены в соответствии с существующими методиками. Для исключения влияния почвенных разностей опыты закладывались в трехкратной повторности (рис. 1).

Общая площадь каждого опытного участка 2 га, учетная площадь единичных делянок 138 м². Форма и направление делянок, а также размеры защитных полос принимались в соответствии с требованиями общепринятых методик.

Режим орошения определялся в первую очередь складывающимися погодными условиями в период вегетации. В очень засушливом 2006 году было проведено на 2...4 поливов больше, чем в 2007 году. Кроме этого существенное

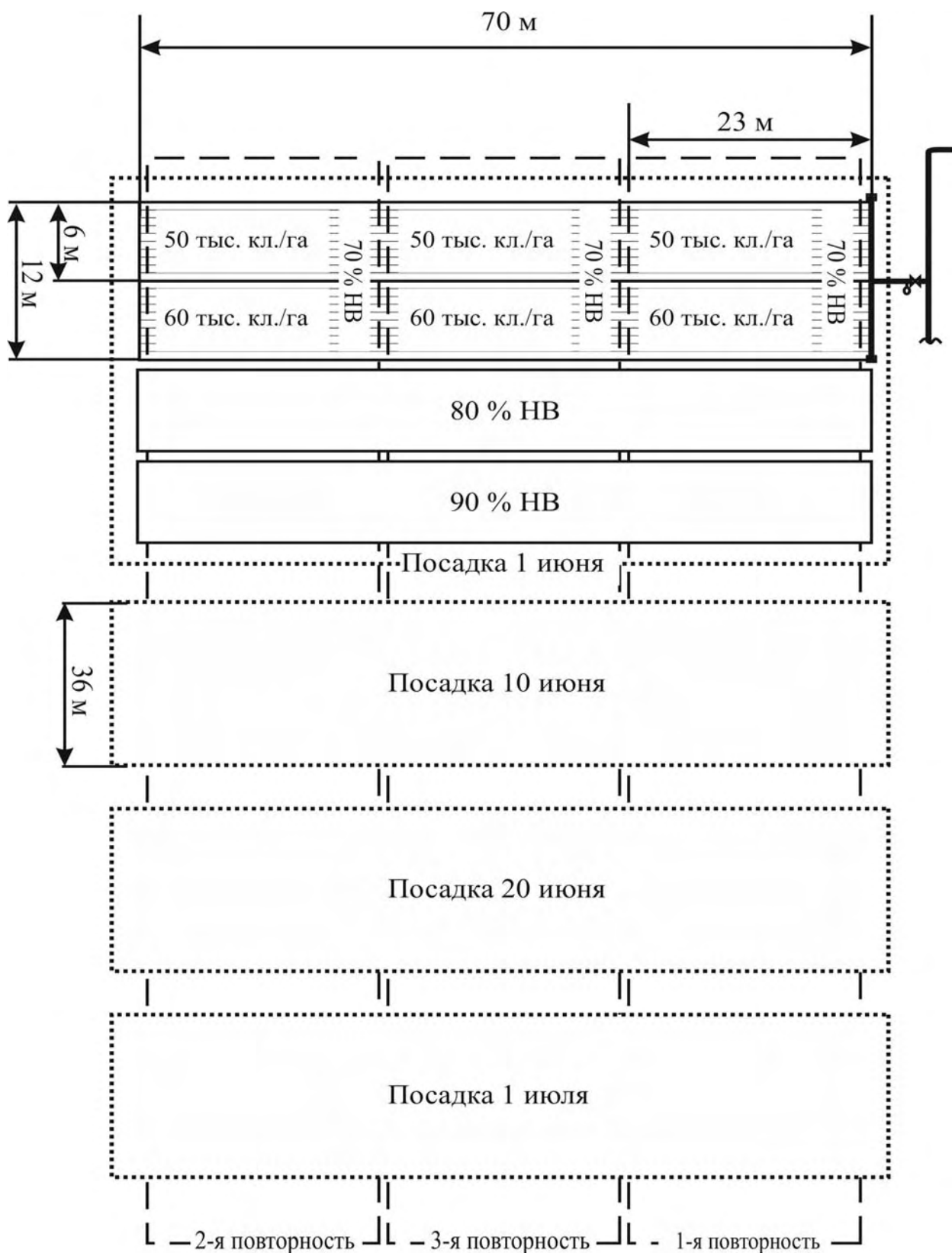


Рисунок 1 - Схема опыта на посадках картофеля сорта Ароза

влияние на поливной режим оказывал допустимый уровень снижения влажности почвы по фазам вегетации. В варианте с предполивным порогом влажности 90 % НВ и дифференцированной по фазам развития растений глубиной увлажнения проводилось в среднем на 15...20 поливов больше, чем при поддержании

более умеренного режима 70%, 80% НВ. Поливные нормы в зависимости от глубины увлажнения составляли 70 и 140 м³/га. Следовательно, с повышением уровня предполивной влажности почвы интенсивность проведения поливов возрастает, а продолжительность межполивных периодов сокращается.

Наибольшее количество влаги картофель потребляет на варианте, где порог предполивной влажности почвы в течение всего периода вегетации поддерживался на уровне 90 % НВ, а глубина промачиваемого слоя почвы дифференцировалась по фазам роста и развития растений от 0,3 до 0,6 м, и сроков посадки: 1, 10, 20 июня и 1 июля. Суммарное водопотребление в среднем за годы исследований в этом варианте опыта составило 3360...3447 м³/га. Поддержание порога предполивной влажности почвы 80 % НВ в слое 0,6 м на протяжении всего вегетационного периода картофеля сопровождалось снижением величины суммарного водопотребления до 3067...3227 м³/га. Таким образом, дифференцирование мощности активного слоя почвы в течение вегетационного периода увеличивает объем потребляемой посадками картофеля воды в среднем на 85...122 м³/га.

При поддержании более умеренного в нашем опыте режима орошения с предполивным порогом влажности 70 % НВ отмечен самый низкий из рассматриваемых вариантов общий расход влаги растениями. В среднем значения суммарного водопотребления посадками картофеля составили 2580...2977 м³/га.

Существенное влияние на величину суммарного водопотребления картофеля в опыте оказали сроки посадки клубней. Так, при посадке 1 июня суммарное водопотребление в среднем за три года составило 2580 м³/га при уровне предполивной влажности 70 %, а при посадке 1 июля - 2977 м³/га.

Наименьшие значения среднесуточного водопотребления – в среднем по годам проведения исследований 33,9...39,0 м³/га – были отмечены на варианте, где предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 70 % НВ в слое 0,6 м при посадке картофеля 1 июня. На вариантах, где водный режим почвы 80% НВ, суточный расход влаги картофеля возрастал до 37,1...39,7 м³/га. Повышение предполивного порога влажности до 90% НВ способствовало увеличению среднесуточного водопотребления до 37,5...39,5 м³/га. Таким образом, повышение уровня водообеспеченности на вариантах с поддержанием предполивной влажности почвы 90% НВ в среднем за годы исследований на 2,0 % увеличило значения суточного расхода влаги посадками картофеля в сравнении с вариантами, где поливы проводились при снижении влажности почвы до 70% НВ.

Наиболее сильное влияние на величину среднесуточного водопотребления оказывали метеорологические условия и сроки посадки в период вегетации картофеля. Так, при посадке 1 июня среднесуточное водопотребление составило 33,9...37,5 м³/га, а при посадке 10 и 20 июня повысилось соответственно до 37,2...38,7 и 39...39,5 м³/га. Такая закономерность наблюдалась на всех без исключения вариантах полевого эксперимента.

В течение вегетационного периода изменение среднесуточного водопотребления наиболее полно согласуется с ходом накопления органической массы

посадок. В период от посадки до начала бутонизации среднесуточное потребление влаги посадками картофеля характеризуется сравнительно невысокими значениями в пределах 27,9...42,3 м³/га. В период «бутонизация – цветение» численные значения суточного потребления воды картофелем возрастали до 43,9...53,0 м³/га. В дальнейшем интенсивность потребления влаги картофелем постепенно снижается, достигая в период усыхания ботвы 22,4...39,2 м³/га.

Исследованиями выявлено, что важными факторами, оказывающими влияние на продуктивность картофеля, являются водный режим почвы и сроки посадки.

Наибольшая урожайность была получена на участках, где клубни картофеля высаживали 20 июня при поддержании порога предполивной влажности почвы на уровне 90% НВ. При густоте посадки клубней 60 тыс/га урожайность составила 23.0...38.2 т/га, а при густоте посадки клубней 50 тыс/га урожайность была 17.5... 33.9 т/га. При поддержании порога предполивной влажности почвы 80% НВ на участках, где картофель высаживали в тот же срок, урожайность снизилась до 22.9...40.9 т/га при густоте посадки клубней 60 тыс/га и 17.3...34.2 т/га при густоте посадки клубней 50 тыс./га. А при поддержании порога предполивной влажности почвы 70% НВ урожайность была самой низкой и составила 16,2...27,9 т/га. На вариантах с более ранними сроками, 1 июня и 10 июня, урожайность была ниже, в связи с погодными условиями.

Семенной материал, полученный с летних посадок, особенно наиболее поздних сроков, отличается существенно более низкой степенью вирусной инфицированности. Это объясняется меньшим числом механических обработок междурядий, а также малой численностью сосущих вредителей во второй половине лета. Более всего заметна связь между сроками посадки и фитопатологическим состоянием растений. В течение вегетации на всех вариантах опыта отмечены грибковые заболевания: фитофтороз, макроспориоз, фузариоз и вирусные: мозаика морщинистая, скручивание листьев и готика. Время появления болезней, распространенность и форма проявления сильно различались по вариантам. Выявлено, что растения ранних сроков посадки 1...10 июня сильнее поражались болезнями, чем более поздних 20 июня и 1 июля, соответственно на 22..25%. На вариантах 1 и 2 формы проявления болезней были тяжелыми, инфицирование проходило быстро. Так, в частности, массовое фузариозное увядание охватило посадки 1...10 июня в течение 2..4 дней.

На вариантах 3...4 преобладала слабая форма скручивания листьев, единичные растения поражались аукуба мозаикой. Степень тяжести проявления по визуальным наблюдениям отнесена к легкой и средней.

Что касается израстания, то картофель посадки 20 июня и 1 июля этому процессу не подвергался, в то время как в продукции ранней посадки 1...10 июня после хранения выявлено 1,5...4,2% клубней с «детками».

Для сравнения вариантов, при уборке определяли массу клубня и величину товарной части урожая. Сроки посадки картофеля оказывали влияние на товарность урожая. Положительная роль более поздних сроков посадки очевидна. Количество стандартной продукции на вариантах 2, 3, 4 (94,4...95,3%) больше, в

сравнении с вариантом 1 (75,3...85,0%).

Разница очень существенна в первый год использования завозных семян (2006 г). При последующем репродуцировании летними посадками и ростом товарности продукции на всех вариантах опыта разница становится меньше, однако закономерность сохраняется. Масса товарного клубня при посадке 1 июля наибольшая и составляет 92,6 ... 96,4 г, при первом сроке посадки 1 июня она ниже (79,3...90,1 г).

Перенесение посадки с 1 июня на конец месяца или июль (вариант 3, 4) сопровождалось улучшением хозяйственных полезных качеств картофеля, количество крахмала увеличивалось на 1,39...2,22% .

Картофель, выращенный летними посадками в срок 1 июня...1 июля с интервалом в десять дней и густоте раскладки клубней 50...60 тыс./га, является экологически безопасным. Подтверждением тому количество токсинов в продукции, которое ни разу в течение ряда лет исследований ни на одном из вариантов (44,7...50,0 мг/кг нитратов) не превысило допустимую санитарную норму по содержанию в клубнях NO_3 (220 мг/кг).

Таким образом, оптимальный срок посадки картофеля летом 20 июня -1 июля, а густота 60 тыс. клубней на 1 га. Это позволяет продлить срок использования завозных семян и, соответственно, существенно снизить ежегодные затраты, связанные с их приобретением и транспортировкой.

Инвестирование проекта производства клубней картофеля летними посадками при капельном орошении экономически выгодно. При густоте посадки картофеля 60 тыс.шт./га 20 июня экономическая эффективность превышает 331,6%, а при густоте посадки 50 тыс.шт./га в эти же сроки эффективность возделывания картофеля составляет 361,2%.

УДК 556.182

МЕТОДОЛОГИЯ ОБОСНОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ОБЪЕКТОВ ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СКИОВО

Ю.П. Добрачев, А.Л. Бубер, Л.В. Кирейчева, М.В. Лурье, П.И. Пыленок
ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

Определяющая роль водных ресурсов в развитии сельских территорий, производстве сельскохозяйственной продукции и обеспечении продовольственной безопасности России отражена в стратегических ориентирах развития водохозяйственного комплекса. В настоящее время инновационное социально-ориентированное развитие АПК в значительной мере обусловлено решением стратегических задач целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах», мероприятия которой реализуются в рамках Схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) бассейнов рек [1].

В этой связи детализация требований к составу и содержанию методиче-

ских документов по обеспечению водными ресурсами мелиоративных систем, согласованных с требованиями к структуре Схем, становится приоритетным направлением совершенствования научно-методической базы разработки бассейновых схем водных объектов.

Концепция оценки обеспеченности водными ресурсами агропромышленного комплекса Российской Федерации, объема и качества возвратных (сбросных) вод, сформирована в следующих директивных документах:

- Водный кодекс Российской Федерации от 03 июня 2006 г. № 74-ФЗ;
- Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 г.;
- План мероприятий по реализации Водной стратегии на период до 2020 г.;
- Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель» (с изменениями от 2003, 2004, 2006 и 2008 гг.).

Водопользование агропромышленного комплекса имеет ряд особенностей: выраженную сезонность водопотребления, особые требования к качеству воды, значительные объемы сброса дренажных вод. Антропогенное воздействие АПК может привести к дефициту водных ресурсов в маловодные годы в регионах с развитым орошаемым земледелием, к изменению водного режима почв агроландшафта и водных объектов, подтоплению и засолению земель, а также к загрязнению водных объектов.

Агропромышленный комплекс России является одним из крупнейших потребителей водных ресурсов. Объем забора воды объектами АПК составляет 20 км³. По состоянию на 01.01.2012 г. объем забора и сброса сточных и дренажных вод гидромелиоративными системами АПК общей площадью 9 млн. га (4.3 млн. га – орошение, 4.7 млн. га – осушение) составляют 15,1 км³ и 12,2 км³ соответственно (данные 2-го этапа инвентаризации Минсельхоза России за 2011 г.). Это приблизительно 15-20% от всех забираемых и сбрасываемых вод в России.

В настоящее время из имевшихся в 1990 году 6 млн. га земель регулярного орошения в России числится орошаемыми около 4,3 млн. га, из которых фактически поливается менее 2 млн. га. Поэтому первоочередной задачей развития орошения на перспективу до 2020 года является восстановление орошаемых земель, реконструкция и техническое перевооружение оросительных систем.

Основной задачей СКИОВО является разработка инструментария принятия управленческих решений для достижения устанавливаемых Схемами целевых показателей использования водных ресурсов, качества воды водных объектов и уменьшения негативных последствий воздействия вод рассматриваемого речного бассейна. Однако, в составе СКИОВО недостаточно проработаны вопросы влияния предприятий АПК на количественные, качественные показатели водных объектов и состояние водных экосистем. В частности, слабо прорабатываются вопросы экономии воды, утилизации коллекторно-дренажного стока с оросительных систем, влияние осушительных систем на водные объекты и прилегающие территории. Целевые показатели не учитывают требования водных мелиораций территории, которые должны также обеспечивать устойчивое

функционирование водных экосистем в границах речного бассейна.

В этой связи, рассмотрение вопросов рационального водопользования и выработка программы мероприятий в составе СКИОВО по развитию водохозяйственного комплекса АПК является актуальным направлением исследований, которые должны быть использованы для научно-методического обоснования разделов СКИОВО в части обеспечения водными ресурсами агропромышленного комплекса (АПК) Российской Федерации при планировании водохозяйственных и водоохраных мероприятий.

Основными потребителями водных ресурсов в агропромышленном комплексе являются: орошаемое земледелие (водные мелиорации), водоснабжение сельского населения, обеспечение водопоя скота, производство и переработка сельскохозяйственной продукции, создание условий для рыбоводства на внутренних водоемах.

Водохозяйственными сооружениями ежегодно забирается из водных объектов и подается на нужды АПК более 20 км³ водных ресурсов, что составляет 27% в структуре использования воды другими потребителями. Объем водоотведения с сельскохозяйственных угодий и систем составляет более 12 км³ (Ежегодный доклад Минсельхоза РФ, 2013г.). Расчетный суммарный объем воды на производственные нужды АПК составляет порядка 18 км³.

Водообеспечение сельского населения, исходя из его численности и нормативов водопотребления при централизованном водоснабжении сельского населения и без него, требует водных ресурсов свыше 2 км³ в год. На водопой скота по укрупненным расчетам около 1,5 км³ воды. Потребность в воде для нужд переработки сельскохозяйственной продукции в сельской местности и создания условий для рыбоводства на внутренних водоемах ориентировочно около 1,5 км³.

Современное решение проблемы научно-методического обоснования вариантов обеспечения водными ресурсами производственных объектов АПК сформировано на основе бассейнового и ландшафтного подхода к комплексному обустройству территорий, направленного на рациональное использования природно-ресурсного потенциала региона, его поверхностных и подземных вод.

Эффективная реализация данной методологии требует привлечения современных информационных технологий сбора, накопления и систематизации региональных данных ландшафтного и бассейнового описания источников водных ресурсов, почвенно-климатических, гидрологических и гидрогеологических условий, организованных в ГИС, позволяет создать информационный базис для решения актуальных и перспективных задач водоресурсного обеспечения гидромелиоративных систем, включая задачи надежности производства продукции и безопасности эксплуатации.

С этой целью «Рекомендации по разработке требований к составу, объему и уровню детализации исходных данных на примере регионов-аналогов», являющиеся составной частью выполненной научно-исследовательской работы, устанавливают совокупность требований к исходной информации для Схем в части обеспечения водными ресурсами агропромышленного комплекса (АПК)

Российской Федерации.

Рекомендации определяют состав, объем и уровень детализации исходных данных, обеспечивающих возможность физико-географического и ландшафтного районирования, а также морфометрического анализа водосборов с учетом природно-климатических условий, гидрологической информации путем применения картографического метода моделирования и ГИС технологии. Рекомендации включают технологии картографического моделирования пространственно распределенных объектов и математико-логических операций с их атрибутивными характеристиками, включая гидрологические, почвенно-климатические, геоморфологические данные, организованные в виде цифровой картографической базы исходных данных регионального уровня по водным и земельным объектам, критериям их принадлежности к бассейну, агроландшафту, административно-территориальной единице.

Рекомендации предназначены для использования Федеральным агентством водных ресурсов (Росводресурсы) и его территориальными органами, Минсельхозом России и его территориальными управлениями, иными органами и организациями, обеспечивающими сбор и подготовку исходной информации и расчет водохозяйственных балансов (ВХБ) для СКИОВО в части обеспечения водными ресурсами агропромышленного комплекса Российской Федерации.

В качестве регионов-аналогов в НИОКР рассматривается территория двух областей, характерных для развития мелиорации в Европейской части России: Волгоградской и Рязанской, которые принадлежат к северной и южной частям зоны рискованного земледелия, имеют значительный фонд мелиорируемых земель, нуждающихся в обеспечении водными ресурсами для регулярного и лиманного орошения (Волгоградская область), для выборочного орошения влаголюбивых культур (Рязанская область) и сброса дренажных вод со значительных площадей осушаемых угодий.

В соответствии с утвержденным Росводресурсами водохозяйственным районированием на территории Рязанской области полностью или частично расположены 8 водохозяйственных участков бассейнов р. Оки (приказ от 26 мая 2008 г. № 95) и 2 водохозяйственных участка бассейна р. Дон (приказ от 26 мая 2008 г. № 100).

На территории Волгоградской области расположены 14 водохозяйственных участков бассейна р. Дон (приказ от 26 мая 2008 г. № 100) и 7 водохозяйственных участков бассейна р. Волги (приказ от 26 мая 2008 г. № 94).

Разработанные на следующем этапе «Рекомендации по определению в границах региона актуальных мест и допустимых объемов водозабора (изъятия) водных ресурсов и сброса сточных и дренажных вод основными водопользователями АПК» раскрывают территориальные и количественные аспекты обеспечения водными ресурсами объектов АПК на региональном уровне в рамках планируемого и регулируемого СКИОВО водопользования.

Также приведены рекомендации по выполнению водобалансовых расчетов по водным объектам (источникам водных ресурсов), учитывающих водопользование объектами мелиорации. Даны примеры состава и характеристик

исходной информации, в том числе по водопотребителям АПК, результаты расчетов водохозяйственных балансов по водохозяйственным участкам областей-аналогов, принадлежащих бассейнам рек Оки, Волги и Дона, их анализ с целью принятия решений по достижению заданных показателей качества воды и эффективности ее использования.

Прогнозную оценку пространственного распределения водоресурсного потенциала рекомендуется выполнять с использованием ГИС технологий, используя, кроме основных официальных информационных ресурсов, дополнительные интернет-ресурсы (карты, актуальные космоснимки ДЗЗ, метеорологические и гидрологические данные). На примере Рязанской области выполнена оценка пространственного распределения водоресурсного потенциала (для маловодного года) по водохозяйственным участкам на основе результатов водобалансовых расчетов и данных гидрографических и гидрогеологических карт.

При разработке методов выполнения водобалансовых расчетов и определении ограничений изъятия стока рек и сброса сточных и дренажных вод учитываются положения «Методики расчета водохозяйственных балансов водных объектов» и «Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты».

Водобалансовые расчеты выполняются по принятым Росводресурсами водохозяйственным участкам и приведены для рек Оки, Волги и Дона на территории Рязанской и Волгоградской областей по материалам СКИОВО бассейнов рек Оки (ЗАО ПО «Совинтервод», 2010 г.), Волги (ООО «ВЕД», 2012 г.), Дона (СевКавНИИВХ, 2012 г.).

Предложены «Методы прогнозных расчетов водного режима и продуктивности земель, расположенных на различных ландшафтных катенах водосборов, до и после реализации водных мелиораций». Антропогенное воздействие на окружающую среду измеряется не только величиной используемых природных ресурсов, но и его опосредованным влиянием на все компоненты природной системы. Поэтому необходимо рассматривать не только сам ресурс и его источник, но весь природно-территориальный комплекс, бассейн, ландшафт, для которых применимо понятие комплексного использования природных ресурсов.

Показатели хозяйственной деятельности тесно связаны с ресурсными и экологическими возможностями природных систем. Возможность размещения объектов водных мелиораций (оросительных и осушительных систем) определяется комплексом природных условий: рельефом местности, климатическими параметрами, почвенным покровом, гидрогеологическими и хозяйственными условиями.

Ограничения развития гидромелиорации связаны с ресурсными возможностями (наличием соответствующего мелиоративного фонда и располагаемых водных ресурсов) и природоохранными (экологическими) требованиями. Размещение гидромелиоративных систем на территории агроландшафта возможно в пределах мелиоративного фонда, включающего земли, нуждающиеся в орошении, земли пригодные для выборочного орошения влаголюбивых культур и

земли, нуждающиеся в осушении.

Ресурсные ограничения развития орошения, особенно в южных районах России связаны с наличием водных ресурсов и оросительной способностью водоисточника в вегетационный период, тем более, что потребности в воде на хозяйственно-бытовые и производственные нужды удовлетворяются в первую очередь, а выделение воды на орошение может производиться по остаточному принципу.

Оценка ресурсных и экологических ограничений размещения оросительных и осушительных систем выполняется на основе моделирования водных потоков в агроландшафте. Математические модели (уравнения математической физики), описывающие линейный каскад сопряженных фаций и образующих ландшафтно-геохимическую катену, являются как минимум двумерными, учитывающими как вертикальные, так и латеральные в направлении водотока, поверхностные и грунтовые потоки воды и движущихся с ними веществ. Учет разного высотного положения фаций, образующих катену, позволяет рассчитать динамику поверхностных и подземных водных потоков и их взаимодействие (впитывание, напорное питание подземных вод и др.). Для упрощения описания движения воды проводится вертикальная декомпозиция задачи - все пространство на выделенной территории разбивается на слои: приземный слой атмосферы, поверхность земли, ненасыщенная зона почвы, насыщенная зона грунта, зоны напорных движений. В каждом из слоев для описания процесса движения воды используются модели различной размерности.

Подземный сток, происходящий в трех вертикальных слоях (ненасыщенной зоне, насыщенной зоне и в напорных горизонтах) является важным фактором, определяющим функционирование всего агроландшафта. Процессы, происходящие в корнеобитаемом слое ненасыщенной зоны, имеют первостепенное значение для продуктивности агроценозов и природных экосистем.

Для оценки продуктивности выращиваемой растениеводческой продукции на орошаемых землях учитываются три группы факторов, на основе которых строится технологический процесс управления орошением. Первую группу факторов составляют природные и агротехнические условия, включающие почвенные, метеорологические и гидрологические факторы, севообороты, состав сельскохозяйственных культур, сроки проведения основных агротехнических мероприятий и др. Ко второй группе относятся конструктивно-технологические факторы, включающие тип и конструкцию оросительной сети, насосной станции, поливной техники, наличие и мощности дренажной системы. Третья группа включает организационно-технологические факторы, в том числе ресурсное обеспечение – наличие трудовых ресурсов, воды, средств управления технологическими процессами.

Рассмотрены сценарии развития мелиорации с учетом прогнозов влияния внешних условий на возможность их реализации. Формализована технология определения региональных схем размещения мелиоративных систем, водозаборов и водосбросов, а также последовательность выполнения расчетов.

Низкая конкурентоспособность и недостаточная инвестиционная привле-

кательность агропромышленного комплекса России привели в конце прошлого века к резкому падению производства сельскохозяйственной продукции. Ситуация с АПК стала критической для продовольственной безопасности страны в связи с сокращением собственного производства мяса, молока, зерновых, при ориентации на импорт сельскохозяйственной продукции.

При оптимизации вариантов инвестирования капиталовложений в гидромелиорацию важнейшее значение, как показывает практика, имеют задачи территориального размещения инвестиций в мелиорацию земель. Особенностью решения задачи размещения капитала в объекты АПК является доминирующая роль непереключаемых ресурсов, накладывающих специфические ограничения на ее решение: земли, нуждающиеся в водных мелиорациях (пригодные для орошения и/или осушения); водные ресурсы для орошения и водоприемники для сброса дренажных вод; ресурсы климата (температура, осадки, продолжительность вегетационного периода и др.); существующая инфраструктура.

Однако, без возрождения мелиорации в России невозможно стабилизировать кормопроизводство и овощеводство. Существующие мелиорируемые земли ввиду их недостаточного количества в настоящее время не могут заметно повлиять на устойчивость кормовой базы в стране. Доля кормов, поступающих с орошаемых земель, не превышает 10% от общей потребности кормов в Российской Федерации.

Для предварительной вариантной оценки доступности водных ресурсов для земель, нуждающихся в орошении/осушении или иного водопотребителя АПК, энергетические затраты на доставку воды к месту локализации гидромелиоративной системы могут иметь решающее значение. Данный показатель должен связывать параметры источника водных ресурсов (геодезические отметки, объем допустимого изъятия воды из водоисточника, продолжительность работы транспортирующей системы в течение года) и положение места водовыдела (геодезические отметки, расстояние от водоисточника до точки водовыдела).

Разработана формализованная теоретическая основа формирования множеств сценариев развития гидромелиорации. Признано достаточным для формирования такого множества описание существенных для дальнейшего ранжирования сценарных характеристик, учитывающих состояние внешней среды, в том числе шаг изменений и диапазон допустимых значений этих характеристик, который определяется прогнозом изменения внешних факторов.

Разработанные методики ориентированы на использование математического моделирования и ГИС технологий. Рекомендовано, кроме официальных информационных ресурсов, использовать дополнительные интернет-ресурсы, крупномасштабные карты, актуальные космоснимки ДЗЗ, метеорологические, гидрологические и гидрогеологические данные.

Выполненные исследования позволили разработать: «Методы расчета энергетических затрат доставки воды от водоисточника до мест локализации объекта мелиорации и районирование агроландшафта на примере регионов-аналогов».

В работе исследованы методы расчета энергетических затрат доставки воды от водоисточника до мест локализации объекта мелиорации и выполнено районирование агроландшафта по критерию доступности водных ресурсов на примере регионов-аналогов.

С целью выбора оптимальных решений построены картограммы доступности водных ресурсов для сельскохозяйственных угодий в зависимости от их географического положения в бассейне, структуры речной сети и объемов водопотребления (сброса) и выполнено районирование территории региона по величине энергозатрат.

Выполненные исследования позволили решать задачи оптимизации размещения восстанавливаемых и вновь строящихся мелиоративных систем с учетом затрат на доставку воды от водоисточника до мест локализации мелиоративных систем и создают необходимый базис для разработки вариантов перспективных схем территориального размещения мелиоративных систем, водозаборов и водосбросов. В исследованиях использованы методы картографического моделирования, ГИС-технологии и соответствующее программное обеспечение.

В работе представлены результаты исследований по подготовке рекомендаций по определению потребности мелиоративных систем в водных ресурсах в настоящее время и на перспективу; оценке допустимой антропогенной нагрузки на водные объекты в плане изъятия воды и сброса дренажного стока, формированию функционально - технологической схемы размещения мелиоративных объектов.

Разработанное научно-методическое обоснование в составе комплекса рекомендаций определяет порядок:

- расчета потребности в водных ресурсах (в настоящее время и на перспективу) для орошаемых агроландшафтов при использовании энергетических оценок формирования продуктивности последних, с учетом надежности (обеспеченности) дефицита водопотребления сельскохозяйственных культур, базирующейся на динамике метеорологических и гидрологических характеристик агроландшафта;

- назначения допустимых заборов (изъятий) водных ресурсов, сбросов сточных вод и/или дренажных вод, привноса химических и взвешенных веществ в водные объекты мелиоративным комплексом АПК;

- формирования функционально-технологической схемы размещения мелиоративных объектов в границах водосбора и схемы их обеспечения водными ресурсами.

«Рекомендации по оценке экологических и ресурсных ограничений на базе моделирования водных потоков в агроландшафте» включают методическое обоснование допустимых антропогенных нагрузок на источники водоснабжения, на основе анализа результатов исследований гидрологических характеристик поверхностных и грунтовых вод на водосборе (бассейне) реки. Рекомендации предназначены для обоснования допустимых антропогенных нагрузок на водные объекты при обеспечении водными ресурсами объектов АПК в рамках плани-

руемого и регулируемого СКИОВО водопользования. В качестве примеров приведены результаты анализа состояния поверхностных и подземных вод (источников водных ресурсов Рязанской и Волгоградской областей), учитывающие водопользование объектов АПК за последние годы и существующие антропогенные нагрузки на водные объекты. Рассмотрены методические вопросы оценки ресурсных и экологических ограничений водопользования, воздействия на водные объекты дренажного стока с осушаемых земель и возвратных вод с оросительных систем.

При определении ресурсных и экологических ограничений водопользования за основу приняты нормативы привноса химических веществ и микроорганизмов в водные объекты и нормативы допустимого изъятия стока поверхностных водных объектов, устанавливаемые Методическими указаниями по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты, утвержденными МПР РФ.

В заключении даны Предложения по усовершенствованию и дополнению разделов Схем комплексного использования и охраны водных объектов для обеспечения водными ресурсами агропромышленного комплекса регионов-аналогов, которые должны разрабатываться с учетом перспектив развития и размещения гидромелиорации, совершенствования структуры водного хозяйства АПК, сохранения и воспроизводства водного потенциала.

Список использованных источников

1. Отчет о НИОКР ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии № 10-НИОКР/2-9-2012 по базовому проекту 12фцп-М4-04 «Разработка научно-методического обоснования разделов схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) в части обеспеченности водными ресурсами агропромышленного комплекса (АПК) Российской Федерации», этапы 1-8, М. 2014, ФГБУ «Центр Развития ВХК», регистрационный номер 01201361147 в ФГАНУ «ЦИТиС».

УДК 631.6

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРИТЕЛЬНОГО МЕЛИОРАНТА НА ПЛОДОРОДИЕ И УРОЖАЙ

**К.Н. Евсенкин, С.В. Перегудов, А.В. Нефедов, А.В. Фомкин,
Н.А. Иванникова**

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

В Мещёрской низменности мелиорируемые земли в основном представлены дерново-подзолистыми (низкого уровня плодородия) и торфяно-болотными, потенциально плодородными, но экологически неустойчивыми к сработке органического вещества (торфа) почвами. Как первый почвенный тип, так и второй требует научного подхода к их использованию в практике сельскохозяйственного производства [1, 2].

Торфяные почвы под действием осушения и при длительном и интенсивном использовании деградируют, превращаясь в мало продуктивные агрозоны.

Усиление антропогенной нагрузки на почвенный покров отрицательно сказывается на протекании физико-химических и биологических процессов. При этом коэффициент гумификации может снижаться в 1,5-2,0 раза. В свою очередь уменьшается и содержание органического вещества (гумуса), что ведёт к разрушению структуры, развитию уплотнения и в целом к снижению плодородия.

Улучшение плодородия лёгких минеральных почв связано с обогащением пахотного слоя органоминеральными носителями (навоз, торф, сапропель, солома и др.) с одновременным внесением минеральных удобрений. Эти мероприятия позволяют повысить ёмкость поглощения, сорбционную способность, порозность, водоудерживающую способность и т.д. Кроме того, распад органического вещества под действием почвенных микроорганизмов - бактерий и грибов - образует перегнойные продукты биологического синтеза, что в свою очередь, обогащает почву азотом и питательными веществами.

Опытный участок находится на мелиорируемых землях ОПХ «Полково» Рязанского района Рязанской области. Он осушен в 1962 году и используется в полевом севообороте. Ранее объект был представлен маломощными торфяными почвами. Осушается объект открытой сетью каналов, уровень грунтовых вод в среднем за вегетацию составляет 60 – 150 см от поверхности. Длительность эксплуатации объекта составляет 49 лет, в настоящее время он представлен сработанными торфяными почвами, которые можно отнести к отделу агроземов двух разновидностей: минерального и перегнойно-минерального.

Агрохимические показатели участка следующие: рН- 5,0; подвижный фосфор- 23,3 и обменный калий- 7,15 мг на 100 г почвы. Объёмная масса почвы 1,1-1,2 г/см³. Почва опытного объекта средне кислые, имеют высокое содержание подвижного фосфора и низкое содержание обменного калия.

Поддержание оптимальной влажности почвы 65-75% от полной влагоёмкости на опытном участке осуществляли поднятием уровня грунтовых вод и поддержанием его в пределах 70-80 см от поверхности почвы. Это обеспечивалось подъёмом вод в сбросном канале при закрытии шлюза-регулятора.

Состав нового органоминерального удобрительного мелиоранта (ОУМ) следующий: полова – 50%; навоз – 15%; торф низинный хорошо разложившийся – 30%; НК – из расчета азота – 30 , фосфора – 45 и калия – 60 кг д.в. на гектар; медь – из расчета 25 кг медного купороса на гектар и известь 3 тонны на один гектар.

Культурой реагентом является вико-овсяная смесь на зеленый корм. Схема полевого опыта предусматривает систематическое размещение вариантов в трехкратной повторности в одном ярусе [3]. Размер опытных делянок составляет 25 м².

Схема вариантов полевого опыта следующая: 1 - контроль без удобрений; 2 - N₃₀ P₄₅ K₆₀ (фон); 3 - фон + ОУМ 40т/га; 4 - фон + ОУМ 60т/га; 5 - фон + ОУМ 80т/га

В результате внесения органоминерального удобрительного мелиоранта в почву изменились её агрохимические показатели (плодородие повысилось):

усилилось азотное питание, уменьшилась кислотность, увеличилось содержание органического вещества и общего азота. Эти изменения отмечаются и на третий год после внесения удобрительной смеси. Так, из таблицы 1 видно, что кислотность почвы уменьшилась с рН 5,0 на контроле до 5,4 на варианте фон + ОУМ 80т/га. Органическое вещество возросло с 9,04% (контроль) до 9,86; 11,53; 12,34% соответственно внесению дозы ОУМ 40; 60; 80 т/га. Количество общего азота коррелировало с количеством органического вещества и также возрастало с 1,8% на контроле до 2,6% на варианте фон + ОУМ 80 т/га.

Таблица 1 -Агрохимические показатели почвы на третий год (2013г.) после внесения удобрительного мелиорантов слое 0-20 см

Вариант	Органическое вещество, %	рН	Азот общий, %	P ₂ O ₅ мг/100г	K ₂ O мг/100г
Контроль	9,04	5,0	1,8	23,3	7,1
Фон (N ₃₀ P ₄₅ K ₆₀)	8,91	5,0	1,5	24,5	7,2
Фон+40 т/га	9,86	5,1	1,9	26,7	7,3
Фон+60 т/га	11,53	5,2	2,3	27,5	7,6
Фон+80 т/га	12,37	5,4	2,6	28,8	7,7

По данным таблицы 1 видно и небольшое увеличение подвижных форм фосфора и калия. Фосфора с 23,3 мг/100 г на контроле, до 26,7; 27,5; 28,8мг/100г соответственно вариантам фон + 40,+ 60, +80 т/га. Калия с 7,1 мг/100 г до 7,3; 7,6; 7,7 мг/100 г соответственно вариантам: фон + 40,+ 60,+ 80 т/га.

В результате повышения содержания органического вещества повысилось содержание нитратного и аммиачного азота, что происходит при превращении азота органических соединений в неорганические ионы аммония и нитратов. Такие изменения происходят под действием микроорганизмов следующим образом: органический азот → аммиак → нитрит → нитрат. Содержание в почве аммиачного и нитратного азота является основной минеральной азотной пищей для растений. Поэтому особенно важна их динамика в вегетационном периоде. Динамика образования аммиачного и нитратного азота показана в таблице 2.

Таблица 2 -Динамика аммиачного и нитратного азота по вариантам опыта в слое 0 -20 см, мг/100 г почвы, 2013 г.

Вариант	май		июнь		июль	
	NH ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁻	NO ₃ ⁻
Контроль	1,2	4,9	0,1	0,5	0,33	3,1
Фон(N ₃₀ P ₄₅ K ₆₀)	1,1	4,9	2,2	1,9	0,39	3,0
Фон+40 т/га	1,8	5,6	10,3	4,0	0,37	3,7
Фон+60 т/га	2,9	6,0	15,8	9,3	0,41	7,0
Фон+80 т/га	3,1	8,0	19,3	9,6	0,43	8,3

По данным таблицы 2 видно, что наибольшее количество как аммиачно-

го, так и нитратного азота отмечается в июне месяце. Особенно это заметно на вариантах с внесением удобрительного мелиоранта по сравнению как с контролем, так и с фоном. Так на контроле и фоне содержание аммиачного азота составляло соответственно 0,1; 2,2, а нитратного 0,5 и 1,9 мг/100 г почвы, тогда как на вариантах с внесением ОУМ эти показатели были намного выше и составляли соответственно увеличению дозы ОУМ + 40, + 60, + 80 т/га - 10,3; 15,8; 19,3, а по нитратному азоту - 4,0; 9,3; 9,6 мг/100 г почвы. В другие месяцы (май, июль) увеличение содержания аммиачного и нитратного азота при внесении удобрительной смеси сохраняется, но менее выражено по сравнению с июнем. Очевидно, это связано с благоприятными условиями, сложившимися в этом месяце для его образования (оптимальная влажность, температура). Увеличение содержания аммиачного и нитратного азота при внесении удобрительного мелиоранта благоприятно влияло и на урожайность сельскохозяйственных культур.

Внесение в почву удобрительного мелиоранта эффективно сказалось на урожае вико-овсяной смеси. Урожай вико-овсяной смеси на зеленый корм по вариантам опыта представлен в таблице 3 (2012г.) и таблице 4 (2013г.).

Таблица 3 - Урожайность зеленой массы овса по вариантам опыта, т/га, 2012г.

Вариант	Средняя по повторностям			Средняя по варианту	Прибавка к контролю	Прибавка к фону
	1	2	3			
контроль	16,4	16,5	16,5	16,5	-	-
фон	20,1	20,6	20,4	20,4	3,9	-
Фон + 40	25,5	25,3	25,0	25,3	8,8	4,9
Фон + 60	28,4	28,7	27,8	28,3	11,8	7,9
Фон + 80	30,8	31,2	30,9	31,0	14,5	10,6

НСР_{0,5} = 1,53 т/га

НСР_{0,1} = 2,06 т/га

Таблица 4 - Урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси по вариантам опыта, т/га, 2013г.

Вариант	Средняя по повторностям			Средняя по варианту	Прибавка к контролю	Прибавка к фону
	1	2	3			
контроль	13,5	11,5	12,5	12,5	-	-
фон	15,0	13,0	14,0	14,0	1,5	-
Фон + 40	18,0	16,0	17,0	17,0	4,5	3,0
Фон + 60	20,5	18,5	19,5	19,5	7,0	5,5
Фон + 80	23,5	21,5	22,5	22,5	10,0	8,5

НСР_{0,5} = 1,72 т/га

НСР_{0,1} = 2,42 т/га

По данным таблиц видно, что самый высокий урожай зеленой массы ов-

са, как в первый, так и во второй год действия, получен на варианте с внесением ОУМ (органоминерального удобрительного мелиоранта) в количестве 80 т на гектар и составил соответственно 22,5 и 31,0 т/га зеленой массы, что на 13 и 14,5 т больше. Также значительный урожай зеленой массы овса получен на варианте фон+60 т/га ОУМ: 19,5 и 28,3 т/га. Что касается других вариантов, то здесь также урожай зеленой массы превышает контрольный соответственно на 3,9-1,5 фон и 8,8-7,0 т/га фон + ОУМ 40.

Таким образом, внесение органоминерального удобрительного мелиоранта на сработанных торфяниках является оправданным мероприятием, позволяющим повысить плодородие почвы и, как следствие, увеличить выход продукции.

Список использованных источников

1. Кирейчева Л.В. Комплексные мелиорации- основа создания продуктивных и устойчивых агроландшафтов, Юбилейная конференция, Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства, Том-1, М., 2009, с. 13-25.
2. Кирейчева Л.В., Яшин В.М., Томин Ю.А., Перегудов С.В., Евсенкин К.Н., Агромелиоративные приёмы повышения эффективного плодородия длительно используемых торфяных почв, Сб. научных трудов, вып. 4, Рязань, 2010, с. 107-113.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта, М. «Колос», 1973

УДК 631.347

НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНОГО ОРОСИТЕЛЯ СИСТЕМЫ НИЗКОНАПОРНОГО МИКРОДОЖДЕВАНИЯ

Икромов И.И.*, Губер К.В.**

*Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемур, г. Худжанд, Таджикистан;

**ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

Одним из основных элементов системы низконапорного микрождевания являются импульсные оросители /1, 2, 3, 4/. Импульсные оросители подвешиваются на шпалерной проволоке виноградников или на специальных креплениях перекрытий теплиц и лимонариев. На лимонариях Гиссарского научно-производственного полигона ГНУ ТаджикНИИГиМ проводились многочисленные исследования по выявлению технологических характеристик данного импульсного оросителя. В частности изучалась: равномерность распределения воды импульсными микрождевателями по длине поливного трубопровода; интенсивность искусственного дождя; равномерность распределения дождя в пределах площади полива одним микрождевателем. В данной статье приводятся некоторые результаты этих исследований.

Равномерность распределения воды импульсными микрождевателями по длине поливного трубопровода, является важным фактором, обеспечивающим равномерное развитие и плодоношение растений.

Расход воды определяется с учетом цикличности работы импульсного микрождевателя по следующей зависимости:

$$q = \frac{3,6 \cdot W}{t_{\text{ц}}} \quad (1)$$

где, q – расход воды, л/с, W – объем вылитой воды, мл, $t_{\text{ц}}$ – цикл работы микрождевателя, с.

Цикл работы микрождевателя состоит из двух периодов – наполнение его емкости водой - $t_{\text{н}}$ и выплеска $t_{\text{в}}$, т.е. $t_{\text{ц}} = t_{\text{н}} + t_{\text{в}}$.

Замеры расходов микрождевателей проводились в трехкратной повторности. По результатам осредненных измерений расходов составлялись графики.

Коэффициент равномерности распределения воды по длине поливного трубопровода $K_{\text{и}}$ определялся по следующей зависимости [5, 6, 7]:

$$K_{\text{и}} = \frac{q_{\text{н}}}{q_{\text{а}}} \quad (2)$$

где: $q_{\text{н}}$ – средний из 25% минимальных расходов низконапорных микрождевателей; $q_{\text{а}}$ – средний расход низконапорных микрождевателей по данным всех измерений.

Результаты одного из опытов по определению равномерности распределения воды микрождевателями по длине поливного трубопровода, приведены на рисунке 1.

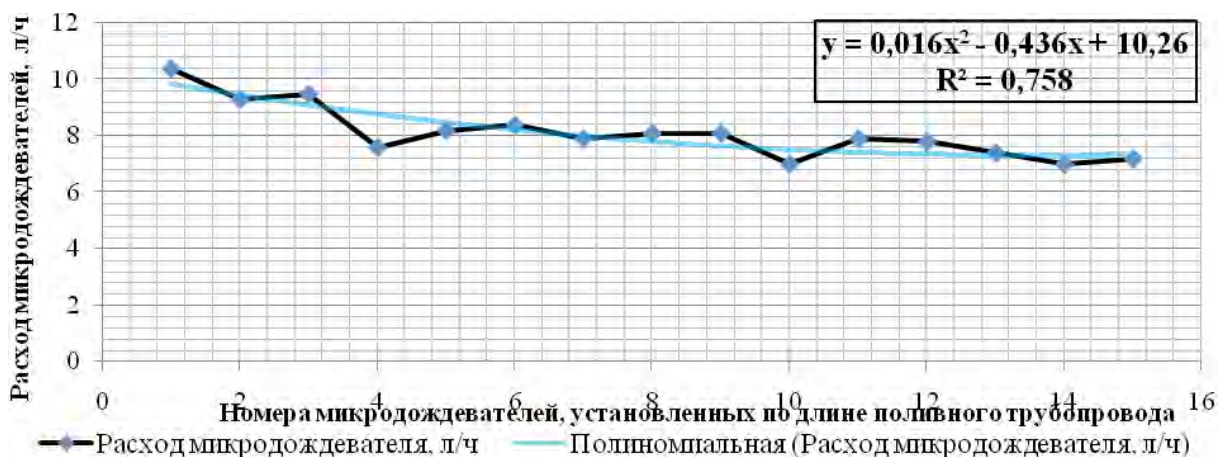


Рисунок 1 - График равномерного распределения воды микрождевателями, установленными по длине поливного трубопровода, л/ч

Как видно из рисунка 1 на расход воды через микрождеватели влияет место его расположения на поливном трубопроводе. Расход воды микрождевателями, установленными на начальном участке поливного трубопровода больше, чем на концевом участке. Это вызвано постепенным уменьшением глубины наполнения воды от начала к концу поливного трубопровода. Характер линии аппроксимирующей полиномиальную зависимость с корреляционным отношением почти 0,76, а также и уравнение аппроксимации, приведены на рисунке 1.

Равномерность распределения дождя по площади полива одним микро-

дождевателем в значительной степени влияет на равномерное питание и развитие как корневой системы растений, так и надземной его части. Этот показатель /4/ очень тесно связан с количеством перфорированных отверстий в наконечнике микрождевателя.

Для выявления этого, а также других факторов, влияющих на равномерность распределения дождя по площади полива одним микрождевателем, нами проводились многочисленные лабораторные и опытно-экспериментальные исследования. Изучались зависимость радиуса полива от диаметра и количества перфорированных поливных отверстий при разном напоре воды.

Результаты некоторых исследований приведены на рисунках 2 и 3. Анализ этих рисунков показывает, что площадь полива микрождевателем зависит как от количества и диаметра фиксированных перфорированных поливных отверстий наконечника микрождевателя, так и от напора воды над ними. Например, при устройстве четырех фиксированных перфорированных поливных отверстий в наконечнике микрождевателя с диаметрами, равными 0,5мм, 1,0мм и 1,5мм и напором воды над ними равным 1,0м, радиусы полива одним микрождевателем соответственно равняются: 1,0-1,1м, 1,5-1,6м и 2,0-2,2 м (рис. 2). При увеличении напора воды до 1,5м можно увеличить радиус полива на 20 %.

Следует отметить, что с увеличением количества фиксированных перфорированных поливных отверстий от 4 до 10шт. на 15-20 % уменьшается диаметр полива, но при этом значительно повышается качество распределения воды.

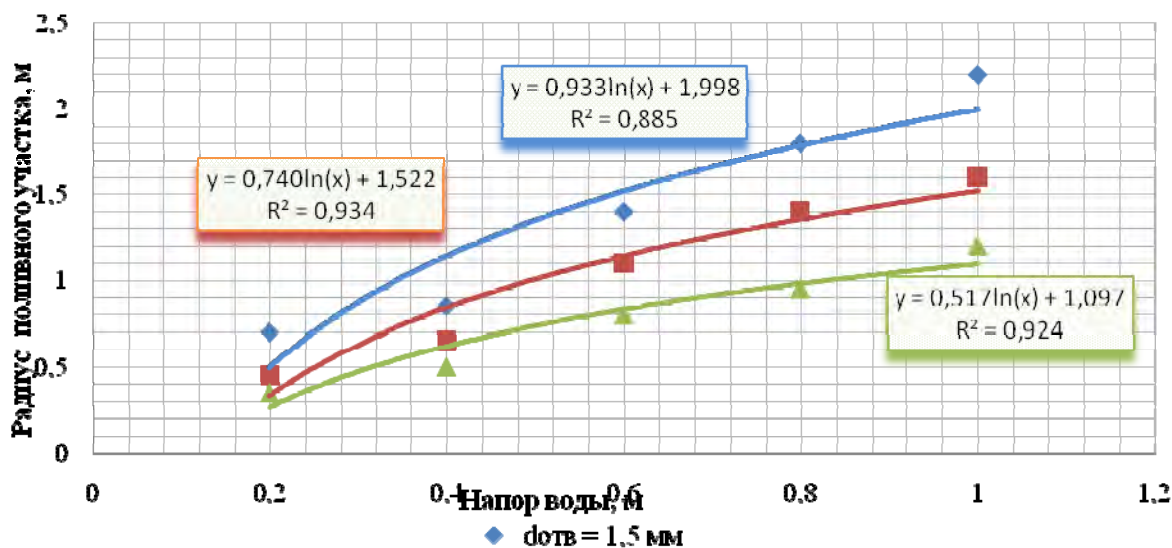


Рисунок 2 - Графики зависимости радиуса поливного участка от напора воды над перфорированными поливными отверстиями микрождевателя при $n_{отв} = 4$ шт.

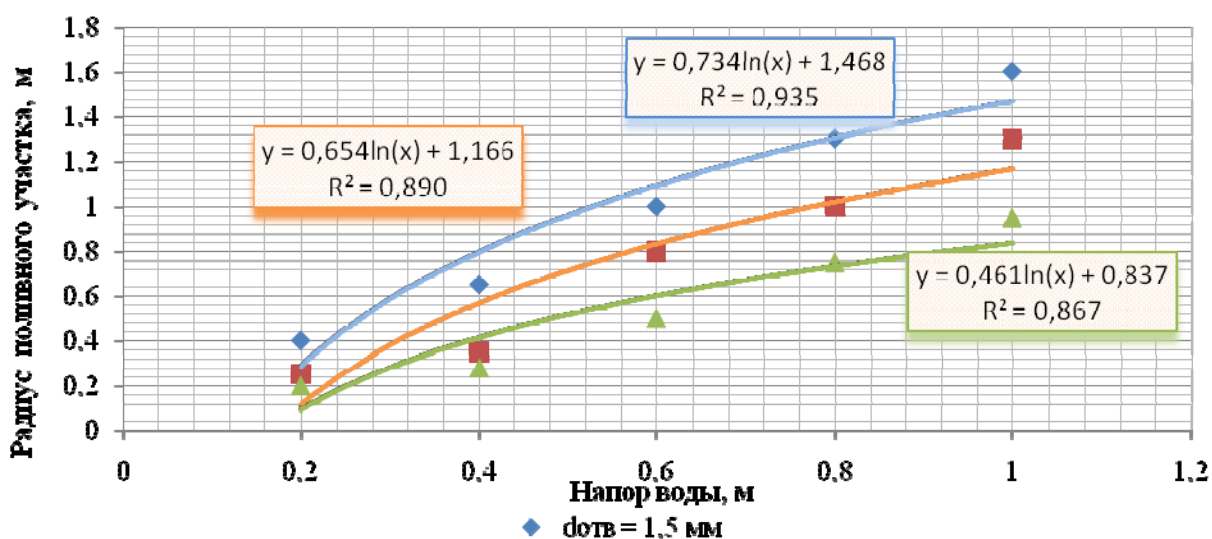


Рисунок 3 - Графики зависимостей радиуса поливного участка от напора воды над перфорированными поливными отверстиями микрождевателя при $n_{отм} = 10$ шт.

Исследованиями установлено, что самая высокая равномерность была зафиксирована при устройстве 10шт. фиксированных перфорированных поливных отверстий и равнялась 0,88; а при устройстве четырёх поливных отверстий – 0,61. Однако следует отметить, что чем больше количество перфорированных поливных отверстий, тем меньше будет диаметр этих отверстий, а это значительно повышает требования к качеству поливной воды.

Список использованных источников

1. Икромов Илхомжон И., Икромов И.И. Низконапорная система импульсного микрождевания теплиц и (или) лимонариев / Малый Патент № ТЈ 464, 2011г. Бюл. № 65. Душанбе, 2011.
2. Икромов Илхомжон И. Исследование импульсного микрождевателя низконапорной системы микрождевания теплиц и (или) лимонариев /Сб. Матер. Международ. Науч.-практ. Конф. «Мелиорация в России – традиции и современность», посвященная 100-летию со дня рождения выдающегося ученого – мелиоратора, академика ВАСХНИЛ, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР Аверьянова Сергея Федоровича, 24-25 октября 2012 г., Москва.
3. Икромов Илхомжон И. Низконапорная система импульсного микрождевания теплиц и лимонариев / Сб. Матер. Международ. Науч. Конфер. «Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология. Баку, 8.06.2012г., Габала, 9-10.06.2012г., Т. 2., С. 1045-1047.
4. Икромов И.И. Импульсный ороситель //Свидетельство на полезную модель № 25 ТЈ от 05.02.2003г.
5. Икромов И.И. Совершенствование технологии и техники микроорошения сельскохозяйственных культур для условий аридной зоны. Автореф. дисс... докт. тех. наук., М.: 2006г, 46с.
6. Храбров М.Ю. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения / Автореф. дисс. ...докт. техн. наук. – М., - 2008, -46с.
7. Klir A. Untersuchung der Wirkung der verschiedenen Tropfbewässerungssysteme / Österreichische Wasserwirtschaft, 1985, vol. 37-№ 9/10. – P.245-251.

УДК: 631.61:631.465:553.982

ОБОСНОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

А.В. Ильинский, С.В. Перегудов

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

В настоящее время проблема загрязнения компонентов природной среды нефтью и нефтепродуктами стоит довольно остро. При добыче, хранении, транспортировке и переработке нефти в почву попадает огромное количество нефтепродуктов, которые распространяются на значительные расстояния, загрязняя не только почву, но и грунтовые воды [9].

Значительное количество нефти и нефтяных углеводородов поступает в биосферу при её переработке. Наибольшее количество предприятий нефтеперерабатывающей отрасли сосредоточено в Башкортостане, Татарии, Самарской, Ярославской и Омской областях [7]. По мнению В.М. Кульчева, Е.А. Иванова, Ю.А. Даданова, С.Н. Мокроусова [6] об актуальности данной проблемы говорит и тот факт, что Российская Федерация относится к числу крупнейших стран-производителей, осуществляющих добычу и переработку нефти, транспортировку нефти и продуктов её переработки (более 12 % разведанных мировых запасов). Если в 2000 году в структуре топливно-энергетического баланса России (в пересчете на условное топливо) нефть составляла 10 %, то к 2010 году данная составляющая возрастает до 12 %.

По мнению В.А. Черникова, Р.М. Алексахина, А.В. Голубева [12], Д.С. Орлова, Л.К. Садовниковой, И.Н. Лозановской [10] производственная деятельность нефтеперерабатывающих предприятий неизбежно оказывает негативное воздействие на объекты природной среды.

По сведениям А.И. Голованова, Ф.М. Зимина [1] в районах расположения нефтеперерабатывающих заводов, крупных складов топливно-смазочных материалов в результате проливов, утечек, аварий в грунтах скапливается большое количество легких нефтепродуктов (бензина, реактивного керосина, дизельного топлива). Ориентировочно ежегодные потери составляют 0,5–2 % годового оборота нефтепродуктов, за 30–40 лет объем просочившихся нефтепродуктов измеряется сотнями тысяч и миллионами тонн. Эту информацию подтверждают исследования В.А. Черникова, Р.М. Алексахина, А.В. Голубева [12], Д.С. Орлова, Л.К. Садовниковой, И.Н. Лозановской [10].

Проблема реабилитации и восстановления плодородия земель, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами, актуальна для нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих и сельскохозяйственных предприятий как России, так и ближнего и дальнего зарубежья [4, 5, 8].

Одним из крупнейших в Рязанской области предприятий, активно занимающихся природовосстановительными работами по очистке загрязнённых территорий в границах собственного землеотвода, является Закрытое акцио-

нерное общество «Рязанская нефтеперерабатывающая компания» (ЗАО «РНПК»). В рамках реализации крупномасштабных инвестиционных проектов, связанных со строительством новых объектов, модернизацией производства и выполнения консолидированной Программы по ликвидации накопленного экологического ущерба в ЗАО «РНПК» образуется большое количество отходов, в том числе и почвогрунтов, загрязнённых продуктами переработки нефти, которые подлежат утилизации.

К сожалению, в настоящее время при разработке проектной документации и, как следствие, при производстве природовосстановительных работ по очистке загрязнённых территорий предпочтение отдается варианту очистки, связанному с утилизацией загрязнённых продуктами переработки нефти почвогрунта на санкционированной свалке. Такой вариант очистки является для региона самым распространённым способом очистки загрязнённых нефтепродуктами территорий, он неоднократно применён в составе проектных решений для нужд ЗАО «РНПК». Санкционированной свалкой, на которую до недавнего времени утилизировался загрязнённый продуктами переработки нефти грунт, образовывавшийся при реализации природовосстановительных проектов ЗАО «РНПК», служил полигон промышленных отходов МУП «Экологозащита». Следует отметить, что полигон промышленных отходов МУП «Экологозащита» является единственным подобным крупным объектом для приёма и размещения промышленных отходов в регионе, деятельность которого строго регламентирована Правительством Рязанской области, кроме того лимиты полигона не позволяют в значительной мере удовлетворить возросшие потребности ЗАО «РНПК» в утилизации загрязнённого продуктами переработки нефти грунта. Поэтому ЗАО «РНПК» в настоящее время рассматривает возможность применения альтернативных технологий утилизации загрязнённого продуктами переработки нефти почвогрунта, при этом акцент делается на применение при утилизации технологий основанных на термическом методе утилизации загрязнённого грунта.

Однако, как отмечают А. Сейдов, С. Август, Ф. Пронин [11], используемые на данный момент технологии, основанные на термическом методе утилизации, такие как сжигание, при экономии на системах фильтрации (что зачастую и происходит), также оказывают в итоге губительный эффект для экосистемы региона. К существенным недостаткам данного метода также следует отнести необходимость утилизации золы и тепла, выбросы сероводорода.

На наш взгляд, успешно реализовать инвестиционные проекты ЗАО «РНПК», в том числе и природовосстановительные, в части утилизации почвогрунта, загрязнённого продуктами переработки нефти, позволяет научное обоснование и внедрение современных, высокоэффективных, экологически безопасных и экономически приемлемых технологий биологической очистки, основанных на биодеструкции углеводородных загрязнений почвогрунтов.

Биологический метод утилизации (биоремедиация) является наиболее экологически чистым. Область его применения лимитируется следующими факторами: диапазоном активности биопрепаратов, температурой, кислотно-

стью, мощностью загрязнения, аэрацией, влажностью, обеспеченностью элементами минерального питания [2, 11].

В этой связи Мещерский филиал Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова совместно с Всероссийским нефтяным научно-исследовательским геологоразведочным институтом приступили к проведению научно-исследовательской работы, конечный результат которой заключается в подготовке научно-обоснованных рекомендаций по обезвреживанию загрязнённых продуктами переработки нефти почвогрунтов методом биологической очистки на основе применения комбинированных мелиорантов с использованием бактерий применительно к региональным условиям.

На начальном этапе нами была разработана и согласована с ЗАО «РНПК» рабочая программа проведения научно-исследовательской работы: «Разработать технологию биологической очистки от нефтепродуктов почвогрунтов комбинированными мелиорантами с использованием бактерий, адаптированную к региональным условиям и условиям природовосстановительных работ ЗАО «РНПК»». Цель исследований заключается в разработке современной, высокоэффективной, экологически безопасной, экономически рентабельной технологии обезвреживания загрязнённых продуктами переработки нефти почвогрунтов методом биологической очистки на основе применения комбинированных мелиорантов с использованием бактерий применительно к региональным условиям Рязанской области для дальнейшего вовлечения в сельскохозяйственный оборот очищенного почвогрунта. Разрабатываемый тип технологии биоремедиации «ex situ» – процесс обезвреживания проводится вне места загрязнения путём внедрения в загрязнённый субстрат комбинированного мелиоранта с использованием углеводородокисляющих микроорганизмов (интродукция активных штаммов). В последующем очищенный грунт будет вовлечен в сельскохозяйственный оборот.

Поскольку применение конкретных комбинированных мелиорантов и микробных штаммов для биологической очистки загрязнённого почвогрунта возможно только на основе анализа результатов его химико-аналитических исследований, то в начале научно-исследовательской работы необходимо было произвести предварительное опробование почвогрунтов на территории ЗАО «РНПК», в отношении которой компанией запланировано проведение работ по утилизации загрязнённого грунта, что и было предусмотрено при разработке рабочей программы НИР. ЗАО «РНПК» были определены участки на территории предприятия (проект «Гидрокрекинг») для отбора проб почвогрунта с целью их химико-аналитических исследований, после чего специалисты МФ ГНУ ВНИИГиМ в присутствии представителей ЗАО «РНПК» на территории предприятия (планшеты № 33, 34 и 35) произвели методом конверта отбор 4-х объединённых проб почвогрунта с глубины 20 – 40 см. Затем в специализированной аккредитованной лаборатории ФГБУ «Станция агрохимической службы «Рязанская»» были выполнены комплексные химико-аналитические исследования отобранных образцов грунта по определению содержания: нефтепродуктов, ва-

ловых форм тяжёлых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий, никель, кобальт), мышьяка, радионуклидов (радий-226, торий-232, калий-40, цезий-137), pH_{Kcl} , органическое вещество, K_2O , P_2O_5 , S (сумма обменных оснований), Hr (гидролитическая кислотность), $N_{\text{общ}}$.

Комплексные химико-аналитические исследования отобранных образцов показали, что по кислотности почвогрунт близкий к нейтральному и нейтральный (величина pH_{Kcl} колеблется в интервале 5,7 – 6,9); содержание P_2O_5 от 98 – 135 мг/кг (среднее и повышенное); K_2O от 82 – 110 мг/кг (среднее); сумма обменных оснований от 11,4 до 20,7 ммоль/100г (среднее и повышенное); гидролитическая кислотность варьирует от 0,39 до 1,15 мг-экв/100г; массовая доля органического вещества 1,0 – 1,6 %; массовая доля общего азота от 0,048 до 0,134 %. Содержание поллютантов в отобранных образцах почвогрунта распределено следующим образом: кадмий от 0,27 до 0,38 мг/кг (ОДК 2,0 мг/кг); свинец от 11,0 до 13,2 мг/кг (ОДК 130 мг/кг); медь от 13,7 до 16,4 мг/кг (ОДК 132 мг/кг); цинк от 41,9 до 52,8 мг/кг (ОДК 220 мг/кг); никель от 20,4 до 22,6 мг/кг (ОДК 80 мг/кг); кобальт от 8,50 до 9,44 мг/кг (фоновое содержание 25 мг/кг, ориентировочное значение для средней полосы России согласно СП 11-102-97); мышьяк от 0,27 до 0,38 мг/кг (ОДК 10 мг/кг); нефтепродукты от 106 до 3847 мг/кг (допустимый уровень 1000 мг/кг, согласно Инструкции по определению и возмещению вреда (ущерба), причиненного в результате деградации, загрязнения и захламления земель, 1998); удельная эффективная активность естественных (калий-40, торий-232, радий-226) искусственного (цезий-137) радионуклидов не превысила установленные нормативы согласно СП 2.6.1.758-99 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99».

Таким образом, результаты химико-аналитических исследований проб почвогрунта, взятых на территории ЗАО «РНПК» (проект «Гидрокрекинг»), показали, что грунт загрязнён нефтепродуктами, содержание остальных поллютантов не превышает санитарно-гигиенических нормативов. Исследованные образцы характеризуются оптимальной кислотностью, обеспечены минеральными элементами. В этой связи по химическим показателям к данному почвогрунту ЗАО «РНПК» проекта «Гидрокрекинг» может быть применён биологический метод утилизации. На данном этапе ключевая задача заключается в выборе природного мелиоранта, выполняющего роль органического удобрения, носителя макро- и микроэлементов, выступающего также в роли физического мелиоранта (рыхлителя), подборе эффективного штамма микроорганизмов для деградации продуктов переработки нефти и создании оптимальных условий для процесса биологической очистки.

В настоящее время проводится работа по постановке эксперимента по очистке загрязнённых продуктами переработки нефти почвогрунтов комбинированным мелиорантом на основе подобранного штамма углеводородокисляющих микроорганизмов.

Список использованных источников

1. Голованов А.И., Зимин Ф.М. Природообустройство (курс лекций). – М.: МГУП, 2000. – 149 с.

2. Водянова М.А. Анализ существующих микробиологических препаратов, используемых для биodeградации нефти в почве / М.А. Водянова, Е.И. Хабарова, З. Л.Г. Донерьян // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 7. – С. 253–258.
4. Евтюхин В.Ф., Ильинский А.В. Организация и проведение производственно-экологического мониторинга при строительстве объектов магистральных нефтепродуктопроводов (МНПП) // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: Сб. науч. тр. Вып. 3 / Под общ. ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ, 2008. – С. 457–464.
5. Ильинский А.В. Экологические аспекты загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами. // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России (Костяковские чтения). Материалы международной научно-практической конференции 20-21 марта 2013 года. – М.: Изд. ВНИИА, 2013. – С. 274–277.
6. Кульчев В.М., Иванов Е.А., Дадонов Ю.А., Мокроусов С.Н. Трубопроводный транспорт природного газа, нефти и нефтепродуктов и его роль в обеспечении развития и стабильности топливно-энергетического комплекса // Безопасность труда в промышленности. 2002. – № 7. – С. 4–12.
7. Мазур И.И., Молдованов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология. Общий курс: В 2 т. Т.1. Теоретические основы инженерной экологии: Учебное пособие для вузов / Под ред. И.И. Мазура. – М.: «Высшая школа», 1996. – 637 с.
8. Миронов А. Нефть в море: Катастрофа века // Химия и жизнь. - 1992. -№ 3. - С. 34-39.
9. Нейтрализация загрязненных почв: монография / Под общ. ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2008. – 528 с.
10. Орлов Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учебное пособие для хим., хим.-технол. и биол. спец. вузов / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М.: Высш. Шк., 2002. – 234 с.
11. Сейдов А., Август С., Пронин Ф. и др. Рынок утилизации нефтешламов в Российской Федерации в 2004–2009 гг. М.: АТconsulting company, 2010. – 107 с.
12. Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др. Агроэкология / Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

УДК: 631.6:577.4

ИЗУЧЕНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ НОВОГО СПОСОБА ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕЛИОРАНТОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЁННОЙ МЫШЬЯКОМ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЫ

Л.В. Кирейчева¹, А.В. Ильинский², Л.И. Московкина³

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

² Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н.Костякова», г.Рязань, Россия

³ Закрытое акционерное общество «Речной порт», г. Москва, Россия

Одним из перспективных методов детоксикации загрязнённых мышьяком почв является иммобилизация поллютанта путём перевода его подвижных форм в неподвижные [4]. Химическая детоксикация осуществляется повышением содержания в почве органики путем внесения органических и фосфорных удобрений, торфа, сапропелей, цеолитов, других минералов и горных пород, а также изменением величины рН путем известкования почв. Методы химической детоксикации основаны на взаимодействии загрязняющих веществ с ком-

понентами почв с помощью реакций гидролиза, окисления-восстановления, химической сорбции и др. [1, 2, 8, 9].

На базе Мещерского филиала Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова в 2010 году был заложен многолетний лизиметрический опыт по изучению эффективности применения комбинированных мелиорантов на основе природных сорбентов для детоксикации загрязнённой мышьяком аллювиальной дерновой легкосуглинистой почвы. Цель многолетних исследований заключалась в оценке нового способа применения комбинированных мелиорантов для детоксикации загрязнённой мышьяком аллювиальной дерновой легкосуглинистой почвы и получении высоких урожаев экологически безопасной продукции.

На основе анализа литературных данных и результатов ранее проведённых экспериментальных исследований, выполненных под руководством Л.В. Кирейчевой[3], в качестве наиболее перспективных и эффективных комбинированных мелиорантов, состоящих из природных сорбентов, для детоксикации почвы, загрязнённой мышьяком, были отобраны: обработанный трехвалентным железом диатомит в смеси с голубой глиной и сапропель в смеси с CaCO_3 . Эксперимент проводился на образцах аллювиальной дерновой легкосуглинистой почвы, отобранной в 2010 году в Рязанской области (ЗАО «Заборье», пойма р. Ока), глубина взятия 0-20 см. Перед закладкой опыта почва в слое 0-20 см имела следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} – 7,1; содержание гумуса – 4,2% (по Тюрину); подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову), соответственно, 24,5 и 6,2 мг/100 г; азота общего – 0,29 %; обменного кальция – 33 мг-экв/100 г; содержание валовой формы As не обнаружено.

В лизиметрическом опыте был смоделирован уровень загрязнения почвы мышьяком равный 40 мг/кг (4 ОДК) путём внесения в почву раствора мышьяково-кислого натрия (Na_2AsO_3). Комбинированные мелиоранты вносили в лизиметры из расчёта 10 т/га, смеси сорбентов готовились в пропорции 1:1 по массе. Сорбенты предварительно высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре до 100°C и измельчались. Контролем в опыте являлась почва с выбранной концентрацией загрязнителя мышьяка без использования комбинированного мелиоранта. Вносимые комбинированные мелиоранты равномерно распределялись по поверхности почвы, после чего проводилась перекопка, распределяя его по всему пахотному слою (0-20 см). Одновременно с комбинированными мелиорантами в почву были внесены минеральные удобрения из расчёта N60P60K60. В экспериментах использовались лизиметры конструкции ВНИИГиМ. Конструкция лизиметра представляет собой металлическую колонну высотой 1,5 м, рабочая площадь (испаряющая поверхность) 1,17 м², лизиметры вкопаны в грунт в 2 ряда на расстоянии 0,5 м друг от друга. Лизиметры функционировали в режиме безнапорного потока. Эксперимент проводился в условиях естественного увлажнения. Схема закладки и проведения многолетнего опыта представлена в таблице 1.

Для изучения особенностей транслокации мышьяка на вариантах опыта в конце вегетационного периода проводился отбор образцов растениеводческой

продукции. Отбор проб растений и определение в них мышьяка выполнены в соответствии с Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (1992), Практикумом по агрохимии (1987) и ГОСТ 26930-86.

Таблица 1 - Схема закладки и проведения многолетнего лизиметрического эксперимента по изучению последствий нового способа применения комбинированных мелиорантов на основе природных сорбентов для детоксикации загрязнённой мышьяком аллювиальной почвы

Варианты	Чередование культур и системы удобрений в севообороте			
	2010 г. яровая пшеница «Иволга»	2011 г. яровая пшеница «Иволга»	2012 г. многолетние травы (клевер и овсяница) под покровом однолетних (горохово-овсяная смесь)	2013 г. многолетние травы (клевер и овсяница)
Исходная незагр. почва	N60P60K60	N60P60K60	N60P60K60	N40
Контроль (As 40 мг/кг)	N60P60K60	N60P60K60	N60P60K60	N40
As 40 мг/кг + диатомит, обработанный Fe ³⁺ + голубая глина	диатомит, обработанный Fe ³⁺ + голубая глина 10 т/га N60P60K60	N60P60K60	N60P60K60	N40
As 40 мг/кг + сапропель + CaCO ₃	сапропель + CaCO ₃ 10 т/га N60P60K60	N60P60K60	N60P60K60	N40

Учёт средней продуктивности в звене севооборота многолетнего лизиметрического опыта по реабилитации загрязнённой мышьяком аллювиальной почвы с помощью комбинированных мелиорантов показал, что на варианте с использованием в качестве комбинированного мелиоранта смеси сапропеля и извести было зафиксировано её наибольшее значение, равное 50,4 ц/га корм. ед. При использовании диатомита, обработанного трехвалентным железом, в смеси с голубой глиной значение средней продуктивности сельскохозяйственных культур составило 49,1 ц/га корм. ед. На варианте с незагрязнённой почвой значение средней продуктивности сельскохозяйственных культур составило 45,5 ц/га корм. ед. Самое низкое значение средней продуктивности сельскохозяйственных культур зафиксировано на варианте с внесением поллютанта без использования комбинированных мелиорантов – 41,2 ц/га корм. ед. (рис. 1).

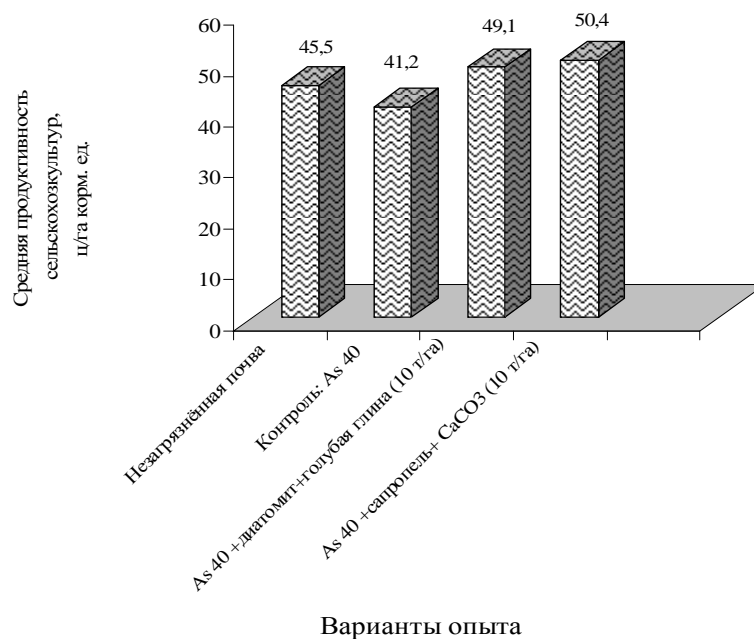


Рисунок 1 - Сравнительная оценка продуктивности сельскохозяйственных культур при использовании комбинированных мелиорантов на основе природных сорбентов для детоксикации загрязнённой мышьяком аллювиальной почвы

При оценке эффективности комбинированных мелиорантов для детоксикации загрязнённых мышьяком почв применены коэффициенты биологического накопления поллютантов в органах растений по отношению к его содержанию в почве. Чем меньше значение указанного коэффициента, тем эффективность детоксикации выше [1, 7]. Значения коэффициентов биологического поглощения мышьяка пшеницей представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Коэффициенты биологического поглощения мышьяка пшеницей

Вариант опыта	Коэффициенты биологического поглощения(As)пшеницей		
	корни	стебли	зерно
Контроль: As 40	9,8	1,3	0,15
As 40 + диатомит + голубая глина (10 т/га)	3,9	0,7	0,01
As 40 + сапропель + CaCO ₃ (10 т/га)	5,3	0,4	0,05

Значения коэффициентов биологического поглощения мышьяка пшеницей при использовании комбинированных мелиорантов для детоксикации загрязненной аллювиальной почвы (табл. 2) показали, что использование в качестве комбинированного мелиоранта смеси диатомита и голубой глины позволяет в наибольшей степени снизить содержание мышьяка в органах пшеницы, при этом значения коэффициентов биологического поглощения составили: для корней – 3,9, для стеблей – 0,7, для зерна - 0,01. Исследования показали, что использование в качестве комбинированного мелиоранта сапропеля и извести также способствовало снижению содержания мышьяка в органах пшеницы, при

этом значения коэффициентов биологического поглощения составили: для корней – 5,3, для стеблей – 0,4, для зерна - 0,05. На контрольном варианте содержание мышьяка в органах пшеницы наибольшее, значения коэффициентов биологического поглощения составили: для корней – 9,8, для стеблей – 1,3, для зерна - 0,15. Содержание мышьяка в сене представлено на рисунке 2.

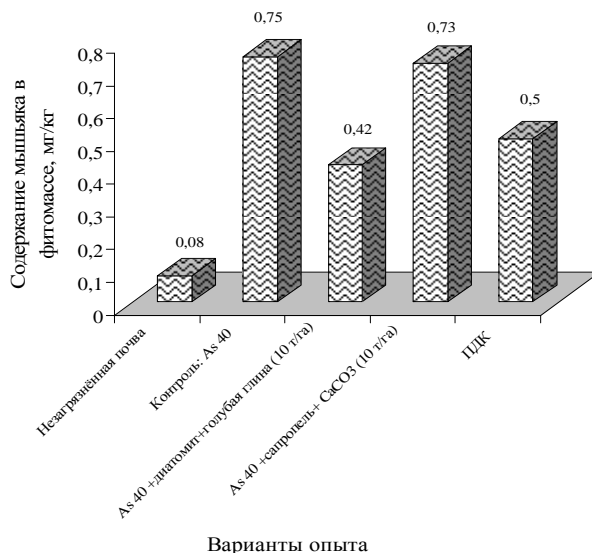


Рисунок 2 - Сравнительная оценка содержания мышьяка в сене, мг/кг

Анализ данных, представленных на диаграмме (рис. 2) показывает, что диатомит, обработанный Fe^{3+} , +голубая глина снизил содержание мышьяка в сене на 44%, его содержание в растениеводческой продукции достигло принятых гигиенических нормативов. Сапропель+ $CaCO_3$ снизил содержание мышьяка в сене только на 2,7%.

Таким образом, выполненные многолетние исследования показали, что использование комбинированных мелиорантов на основе природных сорбентов для детоксикации аллювиальной почвы, загрязнённой мышьяком, позволило существенным образом снизить токсический эффект от действия поллютанта и тем самым благоприятно повлияло на урожайность растениеводческой продукции. Применение сорбционных смесей для реабилитации аллювиальной почвы, загрязнённой мышьяком, существенным образом улучшает условия развития растений. Средняя продуктивность сельскохозяйственных культур в звене севооборота, при ежегодном применении оптимальных доз минеральных удобрений, на варианте с использованием сапропеля в смеси с известью увеличилась на 22,3%, также на варианте с использованием диатомита, обработанного трехвалентным железом в смеси с голубой глиной: продуктивность увеличилась на 19,2%.

Установлено, что для детоксикации почв, загрязнённых мышьяком (40 мг/кг, очень сильное загрязнение) в качестве комбинированного мелиоранта пролонгированного действия наиболее эффективно использование диатомита, обработанного Fe^{3+} совместно с голубой глиной (1:1). Разработанный комби-

нированный мелиорант эффективен в отношении токсичных химических элементов с переменной степенью окисления, проявляющих в почве как окислительные, так и восстановительные свойства и легко переходящих из катионной формы в анионную и обратно. Использование данного комбинированного мелиоранта приводит к снижению содержания мышьяка в зерне на 94 - 97% и се-не на 44 - 50%, при этом его содержание в продукции не превышает принятых гигиенических нормативов. По результатам проведённых исследований предложен новый способ детоксикации загрязнённых мышьяком почв земель сельскохозяйственного назначения с использованием комбинированного мелиоранта.

Существенной особенностью предлагаемого способа детоксикации загрязнённых мышьяком почв является внесение в почву с упомянутым комбинированным мелиорантом азотно-фосфорно-калийных удобрений (в дозе N60P60K60), что позволяет не только нейтрализовать токсичность поллютанта, но и обеспечивает устранение уже нанесённого экологического ущерба. В данном способе присутствует комплексный подход к мелиорации почв земель сельскохозяйственного назначения, сочетающий, прежде всего, такие факторы восстановления как агрохимические и биологические. Предлагаемый способ детоксикации почв позволяет не только активно инактивировать подвижные формы мышьяка, создавая тем самым позитивные предпосылки для использования реабилитированных почв в хозяйственных целях, их полноценного возврата в сельскохозяйственное производство и улучшения экологической обстановки окружающей среды, но и, благодаря используемым сапропелю и азотно-фосфорно-калийным удобрениям, в почве создаются оптимальные условия для питания сельскохозяйственных культур, восстанавливается баланс минеральных элементов, увеличивается буферность почвы, что благоприятно сказывается на урожае и качестве растениеводческой продукции и улучшает экологическую обстановку. Рекомендуемая доза внесения в почву комбинированного мелиоранта для детоксикации загрязнённости мышьяком составляет 10 т/га. После внесения комбинированного мелиоранта в почву незамедлительно следует внести азотно-фосфорно-калийное минеральное удобрение в дозе N60P60K60. Для поддержания положительного мелиоративного эффекта внесение комбинированного мелиоранта рекомендуется повторять с периодичностью 1 раз в 4 - 5 лет.

Список использованных источников

1. Ильинский А.В. Биологическая очистка почв, загрязненных тяжелыми металлами // *Агрохимический вестник*. – 2003. – № 3. – С. 30–32.
2. Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Методы детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами // *Почвоведение*. – 1995. – №7. – С. 892–896.
3. Кирейчева Л.В., Московкина Л.И. Мелиорация почв, загрязненных мышьяком // *Плодородие*. – 2011. – № 4. – С. 51–52.
4. Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами. – Москва, 2005. – 71 с.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992. – 61 с.

6. Практикум по агрохимии / Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
7. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М., 1999. – 763 с.
8. Goldberg S. (2002). Competitive adsorption of arsenate and arsenite on oxides and clay minerals // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2002. – № 66 (2). – P. – 413–421.
9. Penrose W.R. (1974) Arsenic in the marine and aquatic environments: Analysis, occurrence, and significance // CRC Critical Reviews in Environmental Control. – 1974. – № 4 (1-4). – P. – 465–482.

УДК 631.5: 631.811

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ-РАЗРЫХЛИТЕЛЕЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РУКОЛЫ (ИНДАУ) НА ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. В. Кирейчева, В. П. Максименко, С. А. Меньшикова
ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

В настоящее время возникает необходимость развития отечественного сельскохозяйственного производства путем введения в сельскохозяйственный оборот нетрадиционных овощных культур. Одной из таких салатных культур, не характерных для выращивания в Московской области, является рукола или эрука посевная (*Eruca sativa*), родиной из Средиземноморья и Западной Азии, где она широко возделывается на зелень и как масличная культура (семена содержат до 35 % масел). Рукола - однолетнее растение семейства капустные (крестоцветные), формирует вертикальную розетку перистых сильно зазубренных листьев, длиной 0,2...0,4 м [1]. В листьях содержится множество минеральных солей калия, кальция, фосфора, витаминов (А, Е, С, К), а так же присутствуют органические кислоты и эфирные масла. Нарастающая популярность руколы как салатного овощного растения обусловлена её своеобразным орехово-пряным вкусом и рядом диетических качеств.

Первые отечественные исследования по выращиванию, изучению биологических особенностей и семеноводству этой культуры были начаты только в 1999 году в Пермской СХА. Ранее рукола была известна как дикорастущее травянистое однолетнее растение и в массовых масштабах не культивировалась [2]. На территории Российской Федерации возделывание руколы является перспективным и рентабельным как в тепличном производстве, так и в открытом грунте [3, 4, 5]. Средняя рыночная стоимость в России 1 кг листьев руколы в 2014 году составила от 270 рублей (оптовая цена) до 800 рублей (розничная цена). Товарный урожай листьев при выращивании на зелень под укрытием для климатических условий Центральной Европы составляет 3...6 кг/м² [5].

Целью работы было исследование возможности выращивания руколы на торфяно-болотных почвах Московской области с применением полимеров-разрыхлителей, обладающих удобрительными свойствами.

Торфяно-болотные почвы составляют около 10 % почвенного фонда Российской Федерации [6] и обладают высоким содержанием органических соединений, позволяющих поддерживать высокий уровень их плодородия с исполь-

зованием минеральных удобрений и проведением химических мелиораций. Применение такой агротехники сопровождается образованием растворимых минеральных и органических соединений в почве и выносом их в больших количествах с дренажно-сбросными водами за пределы корнеобитаемого слоя и, в конечном итоге, за пределы осушаемого массива. С другой стороны, известно, что листовые салатные овощи семейства капустных, к которым относится рукола, способны значительно накапливать нитраты из азотсодержащих удобрений [7, 8, 9]. Поэтому одним из приемов повышения эффективности использования удобрений, а так же устранение их отрицательного влияния, как на окружающую среду, так и на получаемую продукцию, связано с применением медленнодействующих удобрений с пролонгированным высвобождением питательных веществ. Это могут быть органические удобрения, органоминеральные смеси, удобрительных соединений в форме гелей или полимерные материалы на основе азотных удобрений, изготавливаемых в виде пористого материала с содержанием открытых пор до 85 % [10, 11, 12].

Среди таких материалов большой интерес представляет карбамидоформальдегидный поропласт, обладающий удобрительными, водоудерживающими и аэрирующими свойствами. Вспененное карбамидоформальдегидное удобрение (ВКФУ) имеет открытоячеистую структуру (более 85 % открытых пор), плотность 8...25 кг/м³, водопоглощение 3300...4000 % от массы, рН водной вытяжки 5,8. Мелиорант содержит (в % от массы) азот связанный 30...32 %, азот свободный 0,2...0,3 %, Р₂О₅ - 0,3...0,4 %, а также К₂О и магний. Дополнительно может содержать различные микроэлементы: бор, железо, марганец, медь, цинк, молибден, что позволяет классифицировать его как комплексное удобрение (агромелиорант) и создаваться под конкретную культуру [13, 14].

Для исследования возможности выращивания руколы на торфяно-болотных почвах Московской области с применением полимеров-разрыхлителей, обладающих удобрительными свойствами в 2014 году был заложен вегетационный опыт. Методика исследований включала наблюдение за растениями в определённые фазы роста. Почва характерна для территории Яхромского аграрного комплекса, расположенного на пойменных землях в Дмитровском районе Московской области. Участок осушен в 60-х годах XX века и используется для выращивания овощей и картофеля. Вся территория Яхромской поймы осушается закрытым горизонтальным дренажем глубиной 0,8-1,2 м с междренним расстоянием 20...40 м [15]. В 2001 году на участке была проведена реконструкция осушительно-оросительной сети. Используются интенсивные технологии, позволяющие получать высокие урожаи и характеризующиеся внесением высоких доз минеральных удобрений и применением средств химизации для борьбы с вредителями и сорняками. Применение интенсивных технологий на фоне орошения и дренажа обуславливает весьма высокий уровень антропогенной нагрузки как на почвы, так и на агроландшафт в целом, что привело к существенным выносам биогенных веществ. Соответственно изменился агрохимический состав и агрофизические свойства почвы. В результате минерализации низинный торф трансформировался в торфяно-песчаную разновид-

ность (табл. 1).

Однофакторный вегетационный опыт проводился по методике З. И. Журбицкого [16]. Удобрение-мелиорант вносили при набивке сосудов на глубину 2...5 см. Способ внесения мелиоранта обусловлен экономическими соображениями. Согласно литературным данным применение полимеров-разрыхлителей для мелиорации всего пахотного слоя является нерентабельным, тогда как точечное их внесение в корнеобитаемую толщу непосредственно под культуру является весьма эффективным [10, 17, 18].

Таблица 1 – Водно-физические и агрохимические свойства почвы опытного участка

Плотность сложения, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Пористость, %	Зольность, %	Полная влагоемкость, % от а.с.п.	pH _{kcl}
0,88	2,30	61,74	72	104	4,8

Растения выращивались в условиях естественного летнего периода освещенности и температуры с 28 июля по 13 сентября. Посев семян руколы сорта «Рокет» проводился на глубину 1,5 см по 5 семян на сосуд объемом 2 л. Повторность опыта четырехкратная. Для выравнивания условий освещенности сосуды с растениями в течение вегетации регулярно перемешали.

Согласно многочисленным данным по проведению вегетационных опытов, оптимальной влажностью принято считать влажность, соответствующую 60 % от полной влагоемкости (ПВ), поэтому полив производился по массе до влажности, соответствующей 60 % ПВ [16]. В течение вегетационного периода велись наблюдения за основными фенологическими фазами роста и развития растений (табл. 2).

Таблица 2 – Дата наступления фенологических фаз роста и развития руколы сорта «Рокет» по вариантам внесения мелиоранта

№варианта	Дата наступления фенологической фазы					Вегетационный период до выхода в трубку, сутки
	посев	прорастание и всходы	кущение		выход в трубку	
			стадия розетки	потребительская спелость		
1	28.07	01.08	15.07	20.08	12.09	45
2	28.07	30.07	14.07	18.08	11.09	44
3	28.07	30.07	14.07	18.08	08.09	41
4	28.07	30.07	14.07	18.08	08.09	41
5	28.07	30.07	14.07	18.08	08.09	41
6	28.07	31.07	15.07	19.08	13.09	46

Уборка урожая на зелень осуществлялась до выхода в трубку через 38 дней после появления первых всходов. Корни растений отмывались и просуши-

вались. После высушивания зеленая масса и корни взвешивались. Эксперимент включал 6 вариантов с дозами внесения: 1) - контроль; 2) – 1/10; 3) – 1/20; 4) – 1/40; 5) – 1/50; 6) – 1/100 (в знаменателе объем мелиорируемой почвы). Результаты формирования биомассы культуры под влиянием удобрения-мелиоранта приведены в таблице 3.

Следует отметить, что наступление всех фенологических фаз в вариантах 2-5 с внесением удобрения-мелиоранта происходило на 1-2 дня раньше, чем на контроле и варианте 6 с минимальной дозой внесения (табл. 2). Так же следует отметить, что на вариантах 2, 3 и 4 наблюдалась 95...100 % всхожесть семян, тогда как на варианте 6 она составила 90 %, а на варианте 1 (без внесения мелиоранта) только 70 % (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние удобрения-мелиоранта на биометрические показатели и продуктивность руколы сорта «Рокет»

№ варианта	Количество мелиоранта, %	Всхожесть, %	Масса листьев (товарная урожайность)	Масса корней	Урожайность	Длина листьев в фазу потребительской спелости, см	Количество листьев, шт.
1	0	70	16,73	0,46	17,18	14,1	28
2	10	95	17,35	0,66	18,01	14,0	36
3	5	100	17,44	0,72	18,16	14,6	42
4	2,5	95	18,05	0,71	18,76	14,0	38
5	2	95	17,53	0,70	18,23	13,6	38
6	1	90	17,30	0,63	17,93	13,8	37
НСР ₀₅	-	-	0,32	-	-	-	-

Наибольшая товарная урожайность 18,05 г/сосуд (7,89 % к контролю) была получена в варианте 4 с дозой внесения мелиоранта 2,5 % от общего объема субстрата. Наибольшая масса корней 0,72 г/сосуд была получена в варианте 3 с дозой внесения 5 % от объема мелиорируемого субстрата. В этом же варианте наблюдались наибольшее количество листьев (42 шт.) и длина (14,6 см), которые измерялись в фазу потребительской спелости.

Заключение

В климатических условиях Московской области в открытом грунте на протяжении летнего периода возможно эффективное выращивание руколы в качестве деликатесного салатного растения. Для достижения наибольшей урожайности необходимо осуществлять своевременный полив растений, так как недостаточное обеспечение посевов влагой становится лимитирующим фактором в росте урожайности этой культуры.

На торфяно-болотных почвах, характеризующихся достаточно высоким исходным уровнем плодородия, применение полимеров-разрыхлителей, а

именно удобрения мелиоранта ВКФУ, способствует увеличению товарной урожайности руколы сорта «Рокет» более чем на 7 % по сравнению с контролем без дополнительного внесения азотосодержащих удобрений.

Список использованных источников

1. Губанов, И. А. Эрука посевная, или Индау [Текст] / И. А. Губанов и др. Иллюстрированный определитель растений Средней России. — М.: Т-во науч. изд. КМК, 2003; - Т. 2. — С. 287.
2. Дудченко, Л. Г. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения [Текст] / Л. Г. Дудченко, А. С. Козьяков, В. В. Кривенко. — Киев.: Наукова думка, 1989. — 304 с.
3. Папонов, А. Н. Рукола - деликатесное салатное растение [Текст] / А. Н. Панов // Картофель и овощи, 2004; - № 2. - С. 15.
4. Биткова, Н. П. Эрука посевная - новая салатная культура Приамурья [Текст] / Н. П. Биткова // Проблемы экологии и рационального использования природных ресурсов в Дальневосточном регионе. - Благовещенск, 2004; - Т. 1. - С. 173-175.
5. Slodkowski, P. Влияние укрытия на урожай руколы при выращивании на зелень [Текст] / P.Slodkowski, E.Rekowska, K. Skurien [конференция "Качество плодоовощной продукции" (Леднице, Чехия, 2007)] / Гавриш. - 2007; - N 6. - С. 35-36.
6. Добровольский, Г. В. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России [Текст] / Г. В. Добровольский и др. // Коллективная монография. - Версия 1.0. – М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. – 768 с.
7. Примак, А. П. Накопление нитратов некоторыми овощными культурами [Текст] / А. П. Примак, М. В. Литвиненко, Н. Ф. Воронцова, Н. М. Соханова // Сб. науч. тр. - ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур, 1986; - Т. 22. - С. 102-105.
8. Агаев, В. А. Роль азота удобрений и почвы в накоплении нитратов растениями [Текст] / В. А. Агаев, В. М. Семенов. - ВИУА, 1988; Т. 85. - С. 3-4.
9. Муравин, Э. А. Использование азота и накопление нитратов овощными культурами семейства капустных [Текст] / Э. А. Муравин, Л. А. Кудряшова // Агрехимия. – 1990; - Т. 3. - С. 3-11.
10. Максименко, В. П. Химическая мелиорация почв с использованием композитного агрохимиката на углеродной структуре. [Текст] / В. П. Максименко, С. Ю. Деев, С. А. Меньшикова // Агрехимический вестник. - 2009; - № 4. - С. 30 - 31.
11. Пироговская, Г. В. Медленно действующие удобрения [Текст] / Г. В. Пироговская // Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. - Минск, 2000. - 287 с.
12. Кирейчева, Л. В. Удобрительно-мелиорирующие смеси на основе бесподстилочного навоза [Текст] / Л. В. Кирейчева, О. Б. Хохлова // Агрехимические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства: Сб. докл. Международной науч.-практич. конференции / Всерос. науч.-исслед., конструкт. и проект.-техн. ин-т орган. удобрений и торфа. – Владимир, 2006. – С. 166–172. - Ксерокс. – 06-9249.
13. Мелкозеров, В. М. Вспененное карбамидоформальдегидное удобрение и способ его получения [Текст] / В.М. Мелкозеров, Л.Д.Нагорный, В.В. Олейник, А.Б. Маховецкий, В.П. Максименко, Ю.А. Мажайский, С.Ю. Деев, В.В. Бородычев, С.Б. Адыев, М.П. Чапланова // Патент РФ № 2230719; С1 МПК⁷ С05С 9/02 : Заявитель и патентообладатель ООО «Газостройинвест». - №2003124002, заявл. 04.08.2003, опубл. 20.06.2004. – БИПМ № 17. – 8 с.
14. Кизяев, Б. М. Способ подготовки вспененного карбамидоформальдегидного удобрения к внесению под вспашку [Текст] / Б. М. Кизяев, В. К. Губин, М. Ю. Храбров, В. Б. Жезмер, В. П. Максименко, Л. В. Кудрявцева, С. А. Сидорова // Патент РФ № 2504852; С1, МПК, G21F 9/34 (2006.01): Заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова Россельхозакадемии (RU), заявка № 2012130072/07 от 17.07.2012, опубл. 20.01.2014. - Бюл. № 2. – 4 с.

15. Мусекаев Д. А. Некоторые итоги научно-исследовательских работ Центральной торфоболотной опытной станции по использованию торфа и торфяных земель на примере Яхромской поймы [Текст] / Д. А. Мусекаев // Ландшафтный подход в мелиорации и вопросах землеустройства: Сб. материалов совещания. - М., 1994. - С. 171 - 177.

16. Журбицкий, З. И. Теория и практика вегетационного метода. [Текст] / З. И. Журбицкий. - М.: Наука, 1968. - 260 с.

17. Попова, Ю. С. Применение удобрения-мелиоранта комплексного действия при возделывании картофеля на серых лесных почвах Рязанской области [Текст] / Ю. С. Попова / Диссертация на соискание уч. степ. канд. с.-х. наук: 06.01.02; Волгоградская ГСХА. - Волгоград, 2010. - 131 с.

18. Смагин, А. В. Влияние сильно набухающих полимерных гидрогелей на физическое состояние почв легкого гранулометрического состава [Текст] / А. В. Смагин, Н. Б. Садовникова. - М.: МАКС Пресс, 2009. - 206 с.

УДК 631.674.2

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО МЕЛИОРАНТА НА УРОЖАЙНОСТЬ РИСА В ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

Г.Н. Кониева, Б.Г. Пюрбеев

Калмыцкий филиал ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Элиста, Россия

В республике Калмыкия имеются огромные площади засоленных и солонцеватых почв с солонцами (площадь которых достигает 50 % и более), малопригодных для возделывания сельскохозяйственных культур. Вместе с тем климатические условия и, особенно, температурный режим весьма благоприятны для возделывания риса. Так продолжительность безморозного периода с температурой выше 5⁰С составляет 214 дней, выше 10⁰С – 173 дня. Сумма активных температур достигает 3600⁰С. Суммарное поступление ФАР в течение вегетации сельскохозяйственных культур (апрель-октябрь) здесь составляет 47,2 ккал/см², что вполне достаточно для формирования высоких урожаев практически всех культур, даже самых теплолюбивых, включая рис [1, 3].

Полевые исследования по выявлению возможностей улучшения агрометрических свойств засоленных почв путем применения химических мелиорантов проводили на лугово-каштановых и лугово-бурых средне- и тяжелосуглинистых почвах с прослоями шоколадных глин в комплексе с солонцами рисовых участков лимана «Большой Царын» на территории ФГУП «Харада» Октябрьского района Республики Калмыкия. Опытный участок располагается в зоне деятельности Сарпинской ООС в полупустынной зоне. Почвы сильнозасоленные и солонцеватые с сульфатно-хлоридным типом засоления и суммой легкорастворимых солей в слое 0...1,0 м – 1,560...1,967 %. Содержание гумуса, легкодоступного (щелочногидролизуемого) азота и подвижного фосфора - низкое. Уровень залегания грунтовых вод находится на уровне 0,7...1,0 м при очень высокой минерализации вод – 20 г/л и более. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы свидетельствуют о низком содержании гумуса – 1,42%, легкодоступного (щелочногидролизуемого) азота – 60,0 мг/кг почвы. Содержание подвижного фосфора повышенное - 94,8 мг/кг почвы. Емкость поглощения

почвы высокая, в пахотном слое на долю поглощенного натрия приходится 21%.

Опыты включают изучение влияния различных доз химического мелиоранта – 4 и 6 т/га, а также их совмещения с внесением 60 т/га навоза на урожайность риса сорта Царын. Посев риса проводят в первой-второй декадах мая, нормой 7 млн. всхожих зерен на гектар. Основным источником воды для полива является река Волга (минерализация 0,2...0,6 г/л). Оросительная норма риса составляет 18,5...22,5 тыс. м³/га [2, 4].

Результаты полевых опытов показывают, что в первый год действия фосфогипс оказывает положительное влияние на продуктивность риса, обеспечивая прибавку урожая зерна 0,74...0,88 т/га, а на фоне органики еще выше – 1,07...1,21 т/га по сравнению с вариантом без внесения. На второй год после внесения наблюдается дальнейшее увеличение урожайности зерна за счет последствия мелиорантов, причем наибольшая отдача также отмечена в варианте совместного органо-минерального питания. Суммарная прибавка урожая за два года действия и последствия достигла 2,21...2,56 т/га (табл. 1).

Таблица 1 - Влияние мелиорантов на урожайность зерна риса в лиманной части Сарпинской низменности

Варианты опыта	Действие мелиорантов			Последствие мелиорантов			Суммарная прибавка урожая за 2 года, т/га
	урожайность, т/га	прибавка урожая		урожайность, т/га	прибавка урожая		
		т/га	%		т/га	%	
Без внесения мелиорантов (контроль)	3,74±0,05	-	-	4,03±0,09	-	-	-
4 т/га фосфогипса	4,48±0,04	0,74	19,8	4,86±0,03	0,83	20,6	1,57
6 т/га фосфогипса	4,62±0,05	0,88	23,5	5,05±0,06	1,02	25,3	1,90
4 т/га фосфогипса + 60т/га навоза	4,81±0,05	1,07	28,6	5,17±0,05	1,14	28,3	2,21
6 т/га фосфогипса + 60т/га навоза	4,95±0,05	1,21	32,4	5,38±0,04	1,35	33,5	2,56

При разработке мероприятий сохранения и повышения плодородия засоленных почв необходимо изучение особенностей трансформации органических веществ при затоплении почв. По данным наших исследований на контрольном варианте без внесения химических мелиорантов происходит постепенное увеличение количества растительных остатков. В процессе разложения корней от их исходного количества (2,60 т/га) накопилось до 4,48 т/га массы. С внесением в почву химических мелиорантов увеличивается прирост корневых остатков растений по сравнению с контрольным вариантом на 24,33...29,69 % и на 38,37...43,72 % - в первый и второй годы исследований соответственно. Корневые запасы риса увеличились от 3,07...3,18 до 5,95...6,18 т/га.

При возделывании риса создается определенный промывной водный режим, который вносит значительные изменения в солевой состав почв. Анализ результатов водной вытяжки почв показывает, что до затопления риса содержание легкорастворимых солей в метровом слое почв лимана «Большой Царын» составляло 1,019 %, в слое 100-180 см - 1,784 %. После одного года возделывания риса содержание солей в верхней части почвенного профиля 0-40 см уменьшилось на 565 т/га, в слое 40-100 см – на 477 т/га. Длительное затопление при возделывании риса способствует перемещению солей в нижележащие слои почвогрунтов, так в слое 100-180 см запасы солей возрастают до 24756 т/га. На второй год возделывания риса в метровом слое сумма солей уменьшилась до 0,780...0,916 %, что в 1,16...1,22 раза меньше по сравнению с исходной (до затопления риса). Несмотря на значительный вынос солей из почвенной толщи, остаточное засоление достаточно большое и с глубиной оно повышается до 1,960 %.

Из анализа показателей экономической эффективности возделывания риса под влиянием мелиорантов можно сделать вывод, что наилучшие показатели экономической эффективности получены при возделывании риса при внесении мелиоранта и органического удобрения – навоза (табл. 2).

Анализ полученных данных показал, что при средней урожайности риса 3,74 т/га, полученной на контрольном варианте стоимость валовой продукции составляла 29,92 руб., что на 5,25...7,04 рублей меньше, чем на вариантах с внесением различных доз фосфогипса и на 8,56...9,68 рублей меньше, чем на вариантах с внесением различных доз фосфогипса и 60 т/га навоза. Чистый доход с одного гектара на вариантах с внесением мелиоранта составлял 8,10...8,76 тыс. рублей, что на 0,01...0,67 рублей или на 8,65% больше, чем на контрольном варианте. При этом себестоимость 1 т зерна составила 6,04...6,36 руб. и 5,84 руб. соответственно. Рентабельность производства зерна риса на изучаемых вариантах была на уровне 25,71...37,06%.

Результаты анализа экономической эффективности возделывания риса во второй год действия мелиоранта показывают, что наиболее эффективным является вариант с повышенной нормой внесения химического мелиоранта (6 т/га фосфогипса) и 60 т/га навоза, где отмечалась самая низкая себестоимость одной тонны семян и самая высокая расчетная прибыль тонны семян на 1 га. Уровень рентабельности был самым высоким и составил 72,16%. Таким образом, приведенные показатели по производству риса в наших исследованиях свидетельствуют о высокой экономической эффективности его возделывания на малоплодородных засоленных землях республики.

Результаты анализа химической мелиорации засоленных почв показали, что использование различных доз фосфогипса в качестве мелиорантов способствуют повышению урожайности зерна риса на 20...34% и плодородия почвы в целом, обеспечивающее уменьшение содержания воднорастворимых солей на засоленных почвах лиманного агроландшафта Сарпинской низменности.

Таблица 2 - Экономическая эффективность возделывания риса в зависимости от внесения химического мелиоранта

Показатели	кон- троль	4 т/га фос- фогипса	6 т/га фос- фогипса	4т/га фос- фогипса + 60т/га на- воза	6т/га фос- фогипса + 60т/га на- воза
Первый год действия мелиоранта					
Урожайность, т/га	3,74	4,48	4,62	4,81	4,95
Затраты средств тыс.руб./га	21,83	27,08	28,30	30,10	31,50
Стоимость вало- вой продукции с 1 га, руб.	29,92	35,84	36,96	38,48	39,60
Себестоимость 1 т зерна, руб.	5,84	6,04	6,12	6,26	6,36
Чистый доход с 1 га, тыс. руб.	8,09	8,76	8,66	8,38	8,10
Уровень рента- бельности, %	37,06	32,34	30,60	27,84	25,71
Второй год действия мелиоранта					
Урожайность, т/га	4,03	4,86	5,05	5,17	5,38
Затраты средств тыс.руб./га	22,10	24,35	24,50	24,70	25,00
Стоимость вало- вой продукции с 1 га, руб.	32,24	38,88	40,40	41,36	43,04
Себестоимость 1 т зерна, руб.	5,48	5,01	4,85	4,78	4,65
Чистый доход с 1 га, тыс. руб.	10,14	14,53	15,90	16,66	18,04
Уровень рента- бельности, %	45,88	59,67	64,90	67,44	72,16

Список использованных источников

1. Адьяев, С.Б.// Рисосеяние в Калмыкии: Проблемы и пути решения./ С.Б. Адьяев, Э.Б. Дедова, Е.А.Ли/ Журнал «Мелиорация и водное хозяйство» - М. – 2007 г. - № 3 – С.17-18.
2. Бородычев, В.В. Возделывание риса в лиманном агроландшафте Сарпинской низменности Республики Калмыкия / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, Б.Г. Пюрбеев / Плодородие. – 2014. - № 1. (76) - С. 4-5.
3. Дедова, Э.Б. Эколого-мелиоративное состояние рисовых земель в лиманной части Сарпинской низменности./Э.Б. Дедова, Е.А. Ли, С.Н.Чимидов /Мат. Международной науч.-практ. конф. «Устойчивое производство риса: состояние и перспективы»- Краснодар.- 2006 – С.249-255.

4. Система рисоводства Республики Калмыкия. Под общей редакцией академика РАСХН Б.М. Кизяева. Элиста Изд-во АОР НПП «Джангар» - 2009.- 157 с.

УДК 620.9:631.6:626.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ИСПАРЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД

И.И. Конторович

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

Варианты полезного и прямого использования дренажных вод с минерализацией более 10 г/л в системе сельскохозяйственного производства весьма ограничены. В этой ситуации при наличии достаточного климатического потенциала традиционным в мировой практике техническим решением является создание специальных накопителей годового или многолетнего регулирования для естественного испарения дренажного стока. Целесообразность интенсификации испарения в накопителях обусловлена: 1) потребностью уменьшения объёма минерализованных дренажных вод, для которых отсутствуют потенциальные потребители; 2) необходимостью снижения стоимости сооружений и загрязнения окружающей среды, которые пропорциональны площади накопителей.

Обработка материалов [1] по типовым проектам орошаемых участков с дренажем в Волгоградской области позволили установить зависимость площади накопителя-испарителя обычного типа (S , га) от годового объёма дренажного стока (W_d , тыс. м³):

$$S = 0,130895W_d - 0,000018 W_d^2. \quad (1)$$

Коэффициент детерминации уравнения (1) – $R^2 = 0,994$, область применения – до 3000 тыс. м³ в год.

Результаты патентного поиска по теме «Способы и устройства для испарения воды преимущественно из открытых водоёмов» (объём выборки – 51 техническое решение за период 1976 – 2014 годы по 11 странам мира) показали: основным направлением интенсификации испарения служит увеличение площади испаряющей поверхности – 40 технических решений или 78,4%, причем в 27 изобретениях (52,9%) – за счет использования пористых и капиллярно-пористых материалов, а в 11 случаях (27,5%) – дождеванием.

Использование капиллярно-пористых материалов (КПМ) для интенсификации испарения заключается в размещении на водной поверхности накопителя дополнительных элементов (акселераторов, от лат. *accelero* – ускоряю) в виде пластин, дисков, цилиндров, шариков и других форм, частично погруженных в воду и увлажняемых в результате проявления капиллярного эффекта, т. е. без привлечения дополнительной энергии. В отличие от КПМ, увлажнение дополнительных элементов из пористых материалов осуществляется с помощью специальной системы подачи и распределения воды (как правило, сверху).

Тело считается капиллярно-пористым, а поры капиллярными, если капиллярный потенциал значительно больше потенциала поля тяжести. В этом случае действием силы тяжести в капилляре можно пренебречь [2].

Морфология пористых материалов многообразна и сложна. Они по своей структуре делятся на два основных типа – корпускулярные и губчатые. Корпускулярные пористые тела состоят из слипшихся или сросшихся частиц различной формы и размера, и порами являются промежутки между этими частицами. В губчатых телах невозможно определить отдельные первичные частицы, и поры в них представляют сеть каналов и полостей различной формы и переменного сечения [3].

Согласно [4] для создания акселераторов испарения воды (применительно к косвенно-испарительному охлаждению воздуха, что близко к рассматриваемой задаче) могут использоваться капиллярно-пористые материалы, которые отвечают следующим требованиям:

- необходимое условие долговременной автономной работы;
- высокие скорости капиллярного подъёма влаги и водопоглощения, необходимые для поддержания пластин материала в увлажнённом состоянии по всей высоте;
- стойкость к длительному воздействию воды (отсутствие набухания), сохранение работоспособности в условиях воздействия микроорганизмов (грибков), а также при накоплении солей;
- экономичность - умеренная цена, доступность сырья, простота обслуживания и экологическая чистота технологии производства.

В таблице 1 приведены характеристики известных автору капиллярно-пористых материалов.

Из материалов таблицы 1 следует, что максимальная высота капиллярного подъёма составляет не более 20 – 28 см.

Для предварительной оценки эффекта интенсификации испарения в результате применения цилиндрических акселераторов вертикального типа из КПМ (рис. 1) были выполнены расчёты общей площади их внешней поверхности на модульной пластине.

Исходные данные для расчета: длина акселератора $h = 10...70$ см; внешний диаметр акселератора $D = 3...10$ см; количество акселераторов $m = 16...81$ шт.; размеры модульной пластины – 100 x 100 см; площадь пластины $S_0 = 10000$ см².

Общая площадь внешней поверхности акселераторов на модульной пластине равна:

$$S_{1m} = m\pi Dh. \quad (2)$$

Необходимое условие для реализации эффекта интенсификации испарения с водной поверхности:

$$S_{1m}/S_0 = m\pi Dh/10000 > 1. \quad (3)$$

Ниже приведены графики зависимости (3), полученные в среде «Statistica» (рис. 2).

Таблица 1 – Сравнительные характеристики свойств капиллярно-пористых материалов

Наименование материала	Высота капиллярного подъёма воды (см) при 25 °С за время:			Водопоглощение, %	Примечание
	10 мин	20 мин	30 мин		
1	2	3	4	5	6
По данным [4 – 6]					
Пористый полиэтилен, ТУ 6-55-221-1980-93, РФ	13,5	16,5	18,0	80-90	Водостоек
Поровинил, ТУ 6-19-124-86, РФ	6,0	9,0	10,0	230-260	Ограничено водостоек, «закрытые поры»
Минпласт, ТУ 6-05-1185-75, РФ	7,2	8,6	9,0	100-130	Ограничено водостоек, «закрытые поры»
Материал TREUH 040 фирмы Hollingsworth&Vose, Великобритания	13,5	18,0	22,5	700-800	Не водостоек. Содержит целлюлозу
Материал фирмы Dargamic, Германия	14,3	18,5	-	600-700	Не водостоек. Содержит целлюлозу
Пористый полиэтилен, гидрофилизированный флактонитом К-9, РФ	13,5-14,8	16,2-17,6	17,5-19,8	70-80	Водостоек
Композиционный материал для специальной техники, ТУ 5445-055-00281097-2008, РФ	16,6-19,7	18-23	>25	600-900	Водостоек
Материал «Супер-губка» фирмы Valiant	-	-	-	500-800	Водостоек
Материал фирмы Lion-CorporationLtd., Токио, Япония [5]	-	-	24,0-28,0	1400	Водостоек, объёмная плотность 5,77 кг/м ³
Капиллярно-пористая пластина для устройств косвенно-испарительного охлаждения воздуха [6]	-	-	20,0	-	Эффективный диаметр пор 0,03 мм. Толщина пластины 0,5 мм
Капиллярно-пористые материалы, доступные на рынке г. Волгограда					
Материал ScotchBrite (целлюлоза, усиленная натуральными хлопковыми волокнами), Германия	6,5	8,0	8,7	540-610	
Целлюлоза, хлопок. ТУ 8392-003-46932625-99	6,1	6,9	7,4	-	
Вискоза из бамбуковой древесины (bamboo)	7,0	7,7	8,1	-	

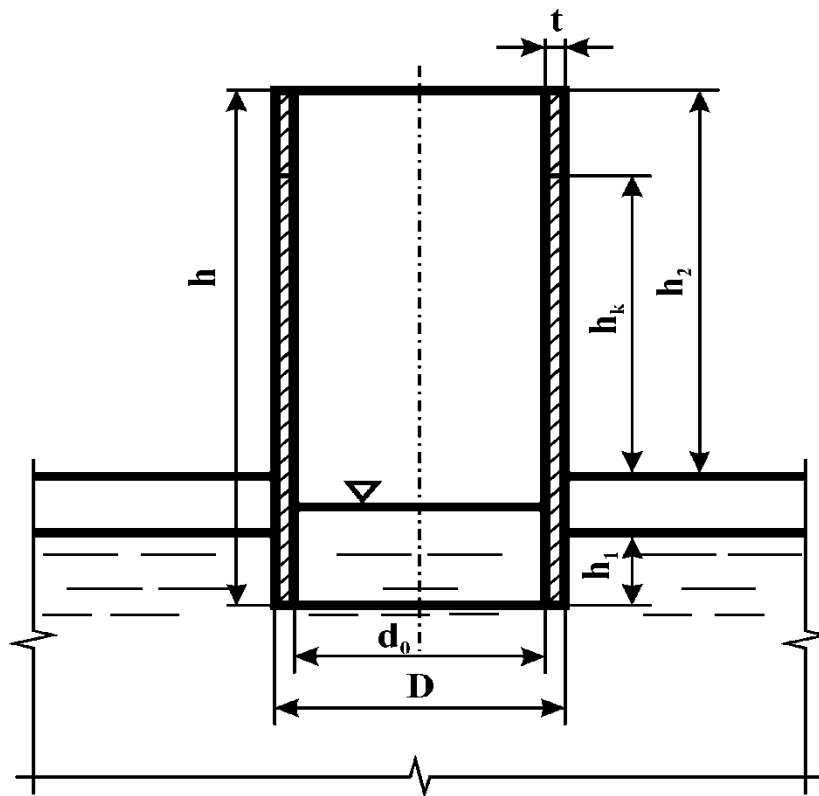
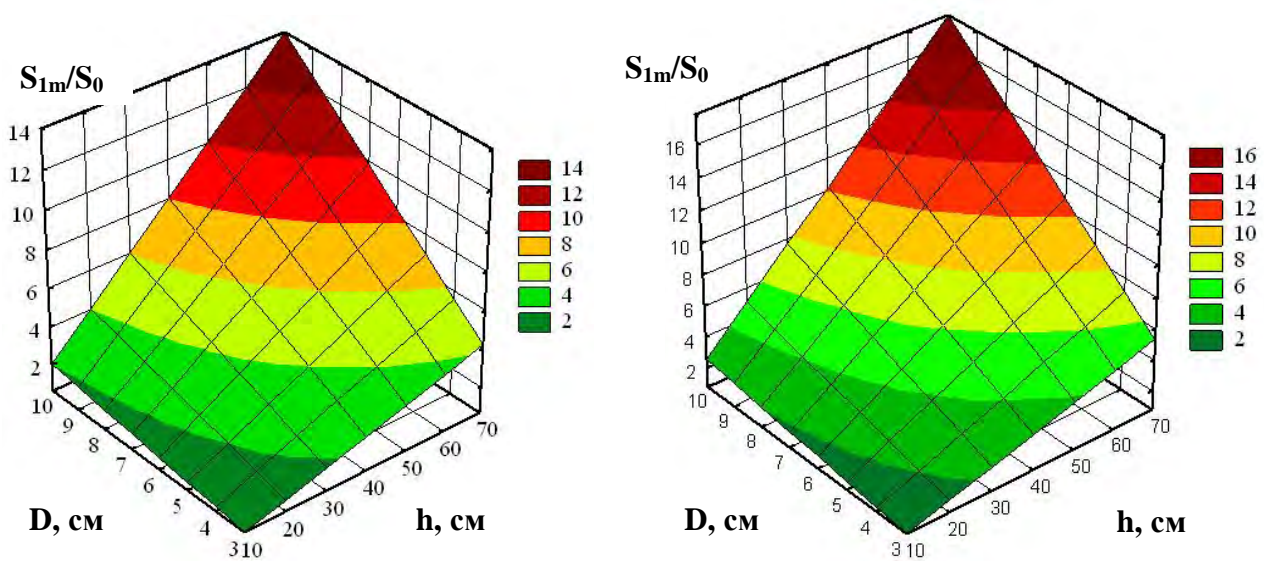


Рисунок 1 – Принципиальная схема конструкции единичного акселератора испарения, установленного на плавающей пластине:

D – внешний диаметр акселератора; d_0 – внутренний диаметр акселератора; t – толщина стенки акселератора; h – общая длина акселератора; h_1 – глубина погружения акселератора в воду; h_2 – длина надводной части акселератора; h_k – высота капиллярного подъёма воды в акселераторе; \blacktriangledown – отметка уровня воды в отсеке накопителя-испарителя



$m = 64$.

$m = 81$.

Рисунок 2 – Графики зависимости $S_{1m}/S_0 = m\pi Dh/10000$ при $m = 64$ и 81

Расчеты по формуле (3) показали: максимальное увеличение площади испаряющей поверхности при длине испаряющей части акселераторов 30 см, количестве акселераторов на модульной площадке площадью 1м² 81 шт. и внешнем диаметре единичного акселератора 3 см составляет 2,3 раза, а при внешнем диаметре единичного акселератора 10 см – 7,7 раз. Во столько же раз увеличится и испарение с водной поверхности накопителя.

Проведенные в лабораторных условиях испытания модели системы акселераторов вертикального типа (рис. 3) преследовали цель: получить экспериментальные данные, описывающие физическую картину изучаемого процесса, и количественно определить степень увеличения испарения дренажной воды.

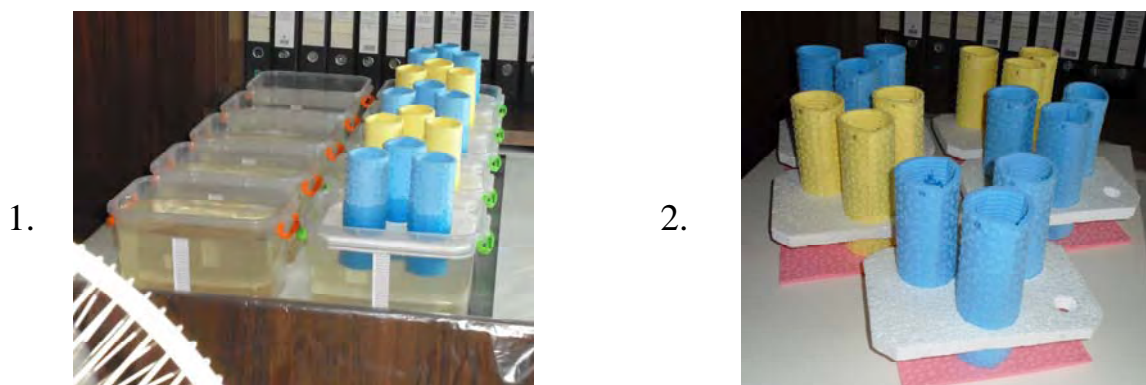


Рисунок 3 – Испытательная установка, общий вид на начальном этапе эксперимента (1), модульные элементы акселераторов испарения (2)

Варианты экспериментов представлены ниже.

Минерализация воды, г/л	10	30	50	70	100
Контроль (обычное испарение)	A ₁₀	A ₃₀	A ₅₀	A ₇₀	A ₁₀₀
Эксперимент (интенсифицированное испарение с использованием системы вертикальных акселераторов)	B ₁₀	B ₃₀	B ₅₀	B ₇₀	B ₁₀₀

В качестве дренажной воды использовались растворы поваренной соли NaCl, объем сосудов – 6,5 литров. Размеры единичного цилиндра акселератора испарения: высота – 17,4 см, в том числе над опорной пластины – 12 см, а ниже пластины – 3,6 см, внешний диаметр – 6,34 см, материал - ScotchBrite (табл. 1). Размеры опорной пластины 16,5 x 25,0 см, толщина 1,8 см. Продолжительность опыта – 120 часов. Эффективность испарения с капиллярно-пористого покрытия пластины оценивалась в ходе отдельного опыта.

Результаты проведенных исследований: 1) доказана принципиальная возможность интенсификации испарения при использовании КПМ; 2) выполнена оценка эффективности предлагаемого технического решения на растворах поваренной соли с исходной минерализацией в пределах 10 ... 100 г/л – испарение было увеличено в 2,4 ... 1,8 раза, при средних значениях за весь период эксперимента – в 2,3 ... 1,9 раза; 3) получен патент №2515041 на изобретение

«Пруд-испаритель дренажного стока»; 4) установлено - существует необходимость в постановке задачи направленного синтеза специального капиллярно-пористого материала с желаемыми свойствами, обеспечивающими требуемую интенсивность испарения применительно к дренажным водам с определённым диапазоном минерализации и составом солей. На первом этапе видится, что в качестве КПМ должен быть корпускулярный открыто-пористый материал, гидрофильный, с высотой капиллярного подъёма не менее 20 – 30 см, пористостью не менее 70 – 80 %, объёмной плотностью 2 – 10 кг/м³ и массовым содержанием поглощённой воды – 600 - 1400%.

Список использованных источников

1. Типичные технические решения орошаемых участков. ТТР-ОУ. Альбом 3. Материалы и нормативы проектирования коллекторно-дренажной сети. - Волгоград: «Волгогипроводхоз», 1988. – 60 с.
2. Лыков А.В. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. – М.: Госиздательство технико-теоретической литературы, 1954. – 298 с.
3. Карнаухов А.П. Адсорбция, текстура дисперсных и пористых материалов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 470 с.
4. Анохин В.А., Гаев Д.В., Макаровец Н.А. Новые материалы для систем тепловой защиты объектов высокой энергетики // Глобальная безопасность, 2009. – С. 1 – 8. http://www.sibguardian.info/index/zhurnal_globalnaja_bezopasnost/0-16.
5. Abu-Zreig M.M., Abe Y.; Isoda H. Study of salt removal with evaporation drainage method. *Canad. Biosystems Engg.*, 2006; vol. 48, № ann. – p. 1.25 – 1.30.
6. Патент № 2381420. RU. С1. МПК F24F 3/14, F25B 39/02. Капиллярно-пористая пластина для устройств косвенно-испарительного охлаждения воздуха / Н.А. Макаровец, Р.А. Кобылин, С.Н. Евсеев, Е.Б. Свиридов. – Заявка № 2008134251/06; Заявлено 20,08,2008.

УДК 631.559:551.577:001.891.573

СЦЕНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТ СКЛОНОВОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРИ ИХ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В РЯДЕ РЕГИОНОВ РОССИИ

В.А. Корягин, Л.М. Корягина

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

Сценарные исследования проводились с целью определения зависимости потенциально возможной урожайности сельскохозяйственных культур от склонового поверхностного стока в ряде регионов России: Краснодарском и Приморском краях, Астраханской и Московской областях и Калмыкии по нидерландской компьютерной модели «WOFOST» [1]. Модель «WOFOST» разработана с целью изучения мировых продовольственных ресурсов и позволяет количественно оценивать урожайность сельскохозяйственных культур в различных природно-климатических условиях.

Для выполнения сценарных исследований был определен ряд сельскохозяйственных культур, регионов, а также пошаговое увеличение склонового сто-

ка и влагозапасов в почве.

В зоне избыточного увлажнения были выбраны Московская область и Приморский край. В зоне недостаточного увлажнения – Астраханская область, Краснодарский край и республика Калмыкия.

Московская область. Климат умеренно–континентальный. Средняя температура января колеблется от $-9,8^{\circ}\text{C}$ до $-11,3^{\circ}\text{C}$; июля колеблется от $+17,1^{\circ}\text{C}$ до $+18,5^{\circ}\text{C}$. За год выпадает 506–676 мм осадков. Преобладают дерново-подзолистые суглинистые почвы, в южной части – серые лесные, на Верхне – Волжской низменности и в Мещере – подзолисто-глеевые и болотные. Выращивают зерновые культуры (овес, пшеницу, рожь и др.), технические, овощные и картофель, а также кормовые культуры.

Приморский край. Климат муссонный. Средняя температура января колеблется от -20°C до -27°C в материковых районах. Средние температуры июля равны $+14$ - $+21^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков: 600–900 мм. Для равнины характерны буро-подзолистые и лугово-бурые оподзоленные почвы, в долинах рек – аллювиальные почвы. Из зерновых культур преимущественно выращивают пшеницу, рис, овес; из технических – сою. Также возделывают картофель, овощи и кормовые культуры.

Астраханская область. Климат резко-континентальный, сухой. Средняя температура января $-7,1^{\circ}\text{C}$; июля $+25,2^{\circ}\text{C}$. Среднегодовые осадки составляют 206 мм. На равнине почвы бурые пустынно-степные. Встречаются массивы ползукаренных песков и участки солонцов и солончаков. Из зерновых культур выращивают рис, пшеницу, рожь, ячмень, сорго, а также - овощи.

Краснодарский край. На равнине средняя температура января -2°C ; июля $+22,8^{\circ}\text{C}$. В год выпадает 400 мм осадков. На равнине преобладают почвы черноземного типа. Главная культура – озимая пшеница, также выращивают рис, подсолнечник, сахарную свеклу, картофель, овощи.

Калмыкия. Климат резко–континентальный с жарким сухим летом и малоснежной, холодной зимой. Средняя температура июля колеблется от $+23^{\circ}\text{C}$ до $+26^{\circ}\text{C}$; января от -8°C до -5°C . За год выпадает 170 – 400 мм осадков.

По каждому региону были определены характерные для него сельскохозяйственные культуры. По Московской области выполнялась оценка урожайности озимой пшеницы и картофеля; по Приморскому краю - кукурузы на зерно, озимой пшеницы, картофеля, сахарной свеклы, рапса, сои, нута и сорго; по Астраханской области – кукурузы на зерно, озимой пшеницы, картофеля, сахарной свеклы, рапса, сои, нута и сорго; по Краснодарскому краю – кукурузы на зерно, озимой пшеницы, картофеля, сахарной свеклы, рапса, сои, нута и сорго; по республике Калмыкия - кукурузы на зерно, озимой пшеницы, картофеля, сахарной свеклы, рапса, сои, нута и сорго.

Наиболее высокая урожайность озимой пшеницы получена на поливных землях Краснодарского края 60–70 ц/га зерна и более. Урожайность нута в Краснодарском крае достигает 28–32 ц /га. На Кубани, в Ставрополье и в других южных районах на поливе урожайность кукурузы на зерно составляет 80–100 ц/га.

По 200 ц/га и более получают картофеля в Московской, Калининградской, Брянской и других областях. Во многих передовых хозяйствах и даже районах и областях России урожайность сахарной свеклы составляет 300–500 ц/га и более. Урожайность сои в Амурской области, в Хабаровском и Краснодарском краях составляет 30–32 ц/га. В районах с благоприятными условиями урожайность озимого рапса составляет до 25 ц/га, ярового 8–15 ц/га. Урожай зерна сорго при хорошем уходе достигает 30–50 ц/га.

Расчет потенциально возможной урожайности (по сухому веществу) на склоновых землях проведен для расширения представления о возможности более широкого использования склоновых земель в сельскохозяйственном производстве. Результаты расчета показали следующее.

Потенциально возможная (расчетная) урожайность сельскохозяйственных культур (по сухому веществу) в Краснодарском крае по климатическим данным 1993–95 гг. составила: кукурузы на зерно – 7,85...10,74 т/га; озимой пшеницы – 6,15...8,03 т/га; картофеля – 12,96...14,72 т/га; сахарной свеклы – 15,48...16,90 т/га; рапса – 1,18...2,49 т/га; сои – 3,31...3,66 т/га; нута – 2,51...2,97 т/га и сорго – 6,12...6,47 т/га.

В Калмыкии потенциально возможная урожайность кукурузы на зерно за тот же период составила 6,40...10,24 т/га; озимой пшеницы – 5,84...6,96 т/га; картофеля – 11,68...12,94 т/га; сахарной свеклы – 11,40...14,40 т/га; рапса – 1,56...2,64 т/га; сои – 1,50...3,32 т/га; нута – 2,38...2,80 т/га и сорго – 4,82...5,10 т/га.

Расчетная урожайность в Московской области за 1988 – 90 гг. составила: кукурузы на зерно – 1,21...7,53 т/га; озимой пшеницы – 4,52...8,38 т/га; картофеля – 10,22...15,97 т/га

В Приморском крае за 1987–95 гг. расчетная урожайность составила: кукурузы на зерно – 7,49...11,54 т/га; озимой пшеницы – 5,65...8,53 т/га; картофеля – 12,49...16,14 т/га; сахарной свеклы – 9,73...14,46 т/га; рапса – 2,80...3,72 т/га; сои – 2,61...3,36 т/га; нута – 1,06...2,62 т/га и сорго – 1,16...3,90 т/га.

В качестве примера приведены результаты моделирования зависимости урожайности с/х культур на склоне от поверхностного стока от 0 до 1,0 по Астраханской области (табл. 1). Как видно из таблицы для этой зоны наиболее продуктивными культурами являются кукуруза на зерно, пшеница, а из овощных культур картофель. Потенциально возможная урожайность с/х культур (по сухому веществу) по климатическим данным 1992–94 гг. составила: кукурузы на зерно – 6,46...9,90 т/га; озимой пшеницы – 5,46...6,14 т/га; картофеля – 10,72...11,55 т/га; рапса – 1,52...2,32 т/га; сои – 2,88...3,20 т/га; нута – 1,51...2,61 т/га и сорго – 4,42...5,48 т/га. Надо отметить, что по Астраханской области урожайность при влагозапасах в 2000 м³/га в корнеобитаемом слое не зависит до определенной доли стока в различные расчетные года в разной степени у кукурузы на зерно, озимой пшеницы, сахарной свеклы, нута и сорго; при влагозапасах в 1000 м³/га – у кукурузы на зерно, рапса, сои, нута и сорго; при влагозапасе равном 0 (нулю) – у рапса и сои. Наибольшая, если можно так выразиться, склоноустойчивость отмечена у рапса и сои.

Таблица 1 - Расчетная урожайность с/х культур на склоне при поверхностном стоке от 0 до 1,0 в Астраханской области (по сухому веществу, т/га)

№№ п.п.	Год	При влагозапасе в корнеобитаемом слое почвы (м ³ /га)		
		2000	1000	0
1	2	3	4	5
Астраханская область				
1	<i>Кукуруза на зерно</i>			
	1992	6,40...6,35	6,40...3,00	1,02...0,00
	1993	8,68...5,72	7,8...1,44	1,48...0,00
	1994	7,73...4,08	5,48...1,36	1,80...0,00
2	<i>Озимая пшеница</i>			
	1992	5,46...3,04	4,44...0,81	0,69...0,00
	1993	6,24...3,02	4,18...0,50	1,14...0,00
	1994	14,15...12,07	11,34...6,58	4,36...0,10
3	<i>Картофель</i>			
	1992	8,28...1,38	8,28...1,38	2,93...0,00
	1993	11,55...2,01	7,52...2,00	4,71...0,00
	1994	4,19...1,80	4,19...1,80	2,48...0,00
4	<i>Рис</i>			
	1992	2,30...2,07	2,01...0,72	0,15...0,00
	1993	2,22...2,09	1,84...0,94	0,32...0,00
	1994	1,50...1,50	1,41...0,80	0,42...0,00
5	<i>Соя</i>			
	1992	2,88...2,84	2,88...1,42	0,69...0,00
	1993	3,17...2,95	3,11...1,26	0,71...0,00
	1994	3,20...2,97	2,96...1,29	1,00...0,00
6	<i>Нут</i>			
	1992	1,52...0,66	1,54...0,01	2,13...0,00
	1993	2,29...0,13	0,77...0,01	1,00...0,00
	1994	1,56...0,30	0,55...0,04	0,40...0,00
7	<i>Сорго</i>			
	1992	4,43...2,13	4,42...0,17	4,63...0,00
	1993	4,97...0,78	2,30...0,08	2,04...0,00
	1994	3,14...0,80	1,40...0,13	0,28...0,00

Список использованных источников

1. Boogard, H.L., Van Diepen, C.A., Rotter, R.P., Cabrera, J.M.C.A., Van Laar, H.H., 1998, WOFOST 7.1 WOFOST Control Center 1.5 Technical Document 52, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, 1998.

2. Корягин В.А. Применение голландской математической модели «Свап» для сценарных исследований оптимизации сельскохозяйственного производства в пределах мелиорируемого агроландшафта в Калининградской области. Экологические проблемы мелиора-

ции. /Материалы конференции 27-28 марта 2002г. М., 2002. С-169-171.

3. Корягин В.А., Корягина Л.М. Сценарные исследования урожайности риса в Астраханской области, Краснодарском и Приморском краях на ПЭВМ. Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. /Материалы конференции (Костяковские чтения). М., 2007. Том 1, С-224-229.

УДК 631. 45

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПРИ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Е.И. Кузнецова¹, С.В. Никифоров², С.Г.Доценко

¹Всероссийский центр по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур, г. Москва, Россия;

²Всероссийский центр карантина растений ФГБУ «ВНИИКР», пос.Быково, Россия

Известно, что при низкой относительной влажности воздуха даже в условиях оптимальной влажности почвы не всегда удается создать необходимый уровень водного режима растений. Возникновение даже небольшого дефицита воды в органах растений сразу сказывается на интенсивности и направленности физиолого-биохимических процессов, что замедляет рост и снижает урожайность сельскохозяйственных культур. Так основной показатель при мелкодисперсном дождевании - суточная норма полива - зависит от природно-климатической зоны, а также от объема разовой нормы увлажнения и количества поливов за сутки. Как указывают многие авторы, средняя за период вегетации растений суточная норма мелкодисперсного дождевания находится в пределах 2-7 м³/га [1-3]. Важнейшим показателем режима мелкодисперсного дождевания является промежуток времени между двумя следующими один за другим поливами, то есть межполивной интервал. В результате исследований, проведенных в различных природно-климатических условиях, установлено, что межполивной интервал зависит от величины разовой нормы увлажнения, конкретной культуры и гидротермических условий [4].

Сравнительная оценка возможности и фактической продуктивности сельскохозяйственных культур свидетельствует о наличии большого нереализованного резерва. Так отзывчивость различных растений на орошение в течение периода вегетации неодинакова. В этой связи и в целях экономии оросительной воды, сокращения эксплуатационных затрат, ряд исследователей проводили мелкодисперсное дождевание сельскохозяйственных культур только в критические для роста и развития фазы. В опытах Е.А. Стельмаха, М.А. Кузина (1985), В.Г. Бурдюкова, В.Н. Зинковского (1980), В.В. Бородычева (1983) посеы озимой пшеницы увлажняли, начиная с фазы колошения и заканчивая в фазе молочно-восковой спелости; кукурузы - с фазы 6-7 листьев до молочно-восковой спелости; картофеля - с фазы бутонизации до начала увядания; люцерны - в период образования и формирования генеративных органов. При этом получены существенные прибавки урожая. Однако эти данные не все подтверждены ме-

теорологических условиями, в которых проводились опыты, поэтому они не могут быть рекомендованы в различных условиях.

В отечественной и зарубежной литературе недостаточно данных о зависимости эффективности мелкодисперсного дождевания от сроков его осуществления, что не позволяет дать однозначный ответ на вопрос об оптимальных с точки зрения биологии растений, а также технико-экономических показателях, сроках увлажнения посевов. Как правило, мелкодисперсное дождевание начинают проводить при смыкании растительного покрова и заканчивают при завядании листьев.

У большинства сельскохозяйственных культур период потребности в мелкодисперсном дождевании длится до двух и более месяцев. Но за этот период мелкодисперсное дождевание выполняется в основном при неблагоприятных эколого-физиологических условиях (солнечные дни, без осадков). Для выявления потребности растений в мелкодисперсном дождевании используют ряд гидротермических показателей: температура, относительная влажность воздуха и т.д. Наиболее объективным показателем может быть температура растительного покрова, но по некоторым причинам, в основном техническим, она не используется [5]. Некоторые исследователи рекомендуют проводить мелкодисперсное дождевание при температуре воздуха выше 20°C - капусты, выше 22°C - яровой пшеницы и картофеля, при температуре 23-25°C - люцерны и кукурузы [6]. Однако такой подход не отвечает физиологическим потребностям растений и в значительной степени зависит от метеорологических условий в период вегетации.

Многими авторами выявлена зависимость применения мелкодисперсного дождевания не только от температуры, но и от относительной влажности воздуха. Например, в аридных условиях на сахарной свекле оно проводится при температуре 25°C и относительной влажности воздуха 40%, на озимой пшенице соответственно более 25°C и менее 30%, на виноградниках - 25-30°C и 40-45%, на картофеле - 20°C и 60% [4].

Мелкодисперсное дождевание, как в аридной, так и гумидной зонах России способствует повышению урожайности агроценозов за счет оптимизации теплового и водного режимов. Наши опыты в аридных и гумидных условиях (1986 - 2007 гг.) на кормовых, бобовых, злаковых, технических культурах доказали зависимость как урожайности культур, так и плодородия почвы от экосреды всей системы « почва - растение - атмосфера».

Экологическая роль мелкодисперсного дождевания

При мелкодисперсном дождевании, в отличие от других способов полива, орошается не почва, а растения. При этом сокращаются потери воды на транспирацию, интенсивность которой зависит от размера испаряющей поверхности листьев, их температуры и влажности воздуха. Именно при мелкодисперсном дождевании возможно в комплексе оптимизировать как параметры температуры воздуха, почвы, так и листового покрова растений, ежедневно создавать благоприятный микро- и фитоклимат.

Многие исследователи считают, что время испарения капель с поверхности листьев и время стабилизации регулируемых параметров фитоклимата яв-

ляются достаточно надежным показателем для определения межполивного интервала. Суммарным показателем режима мелкодисперсного дождевания является оросительная норма, зависящая от разовой нормы, межполивного интервала, сроков проведения увлажнений. Не зависимо от интенсивности поливов, оросительные нормы при мелкодисперсном дождевании, как правило, в несколько раз меньше, чем при других способах орошения. Разнообразии условий проведения мелкодисперсного дождевания в сочетании с дождеванием обусловило широкий спектр оросительных норм. В Молдавии мелкодисперсное дождевание дает хороший эффект на овощных культурах.

Мелкодисперсное дождевание можно отнести к эколого-мелиоративным методам, так как отсутствует поверхностный сток и глубокая фильтрация, исключается опасность поднятия грунтовых вод, сохраняются структура и физические свойства почвы. Важной особенностью мелкодисперсного дождевания являются не только равномерное распределение воды над посевами, но и оптимальный размер капель.

По мнению Б.К. Рассолова и В.В. Горшкова (1980), изучавших размер капель при мелкодисперсном дождевании (МДД), оптимальным диаметром является 100-800 мкм. Уменьшение диаметра капель способствует более интенсивному их испарению, но на мелкие капли большее влияние оказывает ветер, а при размере меньше 50 мкм они могут вообще не оседать. К такому же выводу пришли В. Уолтон и В. Прюстт (1968). Нами установлено, что при МДД корневая система сельскохозяйственных культур проникает в более глубокие слои почвы вследствие более мощного развития корневой системы, что способствует повышению почвенного плодородия.

А.Н. Костяков [7,8] указывал, что основной задачей сельскохозяйственных мелиораций является "коренное улучшение неблагоприятных природных (гидрологических, почвенных, агроклиматических) условий с целью наиболее эффективного использования земельных ресурсов...». Одно из основных направлений в увеличении получения продуктов питания в условиях Центральной России - повышение плодородия почвы и создание надежной и сбалансированной кормовой базы для животноводства. Эту задачу можно решить путем внедрения новых экологически безопасных способов полива, производства новых кормовых культур, повышения урожайности как традиционных культур, так и нетрадиционных.

Для Центрального Нечерноземья актуально коренное улучшение использование пашни, так как климатические условия при регулировании водного, теплового и питательного режимов позволяют получать урожаи сельскохозяйственных культур на 30-50% больше, чем получают в настоящее время. Ход развития мелиоративной науки показывает, что повышение урожайности возможно только за счет комплекса антропогенных воздействий, определяющих экологически сбалансированное состояние агроэкосистемы "почва - растение - атмосфера". Необходимо выработать единую концепцию управления процессами формирования мелиоративных режимов. Одним из эффективных методов регулирования водного, теплового и питательного режимов является мелкодисперсное дождевание [6].

Мелкодисперсное дождевание применяется в Центральном районе России только как дополнение к вегетационным поливам, с помощью которых регулируется влажность почвы и восстанавливаются запасы воды в почве, израсходованные в процессе эвапотранспирации. Такой подход принципиально ничем не отличается от подхода к орошению в степных и полупустынных районах страны. Однако климатические условия Центрального района России, где средняя многолетняя норма осадков превышает 500 мм, запасы доступной растениям воды в слое почвы 0-100 см составляют в начале вегетационного периода более 1800-3000 м³/га, а оросительная норма колеблется от 400 до 2000-2500 м³/га, позволяют по-новому управлять мелиоративными процессами в этом районе. Здесь регулировать водное питание растений можно путем воздействия не на влажность почвы, а на процесс эвапотранспирации с помощью мелкодисперсного дождевания. Сущность этого способа орошения состоит в воздействии распыленной водой на обводненность ткани листа, что достигается такой степенью диспергирования воды, при которой капли удерживаются на поверхности листьев до поглощения их растениями. Таким образом, при мелкодисперсном дождевании осуществляется внекорневое водное питание растений. Потери воды на физическое испарение в процессе эвапотранспирации при этом также значительно снижаются. Принципиальное отличие мелкодисперсного дождевания от других способов микроорошения состоит в том, что увлажнение почвы за счет полива не происходит, и запасы воды в почве не увеличиваются, но рационально сохраняются.

Оптимальный водный режим сельскохозяйственных культур обеспечивается за счет исходных запасов воды в почве, естественных осадков выпадающих в период вегетации и внекорневого водного питания растений. Основная проблема мелиорации - создать эффективные ресурсосберегающие экологически безопасные гидромелиоративные системы нового поколения. Для аридных условий, учитывая большую испаряемость и недостаточное количество атмосферных осадков, необходимы поливы большими нормами (дождевание, влагозарядковое орошение, поверхностные поливы, мелкодисперсное дождевание на фоне обычного дождевания и др.), создающие надежный водный запас, при сочетании поливов, создающих благоприятные микро- и фитоклимат (мелкодисперсное дождевание, импульсное дождевание и др.).

В гумидных условиях остро стоит проблема регулирования водного и теплового режимов, так как ежегодно в течение 3-8 и более недель растения страдают от засухи. В таких условиях мелкодисперсному дождеванию принадлежит решающая роль. Во влажных зонах России этот вопрос изучен недостаточно [2].

Однако именно оптимизация теплового и водного режимов растений в системе « почва - растение – атмосфера» существенно влияют на получение гарантированных урожаев в Центральном Нечерноземье России. Максимально возможный КПД составляет около 28 %, однако в агрохозяйственном производстве редко превышает 2 -3 %, т.е. не используется громадный биологический резерв роста продуктивности растений. Наши исследования доказывают, что мелкодисперсное дождевание как самостоятельный способ полива может

быть отнесено к экологически безопасным видам орошения и благоприятным физиолого-экологическим приемам для растений. Именно при данном способе полива используется вышеназванный резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы за счет большего роста как биомассы, так и азотфиксации. Нормализовать процесс фотосинтеза в Центральном районе России при ежегодных кратковременных засухах, когда температура растения в течение суток часто превышает оптимальную достигается только охлаждением листового покрова и оптимизации экосреды [9,10]. Тепловой и водный балансы земной поверхности служат главным механизмом при формировании обмена энергии и веществом в ландшафтно-климатических зонах.

Список использованных источников

1. Грамматикати О.Г. Эвапотранспирация и продуктивность использования оросительной воды.- в кн. Управление комплексом факторов жизни растений на мелиорированных землях.- Фрунзе, 1997.-с.150-151.
2. Грамматикати О.Г., Кузнецова Е.И. Сроки определения поливов при мелкодисперсном дождевании / Патент на изобретение № 2113110.- М: 1998.
3. Дубенок Н.Н. Организация полива сельскохозяйственных культур дождеванием. Учебное пособие.- М: РГАУ-МСХА.- 2003.-71 с.
4. Кузин Н.И. Эффективность мелкодисперсного увлажнения в условиях Рязанской области. В. кн. Мелиорация земель южной части Нечерноземной зоны РСФСР. Труды ВНИИ-ГиМ, М: 1986.- с. 28-32.
5. Рассолов Б.К. Мелиорация фитоклимата сельскохозяйственных культур. Гидротехника и мелиорация, 1978.- с. 87-93.
6. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаги.- Л.: Гидрометеиздат. - Т.- 1965.
7. Костяков А.Н. Основы мелиорации. 6 изд. М: 1960.-310 с.
8. Костяков А.Н. Избранные труды . Т.1-2 - Сельхозиздат.- 1961.-124с.
9. Шумаков Б.Б. Развитие гидромелиоративной науки № 3, 1980.- с. 75-80.
10. Шумаков Б.Б., Кузнецова Е.И. Новые концептуальные подходы к управлению процессами формирования продуктивности агроценозов при МДД.- Сб. науч. трудов «25 лет ТГСХА».- Тверь, 1997.- с. 75-80.
11. Повышение плодородия почв в Российской Федерации.- Кузнецова Е.И, Клопов М.И., Доценко С.Г., Верзилин В.В.- Монография.- Ярославль. -278 с. -2011.

УДК 631.347.3

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАПЛИ НА ПОЧВЕННЫЕ АГРЕГАТЫ

М.И. Ламскова¹, М.И. Филимонов¹, А.Е. Новиков², Т.Г. Константинова²

¹ФГБОУ «ВолгГТУ», г. Волгоград, Россия

²ФГБНУ «ВНИИОЗ», г. Волгоград, Россия

В настоящее время мелиоративный комплекс Российской Федерации представлен около 9 млн. га мелиорированных земель, в числе которых орошаемых более 4 млн. га. В то же время большая часть мелиоративных фондов

создана в 60-80 годы 20-го столетия, около 43 % оросительных систем нуждаются в проведении работ по техническому улучшению, перевооружению и восстановлению.

Как известно, основной целью мелиоративных мероприятий является создание необходимых условий для достаточного и устойчивого производства сельхозпродукции. По мнению большинства специалистов-аграриев среди значимых факторов, влияющих на формирование запланированного урожая, почти 50 % отводится водным мелиорациям.

Таким образом, стабильное производство сельхозпродукции, особенно в засушливых регионах страны, возможно за счёт оросительных мероприятий, эффективность которых зависит от реализуемых способов орошения и применяемой техники полива.

Понятие эффективного полива неразрывно связано с вопросами ресурсо- и энергосбережения, а также экологической безопасности агробиоценозов. Современная техника орошения отличается широким функционалом, позволяющим комбинировать различные, ранее не совместимые, технологические процессы: поливы с дозированным внесением удобрений, гербицидов, пестицидов и т.п.

Одной из актуальных проблем в орошаемом земледелии остаётся ирригационная эрозия. В абсолютном большинстве сельхозугодия имеют уклоны, которые провоцируют поверхностный сток воды – смыв значительной части верхнего наиболее плодородного слоя. Этот процесс усугубляется при поливах высокой интенсивности – дождевании, который получил наибольшее распространение в мировой практике (к примеру, в США около 40 %; в отечественной отрасли - до 70 %). При падении капля воды аккумулирует в себе кинетическую энергию, которую отдаёт почвенному агрегату при соприкосновении. В этот момент энергия воздействия разрушает механическую прочность орошаемой частицы грунта, происходит разрыв структурных связей между почвенными элементами.

Одним из перспективных решений данной проблемы является совершенствование разбрызгивающих рабочих элементов дождевальной техники, в частности применение насадок с дефлектором, который предназначен для дробления воды на капли. Однако дефлектор полностью не решает проблему снижения энергии воздействия капли на почвенные агрегаты.

Энергия, аккумулируемая каплей, главным образом, зависит от её размера. Уменьшение размера капли возможно за счёт введения дефлектора в струю и увеличения давления перед соплом. Однако при повышении давления резко возрастают энергозатраты, а введение дефлектора в струю ограничивает дальность её полета.

Известно, что капля воды, движущаяся в воздухе, имеет устойчивый диаметр (d_k , м) до тех пор, пока внешние силы от давления воздуха, зависящие от коэффициента аэродинамического сопротивления (C_x), не превысят силы внутреннего давления в капле, характеризующиеся коэффициентом поверхностного натяжения ($\alpha_k \approx 0,73$ Н/м при температуре воды 20 °С) [1]:

$$d_k = \frac{\alpha_k}{\rho_v \cdot C_x \cdot V_k^2}, \quad (1)$$

где ρ_v – плотность воздуха, кг/м³; V_k – максимальная скорость падения капли, м/с.

Из формулы (1) следует, что при прочих равных условиях для уменьшения размера, а соответственно и удельного веса капли (γ_k , Н/м³), достаточно будет уменьшить коэффициент поверхностного натяжения, что возможно осуществить за счёт введения воздуха в водный поток. Таким образом, капля, наполненная воздухом, позволит уменьшить энергию её воздействия на почву.

Сила удара (F_k , Н) падающих капель о почву (энергия воздействия капли) зависит от пути, на котором гасится их кинетическая энергия. При падении капли на почву принято считать, что деформируется только капля и, соответственно, кинетическая энергия капли гасится на пути равном $\frac{1}{2}$ диаметру капли. По этому допущению также предполагается, что масса капли сосредоточена в её центре:

$$\frac{m_k \cdot V_k^2}{2} = F_k \cdot \frac{d_k}{2}, \quad (2)$$

где m_k – масса капли, кг.

Известно [2, 3], давление (P) это сила (F), действующая на единицу площади поверхности, тогда для капли можно записать следующее выражение:

$$P_k = \frac{4 \cdot F_k}{\pi \cdot d_k^2}, \quad (3)$$

где $S_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}$ – площадь поверхности, на которую действует капля при ударе, м².

Выразив из уравнения (3) силу удара и подставив её в уравнение (2), получим, Па:

$$P_k = \frac{4 \cdot m_k \cdot V_k^2}{\pi \cdot d_k^3}. \quad (4)$$

Подставив в уравнение (4) значение массы капли и её составляющих, получим зависимость давления капли на почву от её размера и скорости падения:

$$m_k = W_k \cdot \rho_k; W_k = \frac{\pi \cdot d_k^3}{6}; \rho_k = \frac{\gamma_k}{g},$$

где W_k – объём капли, м³; ρ_k – плотность капли, кг/м³; $g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения;

$$P_k = \frac{2 \cdot \gamma_k \cdot V_k^2}{3 \cdot g}. \quad (5)$$

Введение воздуха в водный поток можно осуществлять либо в общий трубопровод, либо непосредственно в насадку. В качестве примера можно привести, что согласно теории гидравлики дождевальных машин [1], при внезап-

ном сужении в насадке, имеющей острую кромку, образуется вакуум. В сжатом сечении вакуум достигает максимальной величины (0,75-0,8 МПа от давления перед насадкой). При этом дефлекторные насадки обеспечивают хорошее качество дождя, начиная с давления перед насадкой равное 0,05 МПа. Учитывая, что истечение струи происходит в атмосферу, ограничив рабочее давление перед насадкой до 1,0 МПа, можно гарантировать, что насадка будет работать полным сечением и срыва вакуума не будет.

С учётом физики описанного процесса, в ФГБНУ ВНИИОЗ разработана дефлекторная эжекторная насадка (рис. 1), в которой вакуум, образующийся при внезапном сужении, используется для насыщения струи воздухом[4, 5].

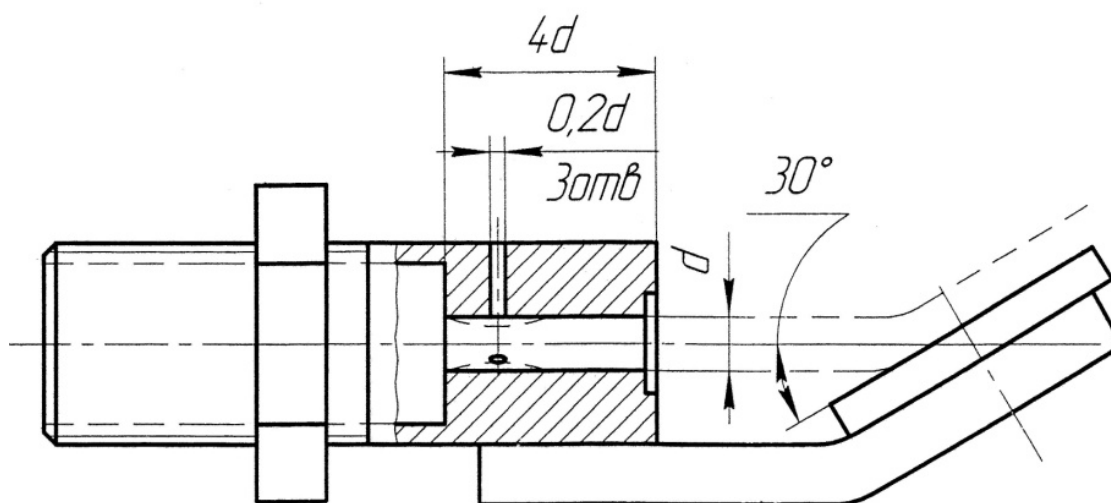


Рисунок 1 - Насадка дефлекторная эжекторная

Разработанная насадка характеризуется следующими показателями:

- проточная часть выполнена с внезапным сужением;
- на расстоянии $0,5d$ от острой кромки входного отверстия насадки имеются радиальные отверстия диаметром $0,2d$, предназначенные для соединения вакуума с атмосферой.

Проведённые исследования [4, 5] показали, что насыщение струи воды, выпускаемой насадкой, воздухом позволяет уменьшить размер капли на 22 % (рис. 2).

Уменьшение размеров капли позволяет достигнуть агротехнически безопасного давления капли при ударе о почву или растения – 10-15 кПа (рис. 3).

Считаем возможным за счёт модернизации дождевальных машин дефлекторными эжекторными насадками повысить коэффициент эффективного полива до 0,75, а продуктивность орошаемого гектара увеличить на 15 %.

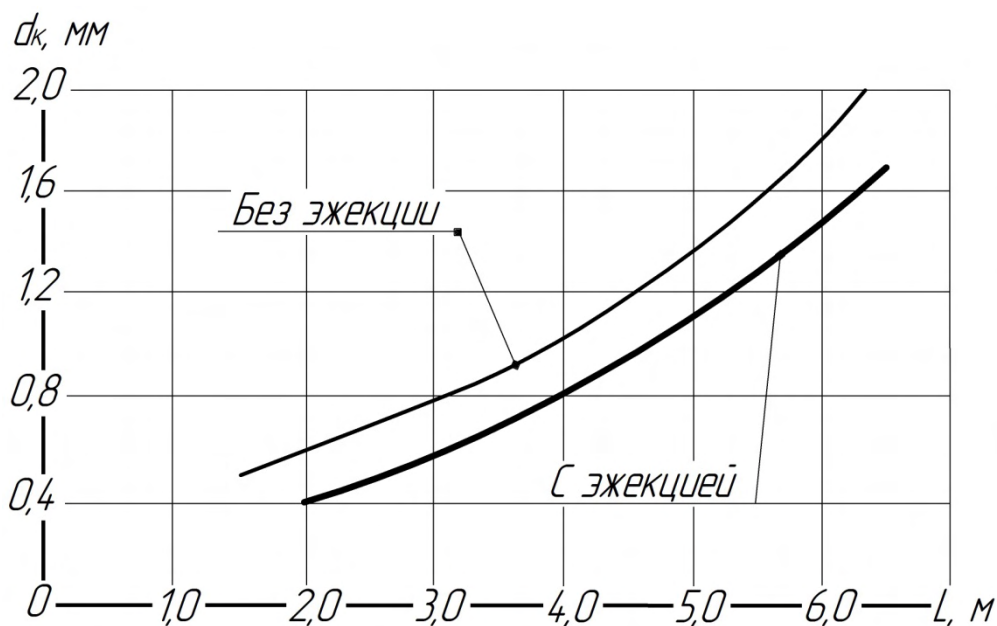


Рисунок 2 - Влияние эжекции на струю дефлекторной насадки:
 L – дальность полёта струи, d_k – диаметр капли

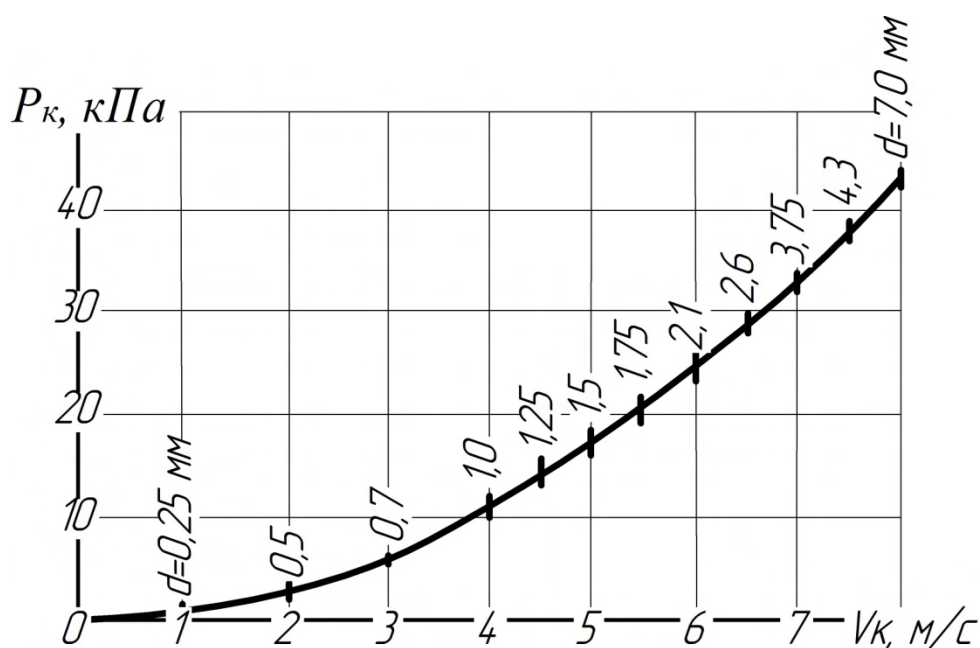


Рисунок 3 - Зависимость давления капли на почву от её размера и скорости падения (уравнение 5)

Список использованных источников

1. Лебедев, Б.М. Дождевальные машины / Б.М. Лебедев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1977. – 244с.
2. Башта, Т.М. Машиностроительная гидравлика. Справочное пособие / Т.М. Башта. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1971. – 672с.
3. Альтшуль, А.Д. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости) / А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселёв. – М.: Изд-во «Стройиздат», 1965. – 275 с.

4. Пат. 2361681 РФ, МПК В05В 1/18. Насадка дефлекторная эжекторная / Н.А. Безроднов, В.В. Мелихов, Т.Г. Константинова [и др.]; заявитель и патентообладатель ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» РАСХН. – № 2008105845/12, заявл. 15.02.2008; опублик. 20.07.2009. Бюл. № 20.

5. Новиков, А.Е. Модернизация дождевальных машин дефлекторными эжекторными насадками с малоэнергоёмким искусственным дождём / А.Е. Новиков, Т.Г. Константинова, М.И. Ламскова // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2013. – №8. – С. 18-20.

УДК 631.6: 631.4

ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ

В.П. Максименко, В.К. Губин, Л.В. Кудрявцева

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

Засоление почвы является наиболее распространённым явлением деградации земель. На юге страны только в зоне орошения засолено более 1196 тыс.га. Для засоленных земель свойственно повышенное содержание токсичных для растений солей преимущественно содержащих натрий. Снижение урожайности сельскохозяйственных культур начинается при содержании растворимых солей 0,2...0,3 %, а для более солевыхосливых – 0,3...0,4 % от массы почвы. Наиболее токсичный характер имеет солонцовое засоление земель, на долю которых приходится более 350 тыс. га.

Осолонцованные почвы в связи с наличием плотного слабоводопроницаемого слоя, отличаются низким плодородием. На таких землях из-за слабой фильтрационной способности грунта в понижениях накапливаются дождевые и оросительные воды, под действием которых глубинная фильтрация сопровождается подъемом уровня минерализованных грунтовых вод и накоплению токсичных солей в корнеобитаемом слое почвы.

Солонцовые очаги просыхают медленнее, чем остальное поле, что приводит к запаздыванию проведения сельскохозяйственных работ и ухудшению влагообеспеченности остальной части участка. Солонцовые образования препятствуют проникновению корней растений в почвенный слой, могут содержать вредные соли, бедны продуктивной влагой, что значительно снижает урожайность. Для восстановления плодородия засоленных земель существует комплекс мероприятий, включающих удаление солей натрия путем промывки с отводом промывной воды через дренажную сеть за пределы участка.

В соответствии с требованиями строительных норм и правил, при наличии в пределах мелиорируемой территории засоленных земель, промывка которых не может быть обеспечена при эксплуатации оросительных систем, предусматривается их капитальная промывка. Промывная норма в расчёте на метровый слой превышает 15 тыс. м³/га воды (СНиП 2.06.03-85 п.п. 7.9 и 7.10, 1986).

Одним из способов борьбы с засолением и осолонцованием является глубокое рыхление, способствующее интенсификации процессов удаления солей

из таких почв, как под действием естественных осадков, так и за счет лучшей фильтрации при увеличенных оросительных или промывных нормах. Для повышения эффективности промывки в почву вносят химвелиоранты. Наибольшее применение имеет природный мелиорант – гипс. При гипсовании почвы замещение ионов натрия в ППК на ионы кальция сопровождается коагуляцией почвенных коллоидов, улучшением структуры и водно-физических свойств почвы. Эффект может быть устойчивым при условии, что образовавшийся сульфат натрия - легкорастворимая и токсичная для растений соль - удаляется из корнеобитаемого слоя. Необходимость изъятия сульфата натрия обусловлена тем, что реакция катионного обмена обратима и при появлении карбонатов возможно смещение реакции с образованием нерастворимого карбоната кальция. Поэтому гипсование сочетается с мероприятиями, направленными на увеличение уровня влажности почвы, улучшение ее фильтрационных свойств, обеспечивающих удаление сульфата натрия при промывках за пределы корнеобитаемого слоя с помощью дренажной сети.

Таким образом, наиболее эффективная технология промывки засоленных земель предусматривает проведение глубокого рыхления солонцового слоя, внесение химвелиоранта с последующей промывкой участка водой.

Рыхление солонцового слоя может быть проведено V-образными рыхлителями РГ-05, РГ-0.8, РГ-1.2 и РГ-05М [2, 3, 6, 7], плугом со стойками СибИМЭ [9], солонцовыми рыхлителями РС-1.5, РСН-2.9 [4] и серийно выпускаемыми глубокорыхлителями КПГ-250, КПГ-2-150. Наряду с гипсом при химической мелиорации засоленных земель используют многие виды промышленных отходов, например, фосфогипс - крупнотоннажный отход производства пигментов, фосфорной кислоты, суперфосфата. Кроме гипса он содержит свободные кислоты: серную, ортофосфорную, ортокремневую. При его внесении в почву реакции по вытеснению натрия из ППК происходят не только с участием катионов кальция, но и ионов водорода. В этом случае свободная серная кислота реагирует, аналогично гипсу, с внедрением в поглощающий комплекс ионов водорода.

Наиболее эффективно процесс промывки засоленных земель с использованием химвелиорантов проводится на орошаемых землях с дренажем. На таких землях промывка осуществляется последовательным проведением следующих технологических операций: определение степени их засоленности и дозы химвелиоранта, необходимой для восстановления плодородия почвы; внесение его в сухом виде под вспашку с оборотом пласта, глубокое рыхление с разрушением солонцового слоя почвы; нарезка водораспределительной сети, устройство чеков, подача воды в чеки и отвод промывных дренажных вод [5]. Технология может быть реализована только при наличии водоприемника промывных дренажных вод, в противном случае соли, перемещенные с инфильтрационным потоком промывной воды ниже расчетного слоя почвы, через некоторое время возвратятся с восходящим капиллярным потоком.

Во многих случаях возможность отвода промывных вод отсутствует или требует больших капитальных затрат. В связи с этим представляет интерес ис-

пользование для проведения промывок одного из новых способов подачи и распределения по поверхности промывной воды с использованием системы капельного увлажнения (патент РФ №2273693), что позволяет существенно снизить объёмы использования воды на проведение промывки и отказаться от устройства дренажной сети [1].

Работы по промывке засоленных почв с помощью капельных систем увлажнения включают следующие операции: нарезку на промываемом участке щелей и формирование гребней в средней части межщелевых полос; по верху этих гребней укладывают полимерные трубки с капельницами, затем поверхность межщелевых полос укрывают экраном из полимерной плёнки. После завершения подготовительных работ осуществляют подачу промывной воды через систему капельных трубопроводов. Под действием инфильтрационного потока и капиллярных сил растворимые соли перемещаются к поверхностям вертикальных стенок щелей, где происходит испарение промывной воды с осаждением солей на них. После завершения процесса промывки, механическим способом производят перемещение солей со стенок щелей на дно траншеи, где их покрывают водоотталкивающим материалом. Щели засыпают промытым грунтом валиков, на которых были размещены капельницы, а участок выравнивают.

Щели на поверхности поля выполняют с помощью барового траншеекопателя через 1,5...3,0 м на глубину 1,5...2,0 м с ручным формированием гребня в средней части межщелевого пространства. На поверхности гребней размещают полимерные трубки длиной до 200 м. Капельницы на трубопроводе устанавливаются через 0,5...0,8 м по его длине. Поверхность гребней укрывают плёночным экраном. Подачу промывной воды производят расходом, обеспечивающим впитывание воды без образования поверхностного стока. При капиллярном насыщении почвы влагой и отсутствии испарения с поверхности поля капиллярный ток воды с растворёнными в нем солями будет направлен в сторону стенок траншеи. Здесь вода испаряется, а соли накапливаются на поверхности стенок. Промывку продолжают до понижения содержания солей в промываемой почве до безопасного для растений уровня. После завершения промывки плёночный экран снимают, капельные трубопроводы демонтируют, соли с поверхности стенок щелей с помощью барового траншеекопателя машины перемещают на дно щели. Соли, собранные в траншее, перекрывают слоем гидрофобного материала, например, отработки ГСМ, подаваемой из автоцистерны. Затем производят засыпку траншеи, перемещая промытый грунт из средней части полос бульдозером. Поле вспахивают и засевают сидеральными культурами. После заделки сидерата поле готово для возделывания других сельскохозяйственных культур. Данная технология может осуществляться в комплексе с глубоким рыхлением и внесением химмелиорантов в сухом или жидком виде.

Для рыхления солонцового слоя перед промывкой можно использовать описанные выше рыхлители. Норму внесения химмелиоранта назначают из расчёта мелиорации метрового слоя почвы. Внесение сухого химмелиоранта на поверхность поля осуществляется до нарезки щелей с помощью серийных машин типа МВУ-8Б, РУМ-8 или АРУП-8 и МВМ-10.

При использовании в качестве мелиоранта серной кислоты её подают в ток промывной воды с помощью гидроподкормщика. Концентрация кислоты в промывной воде не должна превышать 0,8...1,0 %.

В процессе последующей эксплуатации орошение на этом участке следует проводить с использованием малообъемных технологий полива, исключающих глубинную фильтрацию воды и подъем уровня минерализованных вод.

Так как при капельном орошении фильтрация воды происходит преимущественно под действием капиллярных сил, то продолжительность процесса промывки, по сравнению с промывкой затоплением чеков, значительно увеличится, однако при этом сокращается объем промывной воды и исключается возможность смыкания промывного тока с минерализованными грунтовыми водами. Применение предлагаемого способа промывки позволяет повысить экологическую безопасность рекультивации засоленных земель.

Список использованных источников

1. Губин, В. К. Способ рассоления почв [Текст] / В. К. Губин, К. В. Губер, М. Ю. Храбров, В. И. Канардов // Патент РФ № 2273693; С1 МПК А01G 25/00 (2006.01): Заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (RU). - № 2004114903/03, заявл. 18.05.2004, опублик. 10.04.2006. – Бюл. № 10. – 5 с.
2. Казаков, В. С. Рекомендации по глубокому рыхлению почв на орошаемых землях [Текст] / В. С. Казаков, В. И. Бобченко, В. С. Макарова, В. П. Максименко, [и др]. – М.: ВНИИГиМ, 1986. – 39 с.
3. Казаков, В. С. Рекомендации по технологии регулирования водно-солевого режима тяжелых почв на рисовых системах Кзыл-Ординской области [Текст] / В. С. Казаков, В. П. Максименко, С. И. Умирзаков. – М.: ВНИИГиМ, 1989. – 23 с.
4. Кизяев, Б. М. Культуртехнические мелиорации: технологии и машины [Текст] / Б. М. Кизяев, З. М. Мамаев. - М.: Ассоциация ЭкоСт, 2003. - 399 с.
5. Кизяев, Б. М. Режимы комплексных мелиораций земель (рекомендации) [Текст] / Б. М. Кизяев, Л. В. Кирейчева, В. П. Максименко, [и др]; под редакцией Б. М. Кизяева. – М.: РАСХН, 2000. – 63 с.
6. Максименко, В. П. Комплекс машин для глубокого рыхления почвы с внесением животноводческих стоков [Текст] / В. П. Максименко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – № 10. – С. 11–13.
7. Максименко, В. П. Способ мелиорации земель [Текст] / В. П. Максименко, Б. М. Кизяев, П. В. Максименко, Т. Л. Волчкова // Патент РФ № 2229780, МПК 7 А 01 В 79/02; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2002116878/12, заявл. 26.06.2002; опублик. 10.06.2004. - Бюл. № 16. – 6 с.
8. СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения». - М.: Госстрой СССР, 1986 г.
9. Яковлев, В. Х. Обработка черноземных и солонцовых почв [Текст] / В. Х. Яковлев // Вестник РАСХН. - 2001. - № 5. - С. 33 - 36.

УДК 633.37:631.67(470.4)

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Е.И. Молоканцева, О.В. Головатюк
ФГБНУ «ВНИИОЗ», г. Волгоград, Россия

Одним из основных направлений решения проблемы обеспечения животноводства кормовым растительным белком и биологизации земледелия является расширение ассортимента бобовых культур, повышение эффективности их использования в кормопроизводстве. Перспективным нетрадиционным растением является козлятник восточный, интродуцент, введенный в культуру из природной флоры. В сельскохозяйственном производстве до сих пор нет культур, равных козлятнику восточному по продолжительности продуктивного использования посева (12-15 лет), способности к длительной вегетации, высокому средообразующему потенциалу, стабильной урожайности и качеству продукции [1, 5, 6, 7].

Козлятник восточный для условий Нижнего Поволжья является новой, ранее не возделываемой культурой, разработка технологии его выращивания имеет высокую степень новизны и актуальности, требует научного обоснования и экспериментальной проверки с последующим использованием в производстве. Решению поставленной проблемы и посвящена работа лаборатории многолетних кормовых культур ФГБНУ ВНИИОЗ [3, 4].

Полевые опыты проводятся в ФГУП ОПХ «Орошаемое» на светло-каштановых почвах с содержанием 1,52...1,70 % гумуса, 21...26 мг/кг подвижного фосфора, 220...290 мг/кг обменного калия. Плотность почвы в слое 0,7 м составляет 1,34 т/м³, наименьшая влагоемкость 22,2, порозность – 48,4%.

Агротехника возделывания козлятника состоит из запасного внесения фосфорно-калийных удобрений расчетными дозами под отвальную вспашку на глубину 0,25...0,27 м. Азотные удобрения дифференцированными дозами вносятся под каждый укос.

Посев изучаемых сортов козлятника ранневесенний подпокровный. Норма высева козлятника 6,0, покровного овса – 3,5 млн. всхожих семян на гектар.

Влажность почвы не ниже 80 % НВ поддерживалась вегетационными поливами дождевальными машинами «Мини-Кубань К» и «Мини-Кубань ФШ» нормой 450 м³/га.

Уборку овса проводили в фазу выметывания метелки, козлятника - в фазу бутонизации-начала цветения на зелёный корм, сенаж и сено.

Полевые опыты сопровождались необходимыми наблюдениями и измерениями, которые проводили с соблюдением требований методики полевого опыта [2].

В опытах 2006-2013 гг. по агроэкологическому испытанию сортов козлятника восточного из различных зон страны полнота всходов по сортам значительно не различалась, но заметно изменялась в зависимости от складывающихся метеоусловий в период посев-всходы. Так, в апреле 2007 г. сложились

жесткие условия: средняя температура воздуха составляла 14,2...19,1⁰С, максимальная – 25,2...25⁰ С, минимальная относительная влажность воздуха – 17...41%, количество осадков – 1,9 мм. При этом полнота всходов у сортов достигла 30,2...32,2%. Период посев-всходы в 2006 г. (с 1 по 12 мая) был более благоприятным: средняя температура воздуха не выше 10,9...16,7⁰С, максимальная – 15,2...20,2⁰С, минимальная относительная влажность воздуха – 30...56%, количество осадков – 16,3 мм. Все это обусловило дружное появление всходов, полнота которых по сортам изменялась от 42,5 до 46,0%. Следует отметить, что аналогичная закономерность характерна и для посевов люцерны: 46,7% в 2007 г. и 57,2% - в 2006 г.

Сорта козлятника восточного обладали более низкими, чем люцерна, темпами изреживания посевов, начиная со 2-го года жизни. За 4 года жизни изреживание составляло на посевах козлятника восточного 45,2-56,0, люцерны синегибридной – 82,6%. Несколько меньшим изреживанием характеризовались посевы сортов Магистр, Ялгинский и Бимболат. Изреживание посевов козлятника 5, 6 и 7-го годов жизни изменялось от 1,8 до 3,2% (табл. 1).

Таблица 1 - Динамика изреживания посевов козлятника восточного и люцерны синегибридной

Культура, сорт	1-й год		2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год	7-й год
	до вы- хода из- под по- крова	за ве- гета- цию						
Козлятник восточный:								
Гале	29,8	35,0	11,3	6,5	3,2	3,0	2,5	2,0
Донецкий 90	25,5	30,0	10,6	6,2	3,5	3,2	2,5	2,0
Магистр	23,5	29,5	8,2	5,0	2,5	2,0	2,0	1,8
Ялгинский	24,0	29,0	9,0	5,0	2,5	2,3	2,0	2,0
Бимболат	27,0	30,0	10,5	6,0	3,0	2,5	2,0	2,0
Люцерна синегибридная								
Надежда	25,5	31,1	15,5	18,6	17,4	-	-	-

Ценность многолетних бобовых заключается в накоплении ими в почве органики, богатой основными элементами питания. В наших опытах корневая масса козлятника восточного последовательно возрастала от 3,90...4,95 в первый до 15,24...18,00 т/га сухих корней на посевах седьмого года жизни (табл. 2).

По накоплению органики преимущество имели сорта козлятника Донецкий 90, Магистр и Бимболат, к концу седьмого года жизни они накапливали корней на 11,3...18,1% больше, чем Гале и Ялгинский. С их корневой массой в почву поступало 200...270 азота, 120...150 фосфора и 200...220 кг/га калия, что в переводе на стандартные туки равнозначно внесению 0,6...0,8 т аммиачной селитры, 0,24...0,30 т суперфосфата и 0,42...0,50 т/га калийной соли.

Таблица 2 - Динамика прироста корневой массы козлятника восточного и люцерны синегибридной

Культура, сорт	Масса сухих корней, т/га						
	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год	7-й год
Козлятник восточный							
Гале	3,95	6,98	10,85	11,50	13,50	14,18	15,24
Донецкий 90	4,80	8,12	11,20	12,80	14,85	15,20	17,00
Магистр	4,95	8,94	11,50	12,75	14,90	15,31	17,15
Ялгинский	3,90	6,70	10,05	11,88	13,30	14,10	15,20
Бимболат	4,93	9,02	12,42	13,58	15,12	16,25	18,00
Люцерна синегибридная							
Надежда	5,60	10,02	9,20	7,38	-	-	-

Важным аспектом при агроэкологической оценке видов и сортов многолетних бобовых трав является определение их способности к фиксации атмосферного азота в ризосфере с помощью клубеньковых бактерий. Так как козлятник на наших полях ранее не возделывался и в почве мало спонтанных клубеньковых бактерий, его семена перед посевом обрабатывали специальным штаммом козлятничкового ризоторфина с одновременным опудриванием их молибденом.

Проведенные исследования показали, что самый мощный симбиотический аппарат формируется в ризосфере растений второго и третьего года жизни: от 20,0...83,0 до 31,8...95,2 шт./раст. Максимальное количество клубеньков образуется к фазе начала цветения в первом укосе – 43,0...95,2 шт., минимальное – перед четвертым укосом – 20,0...31,8 шт./раст. При этом количество активных клубеньков с леггемоглобином, способных фиксировать атмосферный азот, не превышает 36...60% от общего их числа. По этому показателю выделился сорт Бимболат, на корнях которого в первом укосе зафиксировано 80,0...95,2, в том числе активных 54,5...57,0 клубеньков на растении, что в 1,1...2,1 раза больше, чем по другим сортам.

Оценивая фотосинтетические показатели посевов козлятника, следует отметить, что максимальная ассимиляционная поверхность формируется на посевах второго и третьего года жизни и составляет 48,5...55,0 тыс. м²/га. На посевах четвертого-пятого годов жизни индекс листовой поверхности снижается на 10,2...14,8, шестого-седьмого – на 20,0...25,0%. Фотосинтетический потенциал молодых посевов козлятника изменялся от 3,05 до 4,10, старовозрастных – от 2,50 до 2,95 млн.м²дней/га, а продуктивность фотосинтеза, соответственно от 5,51...6,12 до 4,95...5,30 г/м²сутки/га.

Козлятник восточный в год посева после выхода из-под покрова формировал один полноценный укос, на посевах прошлых лет – три-четыре укоса. Формирование первого укоса происходило в среднем за 55-60 дней при сумме температур $\geq 5^{\circ}\text{C}$ $1200 \pm 25^{\circ}\text{C}$, второго-третьего укоса – за 30-35 дней при сумме

температур - $900 \pm 20^{\circ}\text{C}$, четвертого – за 40-45 дней - $700 \pm 30^{\circ}\text{C}$.

На посевах второго-седьмого годов жизни в первом укосе козлятник восточный изучаемых сортов формировал 35...40% общей биомассы, во втором – 27...35, третьем – 20...25, четвертом укосе – 10...15%.

Максимально высокой продуктивностью изучаемые сорта козлятника отличались во второй и третий год жизни, обеспечивая получение от 75,3 до 90,5 т/га зеленой массы. Продуктивность посевов четвертого и пятого года снижалась до 63,8...87,0, шестого и седьмого года жизни – до 58,4...69,3 т/га зеленой массы (табл. 3).

Таблица 3 -Динамика формирования зеленой массы козлятником восточным и люцерной синегибридной

Культура, сорт	Зелёная масса, т/га						
	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год	7-й год
Козлятник восточный							
Гале	26,8	78,5	75,3	63,8	60,5	58,4	55,0
Донецкий 90	30,2	85,0	83,8	73,2	65,8	62,0	59,4
Магистр	30,0	90,5	87,0	72,8	64,0	62,8	59,5
Янглинский	26,5	80,2	78,2	67,4	62,2	59,5	56,0
Бимболат	30,0	78,5	88,5	79,4	69,3	65,0	60,0
Люцерна синегибридная							
Надежда	31,0	84,4	65,5	47,0	-	-	-
НСР ₀₅	2,6	6,6	7,1	6,9	7,0	5,4	5,0

Во все годы исследований стабильное преимущество по продуктивности имели сорта козлятника восточного Донецкий 90, Магистр и Бимболат. Их урожайность в сумме за 4 укоса была на 11,3...17,5% выше, чем по сортам Гале и Ялгинский.

При определении кормовых достоинств изучаемых сортов козлятника установлено, что количество протеина в сухой массе изменялось от 22,2 до 25,5%, переваримого протеина от 167 до 187 г/кг, кормовых единиц 0,60...0,70, обменной энергии 9,8...10,6 МДж (табл. 4).

Таблица 4 - Питательная ценность сортов козлятника восточного

Сорт	Содержание в сухой биомассе, %				В 1 кг		
	протеин	жир	клетчатка	БЭВ	к.ед.	перевар. протеин, г	ОЭ, МДж
Гале	23,2	3,0	24,3	35,5	0,64	167	9,8
Донецкий 90	25,1	2,9	26,3	32,9	0,66	180	10,5
Магистр	24,0	3,3	27,4	33,0	0,70	173	10,2
Ялгинский	23,8	3,0	25,5	32,5	0,65	171	9,9
Бимболат	25,5	3,2	27,0	33,0	0,69	184	10,6
Надежда	22,5	2,3	21,2	35,7	0,60	162	9,4

Аминокислотный состав растений козлятника свидетельствует о его высокой ценности. Общее количество аминокислот изменялось по сортам от 135,2 до 140,0 г/кг, в том числе незаменимых – от 50,0 до 55,5 г/кг. Содержание критической незаменимой кислоты лизина по сортам Донецкий 90, Магистр и Бимболат составило 7,6...8,0 г/кг.

Возделывание козлятника восточного отличается высокой энергетической и экономической эффективностью. Коэффициент энергетической эффективности (соотношение энергии, накопленной в урожае, к затратам на его формирование) равен 4,5...5,0, рентабельность производства зеленой массы при оптимизации условий водного и питательного режимов почвы составила 67...97%.

Таким образом, козлятник восточный по комплексу хозяйственно-ценных признаков: долголетию, высокой продуктивности, накоплению органики в почве, протеиновой и энергетической насыщенности биомассы является перспективной культурой для возделывания на орошаемых землях Нижнего Поволжья. Он формирует в первый и второй год урожаи, равные урожаю люцерны, а в третий и четвертый годы жизни – превосходящие их. С возрастом посевов козлятника идет поступательное накопление корневой массы с содержанием 200-270 азота, 120-150 фосфора, 200-220 кг/га калия. По содержанию переваримого протеина биомасса козлятника превосходит люцерну на 3,5...12,5%, обменной энергии – на 3,4...13,6%. Введение этой ценной кормовой культуры в кормопроизводство и орошаемое земледелие региона будет способствовать решению проблемы обеспечения животноводства высокобелковыми кормами, сохранению и приумножению почвенного плодородия.

Список использованных источников

1. Вавилов П.П., Филатов В.И. Интенсивные кормовые культуры в Нечерноземье. – М.: Московский рабочий, 1980.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985.
3. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Молоканцева Е.И. Возделывание нетрадиционных многолетних бобовых трав в Нижнем Поволжье // Вестник РАСХН, 2007. - №6. – С. 55-58.
4. Дронова Т.Н. Перспективы возделывания козлятника восточного на орошаемых землях юга России / Рекомендации. Наука сельскому хозяйству. – Волгоград: ОАО «Альянс», 2010. – С. 71-76.
5. Максименко В.П., Бондаренко А.Н., Волчкова Т.Л. Галега восточная – реальность и перспектива. – М.: ВНИИГиМ, 2005. – 101 с.
6. Симонов С.Н. Галега – новая кормовая культура. – М.: ВИК, 1938.
7. Харьков Г.Д. и др. Возделывание и использование козлятника восточного на корм и семена (рекомендации). – М.: ВИК, 2005.

ЗАВИСИМОСТЬ ПЛАНИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ РИСА ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И ДОЗ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ОРОШЕНИИ

А.Б. Неvejeина

ФГБНУ "ВНИИОЗ", г. Волгоград, Россия

В нашей стране все посеы риса практически полностью возделываются на продолжительном затоплении поверхности чеков слоем воды. Обоснованию выбора лучших предшественников под эту культуру при традиционной технологии орошения посвящено немало работ. Подавляющее число их связано с оценкой влияния агротехнической роли чистого и занятого пара, однолетних парозанимающих культур и многолетних трав как основных предшественников в повышении степени аэрации и плодородия почвы, снижении засорённости посевов, влияния этих культур на урожайность риса[1, 5]. По данным И.С. Косенко [5], чистые пары оказались эффективным средством снижения запасов семян сорняков, особенно ежовника.

На орошение затопляемого риса в Российской Федерации в расчете на единицу площади затрачивается намного больше воды, чем на полив других сельскохозяйственных культур и, в частности, на рис с периодическим орошением. Оросительная норма затопляемого риса составляет 12 – 25 тыс.м³ на 1 га и более, что в 3,6 – 7,2 раза больше по сравнению с орошением пшеницы и в 2,4 – 3,8 по сравнению с многолетними травами[3].

В связи с изложенным разработка маловодозатратной технологии орошения риса приобретает особую актуальность. Обуславливается это все возрастающим дефицитом водных ресурсов, высокой капиталоемкостью строительства и эксплуатации специализированных рисовых оросительных систем, предназначенных для создания и поддержания в период вегетации риса слоя воды в чеках, порождающих тем самым ряд экологических проблем.

Учеными Всероссийского НИИ орошаемого земледелия разрабатывается технология возделывания риса, основанная на отказе от полива затоплением, а ориентированная на поддержание водного режима почвы, создаваемого периодическими поливами[6]. Использование такой технологии орошения риса позволяет возделывать эту культуру на оросительных системах общего назначения в полевых и овощных севооборотах при размещении ее по лучшим предшественникам, способствует не только получению планируемой конкурентоспособной урожайности, но и защите растений от сорной растительности, вредителей и болезней, сохранению плодородия почвы.

Целью настоящей работы является получение новых знаний для обоснования выбора предшественников, благоприятно влияющих на водно-физические свойства, фитосанитарное и почвенно-мелиоративное состояние орошаемых земель, рост, развитие и получение планируемой урожайности риса, с использованием рациональных доз внесения удобрений и норм посева при возделыва-

нии по маловодозатратной технологии.

О влиянии предшественников на величину урожая и качество зерна различных культур, поддержание плодородия орошаемых светло-каштановых почв Волгоградской области имеются ряд публикаций. Одни авторы [11] предлагают в качестве предшественников использовать черный пар и пласт люцерны, другие [9] – пропашные культуры, например, картофель, который в период вегетации нуждается в междурядных обработках и внесении удобрений. Поэтому почва приобретает благоприятное сложение с аккумуляцией в пахотном слое питательных веществ.

В Республики Дагестан рекомендуемая доза внесения удобрений под затопляемый рис, в зависимости от предшественников и уровня урожайности изменяется в пределах $N_{90-180}P_{100-120}K_{0-25}$, Ростовской области – $N_{90-180}P_{120-180}K_{45-90}$. Следует отметить, что приведённые данные получены при возделывании риса затоплением в отличающихся от Волго-Донского междуречья почвенно-климатических условиях. Поэтому возникла необходимость определить для этой природной зоны нормы реакции растений на дозы внесения минеральных удобрений по разным предшественникам и нормам посева риса, орошаемого периодическими поливами[7].

Схема наших опытов по обоснованию выбора предшественников и доз внесения удобрений по разным предшественникам для получения планируемой урожайности риса при разных нормах посева включала следующие варианты.

Первый фактор – изучение эффективности использования под посевы риса с периодическими поливами различных предшественников: люцерны, сои, картофеля и бесменный в течение ряда лет посев риса по рису.

Второй фактор – определение доз внесения удобрений по разным предшественникам на получение урожайности 4,5 и 6 т/га зерна.

Третий фактор – обоснование норм посева риса с включением 4 вариантов, 3,4,5 и 6 млн. всхожих семян на 1 га.

Схема размещения изучаемых факторов и вариантов опыта представлена на рисунке 1.

Исследования проводятся на светло-каштановых почвах стационара Волго-Донской в ФГУП «Орошаемое» ФГБНУ ВНИИОЗ Волгоградской области.

Полевые опыты сопровождаются наблюдениями, учетами и исследованиями, при соблюдении требований методик опытного дела [2, 9].

Потребность в удобрениях на получение планируемой урожайности риса определяли расчетно-балансовым методом И. С. Шатилова - М. К. Каюмова.

По предварительным исследованиям 2012 г. на планируемую урожайность 5 т/га зерна по предшественникам картофелю и сои продуктивность риса сорта Волгоградский, при внесении минеральных удобрений $N_{109}P_{62}K_{75}$ изменялась от 4,72 до 5,07 т/га. Наибольшая урожайность 5,07 т/га получена на предшественнике картофеле, а по предшественнику сое – 4,72 т/га.

В 2013 году в наших исследованиях на Волго-Донском стационаре ГНУ Всероссийского НИИ орошаемого земледелия урожайность риса на фоне внесения удобрений для получения 5,0 т/га зерна по сое составила 5,2 т/га, карто-

фелю – 4,8 т/га.

В 2014 году уборка на полевом опыте риса была успешно проведена 11 сентября. В настоящее время проводится анализ и обработка данных, полученных за прошедший вегетационный период, согласно дозам удобрений под планируемую урожайность.

ПРЕДШЕСТВЕННИК КАРТОФЕЛЬ

									3 млн. всх. зерен
II	I	III	I	III	II	III	II	I	4 млн. всх. зерен
									5 млн. всх. зерен
									6 млн. всх. зерен
NPК₂ (5 т/га)	NPК₁ (4 т/га)	NPК₃ (6 т/га)	NPК₁ (4 т/га)	NPК₃ (6 т/га)	NPК₂ (5 т/га)	NPК₃ (6 т/га)	NPК₂ (5 т/га)	NPК₁ (4 т/га)	

ПРЕДШЕСТВЕННИК РИС

NPК₂	5 млн. всх. зерен
------------------------	-------------------

ПРЕДШЕСТВЕННИК СОЯ

NPК₂	5 млн. всх. зерен
------------------------	-------------------

Рисунок 1 - Схема размещения вариантов опыта на посевах риса с периодическим орошением на стационаре:

Дозы удобрений рассчитаны на получение зерна риса: 4 т/га – **NPК₁**, 5 т/га – **NPК₂**, 6 т/га – **NPК₃**. Нормы посева: 3, 4, 5, 6 млн. всхожих зерен на 1 га

Список использованных источников

1. Агарков В.Д. Агротехнические требования и нормативы в рисоводстве/ В.Д. Агарков, А.Ч. Уджуху, Е.М. Харитонов. – Краснодар: ВНИИ риса, 2006. – 96 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Ерыгин П.С., Натальин Н.Б. Рис. – М.: Колос, 1968. – 328 с.
4. Каюмов М.К. Справочник по программированию продуктивности полевых культур. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 288 с.
5. Косенко И.С. Достижения в области изучения сорных растений риса в СССР. //Труды Краснодарского института пищевой промышленности, вып. № 7, 1949.
6. Кружилин И.П. Водосберегающая технология орошения риса при периодических поливах// Вестник РАСХН. – 2009. - №3. – С. 39 – 41.

7. Кулешова Л.А. Фосфатный режим темно-каштановых почв под посевами риса в условиях Ростовской области. Труды Кубанского государственного аграрного университета./ Кулешова Л.А., Казакова А.С., Степовой В.И./ 2010. Т. 1. № 23. С. 140-143.

8. Лаврик Л.Ю. Продуктивность картофеля в зависимости от приемов возделывания в лесостепной зоне Саратовского Правобережья: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Саратов, 2009.

9. Плешаков В.Н.

10. Сторожев Д.Н. Эффективность последствия пласта многолетних бобовых трав и его влияние на урожайность яровой пшеницы в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области. //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование./Сторожев Д.Н., Куприянов А.В./- 2009. № 1. С. 59-62.

УДК: 631.6: 631.412

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ОСОЛОНЦЕВАНИЯ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ

А. Н. Николаенко, В. П. Максименко

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

Создание инженерных гидромелиоративных систем нового поколения, включающих системы комбинированного и двустороннего регулирования влажности почвы, является основой для сохранения природно-ресурсного потенциала и обеспечения производства высококачественной сельскохозяйственной продукции. Вместе с тем, эффективность орошения, как один из основных факторов, определяющих стабильность производства растениеводческой продукции в засушливых условиях, определяется качеством поливной воды, которое, как показывает практика, с течением времени не улучшается, а ухудшается. В связи с этим, с одной стороны, становится реальной потребностью применение технологий, обеспечивающих улучшение качества поливной воды, а с другой, необходимо теоретическое обоснование допустимых критериев изменения суммарного содержания солей и их ионного состава в поливной воде, при которых возможно получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур нормативного качества и сохранение плодородия почв на орошаемых землях.

В соответствии с ГОСТ 17.1.2.03-90 оценка качества минерализованных вод осуществляется по агрономическим, экологическим и техническим критериям с целью учета их влияния на растения, плодородие почв и их структурные свойства.

Агрономические критерии определяют качество воды для орошения по ее воздействию на:

- почвы с целью сохранения и повышения плодородия и предотвращения процессов засоления, осолонцевания, содообразования, слитизации и нарушения микробиологического режима;

- урожайность сельскохозяйственных культур по валовому сбору сельскохозяйственной продукции;

- качество сельскохозяйственной продукции, в особенности на формиро-

вание ее полноценности, доброкачественности и сохранности.

Экологические критерии определяют качество воды для орошения с учетом необходимости обеспечения безопасности санитарно-гигиенической обстановки на данной территории, охраны окружающей среды и получения экологически чистой растениеводческой продукции.

Технические критерии позволяют определять качество воды для орошения с точки зрения воздействия на сохранность и эффективность эксплуатации гидромелиоративных систем и их составных частей.

В соответствии с агрономическими, экологическими и техническими критериями качество оросительной воды оценивают комплексно с учетом влияния на почвы, растения и сооружения, подводящие воду от источника до орошаемого поля.

Оросительная вода, имеющая водородный показатель рН 6,5...8, пригодна для полива сельскохозяйственных культур на всех типах почв; допустимо использование воды с рН 6...8,4. Использование воды с рН<6 и рН>8,4 должно быть обосновано.

В соответствии с работами Н.И. Базилевич, Е.И. Панковой, С.Я. Бездниковой [1, 2] и с принятыми ограничениями приведена почвенно-мелиоративная классификация оросительной воды (табл. 1, 2, 3).

Для почвенно-мелиоративной оценки качества оросительной воды по степени опасности развития процессов общего (минерализация воды) и хлоридного (Cl^-) засоления; натриевого ($\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$) и магниевого ($\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$) осолонцевания и содообразования $[(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$ почв пользуются таблицей 1.

Таблица 1 - Почвенно-мелиоративная классификация оросительных вод [1, 2]

Класс воды	Минерализация воды, г/л, для орошения почв			Концентрация ионов в оросительной воде, мг-экв/л., при оценке опасности развития процессов осолонцевания			
	С тяжелым гранулометрическим составом и имеющих ППК >30	Со средним гранулометрическим составом и имеющих ППК 15...30	С легким гранулометрическим составом и имеющих ППК >15	Хлоридного засоления Cl^-	Натриевого осолонцевания $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$	Магниевого осолонцевания $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$	Содообразования $[(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$
I	0,2...0,5	0,2...0,6	0,2...0,7	<2	<0,5	<1	<1
II	0,5...0,8	0,6...1	0,7...1,2	2...4	0,5...1	1...1,5	1...1,25
III	0,8...1,2	1...1,5	1,2...2	4...10	1...2	1,25...2,	1,25...2,5
IV	>1,2	>1,5	>2	>10	>2	>2,5	>2,5

Характеристика четырех классов качества воды применительно к почвам с различным механическим составом, емкостью поглощения и их влиянием на почвообразовательные процессы и урожайность сельскохозяйственных культур приведена ниже (табл. 2).

Таблица 2 - Характеристика классов качества воды

Класс воды	Характеристика
I	Оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. Состав культур не ограничен.
II	Оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. При недостаточной дренированности возможно засоление почв; снижение (до 5...10 %) урожайности культур слабой солеустойчивости. Для удаления солей, превышающих их допустимое содержание в почве, требуется умеренный промывной режим орошения при обеспеченной дренированности или специальный комплекс мелиоративных мероприятий
III	Оросительная вода оказывает неблагоприятное влияние на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур: снижение (до 10...25 %) урожайности культур слабой и средней солеустойчивости. Без предварительной мелиорации воды и почв неизбежно развитие процессов засоления, натриевого и магниевого осолонцевания и содообразования почв. Необходимо регулирование pH оросительной воды, обогащение кальцием. Требуется промывной режим орошения при обеспеченной дренированности территории, интенсивность которого должна быть увязана со свойствами и составом почв. Состав сельскохозяйственных культур ограничен и необходим специальный комплекс мелиоративных мероприятий
IV	Оросительная вода неблагоприятно влияет на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, снижается урожайность (до 25...50 %) культур слабой и средней солеустойчивости. Требуется мелиорация почв и воды. Вода непригодна без предварительного изменения ее качественного состава и без проведения специальных исследований влияния ее на качество сельскохозяйственной продукции, плодородие почв и другие природные факторы

Оптимальное содержание натрия и хлора в оросительной воде при дождевании составляет 3 мг-экв./л, при поверхностном поливе, соответственно 3 и

4, а допустимое – 9 и 10 мг-экв./л. Оптимальное содержание бора в оросительной воде составляет 0,3...1 мг/л, допустимое – 1...3 мг/л в зависимости от бороустойчивости сельскохозяйственных культур и исходных запасов бора в почве. Солеустойчивость сельскохозяйственных культур приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Градация культурных растений по группам солеустойчивости [1, 2]

Группа	Признак	Культура			
		Технические	Кормовые	Овощные и бахчевые	Плодовые и ягодные
1	2	3	4	5	6
1-я	Очень сильноустойчивые, $C_{100} \leq 3,5 \text{ г/л}$	Ячмень короткоостистый, свекла сахарная, ломкоколосник ситниковый, сафлор, овес, рожь, пшеница	Пырей русский, пырей гребенчатый, трава бермудская, свекла кормовая, ячмень на сено	Спаржа	–
2-я	Сильноустойчивые, $C_{100} \leq 2,5 \text{ г/л}$	Сорго, пшеница обыкновенная, пшеница твердая, рапс, ячмень Богдана, ячмень яровой, хлопчатник, соя, джугара. кунжут	Житняк, ячмень на фураж, овсяница высокая, пырей сибирский, овес на сено, кострец колючий, донник белый, люцерна сорта Оранжевая 115, волоснец	Тыква, баклажаны, свекла столовая, арбуз	–
3-я	Среднеустойчивые, $C_{100} \leq 1,3 \text{ г/л}$	Рис посевной, сахарный тростник, пшеница сорта Саратовская 29	Вика посевная, кукуруза на силос, суданская трава, сесбания, просо кормовое, райграс	Патиссон, брюссельская капуста, томат, шпинат, огурец, репа	–

1	2	3	4	5	6
4-я	Слабоустойчивые, $C_{100} \leq 0,8 \text{ г/л}$	Фасоль обыкновенная, горох посевной, бобы, лен культурный, подсолнечник, кукуруза, гречиха, люпин желтый	Клевер гибридный, ползучий, лисохвост луговой, ежа сборная, бобы кормовые, люцерна посевная, тимофеевска луговая	Картофель, перец, горох, редис, чеснок, тыква, турнепс, дыня, лук репчатый, морковь столовая, фасоль обыкновенная, капуста белокачанная, капуста цветная, салат-латук, редька, сельдерей	Персик, инжир, груша, вишня, слива, яблоки, виноград, гранат, чернослив, миндаль, апельсин, сладкий грейпфрут, абрикосы, грецкий орех, клубника, малина, смородина, крыжовник, ежевика

Примечание: C_{100} – минерализация оросительной воды, при которой потенциал урожайности сельскохозяйственных культур составляет 100%.

Приведенные выше данные требуют дальнейшего уточнения в силу того, что они не учитывают условия ионообменных равновесий, формирующихся при слиянии ионных структур в оросительной воде и почвенном растворе. Исследованиями А.Н. Николаенко и А.С. Пельцер, проведенными на основе рассмотрения ионообменных равновесий между катионами оросительной воды и почвенного поглощающего комплекса, предложен новый показатель опасности осолонцевания почв[5]. Этот показатель определяется как химическим составом оросительной воды, так и физико-химическими свойствами почв.

Одна из причин отрицательного воздействия оросительной воды повышенной минерализации на почвы заключается в неблагоприятном соотношении в ней катионов натрия (Na), кальция (Ca) и магния (Mg). При пониженном содержании в воде Ca по отношению к Na происходит внедрение последнего в почвенный поглощающий комплекс (ППК) посредством ионообменных реакций между жидкой и твердой фазами почв, развивается солонцовый процесс. Интенсивность этого процесса определяется превышением концентрации иона Na в оросительной воде над его равновесным значением в поровом растворе (ПР), гидродинамическими условиями, физико-химическими свойствами почвогрунта и может быть оценена количественно [3, 4, 6]. Роль Mg в солонцовом процессе до конца не выяснена, однако, как полагают некоторые исследователи, присутствие его в оросительной воде в количестве, превышающем концентрацию иона Ca, оказывает вредное действие на почву[9].

Опасность осолонцевания почв при орошении минерализованными водами можно оценивать по натриевому адсорбционному отношению – SAR, пока-

зателю, введенному американскими исследователями [8,10], который определяется как:

$$SAR = \frac{C_{Na}}{\sqrt{0,5(C_{Ca} + C_{Mg})}}, \quad (1)$$

где: C – концентрация катионов в воде, мг- экв/л. Чем больше величина этого показателя, тем вероятнее развитие солонцового процесса при орошении почв водой соответствующего катионного состава.

На основе величин этого показателя и устанавливаются градации качества оросительной воды. Однако эти градации не могут быть универсальными, так как SAR не учитывает индивидуальных сорбционных свойств почв. Необходима дополнительная экспериментальная корреляция SAR с долей поглощения почвой иона Na, причем получаемая при этом зависимость будет справедлива в пределах конкретных условий. Кроме того, SAR не учитывает негативного влияния катиона Mg оросительных вод на почвы. Таким образом, при оценке возможности осолонцевания почв необходимо учитывать физико-химические свойства почв, их селективную сорбционную способность по отношению к катионам порового раствора. При этом будем исходить из того, что сдвиг равновесия катионов ППК в сторону увеличения содержания Na и Mg нежелателен, а допустимый предел этого сдвига определяется содержанием катионов ППК, при котором начинают проявляться солонцовые свойства почв.

Неблагоприятное соотношение катионов можно изменять, увеличивая концентрацию Ca в оросительной воде за счет растворения соответствующей соли. Рассмотрим количественную сторону этого явления. Распределение обменных катионов между твердой и жидкой фазами почв может быть описано изотермами ионообменной сорбции. Существует ряд экспериментальных и теоретических изотерм, в той или иной степени удовлетворительно описывающих состояние ионообменного равновесия. Воспользуемся, например, изотермой [7], которая имеет вид

$$N \frac{1}{i^{z_i}} / N \frac{1}{j^{z_j}} = K_{i-j} C \frac{1}{p_i^{z_i}} / C \frac{1}{p_j^{z_j}}, \quad (2)$$

где C_p – равновесная концентрация катиона в растворе, мг-экв/л, соответствующая содержанию этого катиона в ППК – N , мг-экв/100 г; z – валентность; i, j – типы катионов; K_{i-j} – экспериментальный коэффициент парного ионного обмена.

Для описания равновесия трехкатионной системы, содержащей Na, Ca, Mg, как показано нами ранее [5], достаточно двух уравнений типа (2) и условия постоянства емкости обмена:

$$N_{Na} / (N_{Ca})^{\frac{1}{2}} = K_{Na-Ca} C_{pNa} / (C_{pCa})^{\frac{1}{2}}; \quad (3)$$

$$(N_{Mg} / N_{Ca})^{\frac{1}{2}} = K_{Mg-Ca} (C_{pMg} / C_{pCa})^{\frac{1}{2}}; \quad (4)$$

Если концентрация ионов Na, Ca и Mg в воде равна C_{Na}, C_{Ca}, C_{Mg} , то при промывном режиме орошения можно положить $C_{pNa}=C_{Na}, C_{pMg}=C_{Mg}$ и, подставив эти значения в уравнения (3), (4), выразить значения равновесной концен-

трации Ca, определенной относительно ионов Na – $C_{\rho Ca}(Na)$ из уравнения (3) и $Mg - C_{\rho Ca}(Mg)$ из уравнения (4), тогда получим:

$$C_{\rho Ca}(Na) = \frac{N_{Ca} C_{Na}^2 K_{Na-Ca}^2}{N_{Na}^2}, \quad (5)$$

$$C_{\rho Ca}(Mg) = \frac{N_{Ca} C_{Mg} K_{Mg-Ca}^2}{N_{Mg}}, \quad (6)$$

где: N – исходное содержание соответствующих катионов в ППК.

Каждая из этих формул определяет концентрацию Ca в воде, необходимую для сохранения исходного равновесия катионов в ППК. Если из двух значений, определяемых по формулам (5) и (6), выбрать максимальное, то это значение будет характеризовать концентрацию Ca в оросительной воде, ниже которой будет происходить увеличение содержания катионов Na или Mg, либо того и другого одновременно за счет вытеснения иона Ca из ППК. Допустимый предел уменьшения содержания Ca в оросительной воде будет определяться соотношением катионов ППК, при котором проявляются солонцовые свойства почв. Назовем такое состояние почвы критическим. Согласно экспериментальным данным такое состояние для большинства почв проявляется, когда поглощенный Na составляет 10% от емкости ППК, а концентрация Mg и Ca в растворе равны. Пренебрегая содержанием калия (K), найдем содержание Ca и Mg в ППК, соответствующее критическому состоянию. Из условия постоянства емкости обменных катионов следует:

$$1 = \frac{N_{Na}^{kp} + N_{Ca}^{kp} + N_{Mg}^{kp}}{Q}, \quad (7)$$

где N^{kp} – содержание катионов ППК, соответствующее критическому состоянию почвы, при котором проявляются ее солонцовые свойства.

Подставляя в формулу (7) $N_{Na}^{kp}/Q = 0,1$ и используя соотношение (4), в котором вместо равновесных концентраций Mg и Ca положим $C_{Mg} = C_{Ca}$, получим:

$$N_{Ca}^{kp}/Q = 0,9 / (1 + K_{Mg-Ca}^2); \quad N_{Mg}^{kp}/Q = 0,9 K_{Mg-Ca}^2 / (1 + K_{Mg-Ca}^2).$$

Тогда равновесные концентрации Ca, соответствующие критическому состоянию почвы, $C_{Mg}^{kp}(Mg)$, согласно формулам (5) и (6), будут равны:

$$C_{\rho Ca}^{kp}(Na) = \frac{90 K_{Na-Ca}^2 C_{Na}^2}{Q (1 + K_{Mg-Ca}^2)}; \quad (8)$$

$$C_{Ca}^{kp}(Mg) = C_{Mg} \quad (9)$$

Таким образом, равновесные концентрации Ca, соответствующие исходному и критическому состоянию почв, включают в себя как физико-химические характеристики почвы, так и концентрационные характеристики катионного состава раствора и могут быть приняты за состояния, относительно которых можно производить оценку оросительной воды. Из двух этих равновесных состояний за начало отсчета принимается то, которое соответствует наибольшему значению равновесной концентрации Ca. Это позволит применять данный подход для почв, с солонцовыми свойствами. Разница значений максимальной рав-

новесной концентрации Са, определяемой формулами (5), (8) и (6), (3.9), и фактической концентрации Са в оросительной воде дает недостаток Са в оросительной воде, определяемый относительно ионов Na – $\Delta C_{Ca}(Na)$ и Mg – $\Delta C_{Ca}(Mg)$:

$$\Delta C_{Ca}(Na) = \text{Max} \{C_{\rho Ca}(Na), \dots, C_{\rho Ca}^{kp}(Na)\} - C_{Ca} \quad (10)$$

$$\Delta C_{Ca}(Mg) = \text{Max} \{C_{\rho Ca}(Mg), \dots, C_{\rho Ca}^{kp}(Mg)\} - C_{Ca} \quad (11)$$

Максимальное из полученных значений может служить характеристикой оросительной воды. Обозначим этот показатель ДК (дефицит Са оросительной воды):

$$DK = \text{Max} \{\Delta C_{Ca}(Na), \dots, \Delta C_{Ca}(Mg)\} \quad (12)$$

Физико-химический смысл этого показателя состоит в том, что он равен концентрации иона Са или его соли в мг • экв/л, которую необходимо добавить к оросительной воде, чтобы при орошении почвы с заданными физико-химическими характеристиками (N_{Na} , N_{Ca} , N_{Mg} , K_{Na-Ca} , K_{Mg-Ca}) не происходило увеличения содержания Na и Mg в ППК, т.е. равновесие не сдвигалось в сторону проявления солонцовых свойств почв.

Рассмотрим, каким соотношениям характеристик воды и почвы соответствуют различные значения показателя. Для определенности рассмотрим почвы без солонцовых признаков. При $DK \leq 0$ оросительная вода содержит ион Са в достаточном количестве и при орошении такой водой не происходит ухудшение водно-физических свойств почв. При этом для концентрации Са в оросительной воде выполняется соотношение:

$$C_{Ca} \geq \text{Max} \{C_{\rho Ca}(Na), \dots, C_{\rho Ca}(Mg)\} \quad (13)$$

При $DK > 0$ происходит сдвиг равновесия в сторону увеличения содержания ионов Na или Mg в ППК, предельное значение которого определяется критическим состоянием, при котором проявляются солонцовые свойства почвы. Концентрация Са в оросительной воде при этом удовлетворяет соотношению:

$$\text{Max} \{C_{\rho Ca}(Na), C_{\rho Ca}(Mg)\} > C_{Ca} > \text{Max} \{C_{\rho Ca}^{kp}(Na), C_{\rho Ca}^{kp}(Mg)\} \quad (14)$$

При дальнейшем увеличении показателя ДК будет развиваться солонцовый процесс. Этой области значения показателя соответствует изменение концентрации иона Са в оросительной воде в пределах:

$$0 < C_{Ca} \leq \text{Max} \{C_{\rho Ca}^{kp}(Na), C_{\rho Ca}^{kp}(Mg)\} \quad (15)$$

Для того чтобы воду, соответствующую условию (15), сделать пригодной для орошения, в ней необходимо увеличить концентрацию иона Са. Минимальная концентрация Са, рассчитанная по иону Na – $C_{\mu}(Na)$ и по иону Mg – $C_{\mu}(Mg)$ (каждая равна разности между соответствующим критическим значением равновесной концентрации Са и концентрацией Са оросительной воды), дает минимальное количество мелиоранта, рассчитанное по соответствующему иону.

$$C_{\mu}(Na) = C_{\rho Ca}^{kp}(Na) - C_{Ca}, C_{\mu}(Mg) = C_{\rho Ca}^{kp}(Mg) - C_{Ca} \quad (16)$$

Максимальное из полученных значений – C_{μ} будет удовлетворять условию (16) по обоим ионам и равно минимальному количеству мелиоранта, которое необ-

ходимо добавить в оросительную воду для предотвращения развития процесса осолонцевания почвы при орошении водой данного состава:

$$C_{\mu} = \text{Max}\{C_{\mu}(\text{Na}), C_{\mu}(\text{Mg})\}. \quad (17)$$

В таблице 4 приведены данные по катионному составу различных оросительных вод, условно обозначенных «оросительная», «смешанная» и «дренажная».

Таблица 4 - Состав катионов оросительной воды

Вода	Концентрация катионов, мг-экв/л		
	Na ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺
Оросительная	5,0	10,0	5,8
Смешанная	12,0	11,0	10,8
Дренажная	21,0	6,3	14,2

В таблице 5 приведены исходный состав ППК двух типов почв, а также усредненные по диапазону изменения общей концентрации растворов значения коэффициентов ионного обмена $K_{\text{Na-Ca}}$, $K_{\text{Mg-Ca}}$.

Таблица 5 - Физико-химические характеристики орошаемых почв

Почва	Исходный состав ППК, мг-экв/100 г				Коэффициент ионного обмена	
	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Q	$K_{\text{Na-Ca}}$	$K_{\text{Mg-Ca}}$
Серозем	0,61	2,52	2,48	5,61	0,039	1,005
Чернозем	1,00	23,00	3,00	28,00	0,125	0,847

На основе этих данных проведен расчет показателя осолонцевания D_K и C_{μ} . Результаты расчета приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Показатели осолонцевания D_K и C_{μ} минерализованной воды для серозема (числитель) и чернозема (знаменатель)

Вода	Показатель, мг-экв/л							
	$C_{\rho\text{Ca}}(\text{Na})$	$C_{\rho\text{Ca}}(\text{Mg})$	$C_{\rho\text{Ca}}^{kr}(\text{Na})$	$C_{\rho\text{Ca}}^{kr}(\text{Mg})$	$\Delta C_{\text{Ca}}(\text{Na})$	$\Delta C_{\text{Ca}}(\text{Mg})$	D_K	C_{μ}
Оросительная	0,3	6,0	0,4	5,8	-9,7	-4,0	-4,0	-4,2
	9,0	31,9	0,9	5,8	-1,0	21,9	21,9	-4,2
Смешанная	1,5	11,1	2,3	10,8	-9,3	0,1	0,1	-0,2
	51,8	59,4	5,4	10,8	40,8	48,4	48,4	-0,2
Дренажная	4,5	14,6	7,0	14,2	-0,9	8,3	8,3	7,9
	158,5	78,1	16,5	14,2	152,2	71,8	152,2	10,2

Из приведенных данных видно, что орошение дренажной водой приводит к осолонцеванию почвы. При этом минимальная доза мелиоранта C_{μ} , которую необходимо добавить в воду, равна 10,2 и 7,9 мг-экв/л для чернозема и серозе-

ма, соответственно.

Предложенный подход дает количественную оценку качества оросительной воды с учетом физико-химических свойств почв и позволяет рассчитывать дозу мелиоранта, необходимую для добавления в оросительную воду для предотвращения развития осолонцевания при орошении почв. При этом требуемая доза мелиоранта зависит не только от катионного состава оросительной воды, но также и от ионообменных свойств орошаемых почв.

Список использованных источников

1. Базилевич, Н. И., Панкова Е.И. Методические указания по учету засоленных земель [Текст] / Н. И. Базилевич, Е. И. Панкова. - М.: Ин-т В. В. Докучаева, 1968. - 91 с.
2. Безднина, С. Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки [Текст] / С. Я. Безднина. - М.: РОМА, 1997. – 185 с.
3. Кавокин, А. А. О численном расчете некоторых физико-химических процессов в водонасыщенных почвогрунтах [Текст] / А. А. Кавокин, А. Н. Николаенко // Генезис и мелиорация засоленных почв Казахстана: сборник трудов КазАН ССР. - Алма-Ата: «Наука» Казахской ССР, 1979. – С. 11 - 17.
4. Кавокин, А. А. К оценке скорости ионообменной сорбции натрия и кальция в почвах [Текст] / А. А. Кавокин, А. Н. Николаенко // Почвоведение. – 1981. - № 11. – С. 71 - 75.
5. Николаенко, А. Н. Изучение кинетики сорбции иона кальция из раствора солонцевой почвой методом радиоактивной индикации [Текст] / А. Н. Николаенко, А. С. Пельцер // Известия ТСХА. – 1983. Вып. 3. С.180 - 182.
6. Николаенко, А. Н. Математическая модель многокомпонентного солепереноса в почвах с учетом кинетики межфазных процессов [Текст] / А. Н. Николаенко // Почвоведение. – 1987. - № 5. – С. 128 - 133.
7. Никольский, Б. П. Законы обмена ионов между твердой фазой и раствором [Текст] / Б. П. Никольский, В. И. Парамонова // Успехи химии, т.8, вып. 10. - Изд-во «Академиянаук СССР». – 1939. – С. 14 – 17.
8. Richards, L. A. Diagnosis and Improvement of Soline and Alkali Soils [Текст] / L. A. Richards // Agriculture Handbook (USDA). -1954. - № 60.
9. Szabolch, I. Salt Balanse and Salt. [Текст] / I. Szabolch, K. Darab // Trans. 9-th Int. Conf. of Soil Sci. VI. – Adelaide. – Australia. - 1955.
10. Wilcox, L. V. Determination of the Quality of Irrigation Water [Текст] / L. V. Wilcox // Agric. Inform. Publ. (USDA Wash.). – 1958. - № 197. - P. 47 - 57.

УДК 635.21:631.67.5

ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ ЛЕТНЕГО СРОКА ПОСАДКИ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ЮГЕ РОССИИ

В.И.Ольгаренко

ФГБНУ "РосНИИППМ", г. Новочеркасск, Россия

Мелиоративная деятельность основывается на законах природы, обеспечивая возрождение и поддержание необходимых природно-мелиоративных процессов, позволяющих интенсифицировать биологический круговорот воды и минеральных веществ с целью увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. При этом интенсивность процессов должна соизмеряться с воз-

возможностями природного объекта и опираться на принципы обеспечения экологической устойчивости объекта.

Картофель – очень пластичная культура, способная давать урожай почти во всех почвенно-климатических зонах России. Урожайность картофеля летнего срока посадки в производственных условиях может достигать 20-25 т/га, а в некоторых случаях и 30-35 т/га, и более. В настоящее время, в условиях Юга России, средняя урожайность остается на очень низком уровне (15-20 т/га). По данным сортоиспытательных станций – это значительно ниже потенциала культуры, что свидетельствует о недостаточной постановке производства картофеля на научную основу [1].

Новая концепция экологических мелиораций особенно обращает внимание на то, чтобы антропогенное вмешательство не выходило за рамки экологически допустимых отклонений от природных ритмов развития. В свою очередь рациональное водопользование также требует обоснования режимов орошения для конкретных почвенно-климатических условий.

Одним из путей эффективного решения данной проблемы является разработка режимов орошения, питания и ресурсосберегающей экологически безопасной технологии возделывания картофеля летней посадки на пойменных землях Нижнего Дона [2].

Для решения поставленных задач были проведены исследования на полях ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области в 2012 и 2013 гг.. Почвенный покров района представлен лугово-черноземными почвами, среднемощными по мощности гумусового слоя и слабогумусированными по содержанию общего гумуса. Слой 0-60 см почв не засолен, не осолонцован и не подвержен процессам ощелачивания.

В среднем по участку наименьшая (полевая) влагоемкость для 0-60 см слоя составляет 27,7 %, а для слоя 0-100 см – 26,3 %, то есть по всему метровому профилю почв влага свободно проникает вглубь. Плотность твердой фазы почвы в слое 0-60 см в среднем 1,31 г/см³. Сквозность вышеупомянутого грунта – 49,7 %.

Вегетационный период в 2012 году характеризовался как засушливый, гидрометрический коэффициент, отражающий отношение температуры и осадков (ГТК), равен 0,81, в период вегетации выпало 162,8 мм осадков. Влажность воздуха – 51,0 %.

Вегетационный период в 2013 году характеризовался как засушливый, ГТК = 0,63, в период вегетации выпало 122,1 мм осадков. Влажность воздуха – 53,3 %.

Грунтовые воды на участке орошения залегают на глубине более 3,0 м. Обеспечение азотом и подвижным фосфором среднее, калием в слое 0-0,3 м – высокое.

Режим орошения и урожайность картофеля изучались при широком диапазоне дифференциации оросительных норм. За контрольный вариант была принята оросительная норма, определенная на основании уравнения водного баланса орошаемого поля А. Н. Костякова [2] при изменении влажности в рас-

четном (60 см) слое почвы: вариант № 1 – (0,8-1,0) НВ, контроль («М»); вариант № 2 – увеличение оросительной нормы по отношению к контрольному варианту на 20 % («1,2 М»); вариант № 3 – снижение оросительной нормы на 20 % («0,8 М»); вариант № 4 – снижение на 40 % («0,6 М»). Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Урожайность картофеля летней посадки при дифференцированных режимах орошения, 2012 г.

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	% от К
Вариант № 1 – (0,8-1,0) НВ, слой 0,6 м («М») контроль	35,9	36,4	36,3	36,2	0	0
Вариант № 2 – «1,2 М»	36,1	36,9	37,2	36,73	+0,5	1,5
Вариант № 3 – «0,8 М»	34,2	33,1	34,7	34,00	-2,2	6,0
Вариант № 4 – «0,6 М»	18,4	21,1	19,2	19,57	-16,6	48,9
НСР _{0,05}	-	-	-	2,2	-	-

Таблица 2 – Урожайность картофеля летней посадки при дифференцированных режимах орошения, 2013 г.

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	% от К
Вариант № 1 – (0,8-1,0) НВ, слой 0,6 м («М») контроль	37,8	38,3	37,6	37,9	0	0
Вариант № 2 – «1,2 М»	37,1	38,6	38,4	38,03	+0,13	0,3
Вариант № 3 – «0,8 М»	36,2	34,9	36,6	35,9	-2,0	5,2
Вариант № 4 – «0,6 М»	20,4	21,9	21,2	21,16	-16,74	41,2
НСР _{0,05}	-	-	-	2,4	-	-

Анализ данных показывает, что увеличение оросительной нормы на 20 % (вариант № 2 – «0,8 М») от нормативного уровня (вариант № 1) практически не влияет на урожайность картофеля (1,5 % и 0,3 %). Снижение оросительной нормы на 20 % («0,8 М») уменьшает урожайность на 6,0 % и 5,2 %; снижение на 40 % («0,6 М») – на 48,9 % и 41,2 % за 2012 и 2013 годы соответственно.

Таким образом, снижение оросительной нормы на 20 % от нормативной величины (вариант № 3) незначительно уменьшает урожайность картофеля и его можно рекомендовать как «рациональный», обеспечивающий экономию водных ресурсов.

По мнению В. И. Панасина [3], при быстром росте масштабов антропогенного влияния на окружающую среду – почву, воздух, поверхностные и грунтовые воды, производство экологически здоровой продукции растениеводства, безвредной как для человека, так и животных, становится все более сложной и актуальной проблемой.

Для изучения влияния воздействия минеральных удобрений на урожайность картофеля был проведен опыт с шестью вариантами. За контрольный вариант была принята доза удобрений, рассчитанная по методике М. К. Каюмова [4], на урожайность 30 т/га – N₁₃₀P₁₅₀K₉₀ (вариант № 1). Варианты № 2-№ 4 – уменьшение доз внесения удобрений от расчетной с дифференциацией по 15 %. Варианты № 5, № 6 – увеличение доз внесения удобрений с дифференциацией по 15 %. Результаты исследований приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Урожайность семенного картофеля летней посадки при различных дозах удобрений, 2012 г.

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	% от К
Вариант № 1. Расчетная доза удобрений (Контроль)	35,1	36,3	37,8	36,4	0	0
Вариант № 2. Расчетная доза уменьшена на 15%	32,7	33,4	36,8	34,3	-2,1	5,77
Вариант № 3. Расчетная доза уменьшена на 30%	28,1	26,4	28,3	27,6	-8,8	24,17
Вариант № 4. Расчетная доза уменьшена на 45%	20,4	21,0	22,2	21,2	-15,2	41,76
Вариант № 5. Расчетная доза увеличена на 15%	37,7	36,8	36,8	37,1	+0,7	1,92
Вариант № 6. Расчетная доза увеличена на 30%	41,1	40,4	40,6	40,7	+4,3	11,81
НСР _{0,05}	-	-	-	3,7	-	-

Анализ данных за 2012 и 2013 годы показывает, что снижение расчетной дозы внесения минеральных удобрений на 45,0 % от нормативной уменьшает урожайность на 41,76 % и 39,3 %; увеличение на 30 % – увеличивает урожайность на 11,81 % и 15,1 %.

Таблица 4 – Урожайность картофеля при дифференцированных дозах минеральных удобрений, 2013 г.

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	% от К
Вариант № 1. Расчетная доза удобрений (Контроль)	36,1	37,2	38,6	37,3		
Вариант № 2. Расчетная доза уменьшена на 15%	33,6	32,9	37,9	34,8	-2,5	6,7
Вариант № 3. Расчетная доза уменьшена на 30%	29,0	27,5	29,1	28,53	-8,77	23,50
Вариант № 4. Расчетная доза уменьшена на 45%	21,5	22,3	24,1	22,63	-14,67	39,30
Вариант № 5. Расчетная доза увеличена на 15%	38,9	38,1	38,2	38,4	+1,1	2,95
Вариант № 6. Расчетная доза увеличена на 30%	43,2	42,7	42,8	42,9	+5,6	15,01
НСР 0,05	-	-	-	3,9	-	-

Заключение

Исследованиями установлено, что увеличение оросительной нормы практически не влияет на урожайность картофеля, тогда как ее снижение уменьшает урожайность от 5,2-6,0 % до 41,2-48,9 %. Внесение дифференцированных доз минеральных удобрений показало, что снижение расчетной дозы на 45,0 % от нормативной уменьшает урожайность на 41,76 % и 39,3 %, а увеличение на 30 % – повышает урожайность на 11,81 % и 15,1 %. Предлагаемый рациональный режим орошения и сбалансированный режим питания не только повысят промышленную эффективность производства картофеля, но также обеспечат экологическую безопасность орошения на Юге России.

Список использованных источников

1. Кружилин, И. П. Орошение картофеля в Западной Сибири / И. П. Кружилин, В. П. Часовских. – Волгоград, 2001. – 178 с.
2. Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозизд, 1960. – 662 с.
3. Панасин, В. И. Влияние высоких доз минеральных удобрений на уровень накопления нитратов в картофеле / В. И. Панасин, В. В. Широков, Л. Ф. Мизина // Токсикологический и радиологический контроль состояния почв и растений в процессе химизации сельского хозяйства. – М., 1981. – С. 107-113.
4. Каюмов, М. К. Программирование продуктивности полевых культур /

М. К. Каюмов. – М.: Росагропромиздат, 1989. – С. 346 - 368.

УДК 626.862

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЦЕНТРА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

В.С. Печенина, Е.В. Носова

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

Осушительная система предназначена для устранения неблагоприятного воздействия избыточного увлажнения определенного массива земель и создания необходимых условий для выращивания на них сельскохозяйственных культур. Составление проектов осушения минеральных и торфяных почв должно базироваться на материалах, характеризующих: топографию объекта, подлежащего мелиорации; гидрологические, геоморфологические, инженерно-геологические, гидрогеологические, почвенно-мелиоративные условия территории; гидрографию, а также метеорологические условия района; экологические особенности и др.

Проектирование осушительных систем следует начинать с анализа причин заболачивания и установления вытекающих из этих причин методов осушения. Осушительно-увлажнительная система – один из видов осушительной системы. Она состоит из двух частей – осушительной (для отвода избыточной воды) и увлажнительной (для подачи к растениям дополнительной влаги в засушливые периоды) (рис.1). На данном рисунке приведены шесть способов осушения, соответствующих следующим методам осушения: 1 – регулирование склонового стока; 2 – ускорение поверхностного стока; 3 – регулирование потоков русловых вод; 4 – перехват потока грунтовых вод; 5 – снижение напора подземных вод; 6 – регулирование грунтовых вод, а также возможные виды осушительных систем, совмещенных с увлажнительными, в зависимости от типов водного питания, гидрогеологических условий, рельефа и др.

Увлажнительная и осушительная части системы состоят из одноименных элементов: регулирующей, ограждающей и проводящей сети, гидротехнических сооружений и водоприемника-водоисточника. В состав системы входят: дорожная сеть, природоохранные сооружения, эксплуатационная сеть и мелиорируемые земли.

Осушительную систему со всеми ее элементами проектируют так, чтобы она отвечала определенным техническим, гидрологическим, экологическим требованиям. Осушительные системы должны своевременно сбрасывать поверхностные воды в доступные сроки затопления, которые зависят от вида угодья и состава культур; понижать уровень почвенно-грунтовых вод на норму осушения, при которой в корнеобитаемом слое создаются благоприятные водные и воздушные режимы; обеспечивать дополнительное увлажнение почвы; обладать достаточной водоприемной и водоотводящей способностями; обеспечивать возможность проведения полевых работ (обработка почвы и уборка урожая) в лучшие агротехнические сроки; быть технически совершенными и надежными, долговечными при ми-

нимальных ежегодных эксплуатационных затратах.

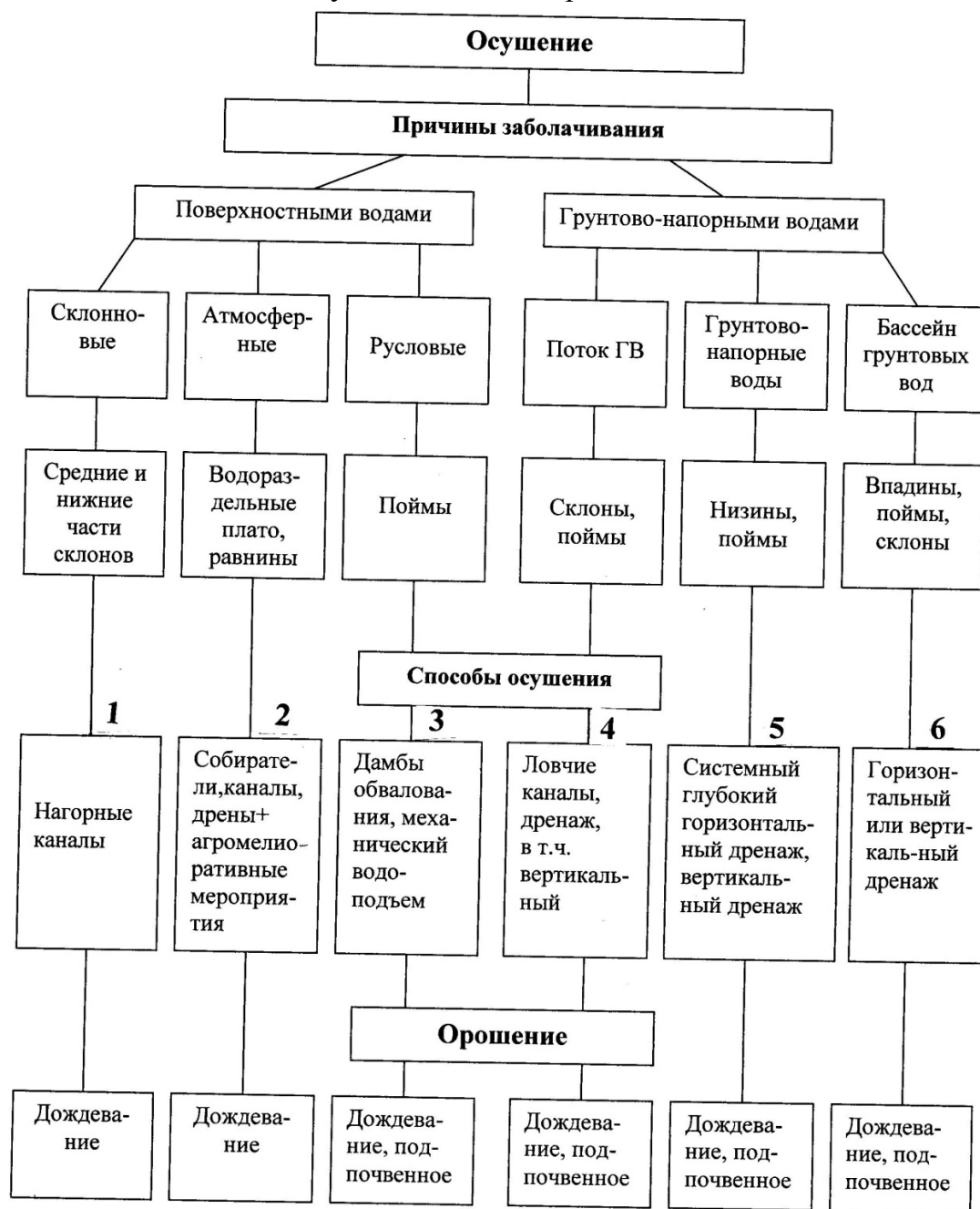


Рисунок 1 - Технология проектирования осушительно-увлажнительных систем

Для центральных и южных районов Нечерноземной зоны РФ характерна неустойчивость увлажнения. В данных условиях строятся осушительно-увлажнительные системы на базе закрытого дренажа в сочетании с дождеванием или подпочвенным увлажнением, позволяющие оперативно управлять водным режимом почв в любые по метеорологическим условиям годы. Наиболее совершенным способом увлажнения является дождевание. Оно используется главным образом для орошения овощей и культурных пастбищ.

Технология проектирования внутрихозяйственной осушительно-увлажнительной системы приведена на рисунке 2.

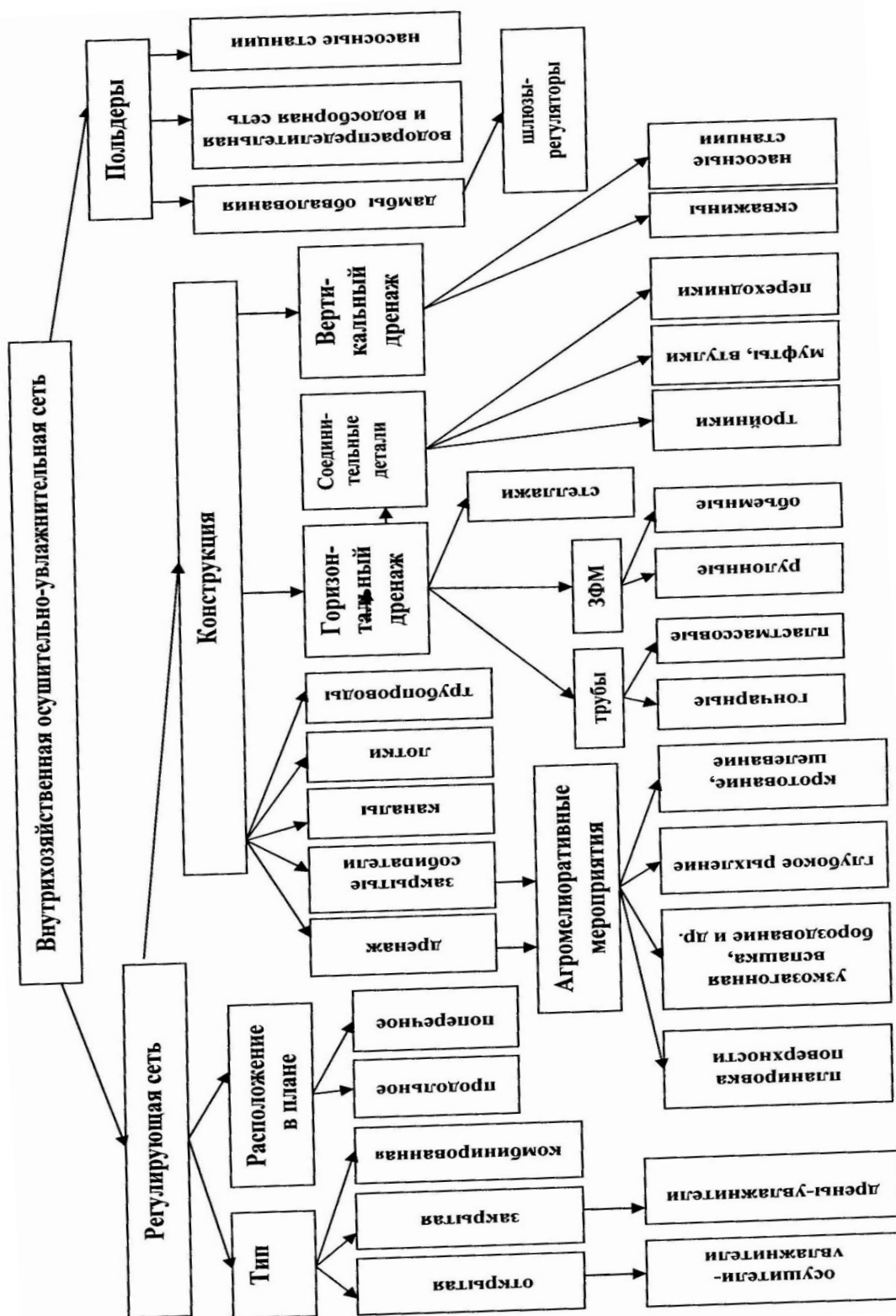


Рисунок 2 - технология проектирования внутрихозяйственной осушительно-увлажнительной сети

Регулирующая сеть – основной элемент системы – может состоять из осушителей, собирателей, дрен и увлажнителей (каналы, поливные трубопроводы и пр.).

Функции осушения и увлажнения могут выполнять одни и те же элементы системы.

По типу регулирующей сети осушительные системы делят на открытые и закрытые, по способу отвода избыточных вод – на самотечные, с механическим водоподъемом и смешанные. Закрытые осушительные системы относят к наиболее рациональному виду осушительных систем одностороннего действия.

Параметры регулирующей сети должны быть рассчитаны на понижение и отвод грунтовых и поверхностных вод, на отвод воды из микро- и макропонижений после снеготаяния и выпадения дождей.

Глубину заложения закрытой регулирующей сети необходимо определять в зависимости от требуемой нормы осушения с учетом влагопроницаемости грунтов по глубине, а на торфяниках также с учетом осадки и сработки торфа.

Закрытую осушительную сеть проектируют в виде дренажа при коэффициенте фильтрации подпахотных слоев – $K_f > 0,05$ м/сут, а при меньшей водопроницаемости указанного слоя почвогрунта – в виде закрытых собирателей. Минимальная глубина заложения дрен должна быть 1,1 м, а закрытых собирателей – не менее 0,8 м. На закрытых собирателях объемные фильтры следует доводить до пахотного слоя. Коэффициент фильтрации объемного фильтра должен быть не менее 1 м/сут.

Регулирующая закрытая осушительная сеть может проектироваться в основном из керамических дренажных, пластмассовых труб, а также кротовых и щелевых дрен.

Регулирующая сеть из керамических дренажных труб должна применяться при осушении минеральных почв, а также мелкозалежных торфяников, когда дрены могут быть уложены в минеральном грунте, подстилающем торф. Регулирующая сеть из пластмассовых труб может применяться повсеместно. Минимальную глубину заложения дрен в торфяниках следует принимать 1,3 м, минимальный диаметр труб для закрытой регулирующей сети – 50 мм, уклон дрен – не менее 0,003.

Регулирующую сеть следует располагать перпендикулярно основному направлению потока поверхностных вод (поперечная схема). При уклонах менее 0,005 допускается располагать закрытые дрены вдоль уклона местности (продольная схема).

Для обеспечения надежной работы закрытого дренажа и повышения его водопримой способности применяют рулонные и объемные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ). Рулонные защитно-фильтрующие материалы получили широкое распространение ввиду высокой технологичности при механизированном способе строительства закрытого дренажа, особенно при поставке на объект полностью подготовленных к укладке пластмассовых дренажных

труб с оберткой ЗФМ.

Естественные или искусственные ЗФМ (гравий, щебень, древесная щепка и т.д.) используют для устройства объемных фильтров в слабопроницаемых грунтах помимо защиты водоприемных отверстий рулонными ЗФМ.

Соединительные детали (тройники, втулки, муфты, переходники) применяют для повышения надежности закрытого дренажа, сокращения затрат ручного труда. Особенно эффективно подсоединение с помощью тройников, так как отпадает необходимость в пробивке отверстий в дренажных трубах.

Закрытая регулирующая сеть не должна пересекать дороги, подземные коммуникации, лесонасаждения.

Подключение закрытой регулирующей сети к коллекторам следует проектировать впритык с использованием соединительной арматуры или внахлестку. При подключении впритык дрены должны сопрягаться с коллекторами под углом 60-90°. Для предохранения закрытого дренажа от заиливания необходимо предусматривать защиту стыков керамических дренажных труб стекловолоконным холстом толщиной не менее 2 мм или другим равноценным по фильтрационным свойствам материалом (мхом, моховым очесом, торфяной крошкой).

Регулирующая сеть из кротовых дрен должна применяться для осушения болот при мощности торфяной залежи более 0,8м и на минеральных землях, сложенных кротоустойчивыми грунтами, при наличии глинистых частиц не менее 30% – как дополнительное мероприятие к материальному дренажу.

Щелевые дрены могут применяться для осушения как беспнистых, так и пнистых болот при степени разложения торфа менее 15 % как дополнительное мероприятие к материальному дренажу.

Кротовые и щелевые дрены следует располагать по поперечной схеме (по направлению наибольшего уклона поверхности) при значительных уклонах под углом к горизонталям с таким расчетом, чтобы их уклон не превышал 0,005. Максимальный уклон кротовых дрен в минеральных грунтах – 0,002; в торфяных – 0,003. Минимальный уклон щелевых дрен – 0,001. Минимальный диаметр кротовых дрен – 120...150 мм.

Засыпку траншей при устройстве закрытых собирателей следует производить фильтрующими материалами (песчано-гравийные смеси, крупнозернистый песок, гравий, щебень, шлак и др.), а также ранее вынутым грунтом с обязательной добавкой 30-35 % гумусированного. Засыпку траншей следует осуществлять до пахотного слоя почвы.

Открытая регулирующая сеть может применяться:

- при осушении сенокосов;
- для предварительного осушения массива перед строительством закрытого дренажа на торфяниках глубиной более 1,5м, при наличии закисного железа более 8% на любых грунтах.

Проводящую сеть проектируют исходя из условий рельефа местности, размещения и размеров полей севооборотов, типа грунтов и дорожной сети. Форма поперечного сечения проводящих каналов зависит от грунтовых условий: в устойчивых грунтах предусматривается трапециевидное поперечное се-

чение с заложением откосов в соответствии с геологическими и гидрогеологическими условиями каналов (ВТР-П-8-76). Глубина проводящих каналов назначается в зависимости от расчетного расхода и глубины впадающих каналов.

При проектировании закрытой проводящей сети в плане коллекторы следует намечать в направлении наибольшего уклона местности, приурочивая их к понижениям рельефа местности.

Техническое совершенствование осушительных систем предусматривает внедрение рациональных режимов и способов осушения, конструкций осушительной сети с применением закрытого дренажа и новых материалов, использование водооборотных и совмещенных осушительно-увлажнительных систем, повышение качества их строительства, ускоренного освоения и окультуривания осушаемых земель.

При строительстве дренажа необходимо: широкое применение гофрированных пластмассовых труб, укладываемых с помощью узкотраншейных и бестраншейных дреноукладчиков с использованием лазеров для придания дренажным линиям заданных уклонов; переход на более глубокий и частый дренаж; применение комплекса агромерелиоративных мероприятий на тяжелых почвах для быстрого удаления поверхностных вод, а также природоохранных мероприятий на осушительных системах.

Технология регулирования водного режима слабопроницаемых тяжелоуглинистых и глинистых почв с $K_{\phi} < 0,05$ м/сут состоит из применения узкотраншейного дренажа с оптимальными параметрами, глубокого рыхления с внесением в корнеобитаемый слой химмелиорантов (известковых соединений, аммиачной селитры, фосфорных соединений и жидкой органики), а также закрытых собирателей глубиной 0,8-1 м.

Технологические схемы регулирования водного, воздушного, теплового и питательного режимов пойменных почв под овощные культуры, а также на культурных пастбищах состоят из осушительно-увлажнительных систем. Основным способом осушения является закрытый дренаж, способами орошения – дождевание и шлюзование.

При осушении минеральных почв применяют три способа строительства дренажа: траншейный, узкотраншейный и бестраншейный.

При траншейном способе строительства прокладка дрен осуществляется многоковшовыми экскаваторами-дреноукладчиками типа ЭТЦ-202Б с шириной траншеи 50 см, при узкотраншейном способе – узкотраншейными экскаваторами-дреноукладчиками типа ЭТЦ-2011, ЭТЦ-2012 с шириной траншеи 25 см.

Технология строительства закрытого дренажа на слабопроницаемых почвах с применением дреноукладчиков марки ЭТЦ состоит из следующих операций: подготовка трассы, установка и нивелирование опорных стоек копирного троса, развозка по трассам дренажных труб, отрывка траншеи с заданным уклоном, укладка труб, защита (ЗФМ) и засыпка дрен на 15-20 см фильтрующими материалами или растительным грунтом, подключение дрен к закрытым коллекторам, контроль качества укладки, обратная засыпка дренажных траншей. При использовании лазерных указателей уклона, имеющихся у экскаватора-

дреноукладчика ЭТЦ -2011, отпадает необходимость в разбивке пикетажа и нивелировании трассы.

Узкотраншейный способ строительства дренажа наиболее прогрессивный, ширина траншеи составляет 15-30 см. Технология строительства узкотраншейного дренажа аналогична строительству траншейного дренажа.

При строительстве дренажа из пластмассовых труб узкотраншейными экскаваторами-дреноукладчиками (типа ЭТЦ-2011) укладку дренажных труб следует начинать от коллектора. Бухту труб (длиной 100-150 м) устанавливают на дреноукладчик, конец трубы протягивают через направляющие кольца, спускают в желоб трубоукладчика и выпускают из него на длину 0,5 м для соединения с трубой коллектора. Одновременно с разработкой траншеи пластмассовая труба подается на дно между подстилающей и покровной лентами защитно-фильтрующего материала (ЗФМ), поступающего с катушек, установленных на бункере-укладчике.

Узкотраншейный способ строительства дренажа имеет несомненные преимущества перед траншейным: высокую производительность, малый расход защитно-фильтрующих материалов, простоту контроля за качеством укладки дренажных труб, возможность использования как керамических, так и пластмассовых труб.

В последние годы все большее применение находит бестраншейный способ укладки пластмассовых труб с помощью дреноукладчика МД-12. Дреноукладчики продавливают в грунте щель шириной 20 см и обеспечивают укладку пластмассовых труб диаметром от 50 до 90 мм на глубину до 180 см.

Бестраншейный способ строительства дренажа позволяет значительно повысить производительность труда, снизить стоимость строительства, сохранить растительный слой почвы. Но при выдавливании щели водопроницаемость грунтов вблизи дрены уменьшается, и поэтому бестраншейный способ строительства пластмассового дренажа можно применять в торфяных и минеральных грунтах с коэффициентом фильтрации не менее 0,3 м/сут.

В качестве фильтрующих засыпок при строительстве дренажа применяют крупнозернистый песок, песчано-гравийную смесь, щебень, гравий и другие материалы. Для обеспечения надежной работы дренажа на слабопроницаемых грунтах применяются рулонные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ) или пластмассовые трубы с фильтрующей оболочкой.

Применение мероприятий по организации поверхностного стока при осушении слабопроницаемых почв обязательно.

В качестве агромелиоративных мероприятий производится рыхление осушаемых слабопроницаемых почв с $K_f < 0,1$ м/сут на глубину 0,6-0,8 м или кротование на глубину не менее 0,6 м, последнее применяется в кротоустойчивых почвогрунтах.

Глубокое рыхление на переувлажненных тяжелых почвах применяют только на фоне закрытого дренажа в комплексе с планировкой и другими мероприятиями по организации поверхностного стока (устройство водоотводящих колодцев в понижениях рельефа и др.).

Комплекс мелиоративных работ с глубоким рыхлением рекомендуют выполнять в следующей последовательности: проведение культуртехнических мероприятий (удаление древесно-кустарниковой растительности, пней, валунов, засыпка ям, планировка); строительство осушительной сети; внесение извести на кислых почвах; вспашка на глубину гумусового слоя (20...30 см); дискование тяжелой дисковой бороной в 1...3 следа или фрезерование; планировка; глубокое рыхление; внесение удобрений.

В комплекс работ может также входить глубокое рыхление с внесением химических мелиорантов, к которым относятся известь, минеральные и жидкие комплексные удобрения и различные полимерные соединения (карбамидные смолы и др.).

Глубина рыхления зависит от глубины залегания и мощности слабопроницаемых почвенных горизонтов. Она должна быть на 20..30 см меньше минимальной глубины заложения дрен.

Осушительно-увлажнительные системы для возделывания овощных культур располагаются в центральной и прирусловой поймах, в водном питании принимают участие грунтовые воды и атмосферные осадки.

Осушительно-увлажнительная система представляет собой комплекс сооружений, который обеспечивает удаление избыточных вод с осушаемых земель и увлажнение их в засушливые периоды. Осушительно-увлажнительные системы в отличие от осушительных систем могут иметь следующие дополнительные элементы: водоподводящие магистральные, распределительные, оросительные трубопроводы и каналы с сооружениями на них; специальные регулирующие сооружения на закрытой и открытой осушительной сети; дождевальные машины и установки; насосные станции; водоисточники с водозаборными сооружениями

На мощных торфяниках рекомендуется применять осушительно-увлажнительную систему, состоящую из закрытого дренажа и устройств для дождевания, такая система применима для севооборота всех типов. В целях обеспечения оптимальных норм осушения для овощных культур в вегетацию рекомендуется закрытый дренаж глубиной 1,6-1,8 м с расстояниями между дренами 20-25 м, которые впадают в закрытые коллекторы.

Мелиоративные мероприятия на осушаемых пойменных почвах приведены в таблице 1. Диаметры керамических дрен – 50 мм, пластмассовых – 63 мм, уклоны дрен – 0,005-0,007. Диаметры коллекторов определяются расчетом и, в основном, составляют 100-200 мм. Глубина каналов проводящей сети составляет 2,5-3 м.

Особенности проектирования и строительства осушительных систем на притеррасных болотах обусловлены близким стоянием грунтовых вод к поверхности болота, наличием на глубине закладки дрен сапропелевых отложений, содержанием в почвенно-грунтовых водах большого количества закисных соединений, опасных для заиления дренажа.

Притеррасные болота грунтово-напорного водного питания требуют более интенсивного осушения, что достигается увеличением глубины закладки дрен и

уменьшением расстояний между дренами, а также применением самоизливающихся скважин за счет естественного напора.

Таблица 1 - Основные мелиоративные мероприятия на осушаемых пойменных почвах

Почвы	Тип водного питания	Расположение по рельефу	Сельскохозяйственное использование	Мелиоративные мероприятия
Т О Р Ф Я Н Ы Е				
Низинные мощные $K_{\phi} = 0,1 - 0,5$ м/сут	Грунтовое	Центральная пойма	1. Овоще-кормовой; 2. Овоще-кормовой интенсивного использования	1. Закрытый дренаж глубиной 1,6-1,8 м с расстояниями между дренами 20-25 м, открытая проводящая сеть. 2. Закрытый дренаж глубиной 1,6-1,8 м, увлажнительная сеть для дождевания.
	Грунтово-напорное	Притеррасная пойма	Лугово-кормовой	Закрытый дренаж глубиной 1,8-2,5 м, расстояния между дренами 10-12 м
Низинные маломощные $K_{\phi} = 0,1 - 0,5$ м/сут	Грунтовое	Центральная пойма	1. Лугово-кормовой; 2. Травопольно-пропашной; 3. Культурное пастбище	1. Закрытый дренаж глубиной 1,3-1,5 м с расстояниями между дренами 15-20 м. 2. Закрытый дренаж глубиной 1,3-1,5 м, увлажнительная сеть для подпочвенного увлажнения. 3. Закрытый дренаж глубиной 1,3-1,5 м, увлажнительная сеть для дождевания.
М И Н Е Р А Л Ь Н Ы Е				
Среднесуглинистая $K_{\phi} = 0,1 - 0,5$ м/сут	Смешанное Атмосферное	Пойма	1. Овощной; 2. Культурные пастбища; 3. Лугово-пропашной;	1. Закрытый дренаж глубиной 1,3м с расстояниями между дренами 15-18м, устройства для дождевания. 2. Закрытый дренаж глубиной 1,0-1,3м

Примечание: Расстояния между дренами определяются расчетом или по данным объектов-аналогов.

Рекомендуется для длительной и эффективной работы дренажа на притеррасных болотах, подстилаемых на глубине кладки дренажных труб сапропелевыми отложениями, трубы укладывать на стеллажи на гравийную подстилку, положенную на дно траншеи слоем 25-30 см. Целесообразно также уложенные

на гравийную подстилку трубы присыпать сверху слоем гравия 20-25 см.

Увлажнительная сеть применяется в основном закрытая, состоящая из: магистрального трубопровода, транспортирующего воду от водозабора до увлажняемого участка; распределительных трубопроводов, распределяющих воду между полевыми трубопроводами, из которых забирают воду дождевальными машинами и установками.

Поливы проводят с помощью дождевальных машин и установок, которые в зависимости от создаваемого напора и дальности полета струи делятся на низконапорные, короткоструйные, с напором воды 10-20 м и радиусом действия струи 5...6 м; средненапорные, среднеструйные, с напором воды 30...40 м и дальностью струи 20...30 м; высоконапорные, дальнеструйные, с напором воды 50...80 м и дальностью струи 50...80 м.

Из машин и установок широкое применение получили дождевальные агрегаты ДДА-100МА, ДДА-100М. Применяют многоопорные машины и установки ДКШ-64 «Волжанка», ДМ «Фрегат», «Кубань-ЛК», а также комплекты оборудования ирригационные КИ-50, КИ-25, КИ-10, КИ-5, «Радуга» и др., дальнеструйные машины ДДН-70, ДДН-100, поливные машины «Агрос».

Интенсивность дождя не должна превышать скорости впитывания воды в почву во избежание образования луж или водной эрозии. При поливах на тяжелых почвах она должна быть не более 0,06...0,15 мм/мин, на средних – 0,25...0,45 мм/мин. Крупность капель – не более 1...2мм.

Основные системы увлажнения дождеванием на осушаемых землях следующие:

- с закрытой осушительной и открытой увлажнительной сетью для увлажнения дождеванием машинами ДДА-100М, ДДА-100МА, ДДН-70 и ДДН-100;
- с закрытой осушительной сетью и стационарной или передвижной сетью трубопроводов, в том числе с применением гибких водоводов для увлажнения дождеванием машинами ДДН-70 и ДДН-100, «Агрос»;
- с систематической сетью открытых каналов для увлажнения дождевальными машинами ДДА-100М, ДДА-100МА, ДДН-70, ДДН-100;
- с закрытой осушительной сетью и дождеванием дождевальными машинами ДКШ-64 «Волжанка», «Фрегат», «Кубань-ЛК», «Мини-Кубань», «Мини-Фрегат»;
- совмещенные закрытые осушительно-увлажнительные системы для увлажнения дождеванием машинами ДДН-70, ДДН-100.

Подача воды в такие системы, а также замедление или прекращение сброса воды из регулирующей сети осуществляется шлюзами-регуляторами, которые устраивают на осушительных каналах. Глубину магистральных каналов принимают в пределах 1,5-3 м, уклон – не менее 0,0002. Длина транспортирующих собирателей – до 2,5-3 км; расстояния между ними при поливе дождеванием назначают с учетом использования дождевальной техники: при увлажнении с помощью машины ДДА-100М расстояния должны быть кратными 120 м, при применении машины ДДН-70 – кратными 90 м, для машин типа «Волжанка», «Фрегат», «Кубань-ЛК» в зависимости от принятой модификации, ми-

нимальная ширина магистральных и других проводящих каналов по дну 0,3-0,5 м, минимальная скорость воды в канале 0,3 м/с.

На мелкозалежных торфяниках с коэффициентами фильтрации более 0,7-1,0 м/сут при их использовании под культурные пастбища и высокопродуктивные сенокосы целесообразно применять осушительно-увлажнительные системы с подпочвенным увлажнением.

Вода в осушительные коллекторы подается под напором насосной станции. Управление водой в системе может быть автоматизировано.

Перспективны совмещенные закрытые осушительно-увлажнительные системы для увлажнения дождеванием машинами ДДН-70, ДДН-100 и водооборотные мелиоративные системы.

К совмещенным осушительно-увлажнительным системам относятся системы на базе закрытого дренажа и шлюзования, на базе закрытого дренажа и дождевания. В этих системах закрытые коллекторы осушительной сети используют в качестве распределителей для подачи воды на увлажнение. В таких системах дренажные коллекторы в период избытка влаги работают как осушительные, отводя воду в транспортирующую сеть, а в засушливые периоды – как увлажнительные: насосной станцией вода через каналы подается в закрытые коллекторы распределителей, из которых через открытые смотровые колодцы подается в дрены или собирается дождевальными машинами.

Таким образом, предложена усовершенствованная технология проектирования ОУС для центрального и южного районов Нечерноземной зоны РФ, которая позволит улучшить водно-воздушный режим переувлажненных почв и повысить урожайность с/х культур на 20 и более %, а также производительность труда на 15-20 %.

Список использованных источников

1. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение // Справочник под редакцией академика РАСХН Б. С. Маслова. – М.: «Ассоциация ЭКОСТ», 2001. – С. 606.
2. Печенина, В. С. Научно обоснованное районирование способов осушения агроландшафтов гумидной зоны Европейской части РФ [Текст] / Научно обоснованные рекомендации // В. С. Печенина, А. П. Соломина, Е. Б. Стрельбицкая, Е. В. Носова, Н. В. Айриян. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – С. 30.
3. Печенина, В. С. Технология глубокого рыхления с внесением химмелиорантов на осушаемых землях [Текст] / В. С. Печенина, Е. В. Носова. // Мелиорация: этапы и перспективы развития / Материалы междунар. науч.- производств. конференции. – М.: Изд.ВНИИА, 2006. – С. 123-131.

УДК 631.8

ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫМ РЕЖИМОМ АГРОЛАНДШАФТОВ

Т.Ю. Пуховская, В.Ю. Павлов

ФГБНУ "ВНИИГиМим. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

В наше время одной из важнейших характеристик агроландшафта счита-

ется его устойчивость, обеспечиваемая, помимо прочего, научно обоснованным подходом к применению удобрений.

Известно, что одностороннее применение только органических или минеральных удобрений не может решить весь комплекс задач по воспроизводству почвенного плодородия. В связи с этим актуальным становится применение удобрений, содержащих как органическую, так и минеральную составляющие и сочетающих в себе достоинства органических и минеральных удобрений.

Применение только минеральных удобрений приводит к деградации почвенного покрова – повышается почвенная кислотность, увеличиваются потери гумуса в результате его минерализации, ухудшаются почвенная структура и защитные функции почвы. Благоприятное воздействие на вышеперечисленные показатели оказывают вносимые органические субстраты, среди которых достаточно перспективными являются сапропель и торф, значительные запасы которых имеются на территории нашей страны.

Сапропель обладает высокой водоудерживающей и низкой фильтрационной способностью. При взаимодействии с почвой он улучшает почвенную структуру, придает ей комковатость, рыхлость, увеличивая воздухопроницаемость [5]. Состав и структура сапропелей вполне позволяет использовать их для воспроизводства почвенного плодородия. Основными причинами их сравнительно невысокой эффективности является недостаточная питательная ценность. Так азотистые вещества представлены в основном труднодоступными для питания растений высокомолекулярными соединениями, прочно связанными с гуминовыми веществами. Содержание доступного фосфора очень низкое, а калия ничтожное, что приводит к необходимости внесения очень высоких доз удобрения при его использовании в чистом виде (Хохлов, 1991).

Различные виды торфа имеют высокое содержание органического вещества, но эффективность его применения ограничивается долгим сроком его минерализации. В торфе мало растворимых форм азота и легкодоступных органических веществ [4, 5]. Кроме того, применение высоких доз торфа приводит к повышению почвенной кислотности. Поэтому использование торфа на удобрение в чистом виде малоэффективно и экономически не оправдано.

Торф и сапропель имеют недостаточное содержание легкодоступных питательных веществ. Для оптимизации содержания элементов минерального питания в смесь внесены минеральные удобрения. Помимо поступления в почву органического вещества и основных элементов питания растений (NPK) органоминеральное удобрение предполагает действие и других факторов повышения плодородия почвы. Так сапропели содержат в своем составе кремний, являющийся биофильным элементом, участвующим в ряде физиологических и биохимических процессов. Кроме того, от содержания аморфного кремнезёма в почве зависит формирование органоминеральных комплексов гумусовых веществ. Содержание легкоподвижного кремния в виде аморфного кремнезёма в сапропеле невысоко, поэтому по предложению профессора Л.В.Кирейчевой в состав многокомпонентного органоминерального удобрения добавлен аморфный диоксид кремния (аэросил А-300).

Многокомпонентное органоминеральное удобрение обеспечит формирование процессов гумусообразования и снижение барьера трансформации гуминовых веществ сапропеля в гумус почвы. Высокое содержание извести в сапропеле формирует устойчивую буферную систему ГВ-СаСО₃, что обеспечивает устойчивость почвы к неблагоприятным изменениям рН, снижение гидролитической кислотности, увеличение ёмкости катионного [2]. Наличие высокой сорбционной ёмкости карбонатного сапропеля и увеличение активных центров сорбции при внесении аморфного кремнезёма обеспечивают инактивацию неорганических и органических поллютантов.

Состав приготовленной в соответствии с этими требованиями смеси приведён в таблице 1.

Таблица 1 - Состав удобрительной смеси с учетом влажности торфа и сапропеля на 1 тонну смеси

Компонент органоминерального удобрения	Содержание на 1 т смеси с учетом влажности	Содержание в смеси, %
Сапропель (50% влажности), л	725	58
Торф (55% влажности), л	725	32,2
Хлористый калий (63,1% К ₂ О)	10	1
Суперфосфат (6% N, 26% P ₂ O ₅)	18	1,8
Аммиачная селитра (34,4% N)	20	2
Аэросил (А-300), кг	50	5

Для оценки эффективности действия органоминеральной удобрительной смеси (ОМУ) на растения нами был заложен модельный вегетационный опыт с ячменем (*Hordeum L.*) в качестве тестовой культуры. Он проводился по стандартной методике [1], на дерново-подзолистой супесчаной почве (рН-7,2, К₂О-65 мг/кг, Р₂О₅- 165 мг/кг, гумус 1,04 %) в пластиковых сосудах объемом 500 мл. В каждый сосуд помещалось по 540 г воздушно-сухой почвы, которая перемешивалась с органическими и минеральными удобрениями. В каждый сосуд высевалось по 5 семян ячменя на глубину 1см. Растения выращивались в условиях естественного фотопериода, освещенности и температуры. Повторность опыта трехкратная. Сосуды размещались рандомизированно в 1 ряд. Полив производился по массе до влажности, соответствующей 70% ПВ. Уборка урожая проводилась через 36 дней после посева. После высушивания зеленая масса взвешивалась.

Схема опыта:

Вариант 1. Контроль - почва без удобрений;

Вариант 2. Минеральные удобрения – аммиачная селитра + суперфосфат + хлорид калия N₇₀P₇₀K₇₀;

Вариант 3. Торфо-сапропелевая смесь 5 т/га;

Вариант 4. Торфо-сапропелевая смесь 10 т/га;

Вариант 5. Многокомпонентное органоминеральное удобрение 5 т/га.

Всходы появились 21.03.14. В ходе наблюдений нами было отмечено, что всходы на варианте 5 (ОМУ) опережали в своём развитии растения на других вариантах опыта (рис.1).



Рисунок 1 - Растения в разных вариантах вегетационного опыта после 5-дневного развития

После уборки урожая было проведено определение величины надземной фитомассы растений ячменя (табл. 2).

Таблица 2 - Общая величина надземной фитомассы растений ячменя за период опыта (в сухом виде)

Варианты опыта	Зеленая масса, г/сосуд	Прирост, %	НСР
1. Контроль (без удобрений)	0,87	0	-
2. N70P70K70	1,01	16	0,2
3. Торфо-сапропелевая смесь 5т/га	0,73	-16	0,17
4. Торфо-сапропелевая смесь 10 т/га	0,97	11	0,32
5. ОМУ	1,25	44	0,35

По результатам модельного опыта мы видим преимущества варианта с органоминеральным удобрением (ОМУ) (вариант 5) в воздействии на скорость роста и развития растений ячменя по сравнению с другими вариантами. Вели-

чина зеленой массы растений здесь наибольшая. Прибавка зеленой массы от внесения ОМУ составляет 44 %.

Другие варианты по данному показателю уступают варианту 5. Минеральные удобрения, как и следовало ожидать, способствовали приросту надземной фитомассы ячменя по сравнению с контролем. Внесение же органических удобрений в сочетании с аэросилом А-300 в дозе, соответствующей 5 т/га, не оказало благоприятного воздействия на растения. Причём характер этого воздействия зависит от дозы данной органической смеси. При увеличении вдвое (доза соотв. 10т/га) наблюдается удобрительный эффект, сопоставимый с воздействием минеральных удобрений.

Вариант с ОМУ имеет статистически достоверную разницу по сравнению с контролем. Учитывая то, что влияние отдельных компонентов смеси (варианты 2, 3 и 4) по урожайности уступали варианту с ОМУ, мы можем предположить, что воздействие ОМУ на растения ячменя в тестовом опыте является не следствием действия отдельных компонентов, а результатом взаимодействия органических веществ сапропеля и торфа с аморфным кремнеземом и минеральных удобрений нового многокомпонентного удобрения, то есть наблюдается синергетический эффект.

В продолжение наших исследований сотрудниками ВНИИГиМ совместно с Мещерским филиалом был заложен полевой опыт на участке Тинки-2 ОПХ Полково Рязанского района. Результаты данного опыта в целом подтверждают результаты нашего исследования.

Таким образом, предлагаемое ОМУ является комплексным органоминеральным удобрением, содержащим в качестве матрицы органоминеральные кремнийсодержащие соединения, полученные в результате взаимодействия органических веществ карбонатного сапропеля и торфа с аморфным кремнеземом с добавлением минеральных удобрений.

Удобрение имеет близкую к нейтральной реакцию (рН – 6,7), содержит в своем составе 44,4 % органического вещества, а также азот (2 %), фосфор (1,6%), калий (1,4 %), и микроэлементы, является источником кремния. Удобрение предназначено для основного внесения под сельскохозяйственные культуры, для улучшения состояния деградированных земель и городских почв при посеве газонов.

Список использованных источников

1. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. М.: Наука. 1968. 266 с.
2. Л.В.Кирейчева, О.Б.Хохлова Сапропели и их использование в качестве удобрений и мелиорантов для повышения продуктивности земледелия /Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием “СИСТЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ В ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ” 17-19 сентября 2013г. Владимир, 2013
3. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение. Автореф. докт. д., 2008.- 34 с.
4. Хохлов В. А. Торф // Органические удобрения: Справочник. М.: Агропромиздат. 1988. с.61-65
5. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Прокопенко В.В. Удобрения, почвенные грунты и

регуляторы роста растений. Майкоп., 2005.- 404 с.

УДК 631.95

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СПЕКТРОМЕТРА СПЕКТРОСКАН В АГРО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МОНИТОРИНГОВЫХ ОБСЛЕДОВАНИЯХ ПОЧВ

Т.Ю. Пуховская*, **А.В. Пуховский****

* ФГБНУ "ВНИИГиМим. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия;

**ФГБОУВО "РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева", г. Москва, Россия

Необходимость сохранения и восстановления земельного фонда страны в условиях повывисшейся в результате хозяйственной деятельности техногенной нагрузки требует применения информационных технологий для эффективного управления мелиоративными режимами и обоснованного выбора мероприятий по предупреждению и ликвидации уже имеющегося загрязнения почв тяжелыми металлами.

Основой информационного обеспечения реализуемых экологических проектов и программ является первичная информация о состоянии почвенного покрова в условиях загрязнения ТМ, получаемая по результатам мониторинга.

Среди контролируемых показателей состояния почв – индикаторов, выделяют две группы: химические (прямые), содержание ТМ в почве и поливной воде (при орошении) и педохимические (косвенные) показатели, характеризующие важнейшие химические свойства почв - гумус, кислотно-основные свойства (кислотность на осушаемых землях и щелочность на орошаемых землях), гранулометрический состав, ёмкость катионного обмена.

В данной работе рассматривается возможность применения рентгено-флуоресцентных спектрометров СПЕКТРОСКАН в осуществлении экспрессного контроля загрязнения ТМ почвы и других объектов агроэкосистемы, а также определения важнейшей почвенной характеристики, обеспечивающей её устойчивость к загрязнению – емкости катионного обмена.

Рентгено-флуоресцентный метод анализа (РФА) традиционно используется для экспрессного многоэлементного определения общего содержания тяжелых металлов во многих отраслях народного хозяйства.

Определение валового содержания химического элемента в почве является необходимым, особенно при изучении изменения состояния любого химического элемента при длительном воздействии какого-либо фактора - антропогенного или природного, а также при первичном обследовании почв в целях мониторинга. Именно поэтому особенно привлекательным выглядит возможность РФА - прямого, без использования реактивов, определения тяжелых металлов в почвах и других сходных по составу объектах (осадках сточных вод и других седиментах). Такой анализ для ОСВ и, начиная со среднего уровня загрязнения, для почв можно провести даже в условиях передвижной лаборатории, но при общем сравнении результатов прямого определения методом РФА с

данными стандартизованных методов, основанных на неполном кислотном вскрытии почв, возникают проблемы. К их числу относятся систематическое смещение результатов РФА относительно других более распространенных методов, и недостаточно высокая точность РФА для определения ТМ в незагрязненных и слабозагрязненных почвах.

Для широкого внедрения РФА принципиально то, чтобы наряду с возможностью экспрессного определения ТМ в сфере технологического контроля (например, ОСВ и компостов на их основе), для их сертификации и применения в сельхозугодиях, т.е. в сфере государственного надзора и контроля (Закон РФ об обеспечении единства измерений), обеспечить сопоставимость данных со стандартизованными методами.

Одним из методов, позволяющих улучшить условия определения низких содержаний токсичных элементов в почвенных пробах, является метод анализа сухого остатка от выпаривания почвенных экстрактов. Этот подход позволяет достичь единства измерений в области определения тяжелых металлов путем унификации методов экстракции для РФА и широко используемого метода атомно-абсорбционного анализа. Но выпаривание кислотного экстракта обычно дает гигроскопичный остаток, к тому же коррозионно-опасный. И если первое обстоятельство создает неудобство, то второе подвергает недопустимому риску дорогостоящую аппаратуру. Нам удалось решить проблему с гигроскопичностью выпаренного остатка за счет химического модифицирования, что позволило разработать методику для спектрометров СПЕКТРОСКАН (Pb, Zn, Cu, Ni, Cr), пригодную как для анализа валового содержания, так и кислоторастворимых форм ТМ. Использование метода внутреннего стандарта позволяет учесть матричные эффекты при определении валового содержания и кислоторастворимых форм тяжелых металлов и мышьяка и проводить анализ по единой градуировочной функции для проб различного состава (1, 2).

Емкость катионного обмена (ЕКО) определяет реакцию и буферные свойства почвы и поэтому этот показатель имеет первостепенную важность при оценке устойчивости почв к загрязнению тяжелыми металлами. Но низкая экспрессность и сравнительно высокая трудоемкость стандартных методов определения ЕКО ограничивают их применение, особенно, в детальном картографировании. Нами изучалась возможность использования РФА для определения ЕКО на основе насыщения ППК стронцием с его последующим определением методом рентгено-флуоресцентного анализа. В основе данной методики определения ЕКО лежит тот же принцип насыщения почвы раствором двухвалентного катиона, что и в гостированной методике (ГОСТ 17.4.4.01). В нашем случае это стронций, так как этот элемент хорошо определяется рентгено-флуоресцентным методом и его естественным содержанием в почве можно пренебречь или учесть его предварительным измерением необработанной почвы.

Методика эксперимента. Высушенную до воздушно-сухого состояния и измельченную почву массой 0,5 г помещали в пробирки, для удаления ионов водорода из ППК добавляли 3 мл 1 М раствора ацетата натрия, взбалтывали,

отстаивали, надосадочную жидкость удаляли. Затем добавляли 3 мл 2 % (по стронцию) раствора хлорида стронция, тщательно перемешивали, отстаивали, удаляли надосадочную жидкость и повторяли обработку 3 раза. После этого суспензию переносили на фильтр, дважды промывали на фильтре дистиллированной водой. Осадок отжимали на фильтре и помещали в кювету спектрометра СПЕКТРОСКАН, разравнивали шпателем из титана и проводили измерение в соответствии с ОСТ в режиме количественного анализа с экспозицией 10 секунд на аналитическую линию при анодном напряжении 40 кВ.

Таблица 1 - Сопоставление измеренных и аттестованных значений ЕКО в ОСО почв

Стандартные образцы	ЕКО атт.	ЕКО	ЕКО атт.-ЕКО
18410	7,33	6,54	0,79
18505	4,6	3,86	0,74
18601	8,46	7,98	0,48
18604	29,9	29,09	0,81
18705	15,1	14,79	0,31
18806	9,19	8,69	0,5
19110	28,1	28,86	-0,76

Для проверки правильности методики использовали отраслевые стандартные образцы почв с аттестованными агрохимическими показателями (табл. 1).

Уравнение регрессии и значение коэффициента (рис.1) показывают, что предлагаемый метод дает практически несмещенное и достаточно точное значение ЕКО, хотя и несколько уступает в точности классическому методу. При этом затраты на проведение по предлагаемому методу намного меньше, что достигается за счет снижения массы пробы и уменьшения расхода на реактивы и утилизацию токсичных отходов. Некоторое огрубление результатов может произойти из-за небольшой навески, если она окажется непредставительной, но этого можно избежать хорошим усреднением и тонким измельчением почвенного образца. В оценке предлагаемого метода также следует учесть значительное повышение экспрессности и производительности, сокращения необходимых для работ площадей и других затрат.

При небольшой модификации метода, если насыщать почву раствором стронция без предварительной нейтрализации ППК ацетатом, можно получить еще одну почвенную характеристику – сумму поглощенных оснований, преимущественно состоящих в кислых почвах из суммы катионов кальция и магния. Проверка показала, что этот метод также неплохо согласуется со стандартными методиками, существенно снижая время и затраты на определение (табл.2).

Предлагаемые методики использованы при проведении вегетационных опытов, а также опробованы нами для изучения пространственного распределения почвенно-агрохимических характеристик в ДПО РГАУ-МСХА.

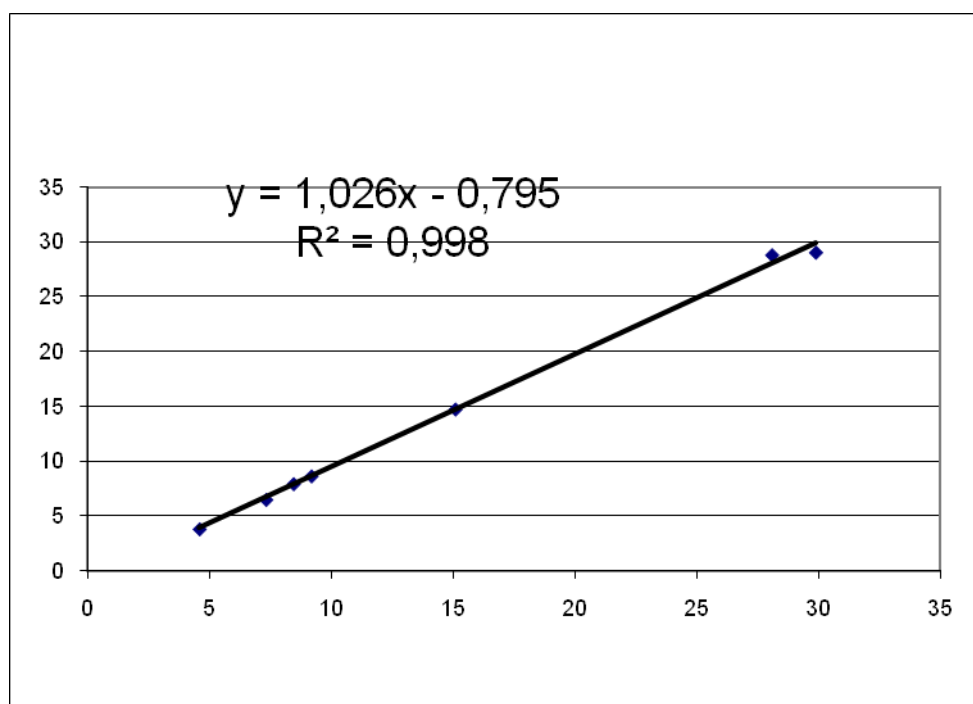


Рисунок 1 - Зависимость ЕКО от аттестованного значения

Таблица 2 - Определение суммы поглощенных оснований, мг-экв/100 г

Стандартные образцы	Ca+Mg атт.	Ca+Mg	разность
18410	3,03	3,22	0,19
18505	1,50	1,63	0,13
18601	5,36	5,60	0,24
18604	22,2	22,41	0,21
18705	12,1	12,26	0,16
18806	6,97	7,05	0,08
19110	20,6	21,2	0,6

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Рентгено-флуоресцентное определение тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Ni, Cr) с использованием портативных спектрометров СПЕКТРОСКАН представляется перспективным техническим решением для организации технологического и государственного контроля загрязнения ОСВ и компостов на их основе, а также почв сельхозугодий, где они используются.

2. Разработана методика определения емкости катионного обмена и суммы поглощенных оснований с применением РФА. Принцип метода сходен с классическим. Он основан на насыщении ППК ионами стронция. Для определения суммы обменных оснований почва насыщается нейтральным раствором соли стронция, для определения ЕКО-буферным, с последующим прямым определением методом РФА. Результаты измерений по предлагаемой методике хорошо коррелируют с аттестованными значениями. Предлагаемая методика более экономна и экспрессна, чем общепринятые методы.

Список использованных источников

1. Пуховский А.В., Пуховская Т.Ю. Рентгено-флуоресцентный анализ в агроэкологическом мониторинге. М.: МГУ Природобустройства, 2010.-250 с.
2. Патент на изобретение RUS 2437083 16.09.2010. Пуховский А.В., Пуховская Т.Ю., Смирнов М.О., Сычев В.Г. Способ рентгено-флуоресцентного определения кислоторастворимых форм металлов в почве.
3. Пуховский А.В., Пуховская Т.Ю., Сафонов А.В. Методология и результаты исследования пространственной неоднородности агрохимических характеристик почвы в длительном полевом опыте. Агро XXI.- 2009, N 10-12. - с. 25-26
- 4.ГОСТ 17.4.4.01-84. Охрана природы. Почвы. Методы определения емкости катионного обмена.

УДК 626.8+631.674

НАУЧНО-ОБОСНОВАННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ОБЪЕКТА «ЗАВИДОВО»

П.И. Пыленок

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

В сложившихся условиях деградации гидромелиоративных систем (ГМС), построенных во второй половине прошлого столетия, а также усиления аридизации климата гумидной зоны России возникла практическая необходимость восстановления части ранее осушенных болотных ландшафтов для обеспечения, прежде всего, пожарной безопасности, экологической надежности и предотвращения дальнейшей деградации ГМС. Одной из причин, ускоривших практическое решение данной проблемы, послужили аномально засушливые условия 2010 г., приведшие к лесным и торфяным пожарам и повлекшим гибель людей.

Научно-обоснованная концепция восстановления болотных экосистем объекта «Завидово» в результате строительства системы гидротехнических сооружений и выполнения других мероприятий с целью сохранения сложившейся инфраструктуры и поддержания естественного биоразнообразия разработана с учетом современных экологических требований к оценке уровня экологического состояния природных объектов, гидрологических и других природно-мелиоративных условий.

Объект представляет собой торфяное месторождение площадью 2483 га в границах Московской области (Клинский район) и Тверской области (Конаковский район), качество дренажных и поверхностных вод которого характеризуется превышением ПДК по железу общему (до двух раз) и нефтепродуктами (до 2...4 раз). На объекте выделяется четыре участка:

1. Торфяное месторождение Завидовское (у пос. Новозавидовский);
2. Торфяное месторождение Чистый мох (у пос. Туркмен);
3. Северный участок торфяного месторождения №203 в 3 км на ЮЗ от Выгол;
4. Южный участок торфяного месторождения №203 в 6 км на ЮЗ от

Выголи.

В концепции предусматривается, что при восстановлении (ренатурализации) болотных экосистем, нарушенных в результате осушения для целей торфодобычи, в качестве главной цели ставится обеспечение экологической устойчивости ландшафтов и пожарной безопасности в отношении лесных и торфяных объектов.

Основным методом ренатурализации осушаемых болотных массивов выбрана подача недостающего для обеспечения процесса заболачивания количества воды путем субирригации и (или) поверхностного затопления.

В качестве способа ренатурализации предлагается перераспределение по территории и во времени гидрологических ресурсов водосборов с помощью использования существующей осушительной сети и создания специальной рециклинговой системы гидротехнических сооружений и искусственных водных объектов путем сочетания способа слияния водных потоков (осушения) и бифуркации водных потоков (увлажнения-обводнения).

Для достижения главной цели определены базовые принципы обеспечения экологической устойчивости.

1. *Принцип адекватности.* Система гидротехнических сооружений и других мероприятий, направленных на восстановление осушаемого болотного ландшафта должна функционально соответствовать функциям биосферы, т.е. быть адекватной природным закономерностям окружающей природной среды. В результате реализации комплекса мероприятий по восстановлению болотной экосистемы должна сформироваться новая природно-техногенная система, имитирующая функции биосферы и обеспечивающая более эффективное использование болотных биоэнергетических ресурсов.

2. *Принцип совместимости.* Элементы и сооружения проектируемой гидромелиоративной системы (ГМС) следует создавать с учетом природно-антропогенной совместимости. Элементы территории восстановленной болотной экосистемы должны быть органически взаимосвязаны и представлять единую систему, согласованную со строением природных комплексов и заповедной деятельностью.

3. *Принцип пространственного и видового разнообразия.* В соответствии с данным принципом проектирование комплекса восстановления болотных экосистем должно быть направлено на достижение максимального пространственного и видового разнообразия. Чем сложнее и разнообразнее будет структура ренатуризуемого болотного ландшафта, тем выше его устойчивость и способность противостоять различным внешним воздействиям. Такой ландшафт будет обладать более высокой способностью к самовосстановлению и самоочищению.

4. *Принцип оптимизации структуры и соотношения элементов ландшафта.* При структурировании восстанавливаемого болотного ландшафта следует грамотно выбрать место и определить площади элементов экологического каркаса, состоящего в данном случае из лесо-кустарниковых компонентов, лугово-болотных урочищ, водных объектов, а также отдельных таксонов редких и ох-

раняемых видов растительности и экологических ниш для представителей животного мира.

5. *Принцип первоочередного использования возобновляемых природных ресурсов в целом и водных ресурсов в частности.* Исходя из этого принципа, приоритет первоочередного использования принадлежит речному стоку (внутри ГМС – дренажному стоку), возобновляемость которого составляет 45,1%, затем ресурсам почвенной влаги, возобновляемость которых составляет 32,5%.

Технические решения. В качестве общих технических решений предлагается создание:

- Комплекса гидротехнических сооружений, включающих дамбы ограждения и дамбы обвалования, шлюзы-регуляторы, водоподпорные и водопропускные сооружения, мелиоративные каналы, эксплуатационные сооружения.

- Водооборотных гидромелиоративных систем рециклингового типа, включающих каскадные каналы-накопители и пруды-накопители поверхностных и дренажных вод, оборудованные автоматическими устройствами для впуска и выпуска дренажных вод, обеспечивающие экологическую эффективность и пожарную безопасность болотных экосистем и прилегающих территорий;

- Комплекса предотвращающих, ограничивающих и компенсирующих мероприятий по регулированию водного режима болот и прилегающих к ним территорий с помощью гидромелиоративных, агромелиоративных, ландшафтно-мелиоративных, биологических и иных способов.

Разовый объем водоподачи для обводнения, которой зависит от биологических и водно-физических свойств торфа, может быть определен по формуле:

$$V = \mu(H_o - H_\sigma) = \mu\Delta H, \quad (1)$$

где V – объем воды вытекающей из почвы под действием сил гравитации на единицу площади, м; μ - суммарный коэффициент водоотдачи в долях единицы; H_o – глубина залегания уровня грунтовых вод от поверхности земли на участках осушения, м; H_σ – глубина залегания уровня болотных вод от поверхности земли в естественном состоянии, м.

Для оценки потребности в воде для целей ренатурализации необходимы значения водоотдачи торфа и данные о снижении уровня грунтовых (болотных) вод (ΔH) под действием осушения. Коэффициент суммарной водоотдачи низинных торфов составляет 0,05...0,24 [2]. В специальных определениях в торфяных лизиметрических монолитах на Вожской осушительной системе суммарная водоотдача по нашим данным составляет 0,2...0,25.

Используя эти данные и учитывая, что норма осушения по Б.С. Маслову (1980) и В.Я. Черненко (1984) для трав принята равной 0,5...0,7 м, для лесов 0,3...0,5 м (Сабо и др., 1981), выполнены расчеты объемов воды для ренатурализации осушаемых болот, осуществляемой путем субиригации, которые составляют 1400...2400 м³/га для полного обводнения и 400...1400 м³/га при восстановлении грунтовых вод до нормы лесоосушения. В случае поверхностного затопления приведенные значения должны быть увеличены на объем слоя зато-

пления. Размер этого увеличения определяется путем умножения площади затопления на среднюю глубину слоя затопления.

Чтобы установить водноресурсные возможности увлажнения или затопления осушаемых торфяно-болотных почв предлагается использовать выполненное нами ранее (Пыленок, 2011) гидрологическое обоснование гидромелиоративных рециклинговых технологий, которое позволяет оценить надежность внутренних водных ресурсов не только для целей увлажнения, но и для пожарной безопасности мелиорируемого агроландшафта. Для расчетов было предложено выделять три типа гидромелиоративного рециклинга: оперативный, сезонный и многолетний. Соответствующие расчетные зависимости приведены в работах [9,10,11].

Технологии. По нашим данным [11] следует выделять следующие технологии ренатурализации болот:

1. Засыпка существующих каналов регулирующей и проводящей сети;
2. Подача воды в каналы проводящей (регулирующей) сети из внешних источников (непрерывное или циклическое шлюзование):
 - а) с устройством глухих земляных перемычек на каналах;
 - б) с использованием подпорно-регулирующих сооружений;
3. Поверхностное (лиманное) затопление по системе каналов, борозд и чеков;
4. Управление водным режимом болот методом шлюзования с использованием внутренних водных ресурсов водосбора;
5. Рециклинговые технологии управления водным режимом с созданием каскадных каналов-накопителей и/или прудов-накопителей дренажных вод с использованием исключительно внутренних водных ресурсов водосбора [6].

По первым трем технологиям происходит практически двойное удорожание затрат, поскольку окончательно обесцениваются прошлые затраты в осушение болот. Поэтому они целесообразны только в исключительных случаях, например, для обеспечения безопасности жизнедеятельности при отсутствии других вариантов. Кроме того, по второй технологии требуются значительные объемы земляных работ. Высокие затраты воды снижают достоинства технологий № 2 и №3. Технология затопления может быть использована на болотах котловинного типа с выровненной поверхностью и небольшими уклонами. В частности на объектах «Северный участок торфяного месторождения №203 в 3 км на ЮЗ от Выголи» и «Южный участок торфяного месторождения №203 в 6 км на ЮЗ от Выголи».

Реализация других технологий требует или восстановления существующих гидротехнических сооружений на сети (№4), которые в большинстве своем разрушены, или создание новых (№5).

Наиболее прогрессивной, но наименее разработанной является рециклинговая технология. Отметим, что технологии осушения основаны на принципе *слияния* водных потоков (осушитель – собиратель – транспортирующий канал), а технологии орошения на принципе *разделения* (бифуркации) водных потоков (транспортирующий канал - распределительный - увлажнительный). Логично,

чтобы гидромелиоративный рециклинг объединил в себе оба упомянутых принципа. С учетом этого была разработана и запатентована конструкция такой системы (Пыленок и др., бюл.№21, 2004), состоящая из каскадно расположенных каналов-накопителей, каждый из которых в истоковой части оснащен регулятором уровня воды нижнего бьефа, что обеспечивает водоподачу при снижении в нем уровня воды (рис. 1). В устьевой части канала для разделения его с нижерасположенным модулем устраивается земляная перемычка с водовыпуском донного типа (на выходе которого – регулятор нижнего бьефа) и отводящий канал с регулятором уровня воды в верхнем бьефе.

По такому же принципу могут быть устроены водоемы-накопители, обвалованные карты-накопители дренажных и поверхностных вод, вода из которых может использоваться выработанных торфяников.

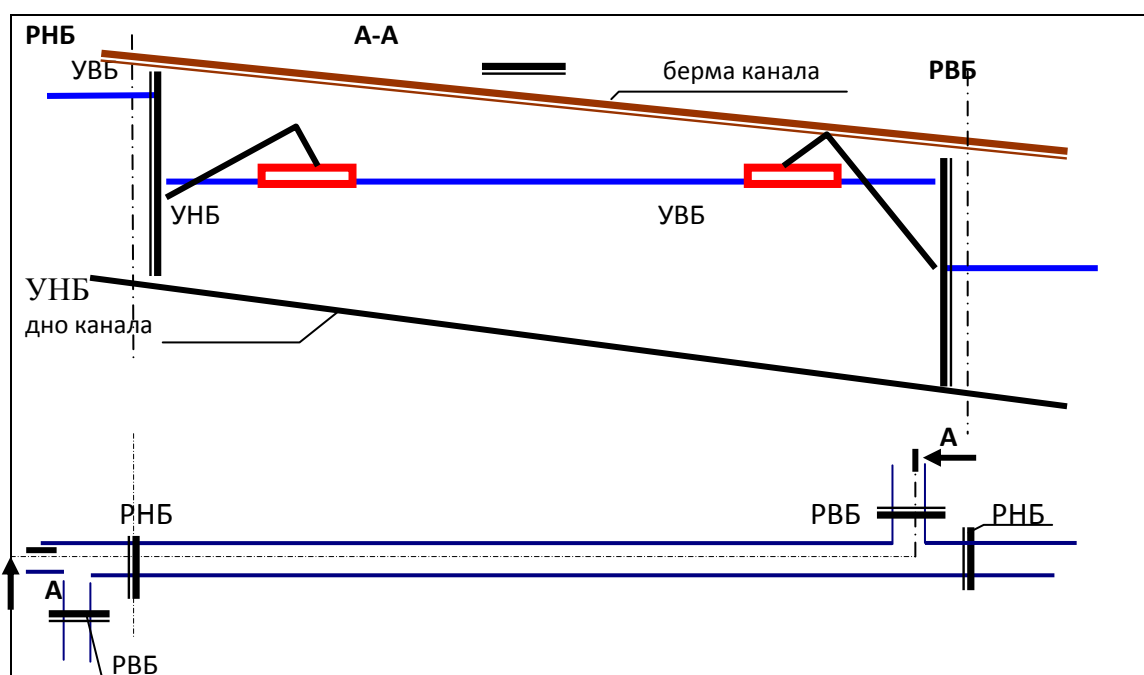


Рисунок 1 - Канал-накопитель дренажных вод:

УВБ - уровень верхнего бьефа; УНБ - уровень нижнего бьефа; РВБ – регулятор верхнего бьефа; РНБ - регулятор нижнего бьефа

Природоохранные мероприятия. Состав природоохранного комплекса следует определять на основе прогнозных расчетов изменения экологической ситуации в мелиорируемом агроландшафте при его ренатурализации. В этом комплексе предлагается выделять три группы:

- *предотвращающие* технологии и мероприятия, направленные на причинные факторы влияния и полностью их устраняющие или многократно снижающие (например, паспортизация участков с их сравнительной оценкой и выделением участков покрытых древесной растительностью для целей сохранения растительных ресурсов и создания экологических ниш для фауны; устройство лесополос из лиственных пород (береза, тополь и т.п.) перпендикулярно господствующим ветрам летнего пожароопасного сезона);

- *ограничивающие*, направленные также на причинные факторы, но лишь частично ограничивающие их действие (например, адаптивный режимы осушения лесных участков с нормой осушения 0,3-0,5 м от поверхности; культивирование болотных растений эрикоидного типа: багульник болотный, кассандра, или хамедафна болотная, растений семейства вересковых (Ericaceae s. l.); нанесение защитной пленки из растительных масел или других экологически безопасных веществ на водную поверхность болота; создание экологических коридоров для миграции сухопутных видов фауны с затопляемой территории на сухоходольные прилегающие земли;

- *компенсирующие*, которые направлены на следственные проявления антропогенного влияния и полностью или частично компенсируют их негативные последствия (например, повышение влагоемкости почв внесением химмелиорантов, узкозагонная вспашка поперек склонов, снегозадержание; ландшафтные мелиорации, замена гидрофильных луговых сообществ в подзоне уменьшения влажности почв на ксерофитные агроценозы, или лесные, коренное улучшение лугов, омоложение лесов и др).

Целевые критерии. В результате реализации проекта восстановления болотных экосистем объекта «Завидово» предполагается формирование устойчивого экологического каркаса, включающего собственно болотные комплексы, водные объекты и лесные фитоценозы.

В группе мелиоративно-гидрологических показателей следует выделить площади затопления и высоту слоя воды над поверхностью торфа, в различных гидрометеорологических условиях; для облесенных участков – допустимые сроки весеннего затопления и норму осушения.

Для водных объектов – минимальную глубину воды, при которой быстро развиваются процессы эвтрофирования, ведущие к ухудшению качества воды и зарастанию водоемов, а также соответствие объемов воды для осуществления затопления и для целей пожаротушения.

В сфере экологии и охраны окружающей среды – соответствие определенному уровню экологического нормирования, коэффициенты экологической устойчивости, наличие соответствующих мероприятий по охране флоры и фауны. Уровень экологического состояния болотных экосистем должен соответствовать показателю «норма» и не выходить за границы показателя «риск».

Ожидаемая эффективность. Реализация проекта восстановления болотных экосистем объекта «Завидово» не сулит прямых материальных выгод, которые могут быть определены в денежном выражении, вместе с тем он обеспечит получение экологического эффекта и эффекта предотвращения ущерба в окружающей природной среде от возникающих пожаров, сохранения лесов и торфонакопления.

Реализация концептуальных положений в проекте и строительстве обеспечит следующие эффекты:

1. Воспроизводство торфа;
2. Увеличение прироста леса на мелиорируемых и прилегающих землях;
3. Снижение поверхностного стока и предотвращение ветровой и водной

- эрозии;
4. Уменьшение выноса продуктов эрозии и степени загрязнения ими водоемов;
 5. Улучшение качества поверхностных вод;
 6. Повышение экологической устойчивости;
 7. Снижение рисков возникновения пожаров и повышение гидрологического обеспечения их тушения.

Список использованных источников

1. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации). – М.: Агропромиздат, 1990. – 60 с.
2. Маслов Б.С. Гидрология торфяных болот. – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 266 с.
3. Маслов Б.С., Минаев И.В. Мелиорация и охрана природы. – М.: Россельхозиздат, 1985. - 271с.
4. Маслов Б.С., Минаев И.В. Осушительные системы XXI века. – М.: Россельхозакадемия, 1999. – 80 с.
5. Определение расчетных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14-83.
6. Осушение и освоение земель/Труды Мещерской зональной опытно-мелиоративной станции. – М.: Московский рабочий, 1972. - 348 с.
7. Пыленок П.И., Бородычев В.В., Салдаев А.М. Способ мелиорации переувлажненных сельскохозяйственных земель.//Патент РФ №2233074, Бюл. №21, 2004.
8. Пыленок П.И., Бородычев В.В., Салдаев А.М. Осушительно-увлажнительная мелиоративная система.//Патент РФ №2233075, Бюл. №21, 2004, №5, с.35-38.
9. Пыленок П.И. Водооборотные мелиоративные системы в условиях субгумидной зоны//Мелиорация и водное хозяйство, 2004.
10. Пыленок П.И. Эволюция гидромелиоративной парадигмы в зоне избыточного и неустойчивого увлажнения//Инновационные технологии в мелиорации. Материалы международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2011. – С. 146 - 151.
11. Пыленок П. И. Ренатурализация осушенных болот: гидрологические предпосылки и технологии [Текст] / П. И. Пыленок // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. - №1. – С. 38 – 42.

УДК 633.2.582.972.581

КАМФОРΟΣМА ЛЕССИНГА (*CAMPHOROSMA LESSINGII*) – ЦЕННОЕ КОРМОВОЕ РАСТЕНИЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПАСТБИЩ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Ч.А. Пюрвенов, Н.З. Шамсутдинов

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

Многолетними исследованиями Всероссийского научно-исследовательского института кормов имени В.Р. Вильямса и Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Калмыцкого научно-исследовательского института сельского хозяйства и других научных учреждений подобраны перспективные виды кормовых

растений для обогащения состава растительности пастбищ и восстановления их продуктивности. Одним из таких перспективных, исключительно ценных пастбищных растений является полукустарничек камфоросма Лессинга (*Camphorosmalessingii* Litv.) из сем. *Chenopodiaceae* (1-5).

Сено из камфоросмы Лессинга характеризуется довольно высокой питательностью и энергонасыщенностью - оно содержит в 1 кг 0,61 корм. ед., 8,60 МДж обменной энергии - и высоким содержанием сырого протеина и сырого жира (табл.1). Очень высокой питательностью отличаются листья и особенно плоды камфоросмы. Так, листья содержат 18,4% сырого протеина, 10,2% сырого жира, 11,33 МДж обменной энергии и 1,05 корм. ед. в 1 кг сухого вещества, а плоды соответственно 42,6%, 18,0%. 14,94 МДж ОЭ и 1,84 корм.ед.

Таблица 1 - Биохимический состав сена камфоросмы Лессинга в фазе плодоношения (% от абс. сух. вещества)

Сено и его компоненты	Сырая зола	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	ОЭ, МДж в 1 кг СВ	Корм. ед. в 1 кг СВ
Сено	7,05	13,3	5,80	32,6	41,2	8,60	0,61
Листья + бутоны	10,4	18,4	10,20	20,3	41,1	11,33	1,05
Побеги	4,70	6,1	1,90	37,0	50,3	8,33	0,57
Плоды	4,20	42,6	18,0	7,89	27,3	14,98	1,84

Таким образом, осенью сухая масса камфоросмы Лессинга является одним из лучших наживочных кормов для овец и других видов животных.

Учитывая высокие кормовые свойства, экологическую устойчивость к засухе и засоленности, проведены полевые опыты с целью подбора перспективных форм камфоросмы Лессинга для использования в технологиях восстановления продуктивности деградированных полупустынных пастбищ. Для опыта было отобрано 10 образцов камфоросмы Лессинга, собранных на территории Астраханской области и Республики Калмыкия.

Фенологические наблюдения за посевами показали, что всходы появляются в конце апреля – начале мая, бутонизация отмечена в первых числах (2-3) августа, цветение - с середины августа, массовое плодоношение приходится на октябрь месяц. Конец вегетации – середина-конец ноября. Вегетационный период составляет 219-222 дня. Даже под снегом укороченные розеточные побеги остаются зелеными, являясь источником зеленого корма.

Полевая всхожесть камфоросмы колебалась в пределах от 41 до 46%; это достаточно высокий показатель, который связан с высокой полноценностью семян и своевременной их уборкой в оптимальные сроки.

В первый год жизни плотность растений камфоросмы составляла от 17,4 до 20,6 тыс. шт./га в зависимости от условий происхождения образца. В последующие годы плотность растений снижается, но к седьмому году составила от 12,8 до 16,3 тыс. шт./га.

В зависимости от возраста и происхождения образцов выживаемость растений составила на втором году жизни 96-98%, третьем – 94-97, четвертом – 90-96, пятом – 75-89, шестом – 73-87 и седьмом году – 70-84%. Основная гибель растений приходилась на зимний период. В целом камфоросма отличалась довольно высокой выживаемостью всходов и растений. В среднем по 8-ми образцам плотность и выживаемость растений камфоросмы снижались от первого года к седьмому на 25%.

Растения камфоросмы первого года жизни к концу вегетационного периода достигли 12,7-18,8 см высоты. К третьему году жизни высота растений камфоросмы находилась в пределах 31,0-36,2 см. В последующие годы вегетации высота растений незначительно возрастала и к концу седьмого года составляла от 36,2 до 38,7 см. После окончания вегетации генеративные побеги усыхают на две трети по длине. В целом все представленные образцы камфоросмы хорошо росли и развивались. Резких различий среди испытываемых популяций не обнаружено. Разница в росте между образцами составляла 2,5-3,5 см. В среднем по 8-ми образцам прирост побегов камфоросмы составил в первые три года 11,1 см.

Корневая система камфоросмы сильно разветвленная и достаточно мощная. В условиях светло-каштановой почвы в первый год жизни корни ее проникают на глубину 76-81 см. На четвертом году жизни корневая система углубляется до 190 см. Главный корень в слое 27-32 см разветвляется на 7 дополнительных корней, уходящих на глубину 124-130 см, делясь на более мелкие и заканчивающиеся в этом горизонте. В верхнем горизонте на глубине 12-34 см в разных горизонтальных направлениях отходят 8 вспомогательных корней, которые используют влагу весенних атмосферных осадков. Таким образом, корневая система камфоросмы на 4-й год жизни достигает 190 см глубины, а высота надземной части находится в пределах 38-40 см. Соотношение надземной и подземной части составляет 1:4.

Камфоросма в условиях культуры является довольно высокоурожайным кормовым растением. В условиях аридной зоны Поволжья урожайность ее в первый год вегетации колебалась от 3,6 до 5,2 ц/га сухой кормовой массы в зависимости от происхождения (табл. 2). Урожайность камфоросмы в зависимости от возраста, метеорологических условий, площади питания и приемов агротехники уже со второго года вегетации составляла 6,8-10,1 ц/га, третьего – 13,8-16,1, четвертого – 13,9-16,9, пятого – 15,4-19,7, шестого – 16,4-19,3 и седьмого – 16,1-19,0 ц/га сухой поедаемой кормовой массы.

Среди испытываемых образцов наивысшей продуктивностью (19,0 ц/га на 7-й год жизни) отличался экотип из Астраханской области (район п. Начало), наименьшей – из Астраханской области Икрянского района (16,1 ц/га – 7-й год жизни). Выявлено, что в первые 2 года нарастание урожая происходит более медленно, чем в последующие (соответственно 4,9-7,9 ц/га и 14,5-17,6 ц/га сухой массы).

Таблица 2 - Продуктивность камфоросмы Лессинга по годам в аридной зоне Северо-Западного Прикаспия

Происхождение образцов камфоросмы Лессинга	Поедаемая сухая кормовая масса, ц/га							Среднее за 7 лет
	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год	7-й год	
Астраханская обл., Икрянский р-он, светло-каштановые, незасоленные почвы	4,5±0,3	7,6±0,8	14,4±1,8	13,9±0,8	15,9±3,1	16,4±2,4	16,1±2,1	12,7
Астраханская обл., Приволжский р-он, светло-каштановые, суглинистые, средnezасоленные почвы	4,9±0,7	9,6±0,5	15,1±1,6	14,3±1,7	16,3±2,2	16,8±1,3	16,9±1,7	13,4
Астраханская обл., Приволжский р-он, светло-каштановые, суглинистые, слабозасоленные почвы	4,1±0,5	7,7±1,0	14,0±1,9	15,8±1,4	19,7±1,8	19,3±1,9	18,8±0,9	14,2
Астраханская обл., Икрянский р-он, светло-каштановые, засоленные солонцовые почвы	3,8±0,4	6,9±1,2	13,9±2,1	14,1±0,6	16,1±0,9	16,5±1,2	17,0±3,1	12,6
Астраханская обл., Икрянский р-он, светло-каштановые почвы	5,2±1,0	10,1±0,4	15,1±1,8	16,0±0,5	17,7±1,7	18,3±0,7	18,2±1,9	14,4
Астраханская обл., Икрянский р-он, светло-каштановые, гипсовые, слабозасоленные почвы	3,6±1,2	6,8±0,5	13,8±1,3	14,6±1,3	15,4±1,5	16,9±1,6	16,7±1,8	12,5
Астраханская обл., р-он п. Начало, светло-каштановые, суглинистые, засоленные почвы	5,3±0,9	9,7±1,3	16,1±1,2	16,9±1,5	18,0±1,8	18,7±0,9	19,0±0,7	14,8
Среднее	4,9	7,9	14,6	15,1	17,0	17,6	17,5	13,5

Результаты семенной продуктивности камфоросмы, собранной в различных почвенно-климатических условиях, представлены в таблице 3.

Первый год вегетации особи камфоросмы плодоносят единично – 18-21%. Во второй год жизни урожайность семян достигает 0,3-0,4 ц/га. В последующие годы семенная продуктивность ее увеличивается. На шестой год масса семян стабилизируется и колеблется в зависимости от образца от 1,01 до 1,18 ц/га.

Одним из приемов повышения семенной продуктивности камфоросмы являются мероприятия по уходу за посевами и борьба с сорной растительностью.

Таблица 3 - Семенная продуктивность различных образцов камфоросмы Лессинга

Происхождение образцов камфоросмы Лессинга	Урожайность, ц/га семян				Среднее за 4 года
	3 год	4 год	5 год	6 год	
Астраханская область, Икрянский район	0,81±0,02	0,94±0,04	1,06±0,1	1,18±0,08	0,99
Астраханская область, Приволжский район	0,70±0,03	0,85±0,05	0,98±0,06	1,14±0,06	0,92
Астраханская область, район п. Начало	0,72±0,01	0,81±0,05	0,89±0,07	1,06±0,04	0,87
Калмыкия, район г. Лагань	0,63±0,01	0,74±0,03	0,85±0,1	1,01±0,05	0,81

Таким образом, камфоросма Лессинга является ценным пастбищным растением для восстановления продуктивности деградированных полупустынных пастбищ. Наиболее продуктивным экотипом среди испытанных образцов, устойчивым к засолению и засухе, является пустынно-луговой экотип из района п. Начало Астраханской области, который в среднем за 7 лет, включая первый год жизни, сформировал 14,8 ц/га сухой кормовой массы, что в 4-5 раз превышает урожайность природных пастбищ.

Список использованных источников

1. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинова Э.З. Биогеоценология восстановления и повышения продуктивности пастбищных экосистем. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – №3. – С. 37-38.
2. Шамсутдинов З.Ш. Смена парадигм в селекционной стратегии кормовых культур. Кормопроизводство. – 2007. – №5. – С. 24-27.
3. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Принципы и методы фитомелиорации деградированных агроландшафтов на аридных территориях России. Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – С. 21-24.
4. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Учение Н.Т. Нечаевой о пустынных пастбищах. Аридные экосистемы. – 2010. – Т. 16. – №. 42. – С. 11-29.
5. Shamsutdinov N., Shamsutdinov Z. Halophytes Utilization for Biodiversity and Productivity of Degraded Pastures Restoration in Arid Regions of Central Asia and Russia // Biosaline Agriculture & High Salinity Tolerance. Ed.: Chedly Abdelly, Munir Ozturk, Muhamed Ashraf and Claude Grignon. – Birkhauser Verlag/Switzerland, 2008. – P. 293-240.

УДК 631.671:631.43:556.01

СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМОГО УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КАЗАХСТАНА

А.Д. Рябцев, Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева

РГП Казгипрорводхоз, г. Алматы, Казахстан;

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Республика Казахстан расположена в Центральной Азии в центре Евразийского материка и занимает девятое место в мире по размеру своей территории, то есть 2.72 млн. км²[1].

Для Казахстана характерно большое разнообразие климатических условий, резко выраженная континентальность со значительными колебаниями температур, сухость воздуха, малое количество атмосферных осадков.

Территория Казахстана ограничивается с юга изолинией суммы температур (выше +10°C) 4600°C (метеостанция Шардара), с юга-запада - 3600°C (метеостанция - Актау), с запада - 2200°C (метеостанция - Уральск), с севера - 1700°C (метеостанция Петропавловск), с северо-востока - 2600°C (метеостанция Семей), с востока - 2800°C (метеостанция Зайсан) и с юго-востока 3200°C (метеостанция Жаркент), а в горной части в зависимости от вертикальной зональности температура уменьшается до 700°C (метеостанция Мынжылки).

Для северной части Казахстана в целом характерно незначительное поступление солнечной энергии ($R=146.6-159.2$ кДж/см²), максимальное же значение оно достигает на юге республики ($R=241.3-286.6$ кДж/см²), постепенно снижаясь до 153.4 кДж/см² в горных степях страны.

Почвенный покров Казахстана имеет четко выраженную зональность и высотную поясность.

Ресурсы поверхностных вод Казахстана в средний по водности год составляют 100.5 км³, из которых только 56.5 км³ формируются на территории республики. Остальной объем 44.0 км³ поступает из сопредельных государств: Китая – 18.9 км³; Узбекистана – 14.6 км³; Кыргызстана – 3.0 км³; России – 7.5 км³.

По водообеспеченности Казахстан занимает одно из последних мест среди стран СНГ. Удельная водообеспеченность равна 37 тыс. м³ на км² и 6.6 тыс. м³ на одного человека в год.

Земельный фонд Казахстана – 272.5 млн. га, из них 222991.8 тыс. га – сельскохозяйственные угодья, в том числе 33897.7 тыс. га пашни, 1707.6 тыс. га залежей, 105.6 тыс. га многолетних насаждений, 7676.1 тыс. га сенокосов, 179514.8 тыс. га пастбищ, 184.7 тыс. га приусадебной земли и 8435.8 тыс. га леса, что в определенной степени определяют экологическую стабильность ландшафтных систем региона.

Анализ истории развития орошаемых земель в период 1960-2010 гг. в Казахстане показал, что в период 1960-1985 гг. для обеспеченности продовольственной конкурентоспособности страны в мире были освоены не только высокопродуктивные, но и малопродуктивные земли, требующие больших материальных ресурсов, то есть площадь орошаемых земель увеличилась 2.5 раза, и охватила все водохозяйственные бассейны. Только после распада СССР во всех союзных республиках, и в том числе в Казахстане, площадь орошаемых земель сократилась от 2.5 до 1.2 млн. га [1].

При этом нормы водопотребности сельскохозяйственных культур стали в 1.5-2.0 раз больше, чем испаряющая способность природной системы. Вынос солей с горной части на равнину составил в современных условиях 72.79 млн.т

в год. Увеличилось и поступление солей с атмосферными осадками с 28.88 до 57.76 млн. т в год. Общее поступление солей на равнинную часть территории увеличилось с 101.67 до 130.55 млн.т в год или в 1,4 раза, что естественно отразилось на геохимическом режиме региона и в первую очередь на орошаемых землях.

В результате увеличилась интенсивность геологического круговорота воды и химических веществ в сравнении с естественным в 500 раз, что привело к изменению почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель, особенно в Арало-Сырдаринском, Шу-Таласском и Балхаш-Алакольском водохозяйственных бассейнах Казахстана, где площадь средне- и сильно засоленных почв в сравнении с 1960 годом к 2010 году увеличились от 25 до 60 %. Это в определенной степени повлияло на эколого-мелиоративную устойчивость, а также на уровень техногенного нарушения и эколого-экономическую стабильность агроландшафтов.

Таким образом, вместо нормы транспирационной способности растений появились биоклиматические, мелиоративные и мелиоративно-промывные нормы водопотребности сельскохозяйственных культур, ставшие причиной создания водоемких систем орошения в СССР и в том числе в Казахстане, то есть научный прогресс не смог сформировать механизм разработки высокоэффективных и экологически приемлемых ресурсосберегающих технологий и технологических схем орошения [2].

Начиная с середины XX века масштабы и сила воздействия антропогенной деятельности в результате мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане настолько возросли, что обусловленные ими изменения экологических условий природной системы, и в том числе ландшафтов, достигли глобального уровня. Сюда относятся изменение климата, истощение и ухудшение водных и земельных ресурсов, деградация почвенного покрова, потери устойчивости и стабильности агроландшафтов. Значительные нагрузки на почвенный покров геосистем привели к трансформации естественных почвенных процессов и ее деградации, то есть изменились направления почвообразовательного процесса от сероземного к сероземно-луговому, луговому, лугово-болотному [3-4].

Деградационные изменения привели к нарушению эволюции геосистем и в ряде случаев потере ресурсо- и средовоспроизводящей функции ландшафтов Казахстана.

Общая тенденция современного развития природопользования и природообустройства в мире заключается в создании условий для стабильного управления биологическим и геологическим круговоротами воды и химических веществ в природной системе при антропогенной деятельности. Однако во второй половине XX века в связи с чрезмерным увеличением антропогенной нагрузки на агроландшафты планеты ограничения экологического характера стали играть определяющую роль в развитии системы «человек-природа». Для устойчивого развития природно-социальных систем стала очевидной необходимость установления гармоничных взаимоотношений между всеми компонентами окружающей природной среды и в перспективе – совместная их эволюция.

Поэтому, при мелиорации сельскохозяйственных земель всестороннего анализа природно-деятельностой системы как среды обитания человека, включающих биоклиматические оценки, как важного компонента жизнедеятельности, характеризующих комфортность природно-климатических условий, которые обеспечивают целенаправленную деятельность в условиях современного производства, являющиеся одним из важных аспектов системы природообустройства, которые требуют разработки новых принципов, методов и технологий адаптивно-ландшафтной мелиорации, обеспечивающих экологическое нормирование использования природных ресурсов, являются одной из основных проблем системы природопользования [5-7].

Для разработки теоретико-методологическую базу адаптивно-ландшафтного земледелия и мелиорации в Казахстане, обеспечивающих экологическое нормирование предельно-допустимого уровня использования природных ресурсов и принципов идеологии устойчивого развития требует необходимости решения следующих задач:

- комплексная оценка эколого-ресурсного потенциала природной системы как материального средства производства сельскохозяйственной продукции и жизнедеятельности человека;

- разработка и выбор интегральных критериев для оценки экологической продуктивности ландшафтов и биоклиматической комфортности природной системы для производственной деятельности человека;

- всесторонняя оценка деятельности мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане и их реализация, разработка методологического обеспечения, включающих модель биологического и геологического круговоротов воды и химических веществ, почвообразовательного процесса, оценки уровня техногенного нарушения, устойчивости и стабильности орошаемых агроландшафтов;

- разработка модели адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Казахстане, обеспечивающих эколого-ландшафтную устойчивость природной системы и создание кластеров адаптивного сельскохозяйственного производства с учетом экологических нормативов и требований среды обитания человека;

- разработка модели адаптивно-ландшафтной мелиорации по водохозяйственным бассейнам Казахстана на основе совершенствования принципов нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий и ресурсосберегающих технологий орошения, отвечающих техническим требованиям системы безотходных технологий производственного процесса;

- разработка системы управления адаптивно-ландшафтной мелиорации на основе регулирования направленности и интенсивности почвообразовательного процесса орошаемых агроландшафтов на основе закона эволюции.

При этом на основе их разработанные концепция, принципы и технологии адаптивно-ландшафтного земледелия и мелиорации должны стать методологической и информационно-аналитической базой экологического нормирования использования природно-ресурсного потенциала Казахстана, а также планируемой переработки нормативно-технической документации по регламентации мелиорации сельскохозяйственных земель.

Таким образом, на основе современных методологических принципов экологического обоснования мелиорации сельскохозяйственных земель, на техногенно-нарушенных природных системах путем разумного дозирования мелиоративных нагрузок и обеспечения сбалансированного соотношения тепла и влаги, создать условия целенаправленного регулирования почвообразовательного процесса соответственно законам эволюции.

В этом случае, поэтапное улучшение энергетического баланса почвообразовательного процесса, синтез и разрушение органического вещества, усиление гумификации или ослабление минерализации, целенаправленное регулирование большого геологического и малого биологического круговоротов можно обеспечить с помощью комплекса мелиоративных, водохозяйственных и агротехнических мероприятий, руководствуясь благоприятными гидротермическими режимами орошаемых земель.

Для обеспечения экологической устойчивости ландшафтов при орошении сформированы принципы обоснования адаптивно-ландшафтной мелиорации и на основе разработанных моделей для оценки экологической емкости природной системы и техноемкости агроландшафтов определены зоны развития мелиорации сельскохозяйственных земель, то есть территория Казахстана разделена на две зоны, отличающиеся друг от друга социально-экономическими условиями, то есть зоны развития адаптивно-ландшафтной мелиорации с помощью государственных программ поддержки и с поддержкой частного инвестирования на основе коммерческой деятельности и введения нового понятия – нижнего предельно-допустимого уровня нормы водопотребности ($O_p^{ниж}$) – транспирации растений (T), обеспечивающей формирование биомассы и верхнего предельно допустимого уровня водопотребности ($O_p^{верх}$) - экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий ($O_p^э$), обеспечивающей целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых землях, которые следуют положить в основу разработки ресурсосберегающих технологий и технологической схемы орошения в перспективе [1; 4; 6].

На основе оценки экологической значимости составляющих элементов водного баланса орошаемых земель разработаны модели системы интегральных критериев, для оценки надежности технологии и технологических схем полива, а также мелиоративных систем, обеспечивающих создания высокоэффективных, безопасных и безотходных инновационных и позволяющих регламентировать технических средств и технологического комплекса для мелиорации сельскохозяйственных земель в перспективе.

Таким образом, разработанная система экологического нормирования предельно-допустимого уровня использования водных и земельных ресурсов Казахстана, базирующаяся на принципе адаптивно-ландшафтной мелиорации и разработанных моделей для определения транспирации растений и экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий, оценки экологиче-

ской значимости составляющих элементов водного баланса орошаемых земель и системы интегральных критериев, для оценки надежности технологий и технологических схем полива, а также мелиоративных систем, обеспечивает создания высокоэффективных, безопасных и безотходных инновационных производственных процессов и позволяет регламентированные технические средства и технологический комплекс для мелиорации сельскохозяйственных земель.

Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз, 2012. – 538 с.
2. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Концепция мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане // Водное хозяйство Казахстана, 2006. - №1(13).- С. 7-10.
3. Рябцев А.Д., Мустафаев Ж.С. К проблеме эколого-экономического возрождения в низовьях реки Сырдарья // Водное хозяйство Казахстана, 2005. - №1(5).- С. 15-19.
4. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее. – Тараз, 2012. – 354 с.
5. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Козыкеева А.Т., Кененбаев Т.С., Сабденалиев А.М. Принципы создания экологически безопасных ресурсосберегающих технологий орошения агроландшафтов (Аналитический обзор) - Тараз, 2008. – 36 с.
6. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Козыкеева А.Т., Кененбаев Т.С., Сабденалиев А.М. Основные принципы нормирования водопотребности агроландшафтов // Водное хозяйство Казахстана, 2009.- №2. - С. 3-12.
7. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Адильбектеги Г.А. Методологические основы оценки устойчивости и стабильности ландшафтов. - Тараз, 2007. - 218 с.

УДК 631.674.2:626.8(470.47)

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМ ЛИМАННОГО ОРОШЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛМЫКИИ

М.А. Сазанов

Калмыцкий филиал ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г.Элиста, Россия

Системы лиманного орошения (СЛО), находящие широкое распространение на Северном Кавказе, в Среднем и Нижнем Поволжье, а также в Казахстане являются надежными источниками получения качественных кормов для животных. На территории Калмыкии в настоящий период в эксплуатации находится свыше 37 тыс.га инженерных лиманов, из которых ежегодно используется только 21-27 тыс.га. Продуктивность их пока невысока. Сбор сена не превышает 40 тыс.т. Многие участки нуждаются в реконструкции [1-3].

Программой развития мелиорации сельскохозяйственных земель на территории республики предусмотрено к 2020 году довести площадь используемых лиманов до 56,1 тыс.га и валовой сбор сена – до 140 тыс.т. В целях достижения этих показателей необходимо провести реконструкцию имеющихся участков на площади 21,1 тыс.га, в том числе ремонт каналов – 343 км, ремонт земляных валов – 64,1 км и ремонт ГТС – 385 шт., а также строительство новых систем – 8,0 тыс.га [1,5].

В соответствии с общепринятыми классификациями [6, 7, 15] выделяется 9 основных типов лиманов, из которых в республике нашли применение пока только три. Основную часть (более 95 %) составляют инженерные многоярусные СЛЮ в замкнутых понижениях рельефа местности с подпиткой от каналов двух крупных оросительно-обводнительных систем – Сарпинской и Черноземельской, далее следуют лиманы комбинированного питания – от каналов ООС и местного паводкового стока и лиманы с подпиткой от сбросных вод из водохранилищ и прудов (табл.1).

Как показала практика строительства и эксплуатации систем лиманного орошения, основные их массивы на территории России представлены в конструктивном отношении элементами, разработанными в 50-70-е годы прошлого столетия. Стандарты того времени были рассчитаны на использование вод местного поверхностного стока с одноразовым затоплением, а нормативный уровень водообеспеченности СЛЮ принимался в пределах 25-50 %. Негативным примером этого является Калмыкия. В начале 60-х гг. здесь были построены крупные инженерные СЛЮ с обеспечением за счет вод местного стока с восточного склона Ергенинской возвышенности (около 40 тыс.га). По причине бессистемного строительства водоемов (прудов и водохранилищ), уже через 5-10 лет возник постоянный дефицит воды и данные площади были переведены в разряд богарных сенокосов. Практически все эксплуатируемые в настоящий период лиманные системы имеет ежегодную подпитку от каналов ООС, но по конструкции, позволяют осуществлять только затопление грузными нормами.

Поэтому произошло формирование заливных сенокосов с преобладанием многолетних злаковых трав (пырея ползучего и бекмании обыкновенной), выдерживающих слой воды в течение 25-40 суток.

Экологически безопасные и высокопродуктивные системы лиманного орошения должны обладать, на наш взгляд, следующими свойствами:

- адаптивно вписываться в природные циклы и режимы;
- способствовать формированию устойчивых и высокопродуктивных агроэкосистем;
- обеспечивать возможность выращивания широкого набора естественной растительности и с.-х. культур, за счет оптимизации водного режима (проведение как одноразовых поливов грузными нормами, так и вегетационных поливов – в зависимости от текущих потребностей растений во влаге) при расчетном уровне водообеспеченности не ниже 75 %;
- иметь возможность оперативного регулирования почвенно-мелиоративной и гидроэкологической обстановки, за счет создания дренажно-сбросных сетей и применение технологий химической и биологической мелиорации;
- унификацией и типовой стандартизацией основных элементов и конструкций с применением более дешевых синтетических материалов;
- полной автоматизацией процесса полива и сброса излишней воды;
- организацией оперативной системы мониторинга за эколого-мелиоративной обстановкой и техническим состоянием конструкций с исполь-

зованием современных дистанционных и компьютерных технологий.

Таблица 1 – Общая классификация лиманов и степень их распространения на территории Калмыкия

№ п/п	Название лиманов	Водоисточник	Глубина затопления	Число ярусов	Способ забора и подачи воды	Наличие (степень использования), тыс.га
1.	Лиманы замкнутых понижений	Склоновый и паводковый местный сток	Мелкого и среднего затопления (до 0,7 м)	Одно- и многоярусные	Самотечный	-
2.	Лиманы потяжин и лощин	То же	То же	То же	То же	-
3.	Лиманы водораздельных плато	То же	То же	То же	То же	-
4.	Лиманы на пологих склонах	То же	То же	То же	То же	-
5.	Пойменные лиманы	То же	Мелкого (до 0,5 м) и глубокого (>0,7 м) затопления	Многоярусные	То же	-
6.	Лиманы на пойменных и надпойменных террасах	То же	Глубокого (>0,7 м) затопления	То же	То же	-
7.	Лиманы, питаемые сбросными водами из водохранилищ и прудов	То же		То же	То же	0,5 (0)
8.	Лиманы, питаемые водами оросительно-оросительных систем	Оросительные и сбросные воды каналов ООС	Мелкого затопления (до 0,5 м)	То же	Самотечный и механический	35,9 (25,7)
9.	Лиманы комбинированного питания	Каналы ООС и местный паводковый сток	То же	То же	То же	1,3 (1,3)
	Итого:					37,7 (27,0)

В условиях Калмыкии для покатых склонов местности можно рекомендовать следующие существующие конструкции систем лиманного орошения, позволяющие использовать для затопления воды местного паводкового стока, воды оросительно-обводнительных систем и морские воды:

1. Система лиманного орошения по широким и длинным полосам, предложенная институтом «Востоксибгипроводхоз» [12], которая позволяет производить самотечную подачу воды из водоподводящего канала в отдельные ячейки (полосы) шириной до 200 м и длиной до 2000 м, образованные разделительными земляными валиками, которые нарезаются перпендикулярно горизонталям местности. Для равномерного распределения поливной воды перпендикулярно валикам нарезаются пологие безуклонные ложбины глубиной 0,1-0,15 м (через 50-100 м), позволяющие изливать воду широким потоком. В конце системы располагается дренажно-сбросной канал. Имеются водоподающие и водосбросные сооружения, обеспечивающие процесс регулирования подачи и сброса воды. На данной СЛЮ создаются условия для организации периодических вегетационных поливов нормами 700-900 м³/га, что обеспечивает возможность выращивания широкого набора с.-х.культур.

2. Оросительная система с использованием местного стока, предложенная ФГНУ «РосНИИПМ» [9]. Для проведения поливов местным стоком весной во время паводков она оборудована рядами поперечных водоудерживающих земляных валиков, размещенных параллельно горизонталям местности, а для осуществления затопления при недостатке местного стока и возможности использования сбросных вод с оросительно-обводнительных систем, имеется распределительный закрытый трубопровод с запорной и разводящей аппаратурой (узлами водораспределения, задвижками и водовыпусками-водоспусками). Для забора воды из каналов используются насосные станции. На данной СЛЮ обеспечивается возможность организации периодических поливов.

3. Оросительная система с использованием воды Каспийского моря [11], разработанная учеными ЮжНИИГиМ, предназначена для размещения на пологосклоновых прибрежных песчаных землях и работает за счет использования нагонно-сгонных явлений. Во время ветрового нагона волны (моряны) вода по широким ложбинообразным оросителям-сбросам поднимается против уклона и подается внутрь участков (ярусов), обвалованных земляными дамбами, через водовыпуски двойного действия, распределяется самотечным путем и ее излишки опять сбрасываются в море. В случае недостаточной для самотечного затопления высоты нагона, предусмотрена возможность затопления сбросными водами оросительно-обводнительных систем, для чего по верху данного участка прокладывается канал. Данная конструкция позволяет обойтись без дорогостоящих водозаборных сооружений и насосных станций. Ее рационально использовать на побережье Каспийского моря на юге Калмыкии, так как опресненная вода его северо-западной части имеет минерализацию не более 3 г/л. Здесь же по руслу р. Кума проходит коллектор, сбрасывающий в море дренажный и хозяйственный сток с территории Ставропольского края. Все это позволяет выращивать широкий набор культур. Однако следует учитывать, что на Каспии

наблюдаются явления резкого подъема уровня, когда его отметки повышаются до 3 м и выше. Поэтому при проектировании СЛО этого типа следует предусмотреть строительство более мощных оградительных дамб с высотой не менее 3,5 м и их укрепление с наружной стороны железобетонными плитами, что позволит противостоять разрушению самой оросительной системы и быть частью общего комплекса мероприятий по борьбе с затоплением и подтоплением территорий на побережье Каспия.

Серьезной проблемой на территории Калмыкии является засоление почв. Этот негативный процесс наблюдается и на землях лиманного орошения, особенно на системах, расположенных в замкнутых понижениях. Нами проводятся исследования по разработке специальных конструкций СЛО, позволяющих осуществлять рассоление и организовать периодические поливы с учетом поясности лиманов и возможности выращивания культур с различной степенью устойчивости к продолжительности стояния воды.

При реконструкции систем лиманного орошения и при их эксплуатации, в целях удешевления этих работ, рекомендуется шире применять вместо железобетонных сооружений конструкции из мягких синтетических оболочек или мембран [10, 13,14].

В целях упрощения и удешевления эксплуатации систем лиманного орошения, а также более строгого регулирования процессов подачи и сброса воды, желательно автоматизировать процесс затопления путем оборудования всех водовыпусков затворами-автоматами гидравлического действия [4,8].

Проведенные нами исследования позволили осуществить ранжирование всех возможных видов и типов гидротехнических сооружений и устройств, которые могут применяться на СЛО (табл.2).

Таким образом, совершенствование конструкций систем лиманного орошения и, агротехнологий на лиманных землях, с учетом конкретных природных особенностей, позволит существенно увеличить производство кормов и улучшить эколого-мелиоративную обстановку на территории Калмыкии.

Таблица 2 – Классификация основных видов сооружений и устройств на системах лиманного орошения

№ п/п	Основные типы сооружений и устройств	Разновидности сооружений и устройств	Материалы и типовые решения				
			земля или земляное русло	противо-фильт-рац.облицовка	трубчатые регуляторы-переезды	трубчатые регуляторы	мягкие конструкции
1.	Сооружения для аккумуляции местн. поверх. стока	Плотины прудов и водохранилищ с водосбросными сооружениями донного и башенного типа	+	+			
2.	Сооружения для подачи и отвода воды	Магистральные водоподающие каналы (МК)	+	+			
		Сбросные каналы для отвода излишков воды (УС)	+				
		Участковые каналы двусторон.действ. для распр. и отвода воды	+				
3.	Сооружения и устройства для регулирования водораспределения	Оградительные валы (дамбы)	+				
		Подпорные дамбы	+				
		Разделительные (водоудерживающие) валы ярусов	+				+
		Распределительные (регулирующие) валы	+				
		Направляющие валы	+				
		Водообходы					
		Водораспределительные канавки и коллекторы	+				
		Щелевой и кротовый дренаж	+				
		Ложбины и полосы	+				
4.	Сооружения для регулирования водоподдачи	ГТС для подачи воды из межхозяйствен. каналов в МК					
		Перепады на МК и УС		+			+
		Быстротоки на МК и УС		+			
		Подпорные сооружения на МК			+		+
		Водовыпуски из МК в участковые каналы			+		
		Водовыпуски в дамбах и валах лиманов			+	+	+
		Водовыпуски из лимана в сбросной канал			+		
		Водовып. из УС в аккумулятор сбросн. вод (озеро, пруд, вдхр.)			+	+	
5.	Устройства для подачи и отвода воды	Насосные станции (передвиж и стац.) для подачи и отвода воды					
		Водопроводы трубчатые					+

Список использованных источников

1. Бородычев В.В. Состояние и перспективы развития лиманного орошения в Калмыкии [Текст] / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов // Мелиорация и водное хозяйство.- 2013-№1-С.2-5.
2. Бородычев В.В. К вопросу повышения продуктивности орошаемых лиманных сенокосов в Республике Калмыкия [Текст] / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высш. проф. образование – Волгоград: ВГАУ.-2013-№4(32)-С.67-73.
3. Бородычев В.В. Эколого-мелиоративная обстановка и меры ее оптимизации на системах лиманного орошения в Калмыкии [Текст] / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов // Вестник РАСХН.- 2014-№3-С.19-20.
4. Дементьев В.Г. Орошение: Учебник [Текст].- М.: Колос, 1979.- 303 с.
5. Концепция развития систем лиманного орошения в аридной зоне Калмыкии [Текст] / М.А. Сазанов, Э.Б. Дедова и др.- М.: ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2012- 76 с.
6. Костяков А.Н. Основы мелиорации: Учебник. – Изд. 6-е, доп. и перераб. [Текст] – М.: Сельхозгиз, 1960. – 662 с.,
7. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: Справочник [Текст] / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.
8. Основы автоматизации и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации: Учеб.пособие [Текст] / Я.В. Бочкарев, Е.Е.Овчаров. – М.: Колос, 1981. – 335 с.
9. Пат.2467561, Российская Федерация, МПК (7) А 01 G 25/00. Оросительная система с использованием местного стока / Щедрин В.Н, Гостищев В.Д., Кузьмичев А.А. и др. – Заявка № 2011101196/13 от 12.01.2011. Оpubл.20.07.2012 // Бюл. № 26 (II ч.) – 6 с.
10. Сазанов М.А. Использование мягких конструкций гидротехнических сооружений в системах лиманного орошения [Текст] / М.А Сазанов // Водохозяйственный комплекс бассейна р.Терек: управление, мониторинг водных объектов, предотвращение вредного воздействия вид и задачи на перспективу: Сб.ст.Всеросс.науч.-практ.конф. – Грозный: Изд-во Чечен.гос.ун-та, 2009. – С. 148-152.
11. Сенчуков Г.А. Конструкция оросительной системы с использованием Каспийской воды [Текст] / Г.А. Сенчуков, Г.Г. Шилер // Мелиорация и водное хозяйство.- 1996 - № 3 – С. 30-31.
12. Тютюкин В.Ф. Система лиманного орошения по широким и длинным полосам [Текст] / В.Ф. Тютюкин // Лиманное орошение: Сб.науч.тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1984. – С. 173-178.
13. Штокалов Г.А. Техника водорегулирования на лиманах весеннего наполнения с помощью сооружений из мягких конструкций [Текст] / Г.А. Штокалов // Техника и способы полива с.-х.культур. Том XV, вып.1 (Сб. статей) – Новочеркасск: НИМИ, 1978.- С.62-66.
14. Штокалов Г.А. Схема установки и принцип работы мягких сооружений на системах лиманного орошения [Текст] / Г.А. Штокалов // Повышение эффективности использования орош.земель и прогрессивной техники полива (Сб. статей) – Новочеркасск: НИМИ, 1980.- С.141-149.
15. Шумаков Б.Б. Гидромелиоративные основы лиманного орошения [Текст] // Б.Б. Шумаков. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 216 с.

ХАРАКТЕР РОСТА И ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОЛЯНКИ ВОСТОЧНОЙ (*SALSOLA ORIENTALIS*) И КОХИИ ПРОСТЕРТОЙ (*KOCHIAPROSTRATA*) В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ*

В.В. Санжеев², Н.З. Шамсутдинов¹, В.Н. Нидюлин¹

¹ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

²ФГБНУ "ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса", г. Лобня, Россия

Повышение кормовой продуктивности аридных пастбищ – важная задача, которая может быть решена путем введения в культуру и селекцию новых кормовых растений из природной флоры аридных областей России и других стран [1, 3, 4]. К числу новых кормовых растений, пригодных для улучшения полупустынных пастбищ Северо-Западного Прикаспия, относятся солянка восточная (*Salsola orientalis* S.G. Gmel.) и кохия простертая (*Kochiaprostrata* (L.) Schrad.) [1, 3, 4]. В условиях полупустынного ксеротермического режима в формировании устойчиво высоких урожаев кормовой и семенной продуктивности важное значение имеет характер роста и формирования корневых систем [5, 6].

Материалы и методы

Раскопки корневых систем проводили в условиях полупустынной зоны (Яшкульский район Республики Калмыкия, п. Эрмели в 2009-2011 гг. Климат зоны – резко континентальный, засушливый (ГТК 0,3-0,5). Годовая амплитуда температуры воздуха достигает 70-75°C. Среднегодовое количество осадков колеблется от 200 до 220 мм.

Материалом служили 1-3-х-летние растения солянки восточной и кохии простертой. В своих исследованиях по изучению корневых систем мы использовали траншейный метод [2].

Результаты исследований

Солянка восточная (*Salsola orientalis* S.G. Gmel.). Для раскопки отбирали типичные для популяций особи растений. Особое внимание уделялось изучению динамики роста корней в первый год вегетации.

Результаты раскопок показывают, что уже в первый год вегетации солянка восточная формирует сравнительно мощную и глубоко проникающую корневую систему (табл. 1). В фазе розетки (15 мая) корни солянки восточной проникают в почву на глубину 41 см, в фазу бутонизации – на 77,5 см и в фазу цветения – на 102,5 см, при этом длина корней превышает высоту надземной части в 4-7 раз.

К концу первого года жизни корни солянки восточной проникают на глубину 167 см, распространяясь в горизонтальном направлении на 55-65 см (рис.1).

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №№12-05-00818-а и 14-44-01011 р_юг_а)

Таблица 1 - Динамика развития корневой системы солянки восточной первого года вегетации (коллекционный питомник 2009 г. посева)

Фенологическая фаза	Дата	Высота надземной части, см	Глубина проникновения корней, см
Всходы. Семядольные листочки	6 апреля	0,6	2,2±0,2
Появление 2-х настоящих листьев	20 апреля	1,2	13,3±0,9
Фаза розетки	15 мая	10	41,3±1,45
	28 мая	12	66,3±1,20
Бутонизация	23 июня	12	77,5±2,5
Цветение	12 июля	15	102,5±1,5
Осыпание семян	7 декабря	29	167

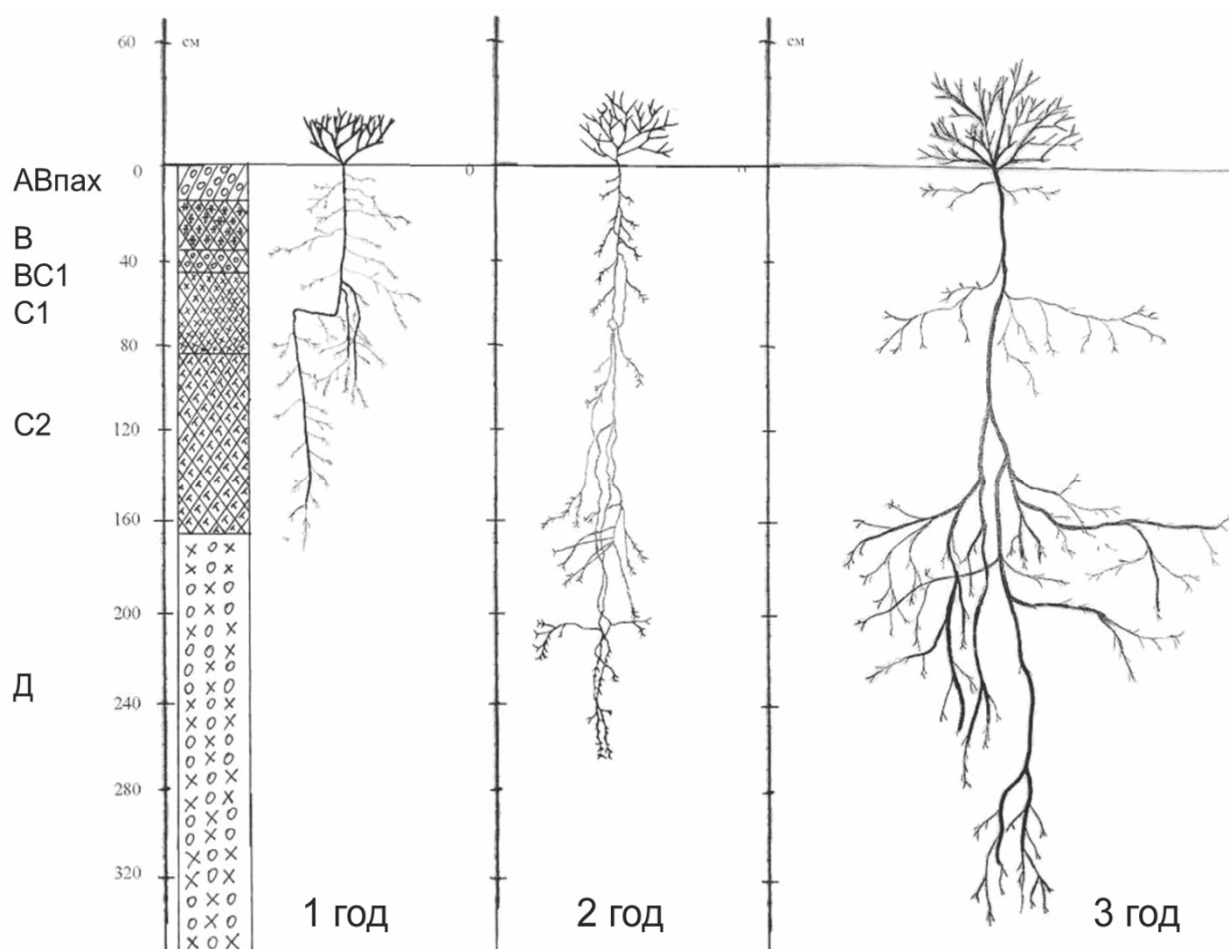


Рисунок 1 - Корневая система солянки восточной в первые 3 года вегетации (2009-2011 г.):

Обозначения почвенных слоев: АВ_{пах} (0-14 см), В (14-32 см), ВС₁ (32-42 см), С₁ (42-63 см), С₂ (63-132 см), Д (132-200 см). Яшкульский район Республики Калмыкия

В слое АВ_{пах} примерно на глубине 3 см в сторону отходит короткий корень 2-го порядка; в слое С₁ на глубине 43 и 49 см отходят другие два корня 2-го порядка, опускающихся немного в сторону, а затем вертикально вниз на глубину 73 и 88 см. Почва в слое 0-14 см сухая, относительно рыхлая, затем постепенно уплотняется до глубины 63 см (слой С₂). В слое 63-132 (С₂) почва постепенно становится рыхлой и более влажной. Главный корень на глубине 67 см резко сворачивает горизонтально в сторону и вверх примерно на 26 см до глубины 60 см. Затем опускается вертикально вниз до глубины 167 см. Здесь почва снова уплотняется, но остается достаточно влажной. На рисунке видно, что главный корень четко выражен и отвесно опускается вниз. На глубине 115 см в буром, влажном, тяжелосуглинистом слое С₂ от главного корня отходят два корня, которые более или менее вертикально углубляются в почву.

В верхнем 100-см слое расположено большое количество мелких корней толщиной 0,1-0,8 см, отходящих в радиальном направлении. В глинисто-буром, влажном, средне-тяжелосуглинистом уплотненном, бесструктурном слое Д, на глубине 150-220 см боковые корни разветвляются, причем некоторые разветвления располагаются в горизонтальном направлении.

В конце ноября 2011 года были проведены раскопки трехлетнего куста солянки восточной (рис. 1). Состояние растения было хорошее, высота 49 см, ширина кроны 62×54 см. Главный корень отвесно спускается вниз до 109 см. На этом уровне (слой С₂) почва становится рыхлее и немного влажнее. Главный корень на уровне 127-141 см (граница слоев С₂-Д) ветвится на два, каждый из которых, в свою очередь, ветвится на три корня. Все эти корни ветвятся на более мелкие, распространяясь вглубь до 280 см, а в горизонтальном направлении более чем на 180 см. Главный корень на уровне 272 см разветвляется на два более мелких, которые, постепенно утончаясь, углубляются до 310 см. От этих двух корней вниз до 341 см и немного в бок отходят тончайшие белые корешки. Почва в слое 300-340 см рыхлая и влажная.

Кохияпростертая (*Kochiaprostrata* (L.) Schrad.). Результаты раскопок корней растений кохии простертой первого года жизни представлены в таблице 2.

В начальные фазы развития, глубина проникновения корней кохии превышала высоту надземной части в 4,9-5,7 раза, а начиная с фазы бутонизации до созревания семян – в 2,2-2,7 раза. Таким образом, к концу первого года вегетации корневая система кохии довольно развита, главный корень проникает на глубину 178 см, а боковые распространяются в горизонтальном направлении на 148 см (рис. 2).

Глубина проникновения корня в почву – 178 см. (рис. 2). На протяжении 25 см диаметр корня составляет 2,5 см, на глубине 30 см он становится равным 1 см, далее происходит равномерное сужение толщины корня. На протяжении 18 см, считая от поверхности почвы, от главного корня отходят в большом количестве тонкие корешки, располагающиеся в почве почти параллельно ее поверхности и создающие в верхнем горизонте значительную корневую массу. На

глубине 25-30 см от главного корня отходят боковые корни первого порядка в количестве 8 штук. Сначала они располагаются под углом 35° к поверхности почвы, по мере отхода от центрального корня направление их меняется почти на вертикальное. Эти корни достигают глубины 148 см и оканчиваются, как и центральный корень, корневыми чехликами. С глубины 40-60 см на центральном и корнях последующих порядков образуется множество мелких корешков, пронизывающих значительный объем почвогрунта и интенсивно поглощающих влагу и растворенные в ней биогенные элементы.

Таблица 2 - Показатели роста и развития корневой системы кохии простертой каменистого экотипа (2008 г.) в первый год вегетации

Фаза вегетации	Дата раскопки	Высота надземной части, см	Глубина проникновения корневой системы, см	Ширина горизонтального распространения корня, см	Отношение длины корня к высоте надземной части
Два настоящих листочка	20.03	2,8	16	–	5,7
Розетка	15.04	9,6	47	17	4,9
Ветвление	21.05	22,5	78	45	3,4
	20.06	33,7	111	64	3,2
Бутонизация	25.07	52,3	130	86	2,4
Цветение	20.08	65,4	145	109	2,2
Созревание плодов	20.09	65,9	164	135	2,5
	25.10	65,5	178	148	2,7

Таким образом, в описываемых условиях, корневая система кохии простертой первого года вегетации построена по универсальному типу и приспособлена для максимального использования почвенных ресурсов. На второй год вегетации корневая система кохии продолжает развиваться и углубляется до 280 см, а в горизонтальном направлении до 220 см при отсутствии рядом стоящих растений.

Характерной особенностью является наличие двух ярусов ветвления: первый – на глубине 70 см; второй – 135 см. На корнях разных порядков наблюдается множество мелких корешков, которых особенно много на участках корней, расположенных в более влажных горизонтах.

Раскопка корневой системы кохии простертой в возрасте трех лет показала, что на бурых почвах опытного участка корни этого полукустарничка проникают на глубину до 401 см, формируют сильноразветвленную систему корней, использующих влагу и питательные элементы массива почвы объемом до 15 кубических метров. Безусловно, такая хорошо развитая и глубоко проникающая в почву корневая система кохии в полупустынных условиях Северо-Западного Прикаспия происходит в первые три года вегетации.

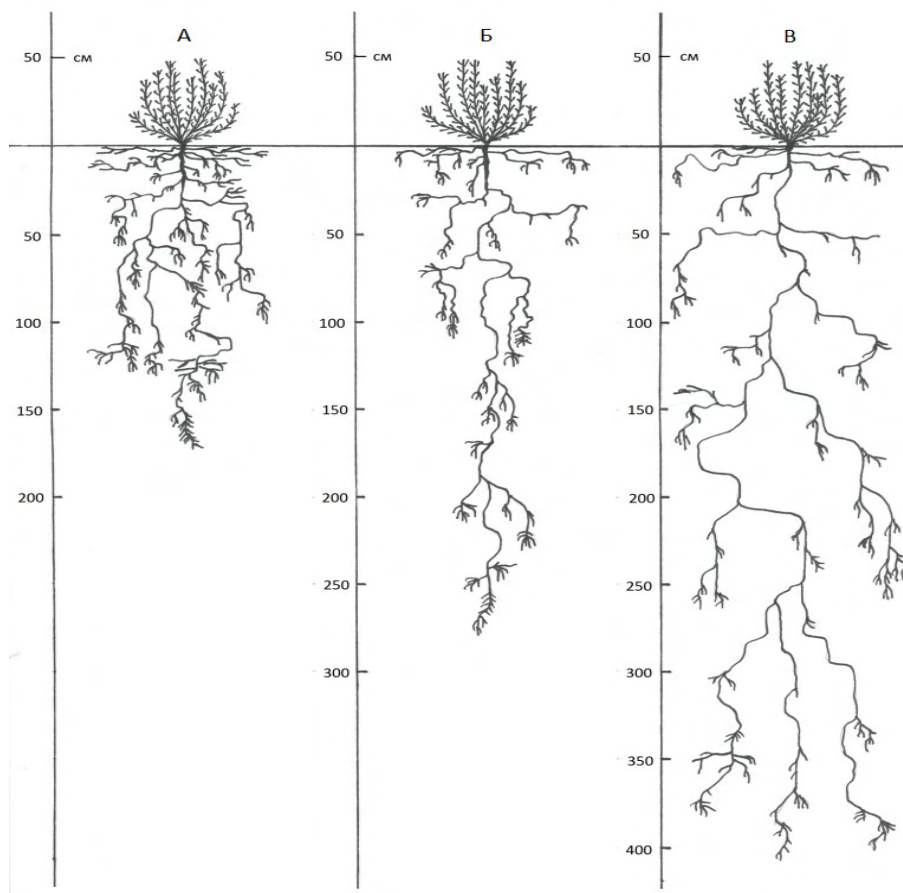


Рисунок 2 - Корневая система кохии простертой (каменистый экотип) 1-го (А), 2-го (Б) и 3-го (В) годов вегетации на бурых полупустынных почвах Северо-Западного Прикаспия. Яшкульский район Республики Калмыкия. Объединенный Прикаспийский опорный пункт ВНИИ кормов и ВНИИГиМ

Таким образом, в полупустынной зоне на бурых почвах Северо-Западного Прикаспия у солянки восточной и кохии простертой формируются мощная, глубоко проникающая корневая система универсального типа, хорошо адаптированная к использованию скудных запасов почвенной влаги. Такой характер развития и формирования корневых систем имеет важное значение в рациональном и более полном использовании водно-минеральных ресурсов среды и формировании относительно высоких урожаев кормовой и семенной продуктивности.

Список использованных источников

1. Санжеев В.В., Шамсутдинов Н.З. Изучение образцов солянки восточной (*Salsolaorientalis*) в Северо-Западном Прикаспии. – Кормопроизводство. – 2012. – № 8. – С. 30-31.
2. Шалыт М.С. Методика изучения морфологии и экологии подземной части отдельных растений и растительных сообществ // Полевая геоботаника / под ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. – М.–Л., 1960. – С. 369-447.
3. Шамсутдинов З.Ш., Косолапов В.М. Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Экологическая реставрация опустыненных земель на основе новых сортов кормовых галофитов. – М., 2009. – 295 с.

4. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. – М.: Эдель-М, 2000. – 399 с.
5. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Галофитное растениеводство (эколого-биологические основы). – М., 2005. – 404 с.
6. Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Использование галофитов для устойчивого развития жизнеспособного сельского хозяйства в аридных районах России и Центральной Азии. Аридные экосистемы. – 2003. – Т.9. – № 19-20. – С. 22-27.

УДК 532.525:631.347

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ И ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ДЛЯ УДОБРИТЕЛЬНЫХ ПОЛИВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

С.А. Тарасьянц, К.А. Дегтярева, Ю.С. Вакуленко

ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», г. Новочеркасск, Россия

В настоящее время в РФ наблюдается воспроизводство скота и птицы на животноводческих предприятиях. Наиболее прогрессивно птицеводство и животноводство развивается в Белгородской, Курской, Волгоградской и Ростовской областях, Ставропольском и Краснодарском краях, при этом большое количество ценного удобрения – навоза и птичьего помета вывозится на близлежащие территории, что приносит вред сельскому хозяйству и окружающей среде.

Наиболее распространенными способами удаления навоза является механический, имеющий ряд серьезных недостатков [1]. В последнее время широкое распространение получает удаление навоза с помощью гидравлических систем. Затраты труда на удаление гидросмывом более чем на 50% ниже, по сравнению с механическим способом, кроме того при гидравлическом способе автоматически производится предварительная подготовка смеси воды и стоков для удобрительных поливов с помощью различных видов оросительных систем от локальных способов с малыми оросительными нормами (до 500 м³/га) до крупных дождевальных систем с высоконапорным закрытым трубопроводом и оросительными нормами до 2-3 тыс. м³/га. При возрастающем дефиците водных и энергетических ресурсов для удобрительных поливов применяются локальные способы орошения с внесением с водой питательных элементов, смеси животноводческих стоков, минеральных удобрений в зону корневой системы каждого растения, которые представлены в основном капельными низконапорными системами (рис.1) [2]. Капельные системы, наряду с достоинствами, имеют и недостатки, относящиеся, в основном, к необходимости тщательной очистки оросительной воды и смеси воды с минеральными удобрениями. К преимуществам локальных низконапорных систем следует отнести низкие энергозатраты, увеличенные проходные размеры водовыпусков, возможность внесения с поливной водой растворенных органических удобрений, в том числе продуктов жизнедеятельности скота и птицы. Кроме локальных низконапорных

систем возможно использование высоконапорных сетей для крупных хозяйств

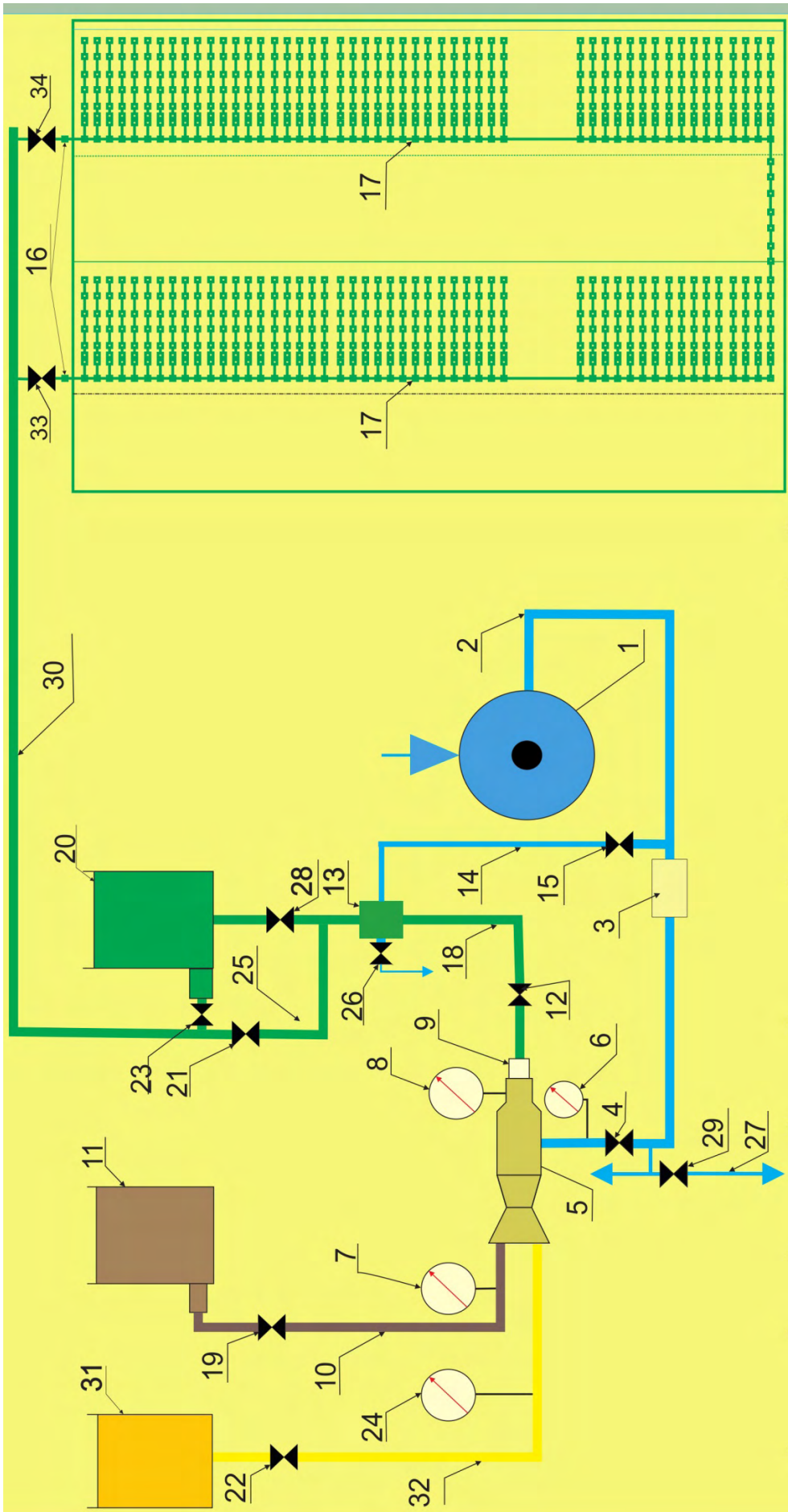


Рисунок 1 – Схема локальной низконапорной оросительной сети с установкой для удобрительных поливов животноводческими стоками (птичьим помётом) и минеральными удобрениями (Патент №2448450 РФ МПК А01С23/04):

1 - центробежный насос; 2 - напорный трубопровод подачи рабочей воды в смеситель; 3,9 - расходомеры; 4,12,15,19,21,22,23,26,28,29,33,34 - затворы; 5 - смеситель; 6,7,8,24 - манометры; 10 - трубопровод подачи птичьего помета в смеситель; 11 - водовыпуск; 17 - водовыпуск; 18 - распределительные трубопроводы; 19 - трубопровод подачи поливной воды в сеть; 27 - сбросной трубопровод; 30 - распределительный трубопровод; 31 - емкость с минеральными удобрениями; 32 - трубопровод подачи

с вводом животноводческих стоков во всасывающие трубопроводы центробежных насосов (рис.2).



Рисунок 2 – Насосная станция совхоза Коммунар Ставропольского края с вводом животноводческих стоков и минеральных удобрений во всасывающие трубопроводы центробежных насосов:

1 – центробежные насосы; 2 – струйный смеситель; 3 – напорный трубопровод струйного насоса; 4 – всасывающий трубопровод смесителя; 5 – всасывающий трубопровод центробежного насоса; 6 – трубопровод подачи минеральных удобрений

В системах орошения животноводческие стоки, птичий помёт и минеральные удобрения смешивают с поливной водой в необходимых пропорциях, для чего используются водоёмы-смесители, инжекторы для ввода удобрений в оросительную сеть, эжекторы [3].

Способы смешения и внесения усложняют технологию выращивания сельскохозяйственных культур, вследствие чего, использование стоков в жидком виде ограничено и практически отсутствует в вегетационный период. В настоящей работе для смешения всех видов органических удобрений как для низконапорных, так и высоконапорных систем предлагаются струйные смесители.

Для разработки современной технологии внесения помёта и стоков решались следующие задачи:

- разработка технологического процесса подготовки животноводческих стоков и птичьего помёта для удобрительных поливов;

- выявление оптимальных параметров струйных смесителей и влияния удобрительных поливов на урожайность сельскохозяйственных культур;

- разработка теоретических основ расчёта низконапорной оросительной сети и элементов смесителя при удобрительных поливах с/х культур смесью поливной воды, животноводческих стоков, птичьего помёта и минеральных удобрений.

При решении поставленных задач разработаны, спроектированы, и внедрены в производство две технологические схемы подготовки смеси.

Локальная низконапорная сеть (рис. 1) включает в себя все положительные качества капельного орошения – контур увлажнения создается в зоне распространения основной массы корней, применима в условиях неровного рельефа, во всех климатических зонах и на всех типах почв, удобрительная смесь подается на площадь питания растений, отсутствует глубинная фильтрация стока. При использовании низконапорной сети исключается необходимость тщательной очистки смеси, сложности конструкции капельниц и всей системы в целом. Водовыпуски могут быть простыми отверстиями с диаметром 1-1,2 мм в полиэтиленовых трубопроводах или специально изготовленными и вмонтированными в трубопровод, при этом расходы водовыпусков равны расходам капельниц (4-8 л/ч). В данной схеме может быть использовано естественное превышение уровня воды, над поверхностью почвы (1-1,5 м).

К недостаткам рассматриваемых низконапорных систем относится ограниченная длина поливного трубопровода (до 70 м), от которого зависит расход в водовыпусках, при увеличении длины расход в начале, середине и конце ряда может изменяться на 7-10%.

Используя схему локальной низконапорной сети, имеется возможность подготовки смеси в четырех режимах: при поливах птичьим пометом, животноводческими стоками, минеральными удобрениями и одновременно полив смесью животноводческими стоками, минеральными удобрениями и воды.

Удобрительный полив животноводческими стоками или птичьим пометом через низконапорную емкость производится следующим образом: вода от насоса 1 подается в смеситель 5, одновременно в смеситель подается из бака 11 животноводческие стоки или птичий помет. Компоненты смешиваются в необходимых пропорциях в смесителе 5, и по трубопроводу 18 через фильтр 13 смесь подается в низконапорную емкость 20, из которой по трубопроводам 30 и 16 поступает в водовыпуски 17.

Удобрительный полив животноводческими стоками или птичьим пометом с добавлением минеральных удобрений производится аналогично: вода от насоса 1 подается в смеситель 5, одновременно в смеситель подаются по трубопроводу 10 из бака 11 животноводческие стоки (птичий помет) и по трубопроводу 32 из бака 31 минеральные удобрения. Все компоненты смешиваются в необходимых пропорциях в смесителе 5, и по трубопроводу 18 через фильтр 13 смесь подается в низконапорную емкость 20, из которой по трубопроводам 30 и 16 поступает в водовыпуски 17. В системе предусмотрена промывка фильтра обратным потоком чистой воды. Контроль сопротивления в фильтре осуществляется с помощью манометра 8.

В рассматриваемой оросительной системе в зависимости от схемы и площади орошения, оборудования и видов удобрений могут быть использованы несколько конструкций струйных смесителей. Наиболее простой, применяемой в мелких фермерских хозяйствах, может быть использован смеситель с центральным подводом. В таком смесителе могут смешиваться два компонента. В случае необходимости увеличения количества смешиваемых элементов и напора на участке рекомендуется использование более усложненной схемы смеше-

ния использованной в откормсовхозе «Коммунар» Красногвардейского района Ставропольского края (рис. 2). Смесь животноводческих стоков и поливной воды вводится во всасывающие трубопроводы центробежных насосов. В качестве смесителя использован кольцевой двухповерхностной струйный смеситель с повышенными энергетическими характеристиками [3]. Используя вышеописанные технологические схемы возможно решение проблемы смешения с необходимым качеством смеси в простоте конструкции элементов смесителей.

Список использованных источников

1. Андреев, Н.Г. Использование жидкого навоза на орошаемом культурном пастбище в Мичуринском комплексе по откорму скота / Н.Г. Андреев, В.К. Лаврищенко, В.В. Белкин // Животноводство. – 1973. – №4. – 14 с.

2. Тарасьянц, С. А. Использование водоструйных насосов для смешения навоза с водой./ С. А. Тарасьянц. – Новочеркасск, 1982. – 17 с.

3.А.С. №1620693. Струйный насос. / С.А. Тарасьянц и др. ; Заявка № 4662480 приоритет изобретения от 12 января 1989 г.

УДК 631.67

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ФИТОКЛИМАТА ОРОШАЕМОГО ПОЛЯ

М.Ю. Храбров, В.К. Губин, Н.Г. Колесова, Л.В. Кудрявцева
ФГБНУ "ВНИИГиМ им.А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

Сущность исследуемой проблемы состоит в том, что в условиях зоны недостаточного увлажнения нашей страны в последние годы почти ежегодно наблюдается атмосферная засуха, характеризующаяся температурой воздуха более 30⁰С и его низкой влажностью (менее 30%). Во время атмосферной засухи даже при достаточной влажности почвы растения страдают из-за температурного стресса. Различные культуры по-разному реагируют на атмосферную засуху. Так, например, у зерновых культур, если атмосферная засуха совпадает с периодом цветения, урожайность резко снижается из-за пустозерности, когда часть зёрен в колосьях не завязывается. Если атмосферная засуха приходится на период налива зерна, то потери урожая вызываются неполнотой налива – щуплостью зерна. Продолжительная атмосферная засуха может переходить в засуху, при которой растения испытывают недостаток в почвенной влаге. Во время засухи температура воздуха 40-45⁰С является критической для всех видов пшеницы. При этом поверхность почвы может нагреваться выше 50⁰С. При такой температуре происходит ожог тканей растений. Высокая температура почвы вызывает формирование интенсивного восходящего потока воздуха, выносящего частички почв с образованием пыльного тумана. Такая засуха может уничтожить урожай полностью [1,7].

Проблема усугубляется тем, что в последние годы отмечается увеличение продолжительности засушливого периода, а орошение традиционными способами (дождеванием или по бороздам и полосам) оказывается недостаточно эф-

фективным в борьбе с засухой.

Одним из перспективных способов борьбы с атмосферной засухой на данный момент является мелкодисперсное дождевание. Экспериментально установлено, что мелкодисперсное дождевание посевов нормами 0,8–1 м³/га во время атмосферной засухи позволяет значительно снизить ущерб. Периодическое опрыскивание растений водой с интервалом 1–2 часа в термически напряжённое время суток, когда температура воздуха превышает 25⁰С, позволяет снизить влияние температурного стресса на растения и повысить урожайность на 20% [2].

Для осуществления мелкодисперсного дождевания применяют различные оросительные системы - передвижные и стационарные. Примером передвижной системы является агрегат ДДА-100 М, оснащенный комплектом оборудования. Это оборудование включает: центробежный насос ЗК-6 с всасывающей и напорной линиями, трубопровод и подвесной полимерный шланг, который оборудован 175 центробежными форсунками (патент РФ № 2172583) .

Недостатком такого оборудования является большая металлоёмкость и непроизводительные затраты воды на заполнение и поддержание её уровня в распределительной сети, а также большие затраты горючего на проведение опрыскивания.

Для проведения мобильного аэрозольного опрыскивания посевов могут использоваться серийно выпускаемые опрыскиватели ОП-450, ОВТ-1, ОН-400, которые имеют ёмкость с оросительной водой, насосы высокого давления и вентиляторы, обеспечивающие подачу мелкодисперсного аэрозоля. В настоящее время саратовской фирмой «Пегас-Агро» налажен выпуск опрыскивателя «Туман -1» (СХА-5), обеспечивающего подачу аэрозоля на расстояние 100м в безветренную погоду и до 200м по ветру расходом 14–20 л/мин. Рабочая скорость опрыскивателя достигает 40 км/час [3].

Регулировать микроклимат в более широком диапазоне позволяют стационарные системы мелкодисперсного орошения. Разработка таких систем была начата ещё во второй половине прошлого века, в 70-ые годы итальянская фирма «Джи-э-Джи» разработала способ орошения тонкораспылённым климатизирующим дождём.

Система для реализации этого способа включала водораспределительную сеть, обеспечивающую подвод воды к мачтам высотой 15м. На верху этих мачт размещался блок распылителей воды, выполненный в виде 6 м-ой штанги с 12 насадками. Каждая насадка через сопло диаметром 1,5–2 мм подавала расход порядка 0,025 л/с, суммарный расход одной мачты при напоре 1атм составлял 0,32 л/с. Площадь, орошаемая с одной мачты, 0,5 га при дальности распыления воды 30-70 м в зависимости от направления и скорости ветра [4].

ФГНУ ВНИИ «Радуга» разработан стационарный комплект системы мелкодисперсного дождевания КАУ-1, который рассчитан на увлажнение 1га. Этот комплект включает 36 дождевателей, установленных на мачтах высотой 5м через расстояние 17-20 м. Общий расход комплекта 3,2 л/с, длительность подачи воды регулируется и может составлять до 40 мин [5].

Система мелкодисперсного дождевания, разработанная в УкрНИИОС, включает 1000 дождевальных насадок, установленных на 1 га по схеме 4x2,5 м. Удельная протяжённость трубопроводной сети при этом достигает 2213 м/га при диаметре трубопровода 29 мм [6].

В подавляющем большинстве случаев в засушливых районах РФ аэрозольное орошение рассматривается как дополнительный способ орошения, применяемый на фоне влагозарядковых весенних поливов или во время вегетации в сочетании с традиционными поливами для регулирования микроклимата и предотвращения температурного стресса.

Системы комбинированного регулирования влажности почвы по сравнению с традиционными системами обладают большими возможностями для оптимизации условий произрастания сельскохозяйственных культур, а именно поддержания благоприятного водно-воздушного и пищевого режимов почвы, температуры и влажности приземного воздуха.

Такие системы комбинированного регулирования влажности почвы и фито-климата поля следует отнести к системам нового поколения, которые должны придти на смену наиболее распространённым в настоящее время дождевальным системам или системам поверхностного орошения по бороздам и полосам.

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

Системы комбинированного орошения дают возможность полностью устранить неблагоприятное воздействие атмосферной засухи на растения, что невозможно сделать при орошении только одним методом (капельным орошением, поливом по бороздам, подпочвенным орошением и т. д.). За счёт изменения продолжительности опрыскивания и продолжительности перерывов между ними обеспечивается поддержание микроклимата посевов в оптимальных пределах даже в жаркие сухие дни вегетационного периода. Применение комбинированных способов орошения способствует увеличению урожайности, а также снижению расхода воды по сравнению с орошением только одним традиционным способом [8].

Существует значительное количество способов комбинированного орошения, в том числе:

1. Сочетание системы капельного орошения и увлажнения воздуха с помощью спринклеров, обеспечивающих мелкокапельное распыление воды (диаметр капли до 2 мм). Опытами установлено, что при выращивании виноградных саженцев применение этого способа значительно увеличивает их приживаемость [9];

2. Сочетание мелкодисперсного дождевания с традиционными способами орошения (капельное орошение, дождевание, полив по бороздам).

Различными авторами установлена эффективность данного способа оро-

шения в аридных регионах страны на целом ряде культур. Так, при возделывании картофеля, гречихи, капусты, кукурузы на силос, люцерны, огурцов, озимой и яровой пшеницы, сахарной свеклы, хмеля в большинстве случаев выявлено значительное преимущество комбинированного орошения по сравнению с традиционным способом орошения, заключающееся в экономии поливной воды, а также увеличении урожайности [8, 11];

3. Сочетание локального увлажнения почвы (при капельном или подкоровом дождевании) с аэрозольным увлажнением крон деревьев. Использование данного способа предусматривает проведение частых поливов, а в засушливые периоды – ежедневного многократного увлажнения, когда оптимальным является полив в течение 5 мин. При межполивном периоде – 40-75 мин;

4. Сочетание полива дождеванием с импульсно-капельным способом орошения при использовании общей трубопроводной сети. При необходимости система способна работать как в режиме дождевания, так и импульсно-капельного орошения;

5. Сочетание обычного дождевания с аэрозольным орошением. В жаркие и засушливые дни применение аэрозольного увлажнения способствовало снижению температуры воздуха на 2...7 °С, при этом относительная влажность воздуха повышалась на 5...22 %. Дополнительный чистый доход от применения такого режима орошения составил 356...840 руб./га [10].

Наибольшее распространение получило комбинированное использование дождевальных машин, в первую очередь сочетание дождевания и полива по бороздам. При этом полив по бороздам производится в ветреную погоду, когда нет возможности осуществлять полив дождеванием. Для этого дождевальные машины оборудуют специальными водовыпусками в борозды (патент РФ № 2215403).

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

На усовершенствованную конструкцию дождевально-опрыскивающего агрегата во ВНИИГиМ получен ряд патентов РФ.

Изобретение по патенту RU №2173043, позволяет осуществлять несколько режимов дождевания при помощи одного агрегата, а также повысить эффективность защиты растений от температурного стресса путём нанесения водно-воздушной пены, образующейся в результате добавления поверхностно-активных веществ в оросительную воду. Дополнительный трубопровод с центробежными разбрызгивателями подключен к водозаборной линии второго насоса, которая через насос-дозатор сообщена с дополнительной емкостью для поверхностно-активного вещества. Водопроводящий пояс фермы снабжен компрессором и с помощью патрубков с кранами сопряжен с водовыпускными отверстиями центробежных разбрызгивателей.

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, это явно недостаточно для поддержания постоянных условий оптимальной температуры и влажности приземного слоя почвы.

Более существенное влияние на формирование микроклимата поля могут оказывать стационарные системы комбинированного орошения.

У каждой культуры во время вегетации есть периоды особо высокой чувствительности к недостатку влаги в окружающей среде. Так урожайность сельскохозяйственных культур значительно уменьшается, если обводненность тканей растений понижена в период формирования органов плодоношения [1, 3].

Вследствие этого, при использовании комбинированного орошения с целью экономии воды и ресурсов (водных, энергетических и материальных) необходимо учитывать как микроклимат посева, так и критические периоды выращиваемой культуры по отношению к недостатку влаги в почве и надземном слое воздуха. Так, начало проведения мелкодисперсного увлажнения для большинства сельскохозяйственных культур приходится на стадию «бутонизация-цветение» [17].

При использовании малообъемного орошения (по сравнению с традиционными способами) достигается значительная экономия водных, земельных, энергетических, материальных, трудовых и временных ресурсов, что позволяет отнести системы, сочетающие различные способы малообъемного орошения, к разряду ресурсосберегающих [18].

Технологии комбинированного малообъемного орошения целесообразно применять в регионах, климатические условия которых характеризуются наличием в течение вегетационного периода не менее 20 дней с температурой воздуха выше 25 °С, относительной влажностью – 50 % и ниже, а также в районах, где наблюдаются часто повторяющиеся атмосферные засухи [10, 17].

В последние годы проводились исследования способов комбинированного регулирования фитоклимата поля, сочетающего капельное орошение участка и одновременное опрыскивание растений из насадок мелкодисперсного дождевания. Оросительная система для осуществления этого способа включает: водоисточник, энергетическую установку с насосной станцией, водоподводящий трубопровод и подключённые к нему с помощью регулирующей арматуры поливные трубопроводы с водовыпусками капельной подачи воды и дополнительные поливные трубопроводы с мелкодисперсными распылителями. Применение такой системы даёт возможность производить опрыскивание растений с различной периодичностью и, соответственно, полностью исключить опасность температурного стресса у растений. При этом использование капельного орошения обеспечивает значительное сокращение поливной нормы благодаря увлажнению только 25...30% площади поля при поддержании благоприятного водно-воздушного режима в корнеобитаемом слое почвы (патент РФ №2322047).

Эффективность применения как мелкодисперсного дождевания, так и комбинированного орошения в значительной мере зависит от своевременности

его проведения. Для этой цели наиболее часто используют температуру приземного слоя воздуха выше 25 °С. Данный рубеж носит достаточно условный характер и требует уточнения путём проведения специальных исследований и разработки методик. Так, например, О.Г. Грамматикати и Е.И. Кузнецова предложили назначать проведение мелкодисперсного опрыскивания при перепаде температур в системе лист/воздух 1-3 °С (патент РФ №2113110).

Более детально представлены режимы комбинированного орошения, сроки его проведения в изобретении, защищённом патентом РФ № 2464776, выданном на «Способ регулирования фитоклимата в агрофитоценозах при капельном орошении и система для его осуществления». В этом патенте авторы предлагают ряд формул, позволяющих рассчитать время проведения мелкодисперсного опрыскивания посевов, продолжительность подачи воды капельным способом и мелкодисперсным дождеванием. Расчёты осуществляются по результатам измерения температуры и влажности почвы и приземного воздуха.

Основным недостатком рассмотренных выше технологий регулирования фитоклимата является значительный разрыв между определением параметров микроклимата поля и проведением мелкодисперсного опрыскивания растений. Таким образом, происходит запаздывание с проведением обработки, что не может не сказаться на её эффективности.

Эти особенности комбинированного орошения для достижения наибольшего эффекта делают необходимым формирование устойчивой обратной связи в системе поле - оросительная система в режиме текущего времени. Анализ патентной информации ведущих стран показывает, что именно это направление наиболее активно разрабатывается в мире.

Все разрабатываемые в настоящее время оросительные системы ориентированы на широкое использование компьютерных технологий управления оросительной техникой с применением различных датчиков, установленных на поле. Как правило, эти датчики передают информацию в режиме текущего времени по беспроводной сети на центральный управляющий компьютер. Этот компьютер, используя базу данных и рабочие программы, выдаёт команды на контроллеры, управляющие работой клапанов и насосного оборудования (Патенты европейского патентного ведомства EP №№1872651 A1; 2201834 A1; 2215906 A1; 2243353 A1; Заявки WOISWO 2010051652 A1; WO 2010009016 A1; Патент США US 7792612).

Аналогичные системы управления мелкодисперсными системами патентуются и в России (Патенты RU№ 20989464; №2463773; №2492626).

Таким образом, в настоящее время основным направлением дальнейшей разработки систем комбинированного орошения, предназначенных для регулирования фитоклимата поля, является создание многофункциональной системы, обеспечивающей возможность поддержания оптимальной температуры и влажности почвы и приземного слоя воздуха в течение всего вегетационного периода сельскохозяйственной культуры за счёт мониторинга параметров фитоклимата поля в режиме текущего времени.

Список использованных источников

1. Ионова Е.В. «Засуха и засухоустойчивость зерновых колосовых» (обзор)/ Зерновое хозяйство России, 2011г., № 2(14), с 37.
2. Шуравилин А.В., Кибека А.И. Мелиорация, «ИКФ «ЭКМОС» М.2006г, с 428 – 430.
3. Проспект фирмы «Пегас-Агро», интернет, сайт: www.tuman-agro.ru 2014 г.).
4. Проспект фирмы ДЖИ-э-ДЖИ (итал.), «Новый способ орошения: орошение тонко-распылённым климатизирующим дождём», Реджо Эмилия, 1974 г. с 38.
5. Проспект фирмы «Радуга», интернет, сайт: incot.ru/www/docs/exh, 2014).
6. Справочник «Орошение», Т. 6, М. «Агропромиздат», 1985 г., с147).
7. Баданова К.А. Влияние суховея на растения в условиях оптимального водоснабжения. В кн.: «Водный режим растений и их продуктивность», издательство «Наука», М., 1968, с.256-260.
8. Дочев Д.В., Господинова М. Исследования върху комбинираното микронапояване на праскова, напоителни норми, добив и качество на продукцията «Влияние поливных норм при комбинированном микроорошении насаждений персика на урожай и качество плодов.» (Болгария). Растен. Науки, 1995; Г.32, N 7/8. -С.117-120.
9. Грюнер М.А., Кравченко А.И. Виноградный питомник: комбинированная система орошения «АИК-АГРО», Сельские Зори, 2004, №12, с.35.
10. Гасанбеков Г.Р. Влияние различных способов полива на некоторые водно-физические свойства почвы и урожай кукурузы – В кн. «Технология производства зерна на орошаемых землях Дагестана», 1985.-с.35-38.
11. Усовершенствованные технологии проектирования и конструкции гидромелиоративных систем на основе применения новых конструкций для различных природно-климатических регионов. Отчет о НИР по теме 03.01.03 «Усовершенствовать конструкции гидромелиоративных систем, обеспечивающих комплексное регулирование водного, воздушного, пищевого, солевого и теплового режимов почв для различных природно-климатических регионов», ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, М,2010.
12. Храбров М.Ю. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения. – Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, М., 2008.
13. Храбров М.Ю. Дождеватель для комбинированного орошения. «Тракторы и сельскохозяйственные машины», 2007; №9.- с.17-18.

УДК 633.18 (470.4)

ВЫРАЩИВАНИЕ РИСА В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ КАЛМЫКИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОСТИМУЛЯТОРОВ РОСТА

М. П. Чапланова, Г. В. Бюрбеева

Калмыцкий филиал ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Элиста, Россия

Площадь риса в настоящее время в Республике Калмыкия превышает 5 тыс. га. В 1970-1980 гг. урожайность зерна риса достигала 5...6 т/га, а в 1995-2010 гг. этот показатель упал до 2,5...3,5 т/га. В то же время при использовании посевами риса 1,5 – 2,0 % КПД значительных ресурсов ФАР полупустынной зоны, потенциальная продуктивность его зерна может достигать 6,54... 8,72 т/га. Резервами повышения продуктивности урожайности риса являются реконструкция коллекторно-дренажной сети, соблюдение промывного поливного режима почв, агрохимическая мелиорация почв, использование новых интенсивных сортов риса [1]. Современныенаучные исследования всё чаще экспериментально подтверждают экологическую целесообразность и высокую эффек-

тивность использования в агротехнике приёмов по регулированию роста и развития растений риса - предпосевную обработку семян и вегетационную обработку растений биологически активными веществами – биостимуляторами роста.

В результате их применения увеличивается высота растений, толщина стенки соломины, площадь листовой поверхности, содержание пигментов в листьях, густота продуктивного стеблестоя; снижается количество стерильных колосков в метелке; увеличивается крупность, содержание крупной фракции и выравненность зерна риса по ширине, скорость роста зерновок риса делением и растяжением клеток, что способствует повышению массы 1000 зерен; увеличивается содержание влаги в созревающем зерне риса, как в неблагоприятные, так и в благоприятные для роста и развития растений годы, что способствует более активному протеканию обменных процессов; увеличивается содержание крахмала в созревающем зерне риса вследствие увеличения фотосинтетического потенциала растений; увеличивается содержание общего и белкового азота, белка и незаменимых аминокислот - лизина, триптофана и глютаминовой кислоты в зернах риса; снижается содержание зерновой примеси, уменьшаются затраты на хранение и увеличивается выход крупы; улучшаются кулинарные свойства рисовой крупы; увеличивается урожайность зерна.

На современном этапе развития аграрной науки получено большое количество синтетических аналогов природных стимуляторов роста - соединений, которые часто обладают высокой физиологической активностью. К таким относятся – Эдагум и Планриз.

Целью наших исследований является совершенствование технологии выращивания риса при использовании биостимуляторов роста на фоне минеральных удобрений.

Опыты проводили в Калмыцком филиале ФГБНУ ВНИИГиМ на землях рисовой оросительной системы ФГУП «Харада» Октябрьского района Республики Калмыкия, расположенной в северной части Прикаспийской низменности. Почвы бурые полупустынные в комплексе со светло-каштановыми солонцеватыми и лугово-бурными. Бурые полупустынные почвы отличаются малой гумусностью, с содержанием в пахотном слое - 1,04...1,40% гумуса. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы свидетельствуют о низком содержании гумуса – 1,26%, легкодоступного азота – 63,5 мг/кг почвы. Вместе с тем содержание подвижного фосфора и обменного калия повышенное, соответственно 94,1 и 510 мг/кг почвы. Грунтовые воды располагаются на глубине 1,5...2,2 метра, их минерализация составляет 4,2...6,4 г/л. По гранулометрическому составу пахотный слой почвы можно отнести к средним суглинкам, слой 0,2-1,25 м – к тяжёлым суглинкам и слой ниже 1,25 м – к глинам. Плотность сложения почвы в метровом слое с глубиной увеличивается от 1,28 до 1,69 т/м³, а плотность твердой фазы изменяется по слоям от 2,45 до 2,74 т/м³. Емкость поглощения почвы невысокая, в пахотном слое на долю поглощенного натрия приходится 8,1%, а в подпахотном – 7,9...8,7%.

Рис сорта «Боярин» посеяли в соответствии со схемой опыта, которая

включала три варианта: I – предпосевная обработка семян риса и вегетационная обработка посевов риса в фазу «начало кущения» Эдагумом; II – предпосевная и вегетационная обработка Планризом; III - без применения стимуляторов роста (контроль).

С увеличением частоты засушливых лет в Республике Калмыкии возрастает количество заболеваний бурой ржавчиной и листовыми пятнистостями, в том числе септориозом, гельминтоспориозом, возбудители которых положительно реагируют на повышение суммы температур в течение вегетации растений риса. В том числе наблюдается усиление развития почвенных грибов-возбудителей корневых гнилей зерновых культур. Основным методом защиты зерновых от этих болезней является протравливание семян фунгицидами. Этот агротехнический приём позволяет защитить растение на самом раннем этапе его развития.

Но применение гербицидов на рисе в 10 раз дороже, чем применение бактериальных препаратов фунгицидного действия. В то же время гербициды относятся к IV классу опасности, являясь искусственно синтезированным веществом, и с экологической точки зрения загрязняют окружающую среду. Так, к примеру, стоимость 1 л Планриза составляет 90 рублей, при расходе 0,5 л на 1 га, т.е. 45 рублей - на 1 га, Эдагум стоит 200 руб./10 л, то есть 10 рублей - на 1 га, стоимость 1 л гербицида – 300-500 рублей, при расходе 1,5 л/га, т.е. 500-700 рублей – на 1 га. Разница для сельхозтоваропроизводителя весьма ощутима.

В экстремальных климатических условиях устойчивых стрессов в Республике Калмыкия (почвенной и воздушной засухи, резких перепадов температуры), а также при недостатке отдельных элементов питания или их комплекса для достижения потенциала урожайности риса недостаточно применения биостимуляторов роста. На фоне низкого уровня минерального питания гиббереллины снижают рост и поглотительную активность корней, а на фоне высокого уровня минерального питания, наоборот, активизируют рост и поглощение [2]. Существуют исследования, доказывающие, что применение минеральных удобрений усиливает действие биостимуляторов [3]. Совместное применение удобрений и биостимуляторов роста увеличивает побегообразование зерновых культур 1,5 раза. Поэтому целесообразнее проводить обработку биостимуляторами на фоне минеральных удобрений.

Сочетание обработки семян и некорневых подкормок растений риса в фазы кущения и трубкования даёт возможность добиться максимального эффекта от применения биостимуляторов, поэтому обработку биостимуляторами роста Планризом и Эдагумом проводили в три этапа – при предпосевной обработке семян риса и вегетационной: в фазу кущения и вымётывания (рис.1).

Норма расхода 0,5...1,0 л на 10 л воды на 1 тонну семян при предпосевной обработке и 0,375...0,600 л на 10 л воды, 300 л рабочего раствора на 1 га, т.е. 15 л Планриза – 1 га. Норма расхода при проведении предпосевной обработки (инкрустации) семян риса биостимулятором Эдагум в дозе 400 мл биостимулятора на 10 л воды на 1 т семян за 1-2 дня до посева для подавления семенной инфекции и активизации ростовых процессов. Для подавления грибной

и бактериальной инфекции вегетационные обработки (опрыскивание) Эдагумом необходимо проводить в фазу кущения в дозе - 400 мл на 50 л воды на 1 га. Опрыскивание растений лучше проводить в ранние утренние (до 10.00) и вечерние (после 18.00) часы, в пасмурную и прохладную погоду при температуре от +13° до +28°С и повышенной влажности воздуха. Рабочие растворы биопрепаратов готовят непосредственно в день применения. Хранить рабочий раствор необходимо не более суток. Наиболее эффективным является мелкокапельный распыл биопрепаратов. Минеральные удобрения в нашем опыте вносили перед посевом риса в дозе N₈₀P₃₀.

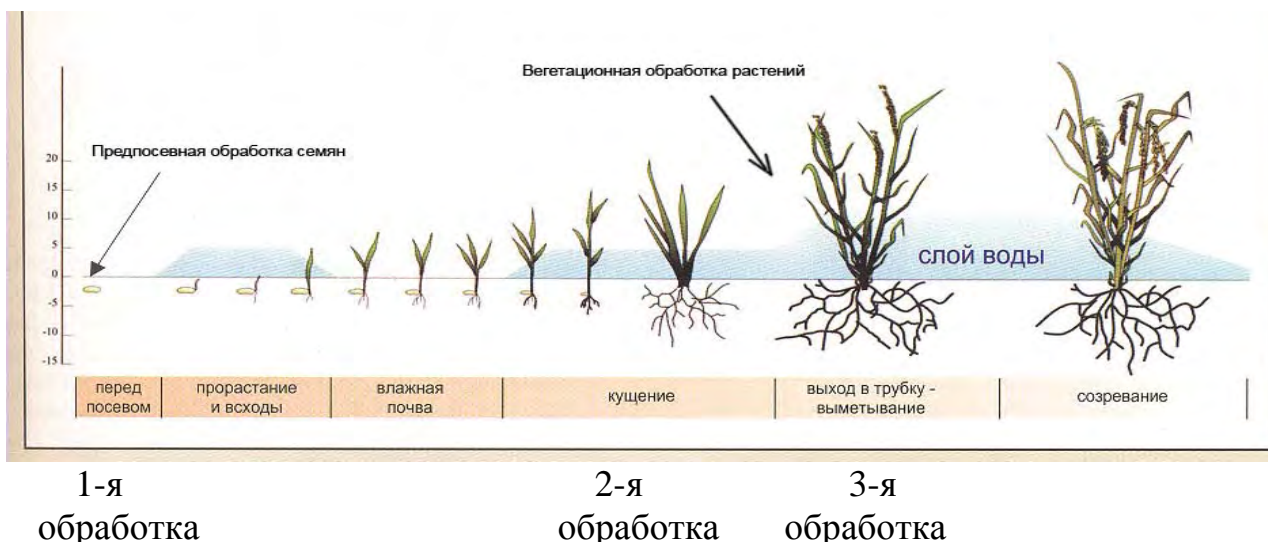


Рисунок 1 – Количество обработок биостимуляторами и необходимые для обработок фенофазы риса

Результаты исследований

Для разработки технологии выращивания риса с использованием минеральных удобрений и биостимуляторов роста были проведены полевые и лабораторные исследования. Установлено, что на опытных участках содержание и состав водорастворимых солей характеризуется незначительной вариабельностью: в основной корнеобитаемой зоне (0...0,4 м) содержание легкорастворимых солей составляло по вариантам: I – 0,063...0,095 %; II – 0,053...0,146 %; III – 0,084...0,153; в метровом слое почвы – I вариант – 0,063...0,116%; II вариант – 0,053...0,114%; III вариант – 0,070...0,153 %.

По результатам химических анализов водных образцов оросительная вода имела слабую степень минерализации. В период с мая по июнь общая минерализация воды достигала 0,39...0,44 г/л, что соответствует 1 классу качества по классификации ВолжНИИГиМ – вода хорошего качества и I классу - по классификации С.Я. Бездниной. Химизм – в основном гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-магниевый (табл. 1)

Исследования биометрических показателей показали, что густота всходов в I варианте - при обработке Планризом достигала 252 шт./м², а при обработке Эдагумом – 271 шт./м², в контрольном варианте - без обработки семян густота

составила 224-231 шт./м², то есть применение данного агроприёма на фоне минерального питания N₈₀P₃₀ обеспечивало увеличение густоты всходов на 9...17 % по вариантам соответственно.

Таблица 1 - Химический состав оросительной воды на Сарпинской ООС, 2014г.

Дата отбора	Концентрация ионов, г/л/(мг-экв/л)/%мг-экв							Сумма солей, г/л	рН
	CO ²⁻ ₃	HCO ²⁻ ₃	Cl	SO ²⁻ ₄	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
Канал Р-1 (оросительная вода)									
Май	-	0,181	0,042	0,077	0,048	0,029	0,022	0,399	8,0
		2,97	1,20	1,60	2,40	2,42	0,95		
		25,7	10,4	13,9	20,8	20,9	8,3		
Июнь	-	0,195	0,063	0,058	0,060	0,014	0,047	0,437	7,6
		3,2	1,8	1,21	3,00	1,17	2,04		
		25,8	14,5	9,7	24,2	9,4	16,4		
Канал ВР-1 (оросительная вода)									
Май	-	0,171	0,035	0,086	0,052	0,024	0,023	0,391	8,0
		2,80	1,00	1,80	2,60	2,00	1,00		
		25,0	9,0	16,0	23,2	17,8	9,0		
июнь	-	0,200	0,056	0,048	0,048	0,014	0,053	0,419	7,6
		3,28	1,60	1,00	2,40	1,16	2,32		
		27,9	13,6	8,5	20,4	9,9	19,7		
Канал ВР-1 (дренажно-сбросная вода)									
Июнь	0,027	0,406	0,646	1,944	0,420	0,168	0,698	4,309	-
	0,90	6,65	18,2	40,5	21,0	14,0	30,35		
	0,7	5,0	13,7	30,5	16,1	10,7	23,2		
август	-	0,303	0,402	1,344	0,080	0,240	0,470	2,839	8,0
		4,97	11,48	28,00	4,00	20,00	20,45		
		5,6	12,9	31,5	4,5	22,5	23,0		

В процессе фенологических наблюдений за ростом риса дружные всходы на варианте с Эдагумом наблюдали на 1 день раньше, чем на варианте с Планризом и на 3 дня позже, чем на контрольном варианте. Фаза кушения также наступила на 1 день раньше на варианте с Эдагумом, чем на варианте с Планризом и на 3 дня раньше по сравнению с контролем. Фаза трубкования запаздывала на варианте с Планризом на 2 дня, а в контрольном варианте – на 5 дней. Начало вымётывания (цветения) в варианте с Эдагумом было зафиксировано на 5 дней раньше, чем на делянках с обработкой вторым биостимулятором и на 11 дней раньше, чем на контроле. Фаза созревания колосков риса на контрольных делянках зафиксирована на 13 дней позже, чем на делянках с рисом, обработанных Эдагумом.

Биохимический анализ показал высокую питательную ценность надземной массы риса. Наибольшее содержание протеина (на а.с.в.) наблюдалось в варианте Пс Эдагумом – 4,25 %, а наименьшее – 3,64 % на контроле. Отсутствие в

технологии агроприёма с обработкой биостимуляторами ведёт к снижению белка, увеличению содержания клетчатки, увеличению количества жира, БЭВ и, как результат, к уменьшению количества кормовых единиц с 0,24 до 0,21.

Определено, что при обработке растений риса биостимулятором Эдагум получены более эффективные результаты, чем при обработке растений биостимулятором Планриз. В течение продукционного процесса увеличивалась густота всходов риса, сократились сроки прохождения фенологических фаз, увеличилось содержание протеина в надземной массе риса.

Список использованных источников

1. Бородычев, В.В., Дедова Э.Б., Шуравилин А.В., Очирова Е.Н. Состояние и перспективы развития рисового комплекса Калмыкии [Текст]// Агро XXI.- 2012.- №4-6.- с. 32-35.
2. Шаповал, О.А. Биологическое обоснование использования регуляторов роста растений в технологии выращивания озимой пшеницы: автореф. дисс. доктора с.-х. наук / О.А. Шаповал – Москва, 2005. – 46 с.
3. Пушкина Ю.В. Влияние способов и сроков применения биологических препаратов на продуктивность озимой пшеницы в условиях севера части Центрального района России: автореф. дисс. канд. с.-х. наук / Ю.В. Пушкина – Тверь, 2005. – 26 с.

УДК 633.303.26/29

ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ КАК НАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Н.З. Шамсутдинов

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

Нарушенные земли - это земли, утратившие свою первоначальную хозяйственную ценность и представляющие источник отрицательного воздействия на окружающую среду (ГОСТ 17.51.01-83). К нарушенным землям мы относим: 1) деградированные пастбищные, 2) вторично засоленные и 3) земли с солонцовыми почвами.

Фитомелиорация как наука исследует закономерности средообразующей и средовосстанавливающей функции растений и их системных образований – агробиогеоценозов [1, 2, 3]. Необходимо конкретизировать поле деятельности фитомелиорации, поскольку это нужно для выяснения контакта фитомелиорации с биогеоценологией. Ю.П. Бяллович [1] объем фитомелиорации определял следующим образом (табл. 1).

Согласно Бялловичу [1] "В основе общей теории фитомелиорации лежит биогеоценологическое понятие естественной (природной) преобразовательной (режимной) функции растительности. Сущность преобразовательной функции заключается в закономерных изменениях растительностью геофизического и биохимического режимов биогеоценозов, биогеосферы и биосферы в целом, а также в вызываемых этими изменениями перестройках всех остальных компонентов биогеоценоза". Фитомелиорация как наука, таким образом, основывается на принципах восстановительной экологии, использующей средообразующие,

средовосстанавливающие, средооптимизирующие свойства растительности для восстановления и повышения природно-ресурсного потенциала деградированных агроландшафтов. Совершенно справедливо Ю.П. Бяллович считает, что "...объекты фитомелиорации и биогеоценологии совпадают во всем своем объеме" и "...природные закономерности строения и функционирования биогеоценоза вскрывает биогеоценология, тем самым она является теоретической базой фитомелиорации [1].

Структурная организация и особенности функционирования биогеоценозов подчиняются зональным закономерностям. Наиболее существенные и глубоко специфические особенности биогеоценоза и их системных образований – биосферы – это наличие сконцентрированной и активно функционирующей в ней массы растительных и животных организмов, в совокупности образующих "живое вещество планеты" [5].

Таблица 1 - Объем фитомелиорации

Отрасль и некоторые ее разделы	Отраслевые критерии качества оптимизации
<p><u>Гуманитарная</u> На территориях, акваториях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • заселенных • промышленных • транспортных • биопродукционных • рекреационных <p><u>Интерьерная</u> (в помещениях) <u>Природоохранная</u> (в частности, природные заказники и заповедники)</p> <p><u>Биопродукционная</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • сельскохозяйственная • лесохозяйственная • рыбохозяйственная • охотхозяйственная <p><u>Инженерная</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • дорожная • гидротехническая 	<p>Оздоровление ноосферы (наиболее благоприятная экологическая среда для физического и духовного состояния общественного человека)</p> <p>Сохранение и улучшение возобновляемых природных ресурсов целноприродных компонентов, в том числе естественных биогеоценозов и биогеосистем</p> <p>Повышение количества и качества полезной для общества биологической продукции при нужном соотношении ее видов</p> <p>Улучшение условий эксплуатации инженерных сооружений, чувствительных к воздействиям ноосферы</p>

К основным функциям живого вещества, согласно В.И. Вернадскому [5, б] относятся: энергетическая, концентрационная, деструктивная, средообразующая и транспортная. С позиции дальнейшего развития теории и практики фитомелиорации экологически дестабилизированных ландшафтов они имеют особенно большое значение.

Средообразующая функция растительности создала и поддерживает в

равновесии баланс вещества и энергии в биосфере, обеспечивая стабильность условий существования организмов, в том числе человека. Вместе с тем растительность способна восстанавливать условия обитания, нарушенные в результате деградации, опустынивания, разрушения природных и сельскохозяйственных ландшафтов.

Перечисленные выше функции живых организмов являются прямым следствием таких физиологических процессов, как питание, дыхание, испарение воды, размножение, рост, формирование биомассы, а также отмирание и разрушение живых тел. Во всех этих процессах химические элементы и энергия выхватываются организмами из внешней среды и преобразуются в их телах в разнообразные органические материалы или, наоборот, выносятся во внешнюю среду в превозданном или биологически преобразованном виде.

Таким образом, растительность в биосфере в процессе жизнедеятельности осуществляет непрерывное воздействие на состояние и перемещение материально-энергетических ресурсов и глубоко преобразует важные геохимические, физико-химические, биохимические и гидрологические параметры среды, в которой она функционирует.

Любое автотрофное растение связано в своей жизнедеятельности с большим числом микроорганизмов, гетеротрофов и грибов, образующих консорции [7]. Они, эти консорции, являются фокусами совместных биохимических процессов во всех частях биогеоценоза. Именно консорции обладают элементарными средообразующими свойствами и элементарным мелиоративным эффектом [8].

Степень проявления средообразующей функции растений и их консортов во многом зависит от экологической специализации растений – у галофитных растений средообразующие функции наиболее полно и эффективно проявляются на засоленных почвах, у ксерофитных растений – на сухих полупустынных землях, у псаммофитных растений на песках, у мезофитов – на среднеувлажненных почвах в гумидной зоне, у гидрофитных – на переувлажненных почвах [9, 10].

Сущность средообразующей функции растительности состоит в изменениях геофизического и геохимического режимов биогеоценозов, агросферы и биосферы в целом и вызываемых этими изменениями перестройках всех остальных компонентов биогеоценоза [1]. Согласно Ю.П. Бялловичу [1], средообразующая функция растительности эволюционно выработана в геологически длительном процессе развития биосферы. Отсюда важная значимость понятия средообразующей функции (роли) для теории фитомелиорации. Следует подчеркнуть, что средообразующая функция растительности в силу своей естественно-исторической и эволюционной обусловленности и генетической детерминированности входит в число необходимых внутренних связей фитоценоза, следовательно, и биогеоценоза. Нарушение средообразующей функции приводит к дезорганизации формирующегося и развивающегося фитоценоза (биогеоценоза). Средообразующая функция растительности участвует в самоорганизации фитоценоза и прогрессирует в ходе развития и совершенствования струк-

турно-функциональной организации фитоценоза. Понимание и толкование средообразующей функции растительности в таком аспекте возможно на биогеоценотическом уровне, что открывает широкие возможности фитомелиорации использовать выявленные закономерности в процессе средообразовательной функции растительности для оптимизации агрофитоценозов и агроэкосистем по аналогии с биосферой.

В свете изложенных представлений о средообразующей функции биоты, где основным ядром является растительность (фитоценоз), фитомелиорацию следует рассматривать как важное, не имеющее альтернативы биологическое средство управления восстановительным процессом на деградированных землях и продуктивностью биоценозов.

Естественные флористически, фаунистически, ценотическиполночленные фитоценозы являются непревзойденными по устойчивости, самоподдерживающимся и саморегулируемым свойствам фитомелиорантами. Из этого вытекает важнейший для практики фитомелиорации принцип – принцип биогеоценотических аналогов фитомелиорантов, имеющих фундаментальное значение для фитомелиорации. Иначе говоря, конструкция фитомелиорантов (агроэкосистем) должна создаваться как аналог (натурные модели) зональных типичных естественных фитомелиорантов – лучших природных образцов (оригиналов).

Нами предложены следующие инвестиционные технологии фитомелиорации нарушенных земель.

1. Технология фитомелиорации нарушенных пастбищных земель путём высева смеси кормовых растений при частичной обработке пастбищных земель. При этом методе фитомелиорации деградированных земель, расположенных на почвах с лёгким механическим составом и засоленных, обработка почвы с оборотом пласта неприемлема. Применительно к таким почвам разработан метод, основанный на использовании широкозахватного агрегата, который за один проход выполняет рыхление полосы шириной от 15 до 30 см, глубиной от 5 до 18 см и высев смеси семян зонально-типичных видов растений (4, 5).

2. Технология фитомелиорации вторично засоленных земель. Для коренного улучшения мелиоративного состояния земель и восстановления плодородия вторично засоленных почв соли необходимо удалять из почвы. Рассоление почвогрунтов с помощью галофитов является именно таким способом удаления вредных для культурных растений солей из почвы. Для использования в системе данной технологии фитомелиорации перспективными оказались следующие галофиты: сведа дуголистная (*Suaedaarcuata*Bunge), сведа заострённая (*S. acuminata* (C.A. Mey.) Moq.), лебеда белая (*Atriplexcana* C.A. Mey.), климакоптера мясистая (*Climacoptercrassa* (Bieb.) Botcsch.), марь белая (*Chenopodiumalbum*L.), бассия иссополистная (*Bassiahyssopifolia* (Pall.) O. Kuntze), саликорния европейская (*Salicorniaeuropaea*L.), кохия вечная (*Kochiascoparia*L. Schrad.), солодка голая (*Glycyrrhizaglabra*L.), солодка уральская (*G. uralensis*Fisch.), полынь солончаковая (*Artemisiahalophila*Krasch.) и др. Установлено, что период рассоления почв в мелиоративном севообороте, включающем разные экологические группы галофитов, для почв средней степени за-

соления составляет 4-5 лет, сильной – 6-7 лет [2, 3, 10, 11].

3. Технология фитомелиорации солонцовых почв. Сущность биотической технологии мелиорации солонцовых почв состоит в том, что соле-, солонцово-устойчивые галофитные растения со своими консортами в процессе жизнедеятельности (дыхания) выделяют углекислоту (CO_2). Углекислота также выделяется в результате разложения органических веществ в почве. Совокупное действие этих двух факторов обуславливает увеличение содержания углекислоты в почве, что приводит к повышению растворимости кальцита (CaCO_3), содержащегося в почве. Далее кальций вытесняет из почвенно-поглощающего комплекса натрий, который в дальнейшем вымывается. Такова концептуальная модель механизма работы биотической мелиорации солонцовых почв.

В опытах профессора Роббинса [12, 13] было установлено, что в период интенсивного роста галофита *Leptochloe* скорость вымывания натрия составила 16,2 ммоль/день, что вполне сопоставимо с вариантом внесения гипса 100% – 19,3 ммоль/день. Если на солонцовых почвах, без внесения гипса и биотической мелиорации, урожайность зерна пшеницы составила 0,65 т/га, то после выращивания галофитов сесбании – 3,8 т/га, лептохлоэ – 3,1, сардана – 2,3 т/га.

Список использованных источников

1. Бяллович Ю.П. О некоторых биогеоценотических основах общей теории фитомелиорации // Теоретические проблемы фитоценологии и биогеоценологии (К 90-летию со дня рождения В.Н. Сукачева). – М.: Изд-во "Жизнь", 1970. – С. 5–16.
2. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. – М.: "Эдэль-М", 2001. – 399 с.
3. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Галофитное растениеводство (эколого-биологические основы). – М., 2005. – 404 с.
4. Залетаев В.С. Жизнь в пустыне. Географо-биогеоценотические и экологические проблемы. – М.: Мысль, 1976. – 271 с.
5. Вернадский В.И. Биосфера // Избр. соч. – Т. 5. – М., 1960. – С. 7-120.
6. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. – М.: Наука, 1965.
7. Работнов Т.А. Фитоценология. – М.: МГУ, 1983.
8. Шамсутдинов З.Ш. Биологическая мелиорация деградированных сельскохозяйственных земель. – М., 1996. – 172 с.
9. Шамсутдинов З.Ш. Мировой опыт биологических мелиораций и перспективы их использования в устойчивом развитии пастбищного хозяйства Западного Прикаспия // В сб.: Биота и природная среда Калмыкии. – М.–Элиста, 1995. – С. 106–157.
10. Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Биотическая мелиорация засолено-солонцовых почв с использованием галофитов (обзор зарубежного опыта). – Аридные экосистемы. – 2008. – Т. 14. – № 35-36. – С. 18-33.
11. Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Принципы и методы фитомелиорации деградированных агроландшафтов на аридных территориях России // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 21–24.
12. Robbins C.W. Carbon dioxide partial pressure in lysimeter soils // Agron. J. – 78, 1986a. – P. 151–158.
13. Robbins C.W. Sodic calcareous soil reclamation as affected by different amendments and crops // Agron. J. – 78. – 1986b. – P. 916–920.

УДК 631.6

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

В.А. Шевченко*, **С.А.Новиков****

*ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия;

**ООО «Агропромкомплектация», г. Москва, Россия

В настоящее время площади залежных земель сельхозугодий в стране составляют более 30 млн. га. Они заняты малопродуктивными сенокосами, пастбищами, зарастают сорняками, древесной и кустарниковой растительностью, заболачиваются, то есть не используются для сельскохозяйственного производства.

Из-за отсутствия финансовых средств у производителей сельскохозяйственной продукции не выполняются мероприятия по сохранению и повышению плодородия почв, не соблюдается порядок проведения агротехнических, агрохимических, мелиоративных, фитосанитарных, противоэрозионных мероприятий, земли длительное время не используются, что в результате приводит к потере их плодородия, развитию процессов эрозии и деградации.

Вовлечение в оборот неиспользуемых и неэффективно используемых земель сельскохозяйственного назначения – один из важных факторов увеличения производства зерна и других сельскохозяйственных продуктов, серьезный резерв для улучшения экономического состояния сельского хозяйства России. Вернуть в севооборот все пахотные земли – такая задача стоит перед АПК России, все сельскохозяйственные угодья должны использоваться по назначению.

Исследования по введению залежных земель в сельскохозяйственный оборот и получению запрограммированных урожаев возделываемых культур проведены в 2013–2014 гг. в Ржевском районе Тверской области на землях ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора».

Почва Ржевского района дерново-подзолистая, легкосуглинистая по гранулометрическому составу, мощность пахотного слоя 16-18 см; основные площади пашни (96,5%) имеют очень низкое и низкое содержание гумуса. Содержание P_2O_5 на площади пашни равной 22% - очень низкое и низкое (до 50 мг на 1 кг почвы), 43,8% площади со средним содержанием (51-100 мг) и 34,2% с повышенным и высоким содержанием подвижных форм фосфора (101-250 мг на 1 кг почвы).

Содержание K_2O на 82,7% площади пашни очень низкое и низкое - до 40 мг на 1 кг почвы, на площади 17,3% содержание K_2O среднее и повышенное (81-170 мг на 1 кг почвы).

По степени кислотности 22% площадей пашни очень сильно кислые и сильно кислые ($pH_{\text{сол.}}$ до 4,5), 78,0% площади среднекислые и слабо кислые ($pH_{\text{сол.}}$ от 4,6 до 5,5).

Расчеты доз внесения минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на планируемую урожайность проводили балансо-

вым методом с учетом разного уровня естественного плодородия дерново-подзолистой почвы [2].

При возделывании сельскохозяйственных культур на залежных землях большую роль играют удобрения и известкование почв с повышенной кислотностью.

В Нечерноземной зоне дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоленности бедны органическим веществом, имеют маломощный гумусовый горизонт, и глубокая вспашка залежных земель без внесения органических удобрений может не дать ожидаемого результата и привести к его снижению в последующие годы.

Сегодняшний уровень применения органических удобрений при сохранении имеющихся тенденций в животноводстве не может существенно увеличиться. В этой связи основным направлением покрытия дефицита органических удобрений является резкое увеличение использования соломы и сидеральных культур.

Солома озимой пшеницы, озимой ржи, люпина, как менее ценная в кормовом отношении, более пригодна для использования на удобрительные цели – подстилку, компостирование и непосредственную запарку в качестве органического удобрения. Химический состав соломы зависит от вида культур, условий и способов их возделывания, сроков уборки и условий хранения. Солома больше, чем другие органические удобрения содержит органического вещества, причем очень ценного для повышения плодородия почвы: целлюлозу, пентозаны, гемицеллюлозу и лигнин, которые являются углеродистыми энергетическими материалами для почвенных микроорганизмов. Это основной строительный материал для гумуса почвы. По содержанию органического вещества одна тонна соломы эквивалентна 3,5...4 т навоза.

При оценке соломы как органического удобрения большое значение имеет соотношение углерода к азоту. При отношении 20-30:1 происходит энергичное разложение соломы, и создаются благоприятные условия для питания растений. Если органическое вещество имеет более узкое отношение углерода к азоту, то преобладает мобилизация подвижных форм азота, и часть его вымывается или улетучивается при денитрификации.

В случае соотношения их больше, чем 30:1 происходит иммобилизация подвижных форм азота почвы и растения испытывают его недостаток. Недостаток азота в злаковой соломе необходимо компенсировать до соотношения C:N–25:1. Ввиду того, что в основном применяется на удобрение солома озимых зерновых культур, компенсирующая добавка азота на 1 т ее в среднем составляет 10 кг[1].

Вблизи крупных животноводческих комплексов целесообразно использовать в качестве удобрений навозную жижу и жидкие стоки. Жидкие навозные стоки представляют собой органические удобрения, содержащие в своем составе около 3% сухого вещества [3]. Они накапливаются в больших количествах на крупных животноводческих комплексах и фермах при бесподстилочном стойловом содержании скота и применении гидравлической системы уборки

экскрементов.

Жидкий навоз целесообразно вносить весной перед посевом, равномерно распределять его по полю и быстро заделывать на глубину 10 см. В этом случае он эффективно используется растениями при минимальных потерях аммиачного азота. При теплой, сухой погоде и недостаточной заделке жидкого навоза в почву потери азота за счет улетучивания его в воздух могут быть значительными. Опасность усиления потерь азота от вымывания особенно велика на легких почвах, а при обильных осадках и на связных почвах.

Важнейшим условием использования жидких стоков животноводческих комплексов в качестве органического удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур является предотвращение загрязнения окружающей среды. Только чуть больше 60% из них используется в качестве удобрения, остальная часть круглогодично сбрасывается во временные навозохранилища, представляющие собой обвалованные земляным валом полевые площадки (лагуны).

С экологической точки зрения слабым звеном в системе утилизации жидких стоков животноводческих комплексов являются потери физической массы удобрений за счет стекания их на соседние участки, особенно на полях с неровным рельефом местности, а также потери азота от вымывания при выпадении осадков, а при сухой и теплой погоде – за счет улетучивания его в воздух в форме аммиака.

Для ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» нами предложены агротехнические приемы с помощью которых возможно резко сократить потери аммиачного азота при возделывании сельскохозяйственных культур как на ровных полях, так и на склонах, крутизной 2-3° [4].

1. На ровных полях непосредственно перед внесением жидких стоков проводят сплошное безотвальное рыхление с помощью безотвальных плугов со стойками обтекаемой формы или противоэрозионных культиваторов КПЭ-3,8А на глубину 15...16 см. Уже через 1,5-2 часа стоки полностью впитываются в почву и поле готово для предпосевной обработки.

2. На легких по гранулометрическому составу склоновых почвах с крутизной 2...3° при возделывании сельскохозяйственных культур следует перед внесением жидких стоков проводить щелевание почвы на глубину 30...50 см; расстояние между щелями 1,4 м; ширина щелей 3...5 см. Для этого следует использовать щелеватель ЩП-000 или ЩП-3-70. При нарезке щели обычно быстро заполняются и эффективно впитывают жидкие стоки животноводческих комплексов.

3. На тяжелых по гранулометрическому составу глинистых эродированных полях при склоне 2...3° для улучшения водопоглотительной способности целесообразно проводить кротование почвы. Сущность приема заключается в создании непосредственно перед поверхностным внесением стоков кротовых дрен или кротовин в виде цилиндрических ходов через 70...140 см друг от друга. Для прокладки кротовых дрен использовать рыхлитель-кротователь РК-1,2. Оптимальная глубина прокладки дрен 40...50 см; диаметр дрены зависит от

гранулометрического состава почвы и изменяется от 9,5 до 20 см.

Предложенная технология внесения жидких стоков в качестве основного удобрения может быть использована при возделывании сельскохозяйственных культур Нечерноземной зоны России и окажет положительное влияние на плодородие почвы, грунтовые и поверхностные воды, а также увеличит урожайность сельскохозяйственных культур. При этом использование азота на посевах зерновых культур составляет 80-90%.

Жидкие стоки вносят с помощью прицепов-цистерн, оборудованных центробежными распределителями с компрессорами или насосами. К недостаткам данного способа утилизации стоков является переуплотнение почвы и нарезка глубоких колея при внесении удобрений до наступления физической спелости почвы.

Для утилизации жидких стоков на землях ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» нами рекомендована технология шланговых систем [5].

Эффективность внесения жидких стоков по технологии шланговых систем зависит в основном от расстояния их транспортировки. Так, если жидкие навозные стоки выкачиваются из навозохранилища (лагуны) и вносятся на поля, расположенные на расстоянии до 4-х км от лагуны, себестоимость внесения 1 т стоков, включая все расходы, составляет 32 руб. 68 коп. Если же длина системы превышает 4 км, то для поддержания необходимой производительности комплекса по утилизации жидких животноводческих стоков и компенсации гидравлических потерь в мягких шлангах, на середине длины подающих шлангов устанавливается дополнительная дизельная насосная станция. При этом расходы на утилизацию 1 т жидких стоков резко возрастают и согласно экономическим расчетам составляют уже 49 руб.

Таким образом, транспортировка жидких навозных стоков на расстояние до 8-и км на удаленные от животноводческих комплексов поля с помощью дополнительной насосной станции приводит к увеличению затрат на их внесение за счет резкого увеличения расходов на ГСМ, амортизацию и живой труд. Следовательно, при возделывании полевых культур с использованием в качестве основного удобрения жидких стоков на расстоянии более 4 км от животноводческих комплексов необходимо строить промежуточную лагуну, которая позволит в условиях положительных температур летнего и осеннего периодов накапливать навозную жижу, а при необходимости вносить ее на поля в нужном объеме.

Новым технологическим приемом использования жидких животноводческих стоков может быть внесение их на измельченную солому, оставшуюся после уборки зерновых или зернобобовых культур. Это приводит к улучшению физико-химических и биологических свойств почвы и предохраняет ее от водной и ветровой эрозии.

Солома озимых и яровых злаковых культур обладает высокой влагопоглощающей способностью – около 300%. Соломенная резка (длина 10 см) поглощает влаги больше, чем не резанная. Поэтому соломенная резка злаковых культур – лучший компонент при внесении жидких животноводческих стоков.

Солома и жидкие стоки заделываются в верхний слой почвы дисковой бороной. Для равномерного их распределения поля обрабатывают дважды – до и после внесения жижи и жидких стоков. Спустя 3...4 недели после этой операции солому запахивают.

Известкование кислых почв – одно из основных средств интенсификации сельскохозяйственного производства и обеспечения высоких и устойчивых урожаев. Оно оказывает глубокое и многостороннее действие: почва становится более структурной, рыхлой, прочнее удерживает влагу, снижает растворимость вредного для растений алюминия и повышает жизнедеятельность полезных для них микроорганизмов. Известкование экономически выгодно. За ротацию 6-8-польного севооборота 1 т CaCO_3 обеспечивает прибавку урожая сельскохозяйственных культур около 6-8 ц/га.

Значение известкования особенно возрастает в связи с применением большого количества физиологически кислых минеральных удобрений, подкисляющих почву, а также при освоении земель, как правило, требующих окультуривания пахотного слоя.

На кислых почвах темпы известкования должны опережать темпы роста применения минеральных удобрений. Известкование повышает эффективность азотных, фосфорных и калийных удобрений практически под все сельскохозяйственные культуры.

По данным научно-исследовательских учреждений Нечерноземной зоны РФ для сдвига реакции на 0,1 единицы рН необходимо (т/га CaCO_3): для песчаных и супесчаных почв 0,4-0,5; суглинистых 0,5-0,75; тяжелосуглинистых – 0,94-1,1, с учетом примесей и влажности известковых материалов доза может быть выше.

Известь следует вносить до уровня экологического оптимума реакции почвенного раствора (до рН=6). Это связано с тем, что при резком снижении кислотности до биологического уровня (для пшеницы это рН=6,5-7,0) могут появиться болезни растений, характерные для этой среды, а также снизиться доступность азота, фосфора, калия и микроэлементов от известкования и раскисления почвы.

Оптимальный срок внесения извести при возделывании яровых культур – весной при наступлении физической спелости почвы, а озимых – сразу после уборки предшественника. После внесения извести следует немедленно провести дискование в два следа, а затем вспашку плугом без предплужника и предпосевную культивацию, чтобы равномерно распределить ее по всему пахотному слою почвы.

Дозы внесения извести на поля ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора», в зависимости от кислотности почвы, представлены в таблице 1.

При выполнении мероприятий по известкованию почвы надо учитывать, что эффективность известкования зависит от полноты взаимодействия с почвой известняковой муки, то есть от тонины размолла. Чем тоньше размол, тем быстрее взаимодействие ее с почвой. Частицы крупнее 1 мм вследствие слабой растворимости практически не окажут действия ни на почву, ни на растение. По-

этому при окончательном уточнении дозы известняковой муки они в расчет не принимаются, а считаются балластом. Наиболее эффективна известняковая мука с тониной размола 0,25 мм.

Таблица 1 - Дозы извести до экологического оптимума кислотности рН=6,0; (т/га)

рН _{ксл}	до 4	4,1 - 4,5	4,6 - 5,0	5,1 - 5,5	5,6 - 6,0
Доза внесения, СаСО ₃ , т/га	10,5	9,5	7,5	7,0	4,0

При окультуривании залежных земель в Ржевском районе Тверской области мы внесли одновременно с ранневесенней подкормкой микроэлементы: бор (1 кг д.в. на 1 га) и медь (2,5 кг д.в. на 1 га). На болотных почвах (если такие имеются) следует также внести молибден (0,3 кг д.в. на 1 га). Эти удобрения вносятся один раз в пять лет.

Расчеты доз внесения минеральных удобрений при возделывании озимой и яровой пшеницы на планируемую урожайность зерна нами проведены с учетом разного уровня естественного плодородия дерново-подзолистой почвы (табл. 2,3).

Выводы

1. При освоении залежных земель в Нечерноземной зоны перед посевом сельскохозяйственных культур необходимо провести известкование почвы. Известь следует вносить до уровня экологического оптимума реакции почвенного раствора (до рН=6).

2. Вблизи крупных животноводческих комплексов целесообразно использовать в качестве удобрений жидкие стоки. Их рекомендуется вносить весной перед посевом, равномерно распределять по полю и быстро заделывать на глубину 10 см. В этом случае они эффективно используются растениями при минимальных потерях аммиачного азота.

3. При внесении жидких стоков с помощью системы мягких шлангов экономически выгодно, чтобы поля располагались не далее 4 км от животноводческих комплексов.

Список использованных источников

1. Биологизация и адаптивная интенсификация земледелия в Центральном Черноземье: науч. изд. /В.Е. Шевченко [и др.]. Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки, 2000. 305 с.
2. Каюмов М.К. Программирование урожая// М.: Московский рабочий, 1981, с. 7–98.
3. Рязанов М.В. Повышение эффективности использования жидких органических удобрений путем разработки и обоснования параметров агрегата для подпочвенного внесения: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01.- Мичуринск-Наукоград РФ, 2009.-19 с.

Таблица 2 - Расчет доз внесения минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы (предшественник – чистый пар) с внесением жидких животноводческих стоков - 160 т/га на планируемую урожайность 25 ц/га зерна (h=18см, $k_m=23$; вынос 1ц N – 3,0 кг д.в., P_2O_5 – 1,2 кг д.в., K_2O – 2,4 кг д.в.)

Группа	Потенциальное плодородие, ц/га зерна (средняя)	Планируемая прибавка зерна, ц/га	Элемент	Общий вынос с урожаем, кг д.в. на 1 га	Возможный вынос, кг д.в. на 1 га					Дефицит, кг д.в. на 1 га	Коэффициент использования NPK из туков, %	Требуется внести с учетом коэффициента использования, кг д.в. на 1 га	
					из почвы	из NPK, не использованных предшественником	из пожнивных и корневых остатков	из невозможной жижи	итого			рН=6,0	с учетом кислотности
I	0...4,0 (2,0) рН=0...4	23,00	N	69,0	--	--	--	56,0	56,0	13,0	70	18,57	20,98
			P	30,0	2,30	--	--	21,6	23,9	6,10	30	53,66	60,64
			K	60,0	5,52	--	--	268,8	274,32	--	70	--	--
II	4,1...8,0 (6,05) рН=4,1...4,5	18,95	N	56,85	--	--	--	56,0	56,0	0,85	70	1,21	1,34
			P	30,0	6,99	--	--	21,6	28,59	1,41	30	38,03	42,79
			K	60,0	16,70	--	--	268,8	285,5	--	70	--	--
III	8,1...12,0 (10,05) рН=4,6...5,0	14,95	N	44,85	--	--	--	56,0	56,0	--	70	--	--
			P	30,0	13,89	--	--	21,6	35,49	--	30	33,33	33,33
			K	60,0	27,74	--	--	268,8	296,54	--	70	--	--
IV	12,1...16,0 (14,05) рН=5,1...5,5	10,95	N	32,85	--	--	--	56,0	56,0	--	70	--	--
			P	30,0	23,09	--	--	21,6	44,69	--	30	33,33	33,33
			K	60,0	40,16	--	--	268,8	308,96	--	70	--	--
V	16,1...20,0 (18,05) рН=5,6 и >	6,95	N	20,85	--	--	--	56,0	56,0	--	70	--	--
			P	30,0	40,10	--	--	21,6	61,7	--	30	33,33	33,33
			K	60,0	58,10	--	--	268,8	326,9	--	70	--	--

Таблица 3 - Расчет доз внесения минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы (предшественник – озимая пшеница) с последствием жидких животноводческих стоков 160 т/га на планируемую урожайность 25 ц/га зерна (h=18 см, $k_m=23$; вынос 1ц N – 3,2 кг д.в., P_2O_5 – 1,2 кг д.в., K_2O – 2,6 кг д.в.)

Группа	Потенциальное плодородие, ц/га зерна (средняя)	Планируемая прибавка зерна, ц/га	Элемент	Общий вынос с урожаем, кг д.в. на 1 га	Возможный вынос, кг д.в. на 1 га					Дефицит, кг д.в. на 1 га	Коэффициент использования NPK из туков, %	Требуется внести с учетом коэффициента использования, кг д.в. на 1 га	
					из почвы	из NPK, не использованных предшественником	из пожнивных и корневых остатков	из навозной жижи	итого			рН=6,0	с учетом кислотности
I	0...4,0 (2,00) рН=0...4	23,00	N	73,6	--	--	3,50	5,60	9,10	64,50	70	92,14	104,12
			P	30,0	2,30	3,05	1,20	3,24	9,79	20,21	30	67,37	76,13
			K	65,0	5,52	--	8,40	26,88	40,8	24,20	70	34,57	39,06
II	4,1...8,0 (6,05) рН=4,1...4,5	18,95	N	60,64	--	--	3,50	5,60	9,10	51,54	70	73,63	81,73
			P	30,0	6,99	0,71	1,20	3,24	12,14	17,86	30	59,53	66,08
			K	65,0	16,70	--	8,40	26,88	51,98	13,02	70	18,60	20,65
III	8,1...12,0 (10,05) рН=4,6...5,0	14,95	N	47,84	--	--	3,50	5,60	9,10	38,74	70	55,34	60,32
			P	30,0	13,89	--	1,20	3,24	18,33	11,67	30	38,90	42,40
			K	65,0	27,74	--	8,40	26,88	63,02	1,98	70	2,83	3,08
IV	12,1...16,0 (14,05) рН=5,1...5,5	10,95	N	35,04	--	--	3,50	5,60	9,10	25,94	70	37,06	39,28
			P	30,0	23,09	--	1,20	3,24	27,53	2,47	30	8,23+	19,32
			K	65,0	40,16	--	8,40	26,88	75,44	--	70	--	--
V	16,1...20,0 (18,05) рН=5,6 и >	6,95	N	22,24	--	--	3,50	5,60	9,10	13,14	70	18,77	18,77
			P	30,0	40,10	--	1,20	3,24	44,54	10,0 кг при посеве	30	33,33	33,33
			K	65,0	58,10	--	8,40	26,88	93,38	--	70	--	--

4. Шевченко В.А. Комбинированный агрегат для обработки почвы и внесения жидких органических удобрений на склонах/Шевченко В.А., Просвирык П.Н., Соловьев А.М., Фирсов И.П. – Патент на полезную модель. Заявка № (21) 201215929/13.

5. Шевченко В.А., Просвирык П.Н., Цыбизов В.А. Технология использования жидких стоков свиноводческих комплексов при возделывании кукурузы в условиях Верхне-волжья//Журнал «Плодородие». Раздел Агроекология.- М.: 2011 №6.- С. 39.

УДК 628.16

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОД НИЗКОГО КАЧЕСТВА ДЛЯ ОРОШЕНИЯ В ИНДИИ

В.М.Яшин

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

Основные сельскохозяйственные регионы Индии приурочены к Индо-Гангской равнине и приморским низменностям. Индия – одна из самых жарких стран с тяжелым муссонным климатом. Среднегодовая температура составляет около 25 °С. Среднегодовое количество осадков изменяется в широких пределах от 150 мм в пустынных районах Раджастана до 2500 мм – в Западной Бенгалии. Природные условия Индии благоприятны для ведения сельскохозяйственного производства. При наличии территориальных ресурсов в наиболее влажных регионах возможно получение до 3-х урожаев в год. По площади обрабатываемых земель Индия занимает второе место после США, а по площади орошаемых земель – лидирующее положение в мире. Рис и пшеница, производимые и потребляемые сельскохозяйственные культуры. Ежегодно в стране собирается урожай в размере 213 – 238 млн. тонн [9].

В значительной степени проблемы повышения плодородия почв обусловлены наличием засоленных почв природного генезиса, а также развитием процессов вторичного засоления и осолонцевания на орошаемых землях. Общая площадь засоленных и осолонцованных (щелочных) почв в Индии составляет 6.73 млн. га [8]. Для оценки степени засоления почв используется классификация, основанная на измерениях электропроводности водной вытяжки из насыщенной почвенной пасты (EC_e), величины рН почвы (pH_s) и содержания обменного натрия (ESP).

Таблица 1 – Классификация по степени засоленности почв [8]

Степень	Засоленность (EC_e), dS / m	Осолонцевание	
		pH_s	ESP, %
Слабая	4-8	8.5 -9.0	< 15
Средняя	8-30	9.0 - 9.8	15-40
Сильная	>30	>9.8	>40

В соответствии с этой классификацией площадь засоленных почв составляет 2956809 га или 44% от общей площади засоленных и осолонцованных почв, находящихся в 12 штатах и на Андаманских и Никобарских островах. Они распространены на равнинных землях с неудовлетворительным качеством

грунтовых вод в условиях аридного и полуаридного климата, а также в приморских низменностях, подверженных интрузиям морских вод. Щелочные (солонцовые) почвы и почвы с содовым засолением распространены в аридных и полуаридных регионах в Западной и Центральной Индии, в полуостровной части Южной Индии и занимают площадь 3770659 га (Mandal A.K., Obi Reddy G.P., Ravisankar, 2011).

Для обеспечения и формирования благоприятного солевого режима орошаемых почв Индии (по данным Центрального НИИ засоленных почв общая площадь засоленных почв и земель с содовым засолением составляет 6.73 млн. га) весьма важным и благоприятным условием является наличие муссонного климата, характеризующегося регулярным ежегодным выпадением дождей в определенный сравнительно короткий период (июнь – сентябрь). Если сумма осадков в этот период превышает эвапотранспирацию, то складывается благоприятный водно-солевой режим почвы.

Для орошения в засушливые периоды года используются водные ресурсы поверхностных (80% ресурсов сосредоточены в реках Ганг, Инд и Брахмапутра) и подземных вод.

Поверхностные воды, как правило, характеризуются удовлетворительным качеством для орошения, их соленость (по электропроводности) в некоторых реках от верховьев к устью показана в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение солёности (по электропроводности) вод от верхнего течения к нижнему течению основных рек Индии

Река	Солёность, dS/m	Река	Солёность, dS/m
Ганг	0.2 – 0.80	Ямуна	0.31 – 0.75
Нармада	0.34 – 1.02	Сатледж	0.30 – 1.10

Проблемы возникают при использовании для орошения подземных (грунтовых) вод. Выполненные приближенные оценки [4] качества грунтовых вод с целью возможности их использования для орошения показывают, что от 32 до 84% в различных штатах характеризуются повышенной минерализацией и SAR, а также проявлением щелочности или содового химического состава (рис.1).

Грунтовая вода повышенной минерализации распространена в засушливых районах северо-западных штатов (Раджастан, Харьяна, Пенджаб), щелочная вода приурочена к полувасушливым областям Индии, где годовое количество осадков составляет 500 – 700 мм.

В качестве основных характеристик воды для орошения используются следующие параметры (табл. 3).

Концентрация растворенных солей в оросительной воде оценивается в терминах электрической проводимости (EC_{iw}), измеряемй в децисименсах на метр (dS/m). Для перевода значений электропроводности (dS/m) в величины г/л используются коэффициенты (при $dS/m < 5$ – 0.64; при $dS/m > 5$ – 0.80) [5].

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Опасность вторичного засоления почв оценивается по общему содержанию солей в оросительной воде (EC_{iw}). Опасность формирования щелочного и возможности содового засоления осуществляется по величине SAR, RSC и pH.

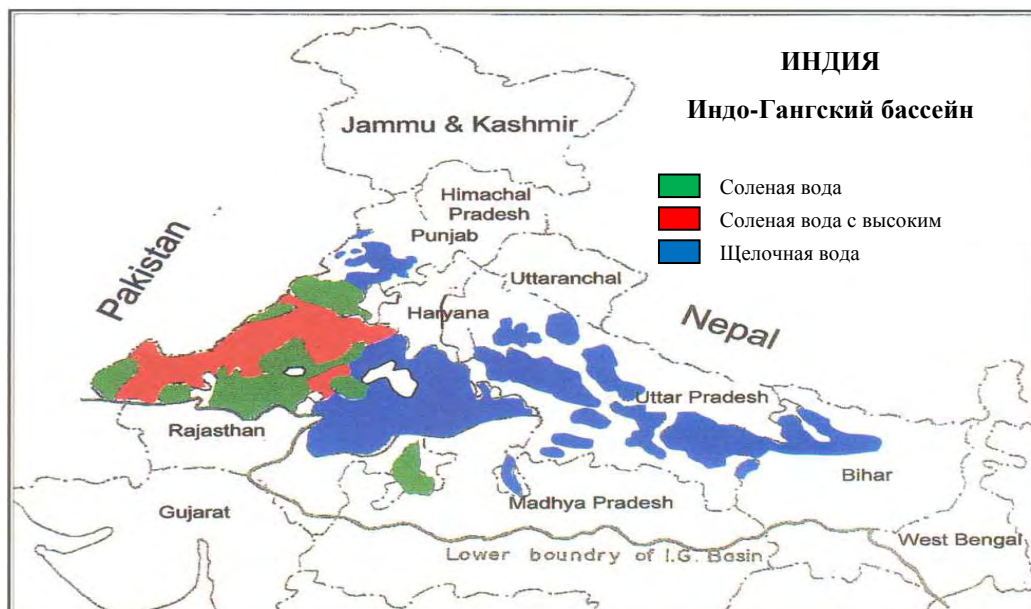


Рисунок 1 - Распределение подземных вод низкого качества для орошения в Индо-Гангской части в Индии [2]

Таблица 3 – Классификация качества грунтовых вод для целей орошения [4]

Класс	Подкласс	EC_{iw} (dS/m)	SAR (ммоль/л)	RSC (мг-экв/л)
Хорошие		< 2	< 10	< 2.5
Соленые	Слабосоленые	2 - 4	< 10	< 2.5
	Соленые	> 4	< 10	< 2.5
	Соленые с высоким SAR	> 4	> 10	< 2.5
Щелочные	Слабощелочные	< 4	< 10	2.5 – 4.0
	Щелочные	< 4	< 10	> 4
	Высоко щелочные	Различное значение	> 10	> 4

На основе многочисленных исследований, выполненных в течение нескольких десятилетий, разработаны технологические варианты безопасного использования для орошения щелочных и содовых вод. Установлены важные принципы водного питания растений и водно-солевого режима почв, изучены

химические процессы неблагоприятного воздействия орошения содовой водой. Разработаны сорта сельскохозяйственных культур с повышенной содоустойчивостью.

В Индии имеется четкое понимание того, что орошаемое земледелие при использовании соленых и щелочных вод (вод низкого качества) требует повышенных материальных и финансовых ресурсов и в то же время в результате может быть получена более низкая урожайность сельскохозяйственных культур. Положительные результаты при орошении солеными водами (Saline irrigation) достигаются только в интегрированных методах управления, когда согласуются такие факторы как осадки, климат, глубина и качество грунтовых вод, качество оросительной воды, характеристики почвы с требованиями сельскохозяйственных культур, системами земледелия и орошения. Управление орошением при орошении солеными и щелочными водами должно быть направлено на предотвращение вторичного засоления и накопления соды и токсичных ионов в корнеобитаемой зоне почвы, сведения к минимуму вредного воздействия солености воды и почвы на рост сельскохозяйственных культур и формирования благоприятных солевых балансов в системе почва – оросительная вода.

При использовании вод повышенной минерализации уровень вторичного засоления почвы изменяется в зависимости от текстуры почвы, годового количества осадков и ионного состава воды (Minhas, 1996). Для оценочных расчетов рекомендуется использовать «эмпирическое правило», согласно которому накопление солей в легких почвах составляет около половины засоленности поливной воды (в терминах электропроводности) и равна в структурированных супесях и суглинках и превышает ее в два раза в тяжелых почвах. Например, при орошении водой 8 dS/m приводит к засоленности 4, 8 и 16 dS/m соответственно в легких, суглинистых и тяжелых почвах. Весьма важным вопросом при использовании соленых вод для орошения является подбор сельскохозяйственных культур. На основе толерантности сельскохозяйственных культур к качеству оросительной воды на засоленных почвах растения расклассифицированы на 5 групп: с высокой степенью чувствительности; чувствительные; полутолерантные; толерантные и высокотолерантные.

На основе многочисленных опытов в различных регионах Индии составлена таблица критических значений солености оросительной воды, при которых происходит снижение урожайности сельскохозяйственных культур до определенного уровня (табл. 4). Эти данные служат основанием для выбора сельскохозяйственных культур в конкретных ирригационных условиях.

Здесь пшеница, ячмень, горчица и сорго считаются солетолерантными культурами, подсолнечник, хлопчатник, рис, кукуруза, бобы и кунжут идентифицируются как полутолерантные, а лук, земляной орех и голубиный горох классифицируются как чувствительные культуры.

Таблица 4 - Критические уровни электропроводности оросительной воды при снижении урожайности сельскохозяйственных культур [6]

Сельскохозяйственные культуры	Почва	Местоположение	Критические значения электропроводности при снижении урожайности (dS/m)			
			10%	25%	50%	
Пшеница	Легкий суглинок	Агра	6,6	10,4	16,8	
	Супесь	Джодхпур	8,3	10,2	13,4	
	Легкий суглинок	Карнал	9,1	10,8	13,7	
	Черная глина	Дхарвад	4,3	7,0	12,9	
	Черная глина	Индор	4,7	8,7	15,2	
	Песок (дюны)	Карнал	14,0	16,1	19,5	
Ячмень	Легкий суглинок	Агра	7,2	11,3	18,0	
Рис	Черная глина	Дхарвад	3,8	6,5	9,9	
	Глина	Бапатла	зима	2,2	3,9	6,8
			лето	1,5	2,6	4,7
Кукуруза	Легкий суглинок	Агра	2,7	5,5	10,3	
	Черная глина	Индор	2,2	4,7	8,8	
Сорго	Легкий суглинок	Агра	7,0	11,2	18,1	
	Черная глина	Дхарвад	2,6	5,1	9,2	
Горчица	Легкий суглинок	Агра	6,6	8,8	12,3	
Подсолнечник	Легкий суглинок	Агра	6,0	8,5	11,6	
	Песок	Бапатла	3,5	7,2	13,4	
Хлопчатник	Черная глина	Дхарвад	3,3	7,7	15,1	
Лук	Песок	Бапатла	5,1	6,0	7,5	
	Легкий суглинок	Агра	1,8	2,3	3,3	
Земляной орех	Песок	Бапатла	1,8	3,1	5,3	
Голубиный горох	Суглинок	Агра	1,3	2,3	3,9	

Орошение щелочными водами приводит к увеличению щелочности почвы и может привести к содовому засолению. Увеличение концентрации обменного натрия (ESP) приводит к ухудшению агро- и воднофизических свойств почвы, включая снижение фильтрационных свойств и аэрируемость почвы, что

вызывает затруднение дыхания корней растений. Мелиорация таких почв вызывает особые трудности. Выбор сельскохозяйственных культур при использовании щелочных вод необходимо осуществлять с учетом их содоустойчивости (табл. 5).

Таблица 5 – Содоустойчивость сельскохозяйственных культур
(с частичным сокращением по [3])

Содержание обменного натрия, % (ESP)	Сельскохозяйственные культуры
10-15	Маш, горох, голубиный горох, индийская фасоль, банан
16-20	Соя, папайя, кукуруза, цитрусовые
20-25	Арахис, вигна, лук, просо, гуава, виноград
25-30	Лен, чеснок, лимонная трава, сорго обыкновенное, хлопчатник
30-50	Горчица, пшеница, подсолнечник, сорго
50-60	Ячмень, сесбания, родесская трава
60-70	Рис, сахарная свекла, карнальская трава

При использовании для орошения щелочных вод необходимо выполнять следующие рекомендации:

- во влажный период при выращивании сахарного тростника и риса следует избегать щелочных вод, поскольку они усугубляют проблему содообразования в приповерхностном (0 – 30 см) слое;

- в районах с низким уровнем осадков (< 400 мм/год) поля целесообразно держать под паром в течение сухого сезона. Во влажный период возделываются только толерантные и полутолерантные культуры (ячмень, пшеница, горчица);

- для областей с осадками более 400 мм/год система «пшеница – пшеница и хлопок – пшеница» могут быть реализованы при условии, если посев в сухой сезон осуществляется с дождевой водой или оросительной водой хорошего качества. Кроме того, проводятся 2-3 полива щелочными водами в сухой сезон;

- щелочные воды не должны использоваться для выращивания яровых с апреля по июнь.

Мелиорация оросительной воды осуществляется с применением гипса, который является наиболее доступным мелиорантом в стране. Потребное количество гипса (70% чистоты) для нейтрализации 1 мг-экв/л RSC оросительной воды составляет 86 кг/га при расчете на глубину 7,5 см почвы. Необходимое количество гипса зависит от величины RSC оросительной воды и оросительной нормы. Наиболее распространенным способом является внесение гипса на поверхность почвы и последующая его заделка культивацией или дискованием, но лучшим способом мелиорации оросительной воды целью обогащения ее ионами кальция является метод пропускания поливной воды через специальные контейнеры, наполненные кусковым гипсом. Высокая эффективность его доказана полевыми опытами. Использование для орошения вод низкого качества требует увеличения на 20-30% норм высева культур, уменьшения расстояния

между рядками, увеличения норм внесения минеральных удобрений до 50%.

Управление орошением в условиях, когда имеется оросительная вода различного качества, осуществляется преимущественно по двум схемам.

В первом случае оросительная вода применяется в смешанном виде при соблюдении требований качества. Вода низкого качества поступает непосредственно в оросительную сеть. В этом случае улучшается равномерность водоподачи и имеется возможность подавать большие расходы.

Во втором варианте имеется возможность использования для орошения двух типов вод различного качества. Водопользователь имеет возможность получать воду «по запросу». На ранних стадиях развития растений требуется полив водой хорошего качества. Орошение некачественными водами используется на последующих стадиях роста культур, когда они выдерживают повышенное засоление.

Анализ большого числа экспериментов по использованию вод различного качества (пресной воды из канала и минерализованной воды) методом смешивания и циклического использования (при одинаковой средневзвешенной солености) показали, что при использовании циклических режимов урожайность с/х культур выше, чем при использовании вод методом смешивания. При этом на ранних стадиях используется вода из оросительных каналов, а использование соленых вод осуществляется на поздних стадиях.

Список использованных источников

1. Yadav P.K., Sharma D.K., Yaduvanshi N.P.S. Agronomic and Nutrient Management Practices for Raising Crops Using Sodic Water //Gubrahan Singh, Ali Qadar, N.P.S. Yaduvanshi and P. Dey. (2009) Enhancing Nutrient Use Efficiency in Problem soils. Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India, p. 208-231
2. Gupta, R. K., N. T. Singh, and M. Sethi (1994). Groundwater Quality for Irrigation in India (1:6 million scale). Tech. Bull. No. 19, CSSRI, Karnal - 132001, India, pp.16.
3. Minhas, P.S., D.R. Sharma, and C.P.S. Chauhan (2004). Management of Saline and Alkali Waters for Irrigation. In Advances of Sodic Land Recommendation. p121-162. International Conference on Sustainable Management of Sodic Lands, Lucknow. Feb, 9-14, 2004.
4. Minhas P. S. and J.S. Samra (2004). Quality Assessment of Water Resources in Indo-Gangetic Basin Part in India. Tech. bull. No. 1/2003, Central Soil Salinity Research Institute, Karnal-132001 (India), pp. 68.
5. Gupta, S. K. 2010. Management of Alkali Water. Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India. Technical Bulletin : CSRI/Karnal/2010/01, p62.
6. Gupta I.C., 1998. Extent, distribution and utilization potencial of saline waters in Pajastan. Proceeding of National Conference, «Salinity Management in Agriculture», Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, December 2-5, 1998, (Editors S.K. Gupta, S.K. Sharma, N.K. Tyagi) - p. 233-252
7. Raman S. and Shrivastava P.K., 1998. Water management practices to minimize on-farm loses in heavy soils. Proceeding of National Conference, «Salinity Management in Agriculture», Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, December 2-5, 1998, (Editors S.K. Gupta, S.K. Sharma, N.K. Tyagi), p. 341-348
8. Mandal A.K., Obi Reddy G.P., Ravisankar. Digital database of salt affected soils in India using Geographic Information System. Journal of soil and Water Quality 3 (1), p. 16-29, 2011
9. Всемирный зерновой форум 2013. Индия – <http://www/grain-forum.com/rus/content/country/index.php>

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ: НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 532.51

МАСШТАБИРОВАНИЕ НАТУРНЫХ ОТКРЫТЫХ ПОТОКОВ

В.С. Вербицкий

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

Введение

В настоящей работе кратко представлено описание внутреннего механизма течения натуральных открытых потоков с развитой турбулентностью. По мнению автора, это описание интересно в физическом плане для гидротехников и мелиораторов, имеющих дело с равнинными реками. Кроме того, это описание интересно и в практическом плане.

В инженерных методах расчета мелиоративных, гидроэнергетических и водопроводных отстойников полагается, что средняя длина осаждения частиц взвешенных наносов с гидравлической крупностью W в равномерном потоке с глубиной H и средней скоростью U равна $L_W = \frac{H U}{W}$. Эта же формула лежит в основе различных методик расчета динамики мутности взвешенных наносов, которые были разработаны в институте в середине прошлого века д.т.н. А.Г. Хачатряном и д.т.н. Х.Ш.Шапиро.

Формально при $W \rightarrow 0$, $L_W \rightarrow \infty$. Поэтому в гидротехнике достаточно давно стоит задача развития указанных методов расчета для очень мелких частиц взвешенных наносов с очень малой гидравлической крупностью ($\sim 0,1$ см/с), для которых, в частности, по приведенной формуле для L_W получаются неправдоподобно большие длины отстойников.

В работе автора [1] предложено решение поставленной задачи. Оно опирается на релаксационную форму гидравлического описания течения жидкости и показывает, что для очень мелких частиц взвешенных наносов основное изменение их мутности в потоке происходит на длине релаксации средней скорости $L_0 = l_U = \frac{H}{\lambda_U}$. Из равенства величин $L_W = L_0$ следует, что при $W > \lambda_U U$ работает формула для L_W , а при $W \leq \lambda_U U$ работает формула для L_0 . Граничное отношение $\frac{W}{U} = \lambda_U \sim 10^{-2}$ очень мало. На основании аналогии Рейнольдса, рассмотренной в работе [1], можно считать, что частицы наносов с такими малыми и еще меньшими значениями $\frac{W}{U}$ движутся как жидкие частицы с $W = \frac{W}{U} = 0$. Поэтому для обоснования и объяснения указанной гидравлической методики в настоящей работе дополнительно рассматривается детальное «масштабное» описание турбулентности открытых потоков.

1 Гидравлическое масштабирование

Натурные турбулентные открытые потоки это большие и сложные физические системы. По известной синергетической парадигме для анализа внутреннего строения таких систем целесообразно провести их масштабирование: на основе различных опытных данных и теоретических соображений определить характерные пространственные, временные и скоростные масштабы отдельных частей. Определение этих масштабов позволит легко выделить различные части больших систем. Почти четверть века назад в трудах института была опубликована большая теоретическая статья автора [1], в которой, в частности, были приведены результаты по масштабированию русловых потоков. За прошедшее время у автора естественно появились различные уточнения и расширения результатов статьи, что и будет кратко представлено в дальнейшем изложении.

Из всего многообразия натуральных открытых потоков для анализа выбрано два широких спокойных равномерных потока с развитой турбулентностью, с большими и очень большими числами Рейнольдса. В таких потоках существует инерционный интервал спектра скоростей. Первый, рассмотренный в статье [1], - это типичный речной поток, который можно условно назвать модельным. Такое название определяется выбором удобных для «ручных» оценок характеристик потока. Позже выяснилось, что модельный поток очень близок к характеристикам р. Рона, ниже г. Лиона. $H = 100$ см, $U = 100$ см/с, $C_U = 10$, $\lambda_U = 10^{-2}$, $u_* = 10$ см/с, $i = 10^{-3}$, $Re = 10^5$, $Re_* = 10^5$, $Fr = 0,1$, $\varepsilon = 98,1$ см²/с³, $\nu = 0,01$ см²/с, C_U - безразмерный коэффициент Шези, $C_U = \frac{c}{\sqrt{g}}$, $\lambda_U = \frac{u_*^2}{U^2} = \frac{\lambda_R}{2} = \frac{\lambda_D}{8}$. Стандартный коэффициент гидравлического сопротивления $\lambda_U = C_U^{-2}$, средняя по глубине диссипация $\varepsilon = g i U$.

Второй поток – это среднее течение в атмосфере Земли, для описания которого используется самая грубая модель однородной атмосферы с постоянными по высоте плотностью и температурой. Частично характеристики такого течения и модели заимствованы из известной монографии по турбулентности [5]. $H = 10$ км = 10^6 см, $U = 10$ м/с, $u_* = 50$ см/с, $\lambda_U = 0,0025$, $i = 2,55 \cdot 10^{-6}$, $Re = 6,67 \cdot 10^9$, $Re_* = 3,35 \cdot 10^8$, $Fr = 1,02 \cdot 10^{-9}$, $\varepsilon = 2,55$ см²/с³, $\nu = 0,15$ см²/с.

Имеются две причины выбора второго потока. Во-первых, это поток с гигантскими числами Рейнольдса, т.е. поток с предельно развитой турбулентностью. На примере этого потока достаточно рельефно выделяются основные характеристики турбулентности.

Именно для такого потока впервые была предложена теория турбулентности А.Н. Колмогорова, которая впоследствии была прекрасно подтверждена в различных экспериментах, не только для воздушных, но и водных потоков. Во-вторых, атмосферная турбулентность и связанная с ней погода – это повседневная реальность, весьма наглядная для понимания.

Для турбулентных открытых потоков существует два основных спосо-

ба теоретического описания - гидравлическое и турбулентное. Поэтому и масштабирование таких потоков (как гидравлическое, так и турбулентное) целесообразно провести двойко, а затем «свести» в одно целое.

В рамках одномерной гидравлической модели дифференциальное уравнение Сен-Венана для средней скорости при коэффициенте Буссинеска $\alpha = 1$ имеет вид для $U > 0$:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} = g (J - i_f) = g \left(i - \frac{\partial H}{\partial x} \right) - \lambda_{U1} \frac{U^2}{H} \quad (1)$$

где уклон трения $i_f = \lambda_U Fr$, i - уклон дна, J - уклон свободной поверхности

$J = i - \frac{\partial H}{\partial x}$. Стандартный вид члена с трением позволяет «сразу» ввести два характерных масштаба средней скорости - временной, $\tau_U = \frac{H}{\lambda_U U} = \frac{HC_U}{u_*}$, и продольный $l_U = U \tau_U = \frac{H}{\lambda_U} = HC_U^2$. Тогда $\lambda_U \frac{U^2}{H} = \frac{U}{\tau_U} = \frac{U^2}{l_U}$, что определяет масштабирование величин $\frac{\partial U}{\partial t}$ и $\frac{\partial U^2}{\partial x}$. Гидравлический смысл этих масштабов показан в работе автора [1], где уравнение (1) представлено в релаксационной форме:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} = - \frac{U - U_p}{\tau_U} \quad (2)$$

Локально равновесное значение средней скорости $U_p = \frac{J}{i_f} U = g J \tau_U$.

Аналогично $U = g i_f \tau_U$.

Уравнение (2) описывает стремление, релаксацию мгновенного «неравновесного» значения средней скорости к ее равновесному значению U_p .

За время релаксации τ_U (и на длине l_U) при $t \gg \tau_U$ $U \rightarrow U_p$. Поэтому указанные масштабы названы релаксационными масштабами средней скорости.

Сам подход и терминология приняты по аналогии с термодинамикой, в которой широко применяется релаксационное приближение для описания временного изменения разного рода параметров неравновесных процессов.

Для равномерного потока $J = i_f = i$, $\frac{\partial H}{\partial x} = 0$, $U = U_p$. Согласно термодинамической аналогии, указанной в [1], этот поток находится в равновесном состоянии.

Величина l_U в различных обозначениях неоднократно использовалась в гидравлике. Например, в принятых обозначениях известное давнее решение Н.М. Бернадского для продольной скорости стационарной струи, впадающей в водоем с постоянной глубиной, имеет вид $U(x) = U(0) \exp \left(- \frac{x}{l_U} \right)$ (3).

При этом, очевидно, $U_p = 0$ и $U(x) \rightarrow 0$ при $x \gg l_U$. Различные авторы для оценки длины входного участка трубы или лотка фактически использо-

вали величину $l \sim l_U$. На этой длине устанавливается «почти» равномерное течение с $U_p \approx \text{const}$.

В левой части уравнения (2) в общем случае фигурируют две производные скорости по времени - полная, лагранжева $\frac{dU}{dt}$, и локальная, эйлерова $\frac{\partial U}{\partial t}$. В правой части уравнения (2) имеется только одна временная величина τ_U , которая одинаково определяет и лагранжеву, и эйлерову гидравлические временные масштабы средней скорости. Аналогичное замечание относится к величине l_U в отношении продольных масштабов.

По существующим представлениям уравнения (1,2) применимы как для всего сечения потока, так и для отдельных вертикалей. Релаксационная скорость $V_{\text{рел}} = \lambda_U U$ - это минимальная скорость гидравлического описания. Аналогично длина $l_{\text{min}} = \lambda_U H$ - это минимальная вертикальная длина такого описания. В гидравлике эти величины определяют теоретическую точность определения средней скорости и глубины в открытых потоках. При $U \sim 1$ м/с, $\lambda_U \sim 10^{-2}$, $V_{\text{рел}} \sim 1$ см/с, $l_{\text{min}} \sim 1$ см. Эти частные оценки совпадают с практическими рекомендациями по точности измерений средней скорости и уровня свободной поверхности.

В рамках одномерной гидравлической модели второе дифференциальное уравнение Сен-Венана для глубины имеет вид:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial UH}{\partial x} = \frac{dH}{dt} + H \frac{\partial U}{\partial x} = 0 \quad (4)$$

$$\text{Для стационарного течения с } \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial U}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial x} = -\frac{U - U_p}{l_U} \quad (5)$$

По аналогии с этим выражением уравнение для $\frac{\partial H}{\partial x}$ представлено также в релаксационной форме:

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -\frac{H}{U} \frac{\partial U}{\partial x} = -\frac{H - H_p}{l_H} \quad (6)$$

Равновесное значение глубины $H_p = H \frac{l}{l_f}$, длина и время релаксации глубины $l_H = l_U \left(\frac{1}{Fr} - 1\right)$, $\tau_H = \frac{l_H}{U} = \tau_U \left(\frac{1}{Fr} - 1\right)$. Как и величины τ_U, l_U величины τ_H, l_H имеют одновременно и лагранжеву, и эйлерову трактовки. Величина l_H определяет характерные масштабы длин кривых спада или подпора. При $x \gg l_H$ $H \rightarrow H_p \rightarrow H_1$, где H_1 - нормальная глубина [1].

В равнинных речных потоках, в которых $Fr \ll 1$, $\tau_H = \tau_U Fr^{-1} \gg \tau_U$, т.е. релаксация глубины происходит значительно медленнее, чем релаксация скорости. Эта теоретическая оценка хорошо согласуется с натурными данными по равнинным рекам, согласно которым в фиксированном гидростворе максимум скорости наступает раньше, чем максимумы расхода, уровня и глубины.

В стилизации равномерного спокойного потока $\tau_H = \frac{H}{U}$, $l_H = \frac{H}{i} \gg l_U$. Если на равномерный открытый поток с постоянными параметрами H, i , $\lambda_U = \frac{gH^2}{U^3}$, U наложить малые возмущения глубины $h(x,t)$ и скорости $u(x,t)$, то их динамика описывается известным (в разных обозначениях) гиперболическим уравнением второго порядка, одинаковым для h и u , где $\tau_U = \frac{H^{2/3}}{g^{1/2} U^{1/2}}$, $U = \frac{H^{2/3} g^{1/2}}{i}$.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{3}{2} U \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{(gH - U^2)\tau_U}{2} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + U\tau_U \frac{\partial^2 h}{\partial t \partial x} + \frac{\tau_U}{2} \frac{\partial^2 h}{\partial t^2} = 0 \quad (7)$$

В этом уравнении фигурирует коэффициент продольной диффузии глубины:

$$K_{hx} = \frac{U^2 (1 - Fr)\tau_U}{2} = \frac{U^2 \left(\frac{1}{Fr} - 1\right)\tau_U}{2}, \text{ где волновая скорость } U_B = \sqrt{gH}.$$

В спокойных потоках при $Fr \ll 1$

$$K_{hx} = \frac{U^2 \tau_U}{2} = \frac{HU}{2\lambda_U Fr} = \frac{HU}{2i} = \frac{l_H^2}{2\tau_H} \quad (8), \quad l_H = \frac{H}{i}, \tau_H = \frac{H}{U} = \frac{H^{1/3} i}{g^{1/2}}.$$

На основании известных трактовок выражения для любого коэффициента диффузии можно заключить, что согласно (8), возмущения движутся с волновой скоростью в одном направлении в течение временного промежутка τ_U , а возмущения,двигающиеся со средней скоростью, проходят продольный путь l_H за время τ_H .

На основании теории турбулентной диффузии с конечной скоростью, изложенной в работах [1,2], можно считать, что жидкие частицы движутся вверх-вниз (и вправо-влево) со скоростью порядка u_s . Поэтому, двигаясь вниз с уровня свободной поверхности, или вверх с уровня дна, они достигнут противоположной по вертикали границы потока в среднем за время

$$\Delta t = \tau_s = \frac{H}{u_s} \text{ и пройдут за это время продольное расстояние } \Delta x = l_s = U\tau_s = H C_{\nu}.$$

Величины τ_s, l_s названы элементарными или минимальными для гидравлического описания при $\lambda \neq 0$ по следующим причинам. Основное допущение, на которое опирается первое уравнение Сен-Венана, заключается в выражении среднего донного касательного напряжения через среднюю скорость по вертикали (или в сечении) с помощью величины $\lambda_U, \sigma(z_d) = \rho_0 u_s^2 = \rho_0 \lambda_U U^2$. Фактически это выражение есть определение величины $\lambda_U = \frac{u_s^2}{U^2}$.

Для того, чтобы с помощью процесса турбулентного перемешивания по вертикали касательное напряжение на дне получило информацию о скоростном поле по всей глубине (или по сечению) потока (которое характеризуется средней скоростью), и наоборот, необходимы определенные, указанные выше, минимальные промежутки времени и длины, на которых и происходит в среднем обмен информацией между скоростным полем и дон-

ным напряжением. При $C_U \gg 1$, $\lambda_U \ll 1$, $Fr \ll 1$, $i \ll 1$, $\tau_3 \ll \tau_U \ll \tau_H$, $l_3 \ll l_U \ll l_H$.

В боковом направлении жидкие частицы движутся также со скоростью порядка u_* , поэтому за время τ_3 они в среднем пройдут расстояние, равное глубине потока H . В целом элементарный параллелепипед гидравлического описания равен $H \times C_U \times H \times H$ (x, y, z) при объеме $W_3 = C_U H^3$.

Обычно считается, что уравнения гидравлики могут быть получены из уравнений Рейнольдса с помощью интегрирования по сечению или по глубине. Информационное использование λ -гипотезы показывает, что уравнения гидродинамики, в принципе, должны быть осреднены по пространственно-временному объему $W_3 \times \tau_3$. Это осреднение позволяет описать структуру турбулентности с указанными пространственным и временным масштабами с помощью коэффициентов Шези и гидравлического сопротивления.

В работе автора [1], на основании уравнения (8) и анализа расчетов Гризжена-Бренденхилла показано, что при малых числах Фруда (0,01; 0,16) на промежутках времени $\frac{\Delta t}{\tau_U} \geq 10$ применима модель диффузионных волн

$U(x, t) = C \sqrt{H |t|}$, при $\frac{\Delta t}{\tau_H} > 10$ - модель кинематических волн $U(x, t) = C \sqrt{H t}$.

Из уравнения (8) следует, что при $t_r = \frac{\tau_H}{\lambda_U} \gg 10 \tau_H$ применима модель добега расхода. Масштабы t_r , $l_r = t_r U$ названы гидрологическими, т.к. начиная с них нужно использовать гидрологическое описание течения природных открытых потоков, в котором гидравлические параметры C_U, λ_U не фигурируют.

2 Турбулентное масштабирование

Турбулентное масштабирование - это определение масштабов турбулентной структуры природных потоков. Для развитой турбулентности широко известна теоретическая модель инерционного спектра скорости, которая была параллельно предложена А.Н. Колмогоровым и А.М. Обуховым в самом начале сороковых годов прошлого века. Эта модель многократно подтверждена в различных экспериментах для воздушных и водных турбулентных потоков. При каскадном переносе энергии турбулентности, которое осуществляется путем дробления разномасштабных турбулентных образований (вихрей, молей) без потери энергии на молекулярное трение, характеристики турбулентных образований определяются только их размерами и постоянной величиной диссипации энергии. В инерционном интервале образования с размером l имеют пульсационную скорость $u'(l)$, которая по соображениям размерности связана соотношением $\varepsilon = \frac{(u')^3}{l}$, откуда $u'(l) = (\varepsilon l)^{1/3}$.

Гидравлическая стилизация турбулентности означает, что в этом соотношении в качестве величины ε берется ее среднее по глубине значение

$\varepsilon = giU = u_*^3 \left(\frac{H}{C_U}\right)^{-1}$. Тогда $u'(l) = u_* \left(\frac{lC_U}{H}\right)^{\frac{1}{3}}$. Вслед за Л. Прандтлем можно считать, что в пульсационном движении размер турбулентного образования равен длине его свободного пробега, тогда лагранжево время существования турбулентного образования $t^L(l) = \frac{l}{u'(l)} = \frac{H}{U} \left(\frac{lC_U}{H}\right)^{\frac{2}{3}}$ и длина его движения вдоль потока $L_c^L(l) = Ut^L = H \left(\frac{lC_U}{H}\right)^{\frac{2}{3}}$. Лагранжево ускорение $a^L(l) = \frac{u'}{t^L} = giC_U \left(\frac{lC_U}{H}\right)^{-\frac{1}{3}}$.

Если l - продольный размер турбулентного образования, то по гипотезе замороженной турбулентности эйлерово время продольного «прохода» этого образования через фиксированную точку пространства $t^E(l) = \frac{l}{U}$. По соображениям размерности коэффициент турбулентной диффузии:

$$K(l) = u'l = (u')^2 t^L = \frac{H u_*^3}{C_U} \left(\frac{lC_U}{H}\right)^{\frac{4}{3}}.$$

Для атмосферы этот закон в эмпирической форме $K(l) = a \frac{l^{\frac{4}{3}}}{H^{\frac{1}{3}}}$ был найден Л. Ричардсоном (1926) в огромном диапазоне изменения величины l . Спектр эйлеровой скорости $E^E(l) = (u')^2 l = \frac{H u_*^3}{C_U} \left(\frac{lC_U}{H}\right)^{\frac{5}{3}}$. При волновом числе $k = l^{-1}$ - это спектр А.Н. Колмогорова. Спектр лагранжевой скорости $E^L(t^L) = (u')^2 t^L = \frac{H u_*^3}{C_U} \left(\frac{t^L H}{H}\right)^2$. При частоте $\omega = (t^L)^{-1}$ - это спектр Иноу (1950). Если рассматривать этот спектр как функцию l , то $E^L\left(\frac{lC_U}{H}\right) = K\left(\frac{lC_U}{H}\right)$.

На основании полученных характеристик турбулентности, ее структуру можно разделить на микро-, мезо-, макро- и мегатурбулентность. Сама форма записи этих характеристик показывает, что одной из определяющих величин этой структуры является величина $l = \frac{H}{C_U}$. Тогда $u'(l) = u_*$,

$$t^L = \frac{H}{C_U u_*} = \frac{H}{U}, \quad a^L = giC_U, \quad K(l) = \frac{H u_*^3}{C_U} = \lambda_U UH.$$

Отнесем эти размерные величины к характеристикам мезотурбулентности. При $C_U \gg 1$, $l = \frac{H}{C_U} \ll H$. В известной феноменологической модели Л. Прандтля (1930) перенос турбулентного импульса по вертикали осуществляется вверх-вниз малыми жидкими молями, размер которых равен длине пути перемешивания и много меньше глубины потока. Следовательно, исходя из более поздней теории А.Н. Колмогорова, можно «в точности» попасть в модель Л. Прандтля и в определенной мере уточнить эту модель как мезотурбулентную. Величина u_* повсеместно используется для нормировки стандартов пульсационной скорости. Величина $\frac{H}{U}$ использовалась Б.А. Фидманом для нормировки временного аргумента лагранжевой корреляционной функции вертикальной скорости. Величина H повсеместно используется для нор-

мировки аргумента продольных эйлеровых корреляционных функций. По эмпирической формуле А.В. Караушева величина коэффициента турбулентной вязкости K_Z в принятых обозначениях изменяется в пределах:

$$K_Z = (0,77; 1,88) \lambda_U UH \text{ для крайних речных значений } C=(10; 90) \text{ м}^{1/2}/\text{с}.$$

Средние по глубине значения вертикального коэффициента турбулентной диффузии и вязкости при логарифмическом распределении скорости $\bar{K}_Z^l = \frac{\alpha H u_*}{6}$, где α – параметр Кармана, при степенном распределении

скорости с показателем m , $\bar{K}_Z^m = \frac{H u_*}{6 m C_U}$. Из равенства этих выражений следует

известное соотношение $\alpha m C_U = 1$. Для типичных значений $\alpha = 0,4$, $m = 1/6$,

$C_U = 15$, удовлетворяющих этому соотношению, получим $\bar{K}_Z^l = \bar{K}_Z^m = K = \frac{H u_*}{C_U} =$

$\frac{H u_*}{15}$, т.е. получим «давнюю» формулу Базена-Буссинеска. На базе гидравлической стилизации мезотурбулентности в этой формуле объединились эмпирика Л. Ричардсона, физические идеи Л. Прандтля, теория А.Н. Колмогорова, А.М. Обухова, значение $\alpha = 0,4$ (И. Никурадзе, Т. Карман), значение $m = 1/6$ (Маннинг, А.Д. Альтшуль).

Для других значений α , m , C_U найденное теоретическое значение K служит характерным масштабом оценки опытных значений вышеуказанных коэффициентов, например, для формулы А.В. Караушева. Это важно потому, что в равнинных реках значения α , m , C_U изменяются на порядок: $\alpha = 0,2 \div 2,3$ (Г.В. Железняков, Г.А. Дружинин),

$$m = 0,05 \div 0,4 \text{ (В.С. Алтунин), } C_U = 3 \div 30 \text{ (А.В. Караушев).}$$

По известной в теории турбулентности оценке среднее время перемешивания турбулентной жидкости по вертикали в потоке с глубиной H в гидравлической стилизации равно $\tau_{\text{пер}} = \frac{H^2}{K_Z} = \frac{H}{\lambda_U U}$. Тогда продольная длина этого перемешивания $l_{\text{пер}} = \frac{H}{\lambda_U}$. Эти величины, полученные в гидравлической стилизации теории турбулентности, в точности совпадают с величинами τ_U, l_U , которые фигурируют в релаксационной форме гидравлической теории. Такое совпадение непосредственно объединяет эти теории на базе использования гидравлических сопротивлений. Образно говоря, масштабы τ_U, λ_U как «гвозди» сколачивают между собой две теории.

В лабораторных опытах Джобсона и Сэйра (1970), в рамках плоской задачи, исследовалось установившееся по длине и вертикали распределение мутности частиц различной крупности, выпущенных из точечного источника во входном створе равномерного потока. На основе разработанной автором теории турбулентной диффузии с конечной скоростью В.А. Кашиным были проведены численные расчеты по данным указанных опытов [2]. Для частиц-индикаторов с гидравлической крупностью $w = 0$, при коэффициенте отражения от дна, равном единице, результаты численных расчетов хорошо совпадали с опытными данными и по длине, и по вертикали (рис.1).

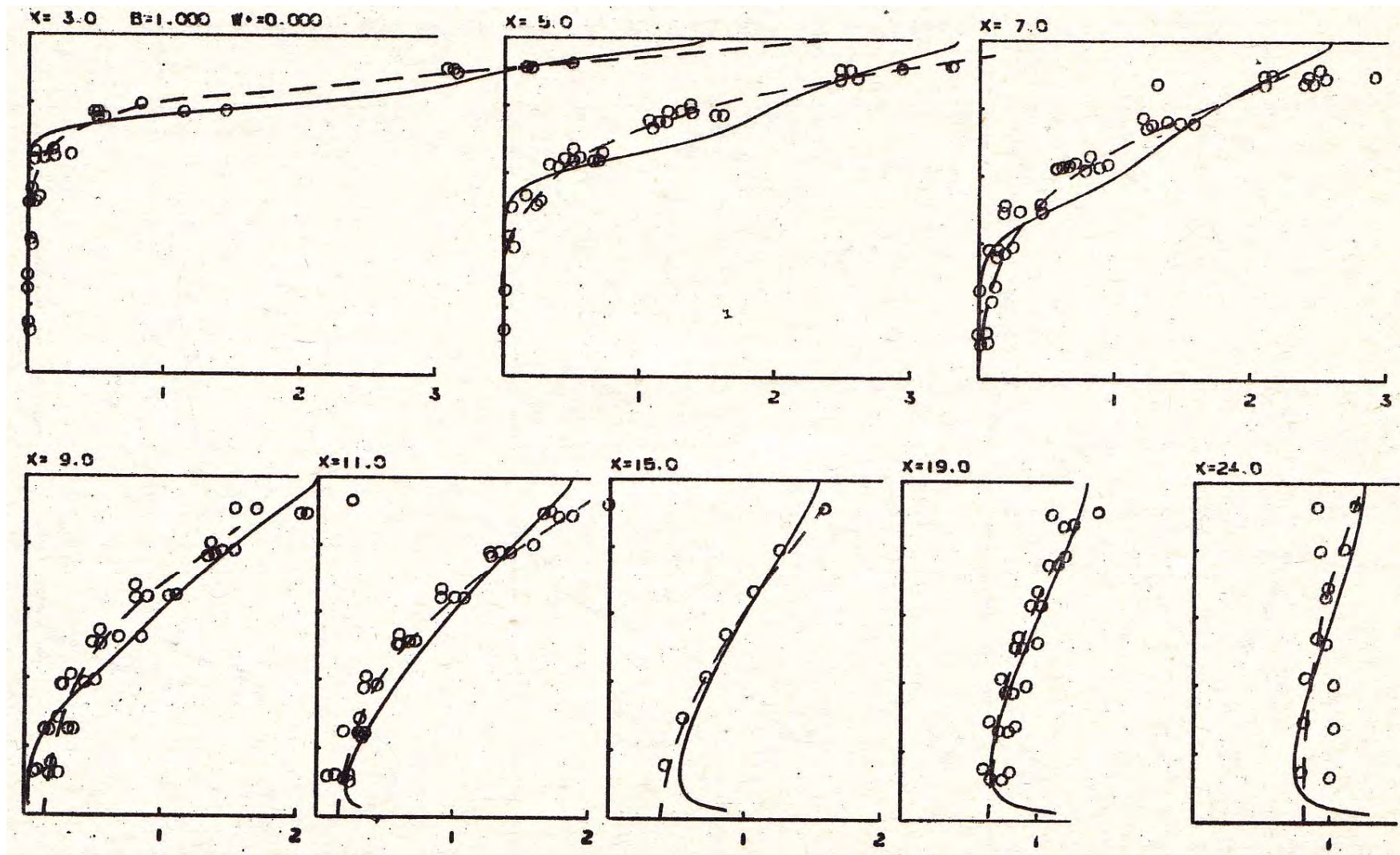


Рисунок 1 - Опытные и расчетные профили мутности частиц – индикаторов с $w=0$, выпущенных из точечного источника, $X=x/H$

Расчеты были повторены для различных положений начального источника по вертикали. Во всех случаях оказалось, что равномерное по глубине распределение мутности устанавливалось в створе H/λ_V . По аналогии Рейнольдса характеристики частиц-индикаторов совпадают с характеристиками жидких частиц, поэтому полученные результаты означают, что любая жидкая частица «забудет» свое начальное положение на вертикали в потоке через промежуток времени τ_U в створе l_U . С равной вероятностью эта частица может попасть в любую точку по вертикали в створе l_U . Следовательно, величину $\tau_{\text{пер}} = \tau_U$ можно считать постоянной памяти турбулентного потока, которая определяется его «мезоперемешиванием» по вертикали. С различными обоснованиями в гидравлике неоднократно использовался комплекс, который в принятых обозначениях равен $\lambda_V \frac{H}{H}$. По опытным данным при $Fr \ll 1$, $\lambda_V \frac{H}{H} \cong 1$ плановая картина оказывалась автомодельной по этому комплексу. В физическом плане это означает, что берега на вертикальное перемешивание жидкости и в целом на план течения не влияют.

Приведем параллельно некоторые характеристики мезомасштабной турбулентности для речного потока и атмосферы $l=(10\text{см}, 500\text{м})$, $u'=(10; 50)\text{см/с}$, $t^L = (1\text{с}; 17\text{мин})$, $t^E = (0,1\text{с}; 50\text{с})$, $L_K^L = (1\text{м}, 10\text{км})$,

$$K = (100\text{см}^2/\text{с}, 250\text{м}^2/\text{с}).$$

Мезомасштабный моль в атмосфере - это приблизительно куб с высотой, почти равной высоте Останкинской телебашни, с такими же продольными и поперечными размерами. Через «створ» башни такой моль «проплывает» за 50с, за время существования (17 мин) моль проходит вдоль направления среднего ветра со скоростью 36 км/ч расстояние в 10 км, а затем перемешивается со средой. Расчетное значение величины K в атмосфере неплохо согласуется с опытными значениями $K = (100 \div 300)\text{м}^2/\text{с}$. Микромасштабная турбулентность характеризуется колмогоровскими масштабами, которые в гидравлической стилизации равны $l_K = \frac{v^{3/4}}{\varepsilon^{1/4}} \frac{H}{c_U} (K)^{-3/4} =$

$$(0,01; 0,19)\text{см}, \quad t_K = \left(\frac{v}{\varepsilon}\right)^{1/2} = \frac{H}{v} (K)^{-1/2} = (0,01; 0,25)\text{с}$$

$u_K = (v\varepsilon)^{1/4} = u_* (K)^{-1/4} = (1; 0,78)\text{см/с}$. Релаксационная скорость $V_{\text{рел}} = \lambda_V U = (1; 2,5)\text{см/с}$. Для обоих потоков гидравлическая релаксационная и турбулентная колмогоровская скорости близки. Для водного и воздушного потоков $v = (0,01; 0,15)\text{см}^2/\text{с}$. Безразмерный мезомасштабный коэффициент турбулентной диффузии $\tilde{K} = \frac{K}{v} = \frac{R\varepsilon_*}{c_U} = \lambda_V Re = (10^4; 1,67 \cdot 10^7)$.

В развитой турбулентности $\tilde{K} \gg 1$, поэтому в ней колмогоровские масштабы много меньше прандтлевских $l_K \ll l_{\text{пр}}$, $t_K \ll t_{\text{пр}}$, $u_K \ll u_{\text{пр}}$. Иногда величину $\lambda_V Re$ называют числом Лагранжа La . На основе проведенного рассмотрения

это число получает четкий физический смысл.

Опытные данные, например, спектр эйлеровых скоростей в атмосфере, показывают, что нижняя граница инерционного интервала равна $10 l_K$. Для турбулентных образований с масштабом $l < 10 l_K$ имеет место вязкий интервал спектра, который определяет переход энергии турбулентности в тепло. Это связано с тем, что по мере уменьшения размеров и скоростей турбулентных образований возрастает их ускорение.

Мезомасштабное ускорение $a = \frac{u_1 U}{H} = g C_V i = (0,1; 3,1 \cdot 10^{-4}) g$. Колмогоровское ускорение $a_K = g C_V I K^{1/4} = (10^{-1}, 10^{-2}) g \gg a$. Формально колмогоровские масштабы могут быть определены по закономерностям инерционного интервала при $K = \nu$ (соответствующего ламинарному течению с коэффициентом молекулярной вязкости ν). Реально колмогоровские масштабы являются для инерционного участка спектра асимптотическими - спектр «нацелен» на эти масштабы, но не достигает их, т.к. соответствующая скорость меньше колмогоровской.

Макротурбулентность состоит из макромолей, которые занимают всю глубину потока и имеют приблизительно такие же размеры вдоль и поперек потока. Характеристики макротурбулентности: $l = H = (1\text{м}, 10\text{км})$,

$$u = u_* C_V^{1/3} = (21,5 \text{ см/с}; 1,36 \text{ м/с}), t^L = \frac{H}{U} C_V^{2/3} = (4,64\text{с}; 2,05\text{ч}),$$

$$t^E = \frac{H}{U} = (1,0; 10^3) \text{с}, L_X^L = H C_V^{2/3} = H (\lambda_U)^{-1/3} = (4,63\text{м}, 73,7\text{км}),$$

$K = C_V^{1/3} H u_* = (\lambda_U)^{1/3} H U = (2150 \text{ см}^2/\text{с}, 1,36 \cdot 10^{10} \text{ м}^2/\text{с})$. Этот коэффициент дает масштаб для коэффициентов K_{xx} и K_{yy} продольной и поперечной диффузии дифференциальных уравнений плановой гидравлики.

Данные фото- и киносъемки движения частиц-индикаторов в лабораторных открытых потоках, которые были получены Б.А. Фидманом и А.Б. Клавеном (с подвижной камеры) показывают, что случайные по форме и протяженности области пульсационного движения частиц вверх и вниз могут охватывать всю глубину потока и иметь приблизительно такую же протяженность вдоль потока. Это есть фиксация случайных макромолей, которые сами вверх-вниз не движутся. Два последовательных по потоку макромоля, в которых чередуются пульсационные движения вверх и вниз, образуют макровихри. Опираясь на эти данные, К.В. Гришанин [3] теоретически установил, что продольный шаг цепочки больших вихрей, которые занимают всю глубину потока, равен $l_{\text{БВ}} = \left(\frac{2}{\lambda_U}\right)^{1/3} H$. На основании этого

теоретического результата Б.Ф. Сنيщенко получил, что средняя длина больших песчаных гряд в реках $l_r = l_{\text{БВ}}$, а их высота равна $0,1H$. По кинематическому смыслу шаг цепочки больших вихрей должен быть равен продольной длине переноса макромолей. Поэтому, с точки зрения рассматриваемой методики, К.В. Гришанин использовал гидравлическую стилизацию

инерционного интервала для единственного линейного масштаба макро-структуры турбулентности. В пустынях длина песчаных дюн имеет порядок сотни метров, поэтому генезис этих дюн связан с мезомолями, а не с макро-молями. В атмосфере по порядку величины характеристики макромолей оценивают характеристики кучево-дождевых облаков. Вертикальные размеры этих облаков достигают 12 км, продольные и поперечные размеры 20 ÷ 30 км. Время существования порядка часа, полоса выпадения сильного дождя редко превышает 100 км. По аналогии можно предположить, что из речных макромолей происходит «сильное» выпадение переносимых частиц песка, которое и приводит к образованию больших песчаных гряд. «Забор» песка в макромоли происходит с верхних по течению гряд.

Совершенно аналогично тому, как определялись время и длина полного мезотурбулентного перемешивания по вертикали, определяются время и длина полного макротурбулентного перемешивания по горизонтали при $K_{yy} = C_U^{1/3} u_* H$, $\tau_{yx} = \frac{v^2}{K_{yy}} = \beta^2 C_U^{2/3} \frac{H}{U}$, $L_{yx} = \beta^2 C_U^{2/3} H = \beta C_U^{2/3} B$, $\beta = \frac{B}{H}$. Створ L_{yx} - это створ полного смешения, в котором выпущенная в начальном створе невесомая примесь (сточные воды, нефтяные загрязнения и т.п.) равномерно распределяется по всему сечению потока. Если расход примеси Q_s и она не откладывается на дне и берегах потока, то ее максимально возможная объемная мутность (M^3/M^3) в створе L_{yx} , $S = \frac{Q_s}{Q}$, где Q - расход равномерного потока.

Автор, опираясь на известный подход В.Н. Гончарова для описания трехмерной показательной эпюры средней продольной скорости, получил, что для широкого открытого потока имеет место (в среднем) равенство касательных напряжений на дне τ_d и берегах τ_b при $\beta_T = \frac{B}{H} = \frac{\tau_b}{\tau_d} = 2 C_U^{4/3} = \frac{2}{\lambda_U^{2/3}}$. Для размываемого ложа речных потоков эта формула дает определение гидроморфометрического равновесия – равнонапряженности поперечного сечения. При $\beta > 1$ преимущественно размываются берега, при $\beta < 1$ - дно. Полученная гидроморфометрическая формула продолжает известный подход, согласно которому $\beta \sim \lambda_R^3$, например, по И.Ф. Карасеву для широких потоков $\beta = \frac{1}{(\lambda_R)^{0,8}} = \frac{1}{(2\lambda_U)^{0,8}}$.

В 2006-2008 гг. ООО «ЭКОНГком» (гендиректор С.С. Медведев) проводило гидрометрические работы на р. Вятка, у д. Луговой Изран. При анализе полученных результатов по реальным величинам $\beta = \frac{B}{H}$, автор получил, что при различных расходах, от паводковых до меженных, относительная величина $\beta_1 = \beta/\beta_T$ изменяется в сравнительно небольших пределах Q м³/с 3050; 1910; 1810; 1450; 336;

$$\beta_1 = \frac{\beta}{\beta_T} - 0,685; 1,073; 1,013; 1,97; 2,6.$$

При паводке больше размывается дно, т.к. один берег высокий, при межени – низкий берег, при средних расходах имеет место гидроморфометрическое равновесие, которое подтверждает теоретическую оценку. Макромоль, двигаясь в поперечном направлении со скоростью $C_V^{1/3} u_*$, в среднем проходит всю ширину потока за время $\frac{B}{C_V^{1/3} u_*}$. Время полного мезотурбулентного перемешивания по вертикали $\frac{HC_V}{u_*}$. Равенство этих времен означает, что в макромолье за время пути вся жидкость перемешалась по вертикали и что относительная ширина $\beta = C_V^{4/3}$. Близость этой турбулентной оценки и вышеприведенной гидравлической (и их равенство при $\frac{B}{2}$) позволяет дать «турбулентное» объяснение гидроморфометрическому равновесию. Если модельный речной поток находится в таком равновесии, то его ширина $B = 2 C_V^{4/3} H = 43,06$ м, длина и время полного смешения по ширине $L_{BX} = 4 C_V^{10/3} H = 2 C_V^2 B = 8,6$ км $\gg \frac{H}{l} = 1$ км $\gg HC_V^2 = 100$ м, $\tau_{BX} = \frac{L_{BX}}{U} = 2,3$ час $\gg \frac{H}{U} = 0,28$ час $\gg \frac{HC_V^2}{U} = 100$ с. Эти характеристики, с одной стороны, оказались самыми большими среди других турбулентных характеристик, с другой стороны – много меньшими аналогичных гидрологических $l_T = \frac{H}{\lambda_V t} = 100$ км, $\tau_T = 2,78$ час. Для равнинных рек, сечения которых находятся в гидроморфометрическом равновесии, при типичном значении $C_V \sim 10$, полное вертикальное мезоперемешивание происходит на длине порядка $100 H$, а полное горизонтальное макроперемешивание – на длине порядка $100 B$.

Характеристики мегатурбулентности, полученные на основе гидравлической стилизации инерционного интервала $l = HC_V^2 = \frac{H}{\lambda_V} = l_V = (100 \text{ м}, 4000 \text{ км})$, $u = C_V u_* = U = (1; 10) \text{ м/с}$, $t^L = \frac{HC_V^2}{U} = \frac{H}{U \lambda_V} = \tau_V = (100 \text{ с}, 4,63 \text{ сут})$, $t^E = \frac{l}{U} = t^L = (100 \text{ с}, 4,63 \text{ сут})$, $L_X^L = U t^L = \frac{H}{\lambda_V} = l_V = (100 \text{ м}, 4000 \text{ км})$, $K = C_V^3 H u_* = \frac{H U}{\lambda_V} = (10^2; 4 \cdot 10^7) \text{ м}^2/\text{с}$. Мегамоль занимают всю глубину потока, их отличительным свойством является равенство эйлера времени прохождения через створ и продольного размера лагранжевому времени существования моля и продольной длине его перемещения (до его распада), что согласуется с гидравлической трактовкой величин τ_V , λ_V . Это свойство продольного движения мегамольей совершенно аналогично свойству вертикального движения молей Л. Прандтля, откуда и появился термин «мегамоль». Кроме того, продольный размер мегамольи на порядок меньше длины земной окружности ($\cong 40000$ км), аналогично тому, как вертикальный размер молей Прандтля на порядок меньше глубины потока. В принципе, верхние мегамасштабы инерционного интервала, так же как и

нижние, колмогоровские, являются асимптотическими. Действительно, трудно представить спокойные потоки, в которых пульсация продольной скорости равна ее среднему значению, т.е. в какие-то промежутки времени, при $u = -U$, поток должен останавливаться. Таким образом, на линейных и временных масштабах мегатурбулентности величина пульсационной скорости реально должна быть меньше средней скорости. По опытным данным, в водных потоках и в атмосфере пульсационная скорость на масштабах τ_U, l_U равна $(0,1;0,3)U$. Формально, в теоретическом плане удобно считать, что пульсационная скорость может достичь максимальной величины U на масштабах τ_U, l_U , которые логично считать максимальными масштабами турбулентности. Следовательно, описание турбулентности открытых потоков занимает интервал от колмогоровских масштабов до указанных релаксационных.

В атмосфере инерционный интервал простирается до масштаба $l \cong 1000\text{км}$, меньшего l_U . По данным Д. И. Гринвальда и В.И. Никоры (р.Днестр), верхняя граница инерционного интервала равна $10B, \approx 100H, \approx l_U$. При $10B < l_U$ мегамолы могут не существовать, но длина l_U сохраняет свое значение как продольная длина вертикального мезоперемешивания.

Гидравлическое описание открытых потоков (по терминологии [1] гидравличность) занимает интервал от элементарных масштабов до гидрологических. На интервале $l_3 = HC_U$ и $l_U = HC_U^2$ гидравлическое описание пересекается с турбулентным. На граничных релаксационных масштабах τ_U, l_U в водных потоках одновременно существуют и мегатурбулентность, и гидравличность. На гидрологических масштабах одновременно существуют как гидравличность, так и гидрологичность. На масштабах, больших гидрологических имеет место только гидрологическое описание (гидрологичность по терминологии [1]).

На основании теоретических соображений В.В. Коваленко [4] нашел и подтвердил опытными данными по рекам, что в спокойных неравномерных потоках с $Fr \ll 1$, $\frac{\partial H}{\partial x} < 0$ существуют стохастические колебания расхода со средним периодом $T = \frac{\pi C^2 H}{g}$, т.е. в принятых обозначениях $T = 3\tau_U$. С этими колебаниями расхода связаны случайные колебания продольной скорости, которые могут относиться к речной мегатурбулентности и, в принципе, могут существовать в равномерных потоках. В монографии по турбулентности А.С. Мониной и А.М. Яглома [5] приведен спектр горизонтальной компоненты скорости ветра, который был получен Ван дер Ховеном на 125-метровой метеорологической вышке в Брукхэйвене (США, 1957). «На этом спектре хорошо выражен синоптический максимум при периоде $\tau \approx 4$ сут, объясняемый прохождением крупномасштабных атмосферных возмущений, обуславливающих изменение погоды». На этом спектре имеется и другой микрометеорологический максимум с периодом $\tau = 60$ сек. С небольшими

естественными отличиями эти опытные значения подтверждают теоретические оценки эйлеровых временных масштабов мега- и мезомолей. Длина $l_U = 4000$ км по порядку величины совпадает с размерами циклонов и антициклонов, занимающих всю высоту атмосферы. Можно считать, что эти мегамасштабные вихревые образования являются объединением двух мезомолей,двигающихся в противоположные стороны. Под действием силы Кориолиса эти вихревые образования в северном полушарии в основном вращаются против часовой стрелки, а в южных - наоборот. В физическом плане имеется очевидная аналогия между колебаниями расхода в реках и изменениями погоды в атмосфере, т.к. они одинаково оцениваются величиной τ_U . Дымовые шлейфы от больших пожаров распространяются в атмосфере в среднем на $3000 \div 4000$ км, после чего они исчезают, т.е. полностью рассеиваются. Эти данные еще раз подтверждают использование величины τ_U как горизонтальной длины пути перемешивания по вертикали. Общеизвестно, что достоверная длительность прогнозов погоды составляет 5 суток, что приблизительно равно теоретической оценке $\tau_U = 4,63$ сут. Таким образом, в физическом плане эта длительность определяется величиной τ_U как постоянной памяти атмосферы.

Характерными для равнинных речных потоков являются значения $C_U \gg 1$, $\lambda_U \ll 1$, $i \ll 1$, $Fr \ll 1$, $Re \gg 1$, $R \gg 1$. Тогда рассмотренные масштабы длины, времени, скорости, коэффициентов диффузии образуют «цепочки» существенных неравенств:

$$\begin{aligned} \frac{H}{C_U} (R)^{-3/4} &\ll \frac{H}{C_U} \ll H \ll H C_U^{2/3} \ll H C_U^2 = \frac{H}{\lambda_U} \ll \frac{H}{i \lambda_U} \\ \frac{H}{U} (R)^{-1/2} &\ll \frac{H}{U} \ll \frac{H}{U} C_U^{2/3} \ll \frac{H C_U^2}{U} = \frac{H}{i U} \ll \frac{H}{\Omega_U U} \\ u_* (R)^{-1/4} &\ll u_* \ll u_* C_U^{1/3} \ll U \\ \nu &\ll \frac{H u_*}{C_U} \ll H u_* C_U^{1/3} \ll \frac{H U}{\lambda_U} \ll \frac{H U}{\lambda_U Fr} \end{aligned}$$

Максимум максимум значений коэффициента турбулентной диффузии оказывается существенно меньше гидравлического коэффициента продольной диффузии глубины. Это еще раз подтверждает различие турбулентного и гидравлического описания. Суммарно турбулентное и гидравлическое масштабирование (представленное в форме цепочек) охватывает очень большие диапазоны количественного изменения пространственных и временных характеристик природных потоков. Для модельного речного потока это изменение происходит от колмогоровских масштабов до гидрологических в пределах $(10^{-2} \div 10^4)$ см - 9 порядков, $(10^{-2} \div 10^5)$ с - 7 порядков. Для атмосферы это изменение происходит от колмогоровских масштабов до релаксационных в пределах $(0,19 \div 4 \cdot 10^8)$ см - 9 порядков, $(0,25 \div 10^3)$ с - 6 порядков.

3 Некоторые применения масштабирования

Найденное масштабирование натуральных открытых потоков позволяет уточнить некоторые положения их гидравлики и турбулентности. При численном расчете одномерной дифференциальной гидравлической модели течения в открытом потоке возникает вопрос, как определить суммарный (приведенный) коэффициент Шези или коэффициент шероховатости для сложного составного сечения потока. Например, при расчете в рамках одномерной модели паводков, когда полное поперечное сечение потока представляет «сумму» речного русла и поймы. Схематично сложное сечение водного потока можно представить как сумму прямоугольных сечений с шириной B_i , глубиной H_i , коэффициентом Шези C_{0i} , коэффициентом шероховатости n_i , $i = 1, 2, \dots, N$, $N \geq 2$. Для потока с прямоугольным сечением $B \times H$ введем понятие релаксационного объема $W_{\text{рел}} = BHl_{\text{рел}} = BH^2C_0^2$. В таком объеме жидкость полностью перемешивается по вертикали. В 2-D постановке полная площадь составного сечения с общей шириной B и средней глубиной H равна сумме площадей отдельных его частей $BH = \sum B_i H_i$. Совершенно аналогично в 3-D постановке положим, что полный релаксационный объем равен сумме релаксационных объемов частей $BH^2C_0^2 = \sum B_i H_i^2 C_{0i}^2$. Составное сечение приводится к прямоугольному, $B = \sum B_i$, $H = \sum b_i H_i$, $b_i = \frac{B_i}{B}$, $b_i < 1$, $\sum b_i = 1$. Тогда суммарный (приведенный) коэффициент Шези C_0 определяется по формуле $C_0^2 = \sum b_i a_i^2 C_{0i}^2$, $a_i = \frac{H_i}{H}$, $a_i < ; > 1$. Полная длина релаксация для составного сечения $l_{\text{рел}} = \sum b_i a_i l_{\text{рел} i}$, $\sum b_i a_i = 1$. Если для отдельных частей и всего сечения использовать формулу Маннинга с отдельными коэффициентами n_i , то для суммарного (приведенного) коэффициента шероховатости n получим $\frac{1}{n^2} = \sum \frac{b_i a_i^{7/3}}{n_i^2}$. В этой формуле величины n, n_i могут быть и размерными, и безразмерными. В литературе имеются различные формулы для приведенных коэффициентов Шези и шероховатости. Например, по Н.Д. Денисенко $n = (\sum b_i n_i^2)^{0.5}$, $n = \sum b_i n_i$ (для крайних степенных зависимостей коэффициента Шези). Общим для всех этих формул является то, что в них учитываются только относительные ширины отдельных частей. Использование отдельных частных релаксационных объемов развивает и уточняет известные подходы с помощью дополнительного учета относительных глубин.

В монографии В.В. Коваленко [4] приводятся натурные данные ряда исследователей (С.И. Коплан–Дикс, В.В. Дементьев, Иокоси, автор монографии), которые показывают, что в реках существуют случайные колебания расхода (и продольной скорости) с амплитудой порядка 10 % от среднего расхода (средней скорости) и с периодом в несколько десятков минут. Естественно встает вопрос о природе этих колебаний, в частности, являются ли они турбулентными или нет. По Д.И. Гринвальду «физическая природа колебаний с периодом 10 минут и более, связана скорее, с другими причинами,

чем с турбулентностью». В.В. Коваленко в определенной мере поддержал эту точку зрения, определив период этих колебаний с помощью гидравлической величины из уравнения Сен–Венана, - времени релаксации скорости τ_U , $T = \pi\tau_U$. По принятой терминологии В.В. Коваленко отнес указанные колебания к гидравлическости и считал, что они связаны с реальной флуктуацией гидравлических сопротивлений и морфологических характеристик натуральных потоков.

В найденной масштабизации величина τ_U одновременно определяет максимальный масштаб мегатурбулентности. Колебания скорости, которые принадлежат к микро-, мезо-, макротурбулентности имеют характерные периоды, меньшие элементарного гидравлического масштаба времени τ_3 , и суммарно определяют средние значения коэффициентов Шези и гидравлического сопротивления, осредненные по указанным структурным уровням. Турбулентные колебания скорости, которые лежат в интервале τ_3, τ_U относятся одновременно к макро- и мегатурбулентности и к гидравлическости, поэтому могут определять флуктуацию гидравлических сопротивлений. Таким образом, с определенной модификацией можно согласиться с точкой зрения В.В. Коваленко на причины появления указанных низкочастотных колебаний расхода и продольной скорости. Однако эта точка зрения не единственная. Эйлеров временной масштаб атмосферной макротурбулентности равен $1000 \text{ с} = 16,7 \text{ мин}$. Следовательно, в фиксированном гидростворе в течение этого промежутка времени существует атмосферный макромоль, пульсационное движение в котором направлено в основном вниз и повышает атмосферное давление на поверхности водотока. В течение следующего такого же промежутка времени существует макромоль, пульсационное движение в котором направлено в основном вверх и понижает атмосферное давление на поверхности водотока. Наибольший эффект от колебания атмосферного давления достигается тогда, когда направление ветра и направление течения совпадают на расстояниях порядка 100 км (т.е. на расстоянии свободного пробега макромоля). Период колебания атмосферного давления составляет 33,4 мин и оказывается близким к суммарному интервалу колебаний расходов в разных реках ($10 \div 45$) мин [4]. Поэтому вполне вероятно, что низкочастотные колебания расхода и продольной скорости в реках определяются также атмосферной макротурбулентностью.

В работе [1] представлены в вертикальной плоскости осредненные мезомасштабные траектории жидких частиц в виде ломаных линий. При средней скорости движения частиц вверх–вниз, равной u_* , постоянной продольной скорости, равной U при $C_{Dz} = 10$, эти линии состоят из прямых отрезков, поочередно направленных вверх-вниз с вертикальной и горизонтальной проекциями $(\pm 0,1H, H)$ для модельного потока $(\pm 10 \text{ см}; 100 \text{ см})$. Объединение двух последовательных отрезков дает осредненное изображение волнообразных траекторий в вертикальной плоскости с длиной волны $2H$ (200 см). Дополнительный учет боковых пульсаций с интенсивностью u_* , действующей

ших вправо–влево, позволяет представить пространственную мезотраекторию как винтообразную линию с размером $0,1H$ и шагом $2H$. В развитой турбулентности на эту мезотраекторию наложена микромасштабная рябь с размером порядка колмогоровского масштаба длины $l_K = \frac{H}{C_U Re^{3/4}} = 0,01$ см.

Совершенно аналогично строятся осредненные макромасштабные траектории жидких частиц, которые движутся вверх–вниз со скоростью $\pm C_U^{1/2} u_*$ и проходят в этих направлениях всю глубину потока. В вертикальной плоскости отрезки ломаных имеют проекции $(\pm H, H C_U^{2/3})$, $(\pm 100$ см; 466 см). Длина макромасштабной волны $2H C_U^{2/3} = 926$ см. В соответствии с вышесказанным, эта длина близка к длине крупномасштабных гряд (высота которых $\sim 0,1H$, много меньше высоты макромасштабной волны, равной H). В пространстве макромасштабная траектория это винтообразная линия с радиусом H и шагом $2H C_U^{2/3}$. Макромасштабные турбулентные траектории жидких частиц определяют генезис песчаных гряд в натуральных потоках и «вписываются» в элементарный гидравлический объем (фактически – одной волной при $2 C_U^{2/3} \sim C_U \approx 10$).

Многочисленные опытные данные в водных потоках и в атмосфере показывают, что для пульсаций продольной скорости лагранжевы временные масштабы, т.е. масштабы на траекториях жидких частиц, существенно, в $5 \div 10$, раз превышают соответствующие эйлеровы временные масштабы в фиксированной точке, из которой выходят частицы. Для мезотурбулентности $\frac{t^L}{t^E} = C_U = (10; 20)$. Для макротурбулентности $\frac{t^L}{t^E} = C_U^{2/3} = (4,64; 7,37)$.

Микротурбулентные колебания слишком малы, чтобы влиять на указанные отношения. Мегатурбулентные колебания дают значения этого отношения порядка единицы. Поэтому большие значения отношения лагранжева и эйлерова временных масштабов определяются совместно мезо- и макроколебаниями скорости.

Вскоре после публикации основополагающей работы А.Н. Колмогорова по турбулентности Л.Д. Ландау опубликовал статью, в которой привел определение числа степеней свободы турбулентного потока $N_T \sim \left(\frac{L}{l_K}\right)^3 \sim Re^{9/4}$, где L - некоторый внешний масштаб турбулентности, измеримый с характерным размером потока. В монографии А.С. Моница и А.М. Яглома [5] эта оценка была уточнена $N_T \sim \left(\frac{Re}{Re_{кр}}\right)^{9/4}$, с тем, чтобы при $Re = Re_{кр}$ число степеней свободы было равно единице, т.е. числу степеней свободы ламинарного потока. Однако при $Re < Re_{кр}$ согласно уточненной оценке число степеней свободы ламинарного потока становится меньше единицы, в то время как это число должно быть тождественно равно единице.

В принятой стилизации турбулентности куб отношения прандтлевского масштаба длины к колмогоровскому равен $\left(\frac{l_{\text{ПФ}}}{l_{\text{К}}}\right)^3 = (\bar{R}^{3/4})^3 = (\lambda_U Re)^{9/4}$.

В ламинарном потоке $\lambda_U Re = \lambda_U^{\text{КП}} Re_{\text{КП}} = 3$. Поэтому окончательная общая формула числа степеней свободы, одинаково справедливая для турбулентных и ламинарных потоков, примет вид:

$$N_{\text{Т,Л}} = \left(\frac{\lambda_U Re}{\lambda_U^{\text{КП}} Re_{\text{КП}}}\right)^{9/4} = \left(\frac{\lambda_U Re}{3}\right)^{9/4} \quad (9)$$

Согласно этой формуле число степеней свободы турбулентного потока очень быстро возрастает с ростом числа Рейнольдса, а для ламинарного потока это число при любых числах $Re \leq Re_{\text{КП}}$ тождественно равно единице.

В рамках турбулентной структуры формула (9) фактически определяет число степеней свободы мезотурбулентности, равное числу колмогоровских микромолей с объемом $l_{\text{К}}^3$ в прандтлевском мезомоле с объемом $l_{\text{ПР}}^3$.

Совершенно аналогично число степеней свободы макротурбулентности равно числу прандтлевских мезомолей с объемом $\left(\frac{H}{C_U}\right)^3$ в макромоле с объемом H^3 , т.е. $N_{\text{МА}} = C_U^3 = (\lambda_U)^{-3/2}$.

Время существования мегамоля равно $\frac{HC_U}{u_*}$. За это время жидкие частицы, которые движутся в боковом направлении со скоростью u_* пройдут расстояние HC_U . Поэтому в широких водных потоках с $\beta \geq C_U$ и в атмосфере средние размеры мегамоля можно считать равными $HC_U^2 \times HC_U \times H$ (x, y, z). Его объем равен $H^3 C_U^3$. Одновременно это есть характерный релаксационный объем гидравлического описания, который в C_U^3 раз, т.е. во много раз больше элементарного объема такого описания, как в принципе и должно быть. Число степеней свободы мегатурбулентности равно числу макромолей в макромоле $N_{\text{МЕ}} = N_{\text{МА}} = C_U^3 = (\lambda_U)^{-3/2}$. Для модельного водного потока получим $N_{\text{Т,Л}} = 8,44 \cdot 10^7 \approx 10^2 Re$, $N_{\text{МА}} = N_{\text{МЕ}} = 10^3 \ll N_{\text{Т,Л}}$. Для атмосферы $N_{\text{Т,Л}} = 1,5 \cdot 10^{15} \sim 10^5 Re$, $N_{\text{МА}} = N_{\text{МЕ}} = 8 \cdot 10^3 \ll N_{\text{Т,Л}}$. Очевидно, что число степеней свободы для мега- и макротурбулентности неизмеримо меньше числа степеней свободы мезотурбулентности. Поэтому последнее число и принято за число степеней свободы всего турбулентного потока.

В иерархической структуре процесс переноса энергии турбулентности происходит с какого-то структурного уровня только на ближайший к нему нижний уровень, т.е. схематично мега \rightarrow макро \rightarrow мезо \rightarrow микро. Поэтому в принципе не возможен прямой переход, например, от макротурбулентности к микротурбулентности, и, соответственно, нельзя определять $N_{\text{Т}}$ как отношение $\left(\frac{H}{l_{\text{К}}}\right)^3$. Это замечание в определенной мере корректирует первоначальное предположение Л.Д. Ландау. При типичном значении $\lambda_U = 0,01$ получим

$N_T = 2,87 \cdot 10^{-6} (Re)^{9/4}$. По опытным данным А.П. Зегжды критические значения для перехода ламинарного течения в турбулентное $Re_{кр} = 794,10$;

$\lambda_{\nu}^{кр} = 3,78 \cdot 10^{-3}$. Тогда при указанном значении λ_{ν} , $N_T = 8,93 \left(\frac{Re}{Re_{кр}} \right)^{9/4}$. Таким образом, новая формула (9) для числа степеней свободы существенно уточняет ранее предложенные формулы.

Огромное, запоминающееся число 10^{15} (тысяча триллионов, ТТ) есть максимальное число, которое характеризует структуру турбулентности открытых потоков в земных условиях. В свою очередь, это число много меньше числа Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23}$), которое характеризует молекулярную структуру газа. Соответственно в атмосфере переход энергии турбулентности в тепло в колмогоровской микротурбулентности есть иерархический переход от молярной структуры «вещества» к молекулярной.

Заключение

В настоящей работе четко определены и упорядочены различные масштабы гидравлического и турбулентного описания природных открытых потоков, указан физический смысл этих масштабов. Многочисленность и разнообразие масштабов, большой диапазон изменения количественных значений пространственных и временных масштабов, позволяют представить большой, сложный, многосторонний, многофакторный процесс течения турбулентной жидкости в природных открытых потоках как некое единое, связанное и обозримое целое. В этом целом логично сочетаются как разработки автора, так и теоретические результаты и опытные данные ряда исследователей, которые с разных позиций изучали различные стороны течения, и, в ряде случаев, получали результаты на первый взгляд никак не связанные между собой.

Список использованных источников

1. Вербицкий В.С. Комплексная гидравлическая теория руслового процесса. Труды ВНИИГиМ, М. 1990. с. 177 – 238.
2. Вербицкий В.С., Кашин В.С. Расчеты по кинетической модели наносов. Сборник научных трудов ВНИИГиМ, М. 1987.
3. Гришанин К.В. Основы динамики русловых потоков. М. Транспорт. 1990.
4. Коваленко В.В. Измерение и расчет неустановившихся речных потоков. Л. Гидрометеиздат. 1984.
5. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидродинамика. Ч.2. М. Наука. 1962.

УДК 627.01; 556.048; 627.8.04;

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ МЕЛКОЙ ВЗВЕСИ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ

М.А. Волынов

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

Мелкодисперсные наносы естественного происхождения (пылеватые и

илистые частицы), взвеси техногенного происхождения обладают весьма развитой поверхностью, высокой адсорбционной способностью и оказывают широкий спектр воздействий на качество речной воды, физико-механические характеристики русловых грунтов и устойчивость их к размыву вследствие кольматации и связывания более крупных частиц руслового грунта. По этим причинам процесс осаждения мелкодисперсных частиц в турбулентном водном потоке заслуживает пристального рассмотрения.

С научной точки зрения существующие теории руслового процесса, как гравитационная так и диффузионная, не дают объяснения тому как происходит осаждение мелких частиц на дно потока в условиях действия турбулентных пульсаций скорости. По существующим представлениям частицы могут осаждаться на дно только при тех режимах течения, при которых скорость осаждения взвеси превосходит вертикальные турбулентные пульсации скорости [1]. Вместе с тем имеющиеся данные о скорости осаждения (иначе о гидравлической крупности) частиц [2] указывают на крайне малую величину скорости осаждения мелких частиц, которая при диаметрах частиц менее 0,05 мм не превышает 1 мм/с [3].

Очевидно, что при турбулентном течении даже с весьма малыми скоростями порядка 0,2 м/с интенсивность вертикальных пульсаций скорости будет превосходить гидравлическую крупность частиц мелкой взвеси, препятствуя её осаждению на дно. Вместе с тем, исследования гранулометрического состава русловых грунтов равнинных рек обнаруживают повсеместное присутствие мелкодисперсных частиц в русловых отложениях [4], что указывает на осаждение частиц мелкой взвеси в турбулентных водных потоках [5]. Таким образом, рассмотренная схема осаждения частиц мелкой взвеси в турбулентном водном потоке требует серьезного изменения и усовершенствования.

Эти изменения могут быть получены при сопоставлении размера мелких частиц с толщиной вязкого подслоя, в пределах которого имеет место преимущественно вязкое (ламинарное) течение и отсутствуют турбулентные пульсации скорости. По разным оценкам [6] безразмерная величина, которая обычно используется в качестве характеристики толщины вязкого подслоя u_* составляет от 10 до 70. Принимая среднее значение этой величины при вязкости воды 10^{-6} м²/с и динамической скорости, не превышающей для равнинных рек 0.1 м/с, найдем, что для этих условий толщина вязкого подслоя достигает 40 мм.

Таким образом, осаждение частиц взвеси не только мелких, но также и песчаных будет происходить в пределах вязкого подслоя при отсутствии взвешивающего действия вертикальных пульсаций скорости. Это важное обстоятельство ускользало от внимания исследователей и не учитывалось при рассмотрении седиментационных процессов в турбулентных потоках. Оно разрешает отмеченный выше парадокс, исключаящий саму возможность осаждения мелкой взвеси в турбулентном потоке.

На конечной стадии осаждения частиц мелкой взвеси в вязком подслое

начинают играть роль когезионные силы, дальность действия которых составляет 1-2 микрона [7, 8]. Уравнение, описывающее осаждение частиц взвеси в зоне вязкого подслоя, можно записать в виде (рис. 1):

$$h dc = -cW dt, \quad (1)$$

где h – глубина; W – гидравлическая крупность частиц взвеси; c – объемная концентрация взвеси.

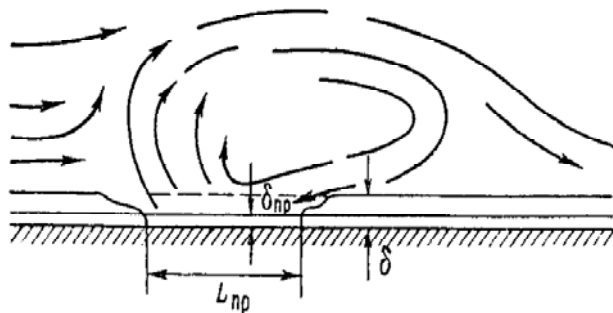


Рисунок 1 - Схема к расчету осаждения частиц мелкой взвеси

Используя граничное условие ($t = 0, c = c_0$) решение уравнения можно получить в виде:

$$\frac{c}{c_0} = e^{-Wt/h}. \quad (2)$$

Решение показывает, что при уменьшении глубины потока интенсивность осаждения возрастает, что подтверждают данные измерений донных отложений в речных руслах [9, 4]. При этом подача взвеси на верхнюю границу вязкого подслоя осуществляется из толщи потока действием механизма турбулентной диффузии. При остаточной концентрации взвеси $c = 0,05c_0$ величина $Wt/h = 3$, что позволяет оценить период практически полного осаждения мелкой взвеси в потоке и определить таким образом длину загрязненного участка водотока L_0 ниже выпуска сточных вод или устья притока, поставляющих мелкую взвесь в основной поток:

$$\frac{L_0}{h} = \frac{3V}{W}. \quad (3)$$

где V – средняя скорость потока.

С учетом известного соотношения между средней и динамической скоростью [10] можно записать:

$$\frac{L_0}{h} = \frac{8,5}{\sqrt{\lambda}} \frac{u_*}{W}. \quad (4)$$

Для коэффициента гидравлического сопротивления речного русла близкого к $\lambda = 0,04$ для частиц $d=0,01$ мм протяженность участка осаждения составит около 10 км, что подтверждается данными обследования речных русел [11].

Известно, что вязкое течение в подслое периодически нарушается и

строго говоря, течение в подслое является перемежающимся [12]. В моменты разрушения подслоя происходят выбросы придонных масс жидкости в толщу потока, при которых может происходить срыв и взвешивание осевших частиц, однако этому будут препятствовать в значительной мере когезионные силы, связывающие осевшие частицы с русловым грунтом. Можно предположить, что эти силы будут захватывать все частицы мелкой взвеси, приближающиеся к дну на расстояние меньшее радиуса действия когезионных сил, что указывает на возможность осаждения этих частиц так же и в зоне выбросов масс жидкости из вязкого подслоя в толщу потока.

Учитывая неразрывность пульсационных движений [13], и рассматривая схему плоского течения будем считать, что область выброса из подслоя замещается массой жидкости, насыщенной взвесью, за счет продольной пульсации скорости. Принимая продольный размер зоны выброса равным макромасштабу вертикальных пульсаций, который по данным [14], близок к $h/2$, и средний стандарт продольных пульсаций равным $2u_*$, получим следующую оценку времени восстановления мутности в зоне разрушения подслоя [15]:

$$t_p = \frac{h/2}{u'} = \frac{h}{4u_*}. \quad (5)$$

Поскольку интенсивность турбулентного массообмена определяется в основном крупномасштабными вихрями, произведём сравнение найденного периода восстановления мутности с периодом цепочки крупных вихрей [16], а именно:

$$T_c = \frac{h}{V} \frac{2}{\lambda^{1/3}},$$

Соотношение периодов оказывается равным:

$$\frac{t_p}{T_c} = \frac{Vh}{4u_*} \frac{\lambda^{1/3}}{2h} = \frac{1}{8} \frac{\sqrt{8}}{\lambda^{1/6}}. \quad (6)$$

При средней величине $\lambda \approx 0,03$ периоды оказываются близкими, и за один период прохождения крупномасштабной структуры произойдет только однократное осаждение частиц из слоя толщиной в два микрона. Если толщину этого слоя считать близкой к диаметру частиц взвеси, то поток взвеси на дно оказывается равным cd/T_c . Поскольку осаждение в зоне существования подслоя происходит с интенсивностью cW , сопоставляя эти потоки получим:

$$\frac{cW}{cd/T_c} = \frac{WT_c}{d} = \frac{2}{\sqrt{8}} \frac{W}{u_*} \frac{h}{d} \lambda^{1/6}. \quad (7)$$

Соотношение показывает, что при средних значениях λ , $W \approx u_*$ и $h/d \gg 10$, осаждение взвеси в зоне выброса массы из вязкого подслоя мало и может не учитываться. Это позволяет не производить коррекцию ранее сделанных оценок.

В связи с нестационарностью течения в вязком подслое скорости в этой зоне могут существенно возрастать в моменты, предшествующие вы-

бросу массы жидкости из вязкого подслоя в толщу потока. В эти моменты времени возможно как осаждение частиц, так и размыв с перемещением частиц по дну в режиме перекачивания. Такой режим движения характерен для крупных частиц из общего механического состава оседающей мелкой взвеси. Ситуация будет в значительной мере определяться соотношением между продолжительностью осаждения частиц в периоды между выбросами из вязкого подслоя и интервалом времени между выбросами. Если интервалы между выбросами меньше периода осаждения частиц возможен периодический переход из режима осаждения к размыву дна и взвешиванию частиц донного грунта. Этому режиму отвечает следующее условие:

$$\frac{1}{5,3 \cdot 10^{-3}} \frac{\nu}{u_*^2} < \frac{\delta_b}{W},$$

которое при $\delta_b = 10 \frac{\nu}{u_*}$ упрощается до:

$$\frac{u_*}{W} > 18,9. \quad (8)$$

где δ_b – толщина вязкого подслоя.

Учитывая, что рассматривается режим, при котором происходит перемежаемость взвешивания и осаждения частиц в вязком подслое можно предполагать, что этот режим близок к критическому, при котором:

$$\frac{u_*}{W} = \frac{u_*^2 d}{\nu} < 1 \quad (9)$$

Из сопоставления выражений (8) и (9) можно получить следующее условие $\frac{u_* d}{\nu} < 0,05$, которое показывает, что крупность частиц, находящихся в перемежающемся режиме движения, более чем на порядок меньше толщины вязкого подслоя.

Список использованных источников

1. Михайлова Н.А. Перенос твёрдых частиц турбулентными потоками воды. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 232 с.
2. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. М.: Энергия, 1988. 624с.
3. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. Изд-во АН СССР. М., 1958.
4. Шамов Г.И. Речные наносы. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 346 с.
5. Мухамедов А.М., Бочарин А.В., Мухамедов Я.М. К вопросу осаждения наносов в донном потоке // Вопросы гидротехники. 1965. вып. 2
6. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974 711 с.
7. Дерягин Б. В., Абрикосова И.И., Лифшиц Е.М. Молекулярное притяжение конденсированных тел // Сб. физич. наук, 1958. №64. 493-528 с.
8. Лифшиц Е.М. Теория молекулярных сил притяжения между твердыми телами.

// ЖЭТФ.-1955.-Т.29.- №1.-С.94-112

9. Лелявский С. Введение в речную гидравлику. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 228 с.
10. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. М.: Недра, 1982. 222 с.
11. Волинов М.А. , Брянская Ю.В., Байков В.Н. Распределение скоростей и гидравлическое сопротивление при течении в трубах, каналах и речных потоках // Гидротехническое строительство. 2011. №3. С. 36-39.
12. Хинце И.О. Турбулентность, её механизм и теория. М.: Физматгиз, 1963. 680 с.
13. Брэдшоу П. Введение в турбулентность и её измерение. М.: Мир, 1974. 278 с.
14. Лятхер В.М. Турбулентность в гидросооружениях .М., Энергия,1968.408 с.
15. Вес J., Biferale L., Scagliarini A., Lanotte A.S., Toschi F. Turbulent pair dispersion of inertial particles quantitative measurement of the lifetime of localized turbulence in pipe flow // Journ. Fluid Mech. 2010. V.645. P. 497-528.
16. Железняков Г.В., Дебольский В.К. О грядовом движении наносов при их различной плотности // Доклады Всесоюзн. Академии с-х наук. М.: Колос, 1971.

УДК. 626.823.88.004

НОВЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИФОННЫХ ВОДОВЫПУСКОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ ДЛЯ СРЫВА ВАКУУМА

О.Я. Гловацкий, М.А. Шомайрамов

НИИИВП, Минсельводхоз Республики Узбекистан, г.Ташкент, Узбекистан

Сифонные водовыпуски на насосных станциях (НС) впервые появились в середине прошлого столетия. Однако широкого распространения в этот период они не получили, т.к. не был надежно решен вопрос о зарядке и разрядке сифона во время его работы. На сифонных водовыпусках НС нельзя допускать обратного излива воды из отводящего канала до обнажения козырька, поэтому потребовалась установка специальных клапанов для срыва вакуума (КСВ) для разрядки сифона в момент остановки насоса. Поиски надёжной конструкции клапанов надолго задержали распространение сифонных водовыпусков на НС ввиду низкой надёжности КСВ с механическим и электрическим приводом. Они были применены на водовыпускных сооружениях Карповской и Варваровской НС Волго-Донского канала, на НС каналов Северный Донец - Донбасс, Днепр - Кривой Рог, Иртыш-Караганда и ряде других. С 1975 г. ВНИИГиМ совместно с узбекскими учёными проводил работы по созданию новых КСВ [1].

Установлено, что КСВ являются весьма ответственной деталью сифонного водовыпуска. К нему предъявляются следующие требования:

- а) надёжность и долговечность в работе;
- б) быстрота действия, автоматичность работ;
- в) герметичность, минимум гидравлических сопротивлений;
- г) простота конструкции и малая стоимость.

В настоящее время предложено много конструкций КСВ, которые можно классифицировать по принципу действия и роду привода:

- I. Механические.
- II. Гидромеханические.
- III. Гидравлические.
- IV. Смешанные.

ВНИИГиМ с участием авторов провёл серию натурных испытаний насосных агрегатов № 5 и 6 НС-1 Каршинского магистрального канала (КМК), оборудованных гидравлическими устройствами для срыва вакуума (ГУСВ).

Гидравлическое устройство такой серии состояло из воздуховодной трубы (ВТ) 2 и гидравлического затвора (рис.1). ВТ монтируется в конце напорного трубопровода ниже вакуумной зоны на величину скоростного напора в сечении, где она установлена. Размер сечения ВТ принимается 7-8 % от размера сечения напорного трубопровода.

Гидравлический затвор выполнен в виде скоростной трубы (СТ) 3, смонтированной внутри сифона I. СТ состоит из стояка, установленного в горловом сечении сифона, и нижней ветви, которая монтируется по низу восходящей ветви сифона открытым концом навстречу потоку воды. Входное сечение СТ размещается на отметке ниже $УВВБ_{\max}$ в отводящем канале на 1-1,4 м [2].

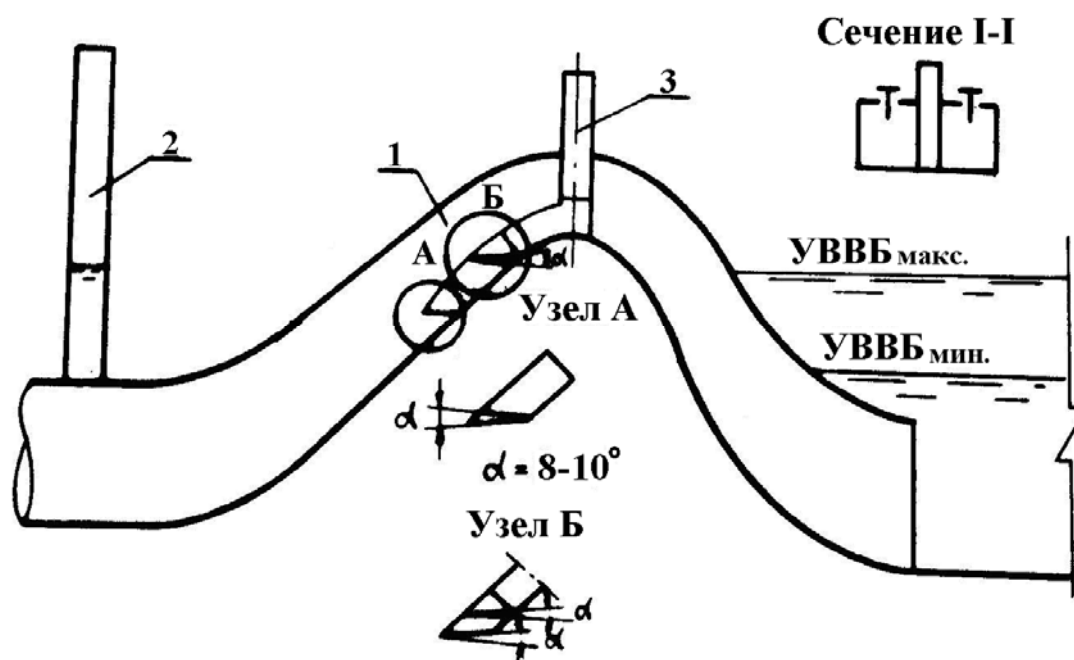


Рисунок 1 - Схема ГУСВ конструкции КМК:

1- Восходящая ветвь сифона; 2- Воздуховодная труба; 3- Скоростная труба; 4 - Клапаны-вантузы

Размер сечения СТ принят 2% от размера сечения горловины сифона.

При пуске насоса и заполнении напорного трубопровода водой основная масса воздуха выходит через ВТ и СТ. После затопления их входных сечений оставшаяся часть воздуха в сифонном водовыпуске при его дальнейшем заполнении водой удаляется через вантузы. ВТ 2 и гидравлический затвор 3 работает по принципу трубки Пито, в которой роль динамической

трубы выполняет СТ, а статистической (пъезометр) – выполняет ВТ. Вантузы, установленные на капоре сифона, служат для выпуска воздуха из полости сифона, т.е. они работают только при пуске насоса. При остановке насоса через гидравлический затвор воздух врывается в полость сифона и, распространяясь по потоку восходящей ветви сифона, доходит до ВТ, оголяет ее входное отверстие и дает возможность атмосферному воздуху в большом количестве поступать во внутреннюю полость сифонного водовыпуска. Это приводит к срыву вакуума в сифоне, разрыву сплошности потока в горле сифона и прекращению поступлению воды из отводящего канала в напорный трубопровод и далее в подводящий канал.

Наличие в СТ выреза треугольной формы позволяет создать циркуляцию потока через начальный участок трубы. Перед выходом из выреза поток делает поворот на 90° , что приводит к повышению давления на столб воды в СТ и к повышению его уровня. Наличие более высокого уровня воды позволяет СТ разместить в сифонном водовыпуске на более высоких отметках по отношению к минимальному уровню в отводящем канале. При остановке насоса скоростной напор перестает действовать, уровень воды в СТ опускается и достигает треугольного выреза, через который начинает поступать атмосферный воздух в вакуумную зону сифона. Это приводит к снижению вакуума и к понижению уровня воды в СТ.

Когда вода опускается до входного сечения, начинается более интенсивное поступление воздуха в сифон, а когда освобождается вход воздуха через ВТ, происходит срыв вакуума. Таким образом, применение ГУСВ сифонного водовыпуска НС позволит уменьшить гидравлическое сопротивление входного отверстия СТ.

Натурные испытания, проведенные с участием авторов на НС-1 КМК, показали, что при $УВВБ_{\max} = 22,2$ зафиксирован надёжный срыв вакуума при уменьшении времени обратного вращения агрегатов до 45-50 с, по сравнению с ранее отмечаемым временем 70-78 с. Новые конструкции ГУСВ внедрены на НС М-2 КМК и НС "Шерабад" в Узбекистане. Зафиксирована абсолютная герметичность. Потребление электроэнергии НС "Шерабад", оборудованной насосами ОП11-185, при расчетном вакууме 4 м увеличится при потере вакуума в сифоне на 26 % за счет увеличения напора и еще на 4 % вследствие смещения режимной точки в зону характеристики с меньшим КПД.

С целью гарантированного повышения надежности работы НС при остановке при любых возможных режимах авторами предложены новые ГУСВ (рис. 2).

Напорный трубопровод 1 сопрягается с восходящей ветвью сифона 2, заканчивающейся гребнем сифона 3 и переходящей в нисходящую ветвь сифона 4, заглубленную под уровень УВВБ напорного бассейна 5. В концевой части трубопровода 1 сверху жестко установлена ВТ 6 [3]. В зоне положительного давления сифона при максимальном уровне напорного бассейна 5 размещен КСВ в виде вакуум-бака 7, сообщающегося с проточной частью

при помощи входящей внутрь вакуум-бака 7 трубы 8. Дно вакуум-бака 7 выполнено воронкообразным для обеспечения слива воды в трубопровод 1. Химические камеры 9, 10, заполненные химическими реактивами, гидравлически соединены с реакционной емкостью 11, расположенной в верхней части вакуум-бака 7. Трубка 8 снабжена вентилем 12 с электроприводом. На восходящей ветви сифона 2 вблизи гребня 3 расположен датчик направления течения 13.

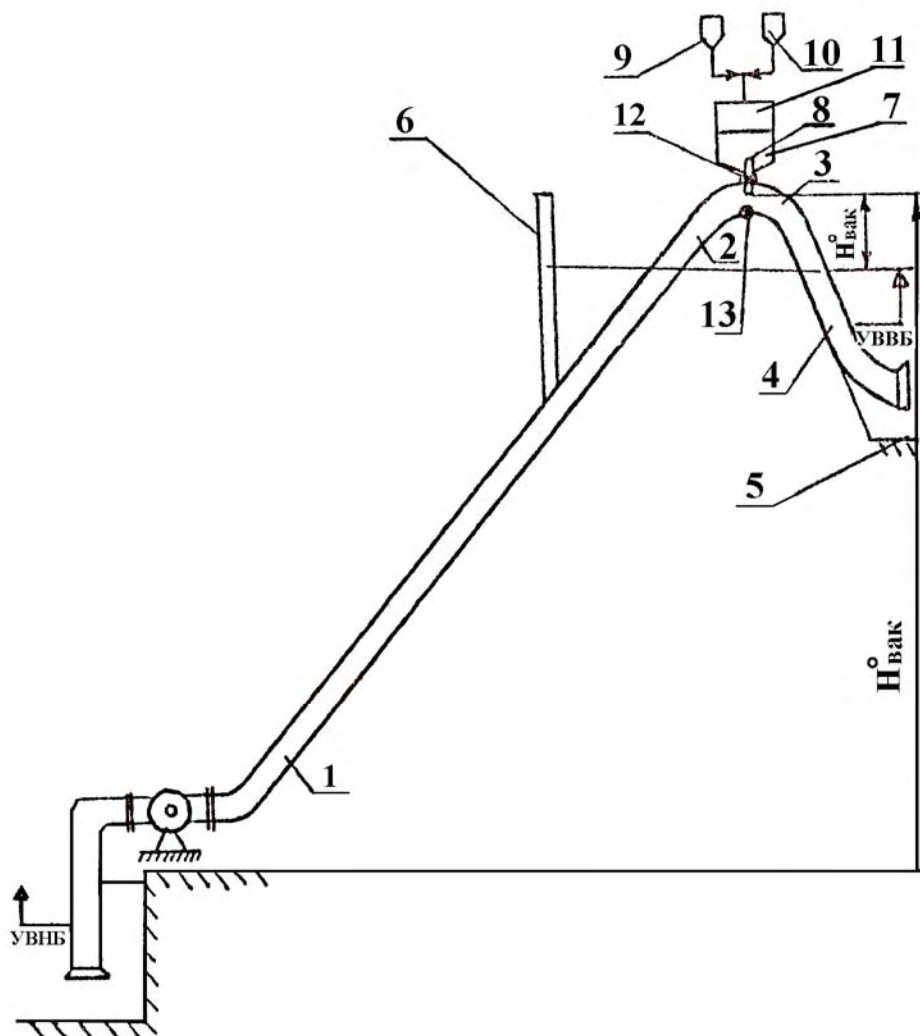


Рисунок 2 - Сифонный водовыпуск с вакуум-баком

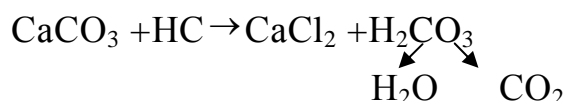
При пуске насоса вода начинает поступать в трубопровод 1, вытесняя воздух через ВТ 6. Оставшиеся в проточной части воздух поступает по трубке 8 в вакуум-бак 7, который служит гидравлическим амортизатором волн повышения и понижения давления, наблюдающихся в режимах пуска-остановки насоса. При вытеснении воздуха происходит полная зарядка сифона. Оставшийся в нижней части вакуум-бака 7 некоторый объем воздуха регулируется напором, соответствующим рабочим параметрам насоса.

При отключении насоса под действием силы тяжести в нисходящей ветви 4 сифона и под действием силы инерции в восходящей 2 и нисходящей 4 ветвях сифона вода продолжает двигаться в прямом направлении. Столб

воды в напорном трубопроводе 1 под действием силы тяжести вначале останавливается, а затем начинает движение в обратную сторону. Этому явлению предшествует снижение напора, развиваемого насосом из-за постепенного снижения оборотов насоса. При этом величина вакуума в сифоне резко возрастает и определяется разностью отметок гребня сифона 3 и уровня воды в аванкамере. При небольших колебаниях уровня воды в напорном бассейне 5 (УВВБ), когда опорожнение в объеме столба в ВТ 6 происходит до начала обратного течения воды из сифона, полость трубопровода 1 сообщается с атмосферой и происходит срыв вакуума. Однако при высокой отметке УВВБ обратное течение воды из сифона начинается прежде, чем из ВТ 6 вытечет вода без срыва вакуума в сифоне.

С целью ускорения срыва вакуума до начала обратного течения воды выше пьезометрической линии, то есть всегда в зоне вакуума, предусмотрен вакуум-бак 7, соединенный с полостью сифона трубкой 8. При работе насоса и расчетной величине давления в сифоне P_1 объем воздуха в вакуум-баке V_1 . После остановки насоса, когда величина вакуума в сифоне резко возрастает (давление $P_2 < P_1$) объем воздуха в соответствии с законом Бойля-Мариотта $P_1V_1 = P_2V_2$ также возрастает, и воздух через трубку 8 попадет в полость сифона. Под действием силы тяжести обратный поток воды в восходящей ветви 2 сифона будет расширять попавший в полость сифона воздух вплоть до полного разрыва сплошности обратного потока.

Увеличение объема воздуха, поступающего из вакуум - бака 7 может достигаться с помощью искусственного газового потока, создаваемого в момент остановки насоса путем химической реакции компонентов, складированных в камерах 9 и 10. Например, для получения искусственного газового потока двуокиси углерода могут быть использованы химические реакции взаимодействия щавелевой кислоты с карбонатом натрия или разложения природного карбоната кальция (технического) путем воздействия на него соляной кислоты



Выделяющийся газообразный CO_2 скапливается в резервуаре 11 и в нужный момент через вентиль 12 пропускается навстречу обратному потоку воды.

Показания датчика направления течения 13 при прямом токе воды после пуска насоса дают импульс на образование газовой смеси, а при подаче обратного тока воды при остановке насоса дают импульс на открытие вентиля 12 и срыва вакуума. Расположение датчика 13 вблизи гребня 3 сифона оптимизирует время впуска искусственного потока газа в момент образования разрыва сплошности обратного потока.

Химические компоненты расположены в обойме, передвигающейся в реакционную ёмкость 11 на одно деление, обеспечивающее контакт с порцией другого компонента в количестве, необходимом для образования искусственного газового потока, интенсифицирующего поступление воздуха из

вакуум-бака 7 до момента опорожнения ВТ 6 и срыва вакуума. Объем искусственного газового потока зависит от параметров насоса и трубопровода 1.

Оптимизация временного интервала срыва вакуума и объема газового потока может быть достигнута путем установки нескольких датчиков направления течения на восходящей ветви 2. По рекомендациям авторов вакуум-бак внедрён в сифонном водовыпуске крупной НС «Абай» в Казахстане.

Предлагаемые способы срыва вакуума позволяют добиться максимального повышения надежности и расширить диапазон срабатывания ГУСВ в сифонном водовыпуске НС [4].

Список использованных источников

1. Рекомендации по проектированию сифонных водовыпускных сооружений насосных станций // ВНИИГиМ, М., 1982.
2. А.с. № 968153. Заявитель ВНИИГиМ. Бюллетень № 39, 1982.
3. А.с. № 1791519. Заявитель ТИИМСХ. Бюллетень № 4, 1993.
4. Шомайрамов М.А. Конструкции сифонных водовыпусков с устройствами срыва вакуума // Сельское хозяйство Узбекистана. Ташкент, 2008. - №3. - с. 25-26.

УДК 626.823

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ И ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Кушер А.М.

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

Выбор гидрометрического сооружения и его геометрии зависит от гидравлики и геометрии подводящего канала, уклона, а также от требований устойчивости к заилению канала, допустимого подъема уровня верхнего бьефа, устойчивости к затоплению со стороны нижнего бьефа и ряда других метрологических и эксплуатационных факторов. Существующие рекомендации носят ориентировочный характер, не обеспечивая точную оценку работы сооружений. Физическое (лабораторное) моделирование не позволяет соблюсти критерии подобия лабораторного и натурального потока, что приводит к необходимости введения запаса в рекомендуемые параметры. Например, в существующих рекомендациях коэффициент предельного затопления прямоугольного гидрометрического лотка критической глубины равен $S_{пр} = 0.7$, что имеет место при резком изменении уровня нижнего бьефа. Однако экспериментом установлено, что при плавном подъеме уровня воды (например, при частичном закрытии затвора в отводящем канале) затопление не наступает вплоть до $S_{пр} = 0.82-0.85$.

Альтернативой (скорее дополнением) физического моделирования является численный расчет трехмерного потока на основе уравнений Навье-Стокса в области, включающей сооружение и сопряженные каналы. Разработанный ранее в лаборатории гидрометрии ВНИИГиМ метод и специали-

зированной пакет выбора и расчета гидрометрических сооружений DISCO позволяет исследовать работу сооружений в стационарном режиме [1].

Более глубокое исследование влияющих факторов в натуральных условиях требует существенного усложнения и модернизации разработанных программных модулей. Во избежание дублирования существующих решений был проведен анализ параметров наиболее продвинутых пакетов трехмерного численного моделирования потока жидкости и газа. Для получения расходной зависимости необходим циклический расчет гидравлики потока при разных граничных условиях в серии сооружений с разной геометрией без (или с минимальным) участием оператора. Поэтому исследовались точность расчета расхода, возможность работы с командной строки (для включения в пакетный файл), наличие и автоматизация применения средств препроцессинга (подготовки краевых условий и расчетной трехмерной сетки), затраты машинного времени и необходимая квалификация пользователя.

В данной статье рассмотрены результаты проведенных исследований, касающиеся применения некоммерческого пакета вычислительной гидродинамики OpenFoam и, более подробно, вопросов подготовки расчетной сетки для вычисления гидравлики открытого потока. Пакет функционирует в операционной системе Linux. Версия OpenFoam для Windows имеет ряд ограничений и существенно меньшую производительность. Язык программирования – C++. Привлекательной стороной OpenFoam является наличие и открытость кодов большого числа граничных условий для скорости, давления и параметров турбулентности [2]. Имеется большое количество служебных команд, позволяющих подстраивать решение в зависимости от поставленных задач. К недостаткам комплекса следует отнести малый объем документации, что затрудняет его применение специалистами, не обладающими достаточными знаниями в области программирования и вычислительной гидродинамики. Для решения осредненных по времени уравнений Навье-Стокса (RANS), как и в большинстве коммерческих пакетов, используется метод конечных объемов МКО. Достоинством этого метода является интегральная формулировка законов сохранения. В этом методе потоки (массы, количества движения, энергии и другие) вычисляются через грани ячеек расчетной сетки. Помимо ошибок, вызванных применением аппроксимирующих соотношений для потоков через грани ячеек, источником погрешностей являются способы дискретизации расчетной области. Многочисленными экспериментами установлено, что наименьшая ошибка расчета потоков имеет место на структурированной ортогональной сетке, что связано с точностью вычисления направления нормалей к граням ячеек. Возможность дискретизации сложной геометрии на неструктурированной сетке с треугольными или многоугольными ячейками несущественна по отношению к большинству гидрометрических и водопропускных сооружений, имеющих достаточно простую форму. Главным требованием является точность расчета расхода. Кроме того, применение структурированных сеток обеспечивает уменьшение затрат машинного времени и необходимого объема оператив-

ной памяти компьютера.

Для расчета сетки в составе OpenFoam есть два солвера: blockMesh для создания структурированной сетки из отдельных блоков и snappyHexMesh для неструктурированной сетки с многоугольными ячейками. Исходные данные задаются в файлах-словарях blockMeshDict и snappyHexMeshDict. В отдельных секциях словаря blockMeshDict задаются координаты вершин ячеек, блоки (ячейки) в виде списков порядковых номеров вершин и внешние стороны расчетного домена в виде списка патчей, каждый из которых является списком вершин граней, принадлежащих конкретному патчу. Каждая грань блока задается списком номеров 4-х вершин, перечисленных в порядке обхода вершин против часовой стрелки относительно конца внешней нормали к грани. Учитывая сложный алгоритм задания параметров сетки и необходимость индивидуального описания тысяч ячеек, создание структурированной сетки реального сооружения вручную является сложной и практически невыполнимой задачей.

В составе OpenFoam присутствуют конвертеры форматов большого числа программ-генераторов трехмерной неструктурированной сетки (Gmsh, Netgen, Salome, Gambit и другие). За исключением Gmsh все программы не работают с командной строки, что требуется для управления расчетом внешней программой. Коммерческий генератор сетки Pointwise имеет модуль создания структурированной сетки в формате OpenFoam, но, как показали эксперименты, имеет ограничения в части сложности геометрии сетки. Основным препятствием для его использования является управление расчетом только с графического интерфейса пользователя.

Учитывая изложенное, был разработан программный комплекс, обеспечивающий создание структурированной трехмерной сетки; расчет и задание граничных и начальных условий; расчет гидравлики потока со свободной поверхностью с применением солвера 'interfoam' без вмешательства оператора по заданным до начала расчета параметрам. В дальнейшем планируется его включение в качестве модуля в общий программный комплекс расчета гидрометрических и водопропускных сооружений, управляемый с общего графического интерфейса. В состав указанного комплекса включены следующие модули:

1. Flume – гидрометрический лоток или водослив с широким порогом (горизонтальное и (или) вертикальное сжатие поперечного сечения канала. Длина секций больше нуля. Расчет общей продольной дискретизации домена производится по заданной дискретизации контрольной секции. Шаг дискретизации по вертикали Z вблизи дна уменьшается в геометрической прогрессии. Продольный (по X) уклон дна – произвольный. Параметры геометрии – от внешней программы.

2. Weir (thin-plate weir) – водослив с тонкой стенкой (единственное вертикальное сжатие поперечного сечения канала). Толщина вертикальной стенки равна заданному минимальному шагу дискретизации в продольном направлении (шаг дискретизации вблизи стенки уменьшается в геометриче-

ской прогрессии). Расчет продольной дискретизации домена выполняется по заданной дискретизации подводящей секции (при её отсутствии - по средней длине отводящих секций). Дно - горизонтальное.

3. Free Overfall – перепад со сжатой струей. Перед и за стенкой перепада ширина отводящего канала равна ширине подводящего. На вертикальной стенке под ребром перепада создается поперечная щель для доступа воздуха высотой 2 шага дискретизации по вертикали. Расчет продольной дискретизации домена выполняется по заданной дискретизации подводящей секции (при её отсутствии - по средней длине отводящих секций). Шаг дискретизации вблизи ребра по X и Y уменьшается в геометрической прогрессии. Дно - горизонтальное.

4. Overfall – перепад с несжатой струей. Ширина отводящего канала больше ширины подводящего. Окно на вертикальной стенке отсутствует. Расчет продольной дискретизации домена выполняется по заданной дискретизации подводящей секции (при её отсутствии - по средней длине отводящих секций). Шаг дискретизации вблизи ребра по X и Y уменьшается в геометрической прогрессии. Дно - горизонтальное.

5. Gate (Sluicgate) – щитовой затвор. Расчет продольной дискретизации домена выполняется по заданной дискретизации подводящей секции (при её отсутствии - по средней длине отводящих секций). Толщина вертикальной стенки равна минимальному шагу дискретизации в продольном направлении. Шаг дискретизации вблизи стенки щита по X и Y уменьшается в геометрической прогрессии. Дно - горизонтальное.

6. Mix – комбинация конструкций с горизонтальным дном. Расчет продольной дискретизации домена выполняется по средней длине секций. Может включать: лоток кр. глубины, водослив с ш.п., водослив с т.с., перепад, щитовой затвор, лоток Реплогла, водослив Крампа, лоток без горловины.

7. Pipe – (труба) (круглая, трапецеидальная с произвольным изгибом). Поперечный размер (диаметр)- переменный по длине. Уклон дна - произвольный. Для моделирования напорного потока.

8. All – комбинация типов конструкций с произвольным уклоном дна (в каждой зоне без уклона - не более одного щитового затвора и водослива с тонкой стенкой. Может включать: лоток кр. глубины, водослив с ш.п., водослив с т.с., перепад, щитовой затвор, лоток Реплогла, водослив Крампа, лоток без горловины, кульверт, сифон. Зоны с уклоном обрабатываются по алгоритму Pipe. Число перепадов дна, лотков, диафрагм - произвольное. Число перепадов с щелью в домене – не более одного, так как вертикальные размеры и координаты щели вычисляются один раз для максимального отрицательного перепада по Z.

9. Orifice – расходомерная диафрагма в трубе для напорного потока. Уклон дна равен нулю, подводящего и отводящего водоводов - произвольный. Шаг X - дискретизации вблизи стенки диафрагмы уменьшается в геометрической прогрессии.

На рисунке 1 приведена разряженная для наглядности расчетная сетка

для расчета гидрометрического лотка критической глубины в прямоугольном канале.

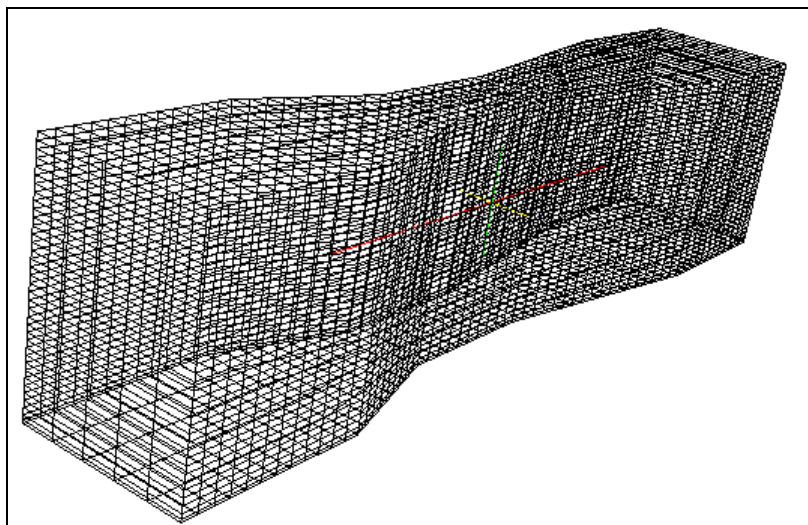


Рисунок 1 - Трехмерная сетка для расчета гидрометрического лотка критической глубины в прямоугольном канале (визуализация - в Paraview)

На рисунке 2 приведен график расчетного домена с внешними патчами, на которых заданы граничные условия для расчета гидравлики потока при заданном уровне воды в верхнем бьефе и свободном истечении в нижнем.

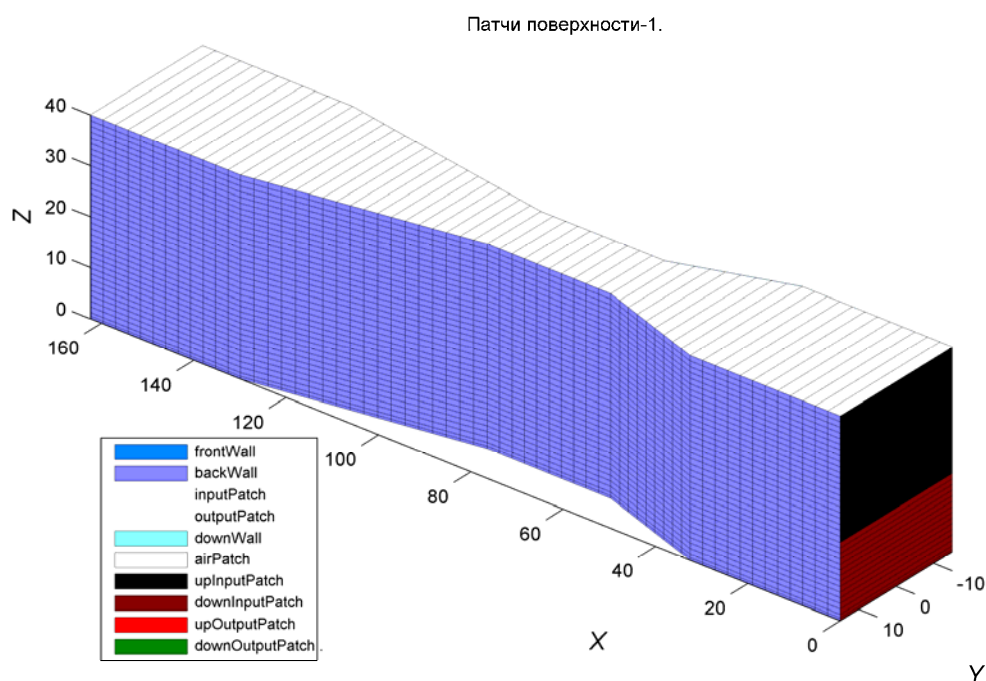


Рисунок 2 - График домена с внешними патчами, на которых заданы граничные условия для расчета гидравлики потока в гидрометрическом лотке при заданном уровне верхнего бьефа

На рисунке 3 представлены результаты упрощенного контрольного расчета на прореженной сетке трехмерного поля скоростей и уровня свободной поверхности без учета донной шероховатости. На графике - продольное осевое сечение в области сопряжения подводящего канала с горловиной (граничное условие на стенках – скорость=0)

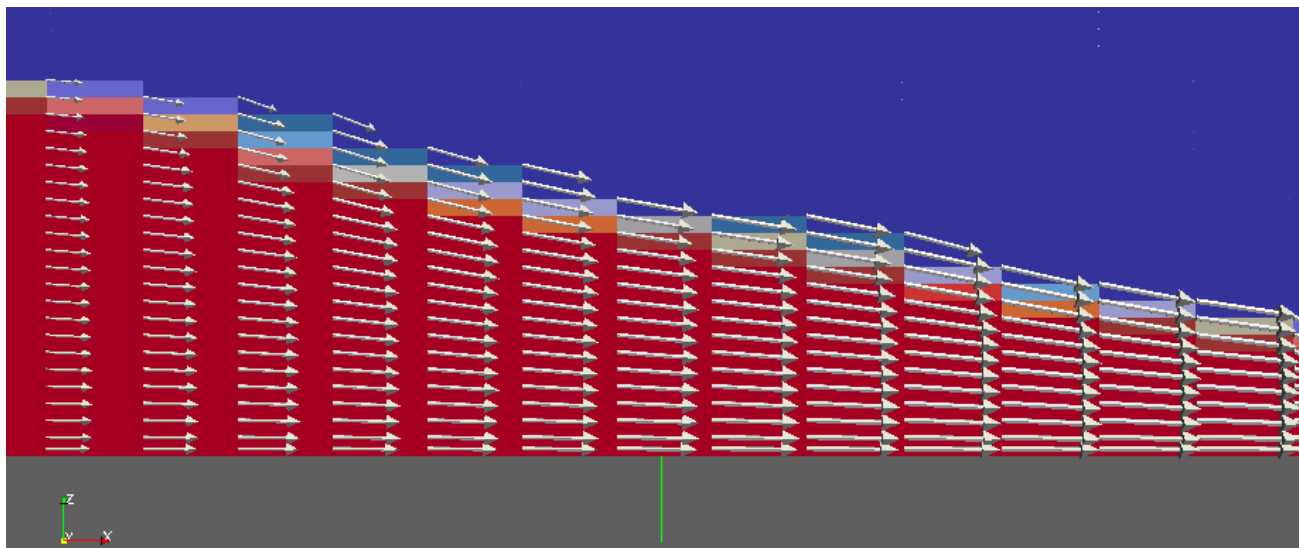


Рисунок 3 - График векторного поля скоростей и свободная поверхность потока при нулевой шероховатости на русла в осевом сечении лотка критической глубины в области входа в горловину

Список использованных источников

1. Кушер А.М. Расчет и выбор конструкции гидрометрического лотка на каналах водохозяйственных систем. Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства и пути их решения», часть 4 «Водные объекты: состояние, проблемы и пути их решения», МГУП, М., 2011, с. 176-183.
2. OpenFoam. Programmer's Guide. Vesion 2.1.1

УДК 631.6

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ БЕРЕГОВ НА ПРЕДГОРНЫХ УЧАСТКАХ РЕК

С.С. Медведев¹, Б.И. Изиев²

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

²«Даггипроводхоз», г. Махачкала, Россия

На предгорных участках рек их берега подвергаются интенсивному размыву под воздействием руслового потока, обладающего значительными скоростями. Весь многолетний опыт проведения руслорегулирующих и берегозащитных работ с неоправданно широким использованием жестких бетонных элементов показывает их ненадежность в эксплуатации и не позво-

ляет получить положительные результаты по причине их частых разрушений и аварий. Основная ошибка заключается в том, что конструктивное решение защиты берега должно строиться не на противодействии проектируемых сооружений энергии потока воды, а на принципах органичного сосуществования с ним и сопровождающими его динамическими русловыми процессами.

Известные в практике берегозащитные конструкции (закрепление береговой линии путем укладки ж\б плит, монтажа ж\б свай-оболочек, отсыпка каменно-набросных шпор примыкающих к размываемому берегу, защита крупными массивами и др.) создают дополнительные локальные очаги активного размыва прилегающего к нему грунта, так как из-за своей жесткости служат гасителями огромной энергии потока, с изменением структуры потока в турбулентную, с последующим преобразованием энергии потока в энергию размыва грунта, слагающего речное русло. В отличие от жестких сооружений, берегозащитные конструкции из коробчатых габионов обладая характеристиками близкими к естественному руслу реки (шероховатость, фракционный состав отстойки русла и др.) наиболее приемлемы в практике берегозащитного строительства. При всех плюсах, габионные конструкции обладают одним существенным недостатком. Цинковое покрытие проволоки габионов при контакте с влекомыми гравийными наносами (галечник, булыга), перемещающимися вдоль защитного покрытия, подвержено активному истиранию в результате чего сетка рвётся и габионная конструкция разрушается и теряет свои защитные функции.

Для защиты оцинкованной сетки габионов от истирания нами предлагается исключить контакт сетки с влекомыми наносами за счет установки по всей длине участка перед габионами со стороны реки сквозных тетраэдров, выполненных из ж\б балок и объединенных между собой в единую систему в вершинах оснований соединительными кольцами из арматуры $d=10\text{мм}$.

Принципиальные схемы предлагаемого способа защиты габионными конструкциями берегов на предгорных участках рек даны на рисунках 1 и 2.

Приведенные способы защиты заключаются в следующем:

На закрепляемом участке реки по всей длине участка крепления на расстоянии от 3-5 м от нижнего края габионного крепления укладываются анкеры из ж\б балок длиной $L=1.8\text{м}$, сечением $15\times 15\text{ см}$, которые крепятся между собой кольцами из арматуры диаметра 10 мм . Высотой анкеры располагаются на 15 см ниже отметки нижнего края габионного крепления. К каждому узлу крепления анкеров между собой (через $1,9\text{ м}$ по длине) приваривается тяж анкера тетраэдров из катанки $d=8\text{мм}$ с выводом его за нижний край габионного крепления на 15 см ниже нижнего края габионного крепления (смотри узел А на рисунках). При этом отметка нижнего края габионного крепления не должна превышать $1,5\text{ м}$ от отметки расчетного максимального размыва реки и располагаться ниже минимальной отметки русла реки при паводках. Выполняется качественная насыпь над анкерами под профиль габионного крепления. На поверхности укрепляемой габионными конструкциями (габионы или матрацы «Рено») устраивается защитный слой грунта

$t=10$ см из мягкого минерального грунта. По защитному слою грунта раскладывается геотекстиль - Geolon Pet200. Геотекстиль расстилается с нахлестом друг на друга не менее 30 см по всей поверхности контакта габионов с грунтом. Монтируются габионные конструкции в соответствии с существующей технологией монтажа.

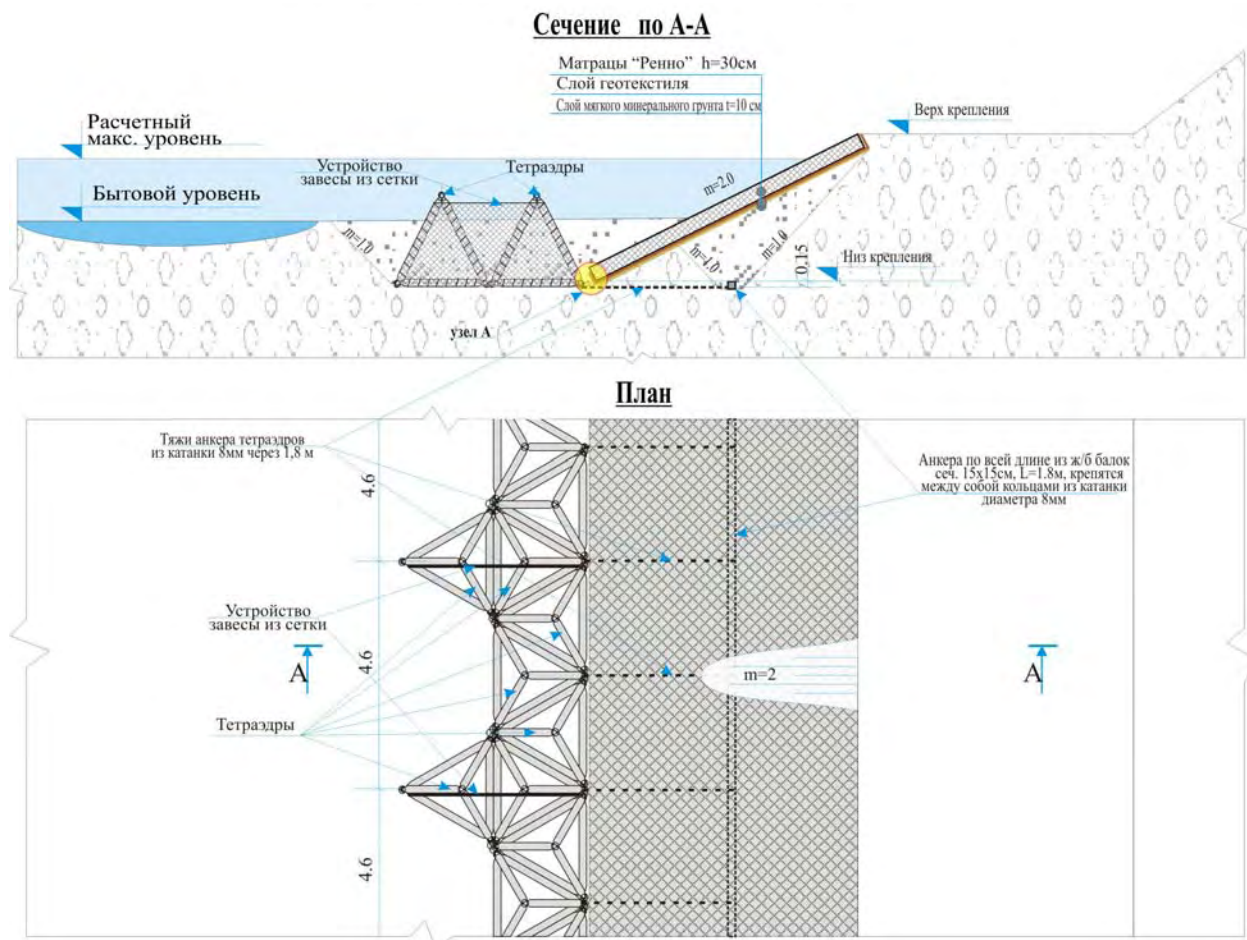


Рисунок 1 - Схема крепления берега матрацами "Рено"

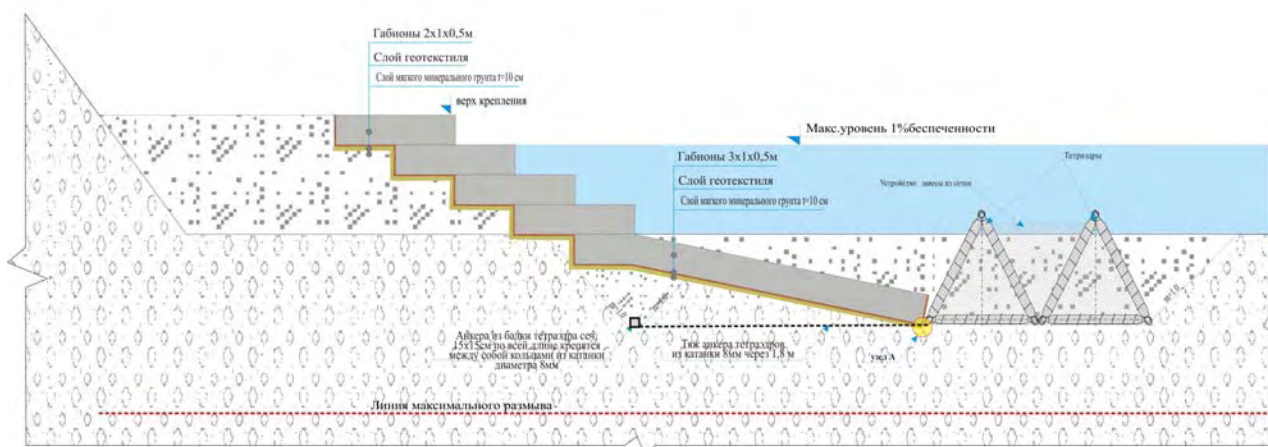


Рисунок 2 - Схема сечения крепления габионами "Джамбо"

Выполняется сборка тетраэдров, каждая из которых состоит из 6-ти

ж/б балок длиной $L=1,8$ м, сечением 15×15 см каждый, с объединением их в вершинах соединительными кольцами из арматуры $d=10$ мм. Тетраэдры устанавливаются в один ряд по ширине на всю длину укрепляемого участка. Со стороны реки через $4,6$ м по длине участка крепления, дополнительно устанавливается второй ряд тетраэдров. Все тетраэдры объединяются между собой в единую систему в вершинах оснований соединительными кольцами из арматуры $d=10$ мм. Узлы оснований тетраэдров, прилегающих к габионам, крепятся к ранее уложенным тязам из катанки, которые в свою очередь прикреплены к анкерам из ж/б столбиков уложенных в насыпи оснований габионов. Через $4,6$ м вдоль линии крепления, между тетраэдрами, перпендикулярно направлению потока, устраиваются сетчатые завесы из габионной сетки, закрепляемые к тетраэдрам катанкой. Их назначение – задержка влекомых наносов и плавника. Над смонтированными тетраэдрами выполняется засыпка из грунта русла реки по ранее существующему рельефу, но не менее $2/3$ высоты тетраэдра.

Предлагаемый способ защиты берега применен на ряде объектов берегозащиты на р. Самур. Ниже на фото (рис.3) приведен пример его реализации на участке перехода магистрального газопровода «Моздок-Казимагомед» через реку Самур.



Рисунок 3 - Защита берега на участке перехода магистрального газопровода "Моздок-Казимагомед" через реку Самур

ВЫВОДЫ:

1. Существующие способы защиты берега от размыва на предгорных участках рек материалоемки, дорогостоящи и не обеспечивают надёжной защиты берегов от размыва, что в конечном итоге отражается на безопасности речных сооружений и близлежащих коммуникаций.

2. Изложенный выше способ обеспечивает более надёжную защиту береговой линии от воздействия руслового потока и способствует отложению влекомых наносов вдоль защищаемого участка берега.

3. Предлагаемый способ заключается в укладке габионов или матов Рено на размываемый берег и создании в прибрежной зоне русла зоны повышенной шероховатости путём создания гибкой системы тетраэдров из ж/б

свай.

4. Способ был успешно применён для защиты берегов на р. Самур в Магарамкентском и Сулейман Стальском районах Республики Дагестан на участках:

- Перехода магистрального газопровода «Моздок-Казимагомед»;
- Входного оголовка акведука на узле ГТС Самур-Дербентского канала;
- Укрепительных работ Автодороги «Касумкент - Шихикент».

Список использованных источников

1. Медведев С.С., Изиев Б.И., Дзиев К.М., Иванов И.С. Способ защиты берегов рек на предгорных участках рек. Заявка на изобретение №2012153935/13(085688) от 14.12.2012г.

2. Медведев С.С. Оценка безопасности состояния подводных магистральных трубопроводов. //Ж. «Газовая промышленность» №4, 2006.

3. Медведев С.С. Методы расчётов размыва дна взвесенесущим русловым потоком. //Ж. «Газовая промышленность», №2, 2006.

4. Медведев С.С. Исследование русловых процессов р.Оби на участке технического коридора подводных переходов газопроводов. //Труды Академии проблем водохозяйственных наук. Вып.7 «Русловедение и гидроэкология». М.: 2002.

5. Медведев С.С., Салюков В.В., Лебедев Н.В., Долгов И.А., Ермолаев С.А. Научно-техническое обеспечение гидротехнической защиты подводных переходов трубопроводов. //Ж. «Газовая промышленность» №12, 2004.

6. Изиев Б.И., Токаев В.З. Противозрозионные работы на подводных переходах МГ ООО «Каспийгазпром». //Ж. «Газовая промышленность» №12, 2004.

УДК. 626.823

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОДОПОДВОДЯЩИХ УСТРОЙСТВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Ш.Р. Рустамов, Р.Р. Эргашев, Н.Р. Насырова
НИИИВП при ТИИМ, г. Ташкент, Узбекистан

Опыт эксплуатации центробежных насосов, которые составляют до 90% ирригационных насосов, обусловил необходимость научного обоснования и экспериментальной проверки эффективности их работы при перекачивании воды с высоким содержанием плавника и наносов, что приводит к интенсивному кавитационно-абразивному износу их деталей, связанного с высокими эксплуатационными затратами на насосных станциях (НС). Вопросы модернизации особенно важны для тех систем, которые подвергаются быстрым техническим изменениям или где эффективность новых капиталовложений больше. Однако на сегодняшний день количественная оценка эффективности замены насосных агрегатов (НА) возможна только при полном износе оборудования.

Вопросами повышения эффективности эксплуатации НС занимались многие исследователи, среди которых отдельно можно подчеркнуть работы

ученых ВНИИГиМ, МЭИ, МГМИ, МИСИ, САНИИРИ - Виссарионова В.И., Гловацкого О.Я., Карелина В.Я., Некрасова В.М., Рахимова Ш.Х. и др.

Для предотвращения заиливания водоприемного сооружения предложена новая конструкция всасывающей трубы центробежного НА, которая снабжена дополнительным устройством, позволяющим предотвратить оседание наносов на дне аванкамеры (рис.1).

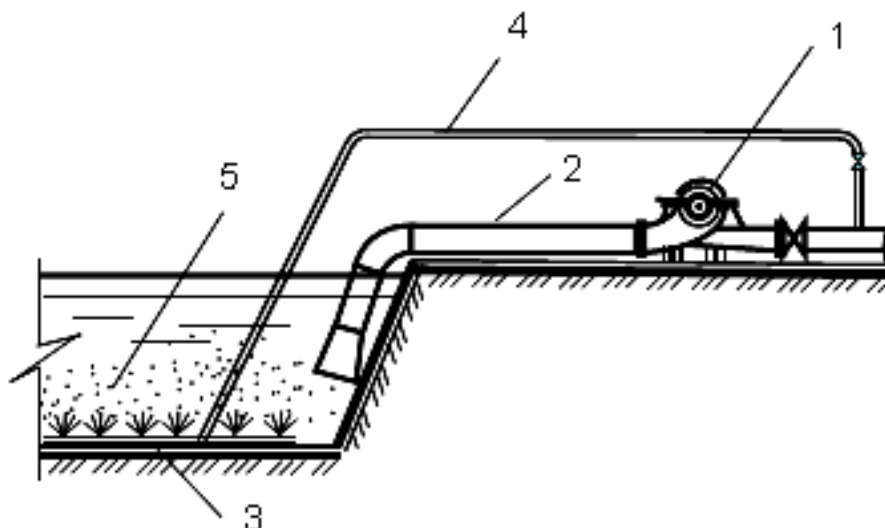


Рисунок 1 - Новая конструкция водоприемного сооружения

Дополнительное устройство представляет собой напорную подводную трубу 4, которая соединяется с одной стороны с нагнетательным трубопроводом НА 1, а её другая сторона имеет специальное приспособление 3 в виде кольцевых перфорированных труб, проложенных по откосам или дну аванкамеры в тех местах, где оседают наносы [1]. За счет гидродинамического давления вода вытекает из отверстий труб струей, и это обстоятельство создаёт в среде пульсационное движение потока, не позволяющее частицам оседать. Таким образом, поток перед агрегатами всегда имеет турбулентный, беспокойный характер, а наносы 5 находятся во взвешенном состоянии и вместе с водой через всасывающую трубу 2 перекачиваются в верхний бьеф.

Для определения влияния характеристик системы подачи воды была проведена серия экспериментов по выявлению зависимости ω_0/ω_{om} от H/d и $q/Q_{НС}$ (ω_0 – площадь аванкамеры, не подвергшаяся заилению под действием устройства, ω_{om} – площадь аванкамеры, занятой отложениями наносов без применения устройства, H – напор воды в перфорированной трубе, d – диаметр отверстия в перфорированной трубе, q – величина подачи воды в перфорированную трубу, $Q_{НС}$ – подача насосной станции).

Для определения аналитической зависимости между параметрами H/d и $q/Q_{НС}$, которая могла бы аппроксимировать исследуемый процесс, экспериментальные данные, полученные при измерениях величин $\omega_0/\omega_{om} = \bar{\omega}$, $H/d = \bar{H}$, $q/Q_{НС} = \bar{q}$, были подвергнуты обработке и дисперсионному анализу,

в результате чего получено следующее уравнение

$$\bar{\omega} = 3,22 \cdot \bar{q} \cdot \bar{H}^{0,4} \quad (1)$$

Достоверность экспериментальных точек и адекватность полученного уравнения проверены критериями Фишера и Кохрана и получены удовлетворительные результаты, что свидетельствует о правомочности уравнения (1) для описания действия устройства с параметрами \bar{H} и \bar{q} .

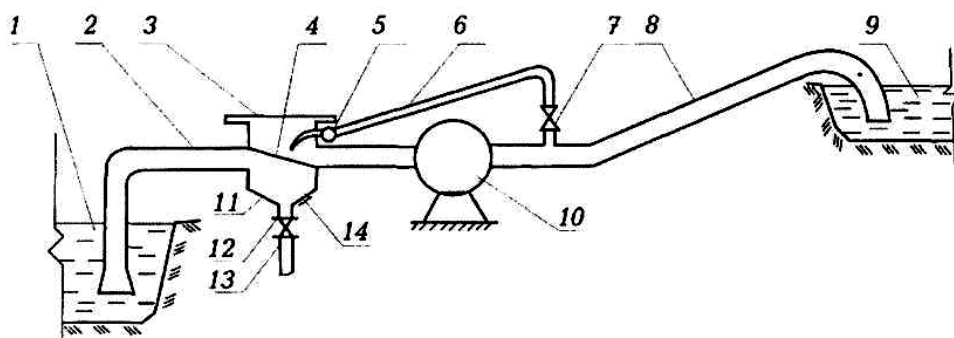
Результаты наблюдений показывают, что почти во всех случаях повышенной заиляемости водоприемных сооружений в тяжелые условия попадают крайние агрегаты по водозаборному фронту. В таких случаях предложено устраивать регулируемую всасывающую трубу [1]. Эта труба отличается тем, что её колено выполнено гибким, а восходящая часть имеет телескопическую конструкцию. Такая конструкция позволяет изменить местоположение оголовка по высоте, оставив допустимое расстояние $0,4 \cdot D_{\text{вх}}$ над отложениями. На наш взгляд, установка таких регулируемых всасывающих труб для крайних агрегатов позволяет обеспечить работу НС в соответствии с графиком даже при невозможности очистки аванкамеры.

Для защиты насосов от плавающего мусора, а также от наносов с крупными абразивными частицами авторами предложено новое комбинированное сорозащитное устройство [2]. Полезная модель поясняется чертежом (рис. 2, фиг. 1). В поверхностный источник 1 опущена всасывающая труба 2, на которой установлено сорозащитное устройство 3 с внутренней решеткой 4. Над решеткой расположено гидравлическое промывное устройство 5, соединенное через трубопровод 6 и задвижку 7 с напорным трубопроводом 8, который выходит в напорный бассейн 9. Насос 10 смонтирован за сорозащитным устройством 3. Дно камеры 11 выполнено наклонным и соединяющимся со сбросным трубопроводом 12, на котором установлена задвижка 13, причём в днище предусмотрен люк с герметической крышкой 14.

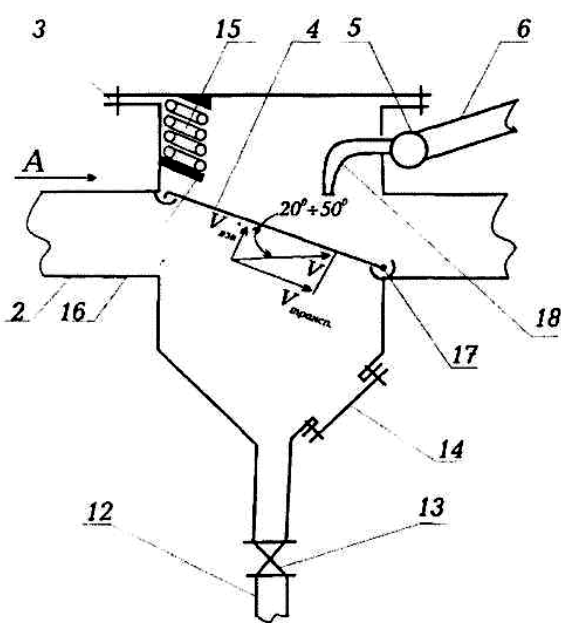
На рисунке 2 (фиг. 2) показана возвратная пружина 15 с концевым контактным устройством 16. Нижний конец решетки выполнен шарнирным 17, над ним расположены сопла 18 промывного устройства 5. На рисунке 2 (фиг. 3) показаны сопла 18. Засоренная вода из поверхностного источника 1 по всасывающей трубе 2 поступает в сорозащитное устройство 3 (по стрелке «А»). Плавающий и взвешенный мусор, находящийся в воде, транспортируется потоком вдоль решетки 4, расположенной под $\alpha = 20 \div 50^\circ$ к водотоку, и перемещается в её нижнюю часть. Намокший и набухший мусор тонет и скапливается внизу камеры, а частично застревает между стержнями в нижней части решетки 4. По мере забивания решетки 4 начинает расти взвешивающая V взв. составляющая скорости гидродинамических сил (см. разложение вектора V) и скоростной напор, соответственно сжатие струи (просветы между стержнями решетки 4). Промывная вода через сопла 18 смывает мусор с решетки, который вместе с выпавшим осадком уходит в сброс. В случае попадания в камеру крупных предметов предусмотрено их удаление через нижний люк 14. Выполнение верхнего конца решетки 4 не закрепленным жестко к камере приводит к вибрации стержней за счёт тур-

булентных завихрений при обтекании их потоком, что облегчает процесс перемещения сора к сбросу. Монтаж решетки в камере, а не в самой всасывающей трубе позволяет за счёт разницы скорости осаждать крупные взвешенные абразивные частицы, то есть создавать комбинированный эффект отстаивания и промывку наносов.

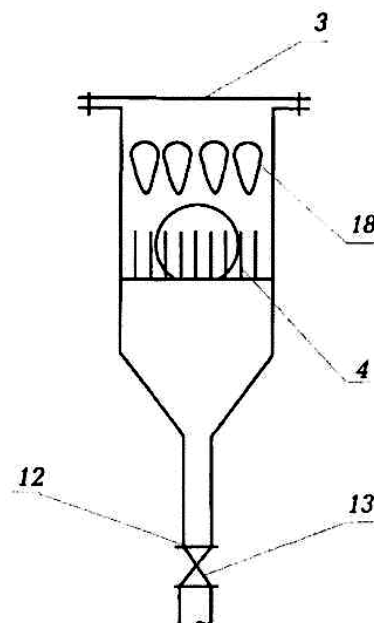
Применение решетки с шарнирным креплением позволит полностью автоматизировать процесс очистки воды от мусора и наносов без установки дополнительных приборов, измеряющих перепад уровней: дифференциальных манометров и т.д., причем очистка автоматически заканчивается после удаления осадка во время работы основного НА.



Фиг 1.



Фиг 2.



Фиг 3.

Рисунок 2 - Сорозащитное устройство с внутренней решеткой

Расположение решетки под острым углом $20 \div 50^\circ$, определенным при

лабораторных исследованиях, не только позволяет использовать энергию потока по 2-м направлениям: V трансп. – для очистки решетки самим водотоком, V взв. – для возможности автоматического начала и конца очистки в оптимальное время, но и даёт рациональное, компактное решение всего устройства, с целью защиты насоса от механических повреждений и износа трущихся поверхностей абразивными частицами (твердость по Моосу >5).

При водозаборах из открытых источников применение новых водоприёмных камер даёт значительную экономию капиталовложений и времени, и намного облегчает и удешевляет эксплуатацию.

Список использованных источников

1. Мухаммадиев М.М., Носиров Ф.Ж., Уришев Б.У. Повышение эффективности работы водоприёмных устройств насосных станций // Гидротехническое строительство. - Москва, - 2010. - №1. – С.11-13.

2. Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р. Сорозащитное устройство водозаборного сооружения // Патент Республики Узбекистан UZ FAP 00528, Бюл.№3, 2010.

УДК 627.15

РАЗРАБОТКА НОВЫХ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТВЕРДОГО И ЖИДКОГО СТОКА НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

А.О. Щербаков, С.С. Медведев

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

В настоящее время значительная часть гидромелиоративных систем пришла в упадок и требует существенной реконструкции и проведения ремонтно-восстановительных работ. Большинство водохранилищ и каналов оросительных систем ввиду отсутствия надлежащей эксплуатации заилились и не выполняют предназначенных для них функций. В тоже время для обеспечения надёжной эксплуатации гидромелиоративных систем требуется разработка новых подходов к регулированию жидкого и твёрдого стока как при водозаборе из рек в оросительные каналы, так и в системе самих каналов оросительной сети.

Разработка гидромелиоративных систем нового поколения, включающих достижения науки и техники последних лет, требуют особого внимания к решению вопросов обеспечения надёжности их работы в эксплуатационном режиме.

Одним из основных факторов, влияющих на надёжность работы мелиоративной системы, является поступление в неё части твёрдого стока реки-источника орошения. В условиях многофункциональной работы мелиоративной системы, связанной с графиком распределения жидкого стока по элементам оросительной сети и его изменениями в течение годового эксплуатационного цикла, рациональное распределение поступающего в водозабор твёрдого стока по элементам системы орошения в увязке с жидким стоком имеет определяющее значение в обеспечении надёжной работы всей

мелиоративной системы.

При проектировании новых и реконструкции действующих оросительных систем регулированию твёрдого стока и руслоформирующим процессам в гидротехнических элементах оросительной сети не оказывается должного внимания, что создаёт серьёзные проблемы для эксплуатационных организаций в процессе работы оросительных систем.

К таким проблемам относятся:

- деформации русла реки ниже водозабора из неё в магистральный канал, связанные с увеличением концентрации наносов в русловом потоке и изменением транспортирующей способности;

- заиление магистрального канала и развитие плановых деформаций его русла при избыточном поступлении твёрдого стока из реки в водозабор;

- размыв русла магистрального канала при дефиците твёрдого стока, поступающего в него из реки;

- заиление элементов распределительной сети, включая лотки, напорные и безнапорные водоводы, при избыточном поступлении в них твёрдого стока из магистрального канала;

- размыв русел распределительных каналов при дефиците мутности потока, поступающего в них из магистрального канала;

- разрушение кольматирующего слоя на размываемых участках русел и, как следствие, увеличение потерь воды на фильтрацию и необлицованных каналов;

- ряд других негативных факторов, обусловленных нерациональным делением твёрдого стока по элементам оросительной сети.

До настоящего времени не разработаны принципиальные технологические схемы комплекса гидротехнических сооружений гидромелиоративных систем при плотинном и бесплотинном водозаборе, включающие компоновку водозаборных узлов и рациональные схемы регулирования жидкого и твёрдого стока, обеспечивающие техническую и экологическую безопасность системы «водоисточник - гидромелиоративная система - водоприёмник».

В данной статье рассматривается способ регулирования твёрдого стока с применением прирусловых отстойников нового поколения с механизированной очисткой от наносных отложений и с регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов. До настоящего времени конструкции таких отстойников и методы их расчёта не разработаны. Основным принципом работы таких отстойников заключается в осаждении в них не транспортируемых в магистральном канале фракций наносов, для каждой из которых устанавливается своя длина осаждения, которая обеспечивается регулированием рабочей длины многосекционного отстойника. Особенно это важно при промывке верхнего бьефа наносоаккумулирующих водохранилищ с целью недопущения в реку ниже водозаборного узла не транспортируемых в реке фракций наносов. В статье рассматриваются также вопросы переноса и осаждения наносов различной крупности во взвешенном потоке.

Система регулирования при бесплотинном водозаборе

Бесплотинный водозаборный узел (рис. 1) включает следующие элементы:

- река - источник орошения;
- поверхностная струенаправляющая система М.В. Потапова (её расчёт и методика эксплуатации широко освещены в трудах М.В. Потапова, А.Г. Хачатряна, Х.Ш. Шапиро [1] и в данной работе не рассматриваются);
- подводящие каналы – отстойники;
- шлюз - регулятор стока. Конструктивное решение и размеры плотины принимаются в зависимости от объёмов забираемой в оросительную сеть воды и принятой системы осаждения не транспортируемых в магистральном канале наносов;

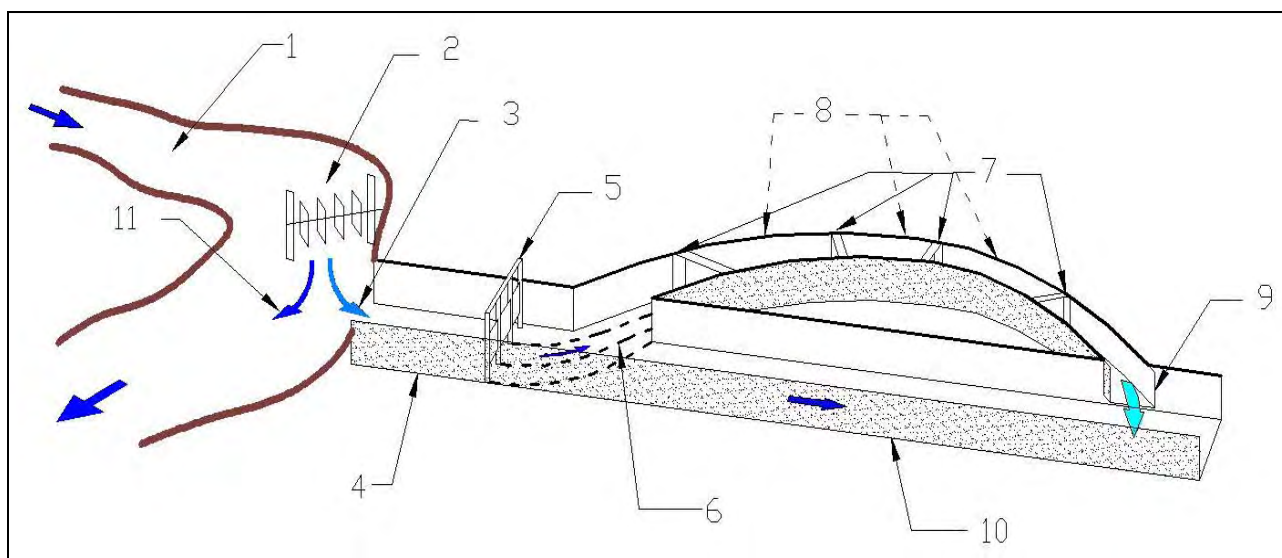


Рисунок 1 - Схема регулирования твердого стока при бесплотинном водозаборе:

1-река; 2-струенаправляющая установка системы М.В. Потапова; 3-поверхностные слои взвесенесущего потока; 4-головной отстойник; 5-шлюз-регулятор жидкого и твердого стока; 6-подводящие к отстойнику донные галереи; 7-донные переливные пороги с регулирующими щитами; 8-последовательно соединенные секции отстойника с регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов; 9-сбросной канал из отстойника с консольным водосбросом в конце; 10-магистральный канал; 11- придонные слои взвесенесущего потока

- прирусловой отстойник с механизированной очисткой и регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов (рис. 2). Конструкция отстойника, методика его расчёта и принцип работы рассмотрены ниже;

- магистральный канал. Методика расчёта параметров его динамически устойчивого русла и допустимых характеристик концентрации наносов различных фракций, соответствующих транспортирующей способности потока в канале, рассмотрены в работе С.С. Медведева [3];

- регуляторы стока при водозаборе в распределительные каналы;
- сеть распределительных каналов.

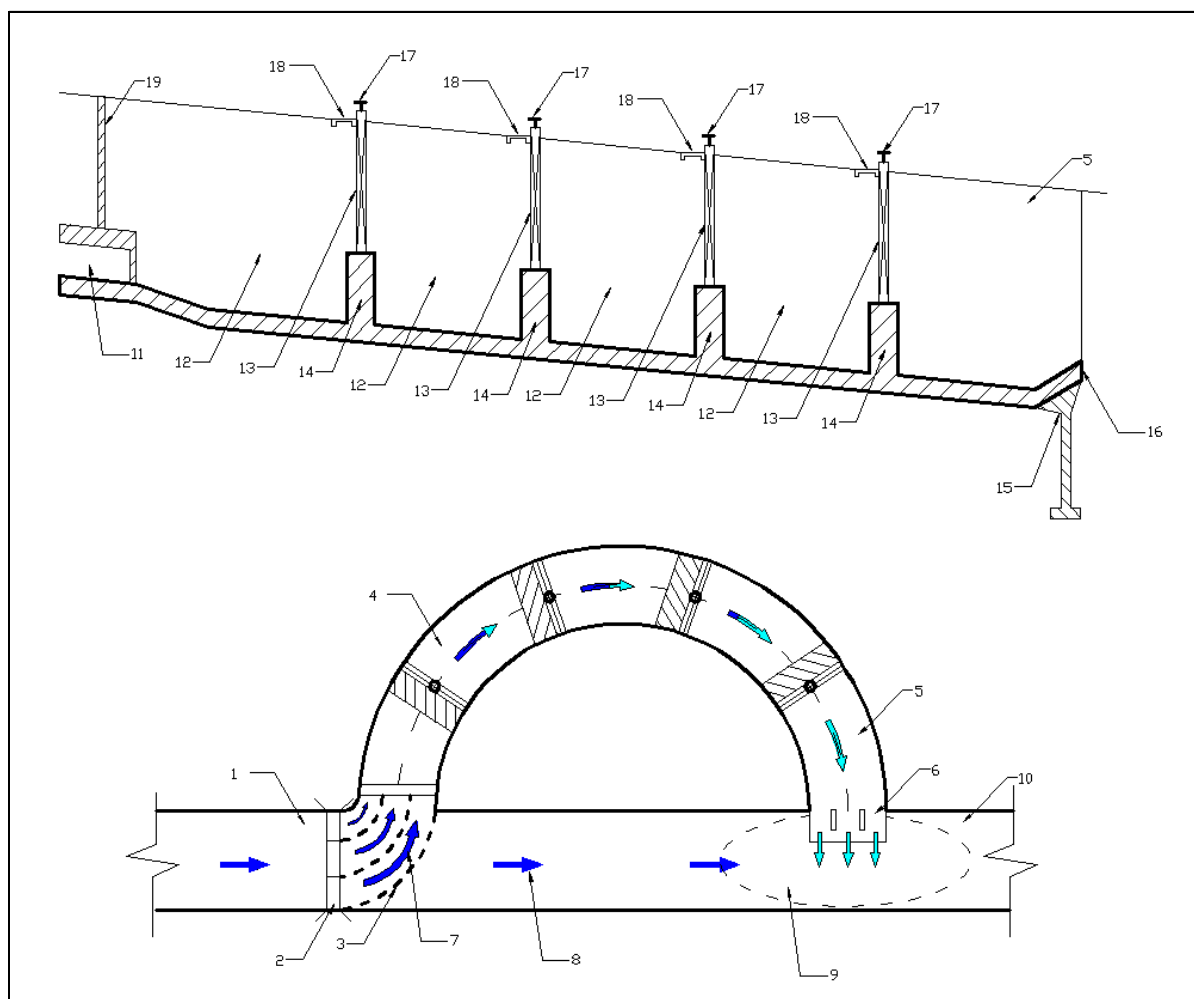


Рисунок 2 - Прирусловой отстойник с механизированной очисткой от наносов и регулируемой длиной:

1-головной отстойник; 2-шлюз-регулятор жидкого и твердого стока; 3-донные переливные пороги; 4-прирусловой отстойник; 5-сбросной канал из отстойника; 6-консольный водосброс; 7-придонные слои потока; 8-поверхностные слои потока; 9-зона перемешивания осветленного в отстойнике и взвесенесущего потока; 10-магистральный канал; 11-вход в отстойник; 12-наносоаккумулирующие секции; 13-переливные стенки; 14-щиты разделяющие секции отстойника; 15-опора консоли; 16-консольный водосброс; 17-механизм подъема щитов; 18-пешеходные мостики; 19-раздельная стенка на входе в отстойник

Регулирование твёрдого стока по предлагаемой технологии осуществляется следующим образом:

В русле реки - источнике орошения 1 монтируется поверхностная струенаправляющая система М.В. Потапова 2, создающая поперечную циркуляцию речного потока и расслаивающая его по глубине. При этом придонные слои 11, транспортирующие крупные фракции речных наносов, отклоняются от водозабора в речной поток, а поверхностные 3 с более мелкими наносами направляются в подводящий канал – головной отстойник 4, в котором осаждается большая часть донных и взвешенных наносов, поступающих из реки 1.

В дальнейшем осуществляется третий этап регулирования твёрдого

стока путём расслоения взвесенесущего потока по глубине на входе в магистральный канал 10 при помощи шлюза - регулятора 5, устанавливаемого в конце подводящего канала - отстойника 4, при этом придонные слои потока 6 с не транспортируемыми потоком в канале 10 наносами направляют через донные промывные галереи 3 и коллектор коробчатого типа 8 в прирусловой отстойник 4 с механизированной очисткой отложений и регулируемой длиной осаждения разнофракционных наносов. Верхние (поверхностные) слои потока, мутность которых в отношении отдельных фракций наносов не превышает величину транспортирующей способности потока в магистральном канале 10 в отношении этих фракций.

Применение данного комплекса сооружений позволяет защитить каналы оросительной системы и русло реки ниже водозабора от неблагоприятных деформаций (от заиления и размыва).

Осаждение наносов различной крупности в реках и каналах

В данном разделе представлены некоторые результаты лабораторных исследований переноса и осаждения взвеси, выполненных в гидротехнической лаборатории ВНИИГиМ на гидравлическом лотке с переменным уклоном [4].

Эксперименты проводились с использованием имитаторов речных наносов – мелких частиц бисерполистирола различной гидравлической крупности. Частицы подбирались таким образом, чтобы охватить широкий спектр наносов с динамической крупностью $W^*=W/U^*$ от 0 до 1,2 (W - гидравлическая крупность наносов, U^* - динамическая скорость потока). В процессе проведения лабораторных исследований посредством импульсной фотосъемки были получены треки частиц с координатной привязкой их положения относительно глубины потока. Всего было обработано 2500 протяженных траекторий длиной до 12 глубин потока (лагранжев эксперимент) и более 6000 коротких траекторий (эйлеров эксперимент).

На рисунках 3-6 представлены экспериментальные и расчетные данные по переносу и осаждению наносов различных фракций в открытом потоке.

Результаты экспериментов по распространению от источника потока частиц различной крупности для условий плоской задачи: скорости осаждения, значения величины дисперсии частиц в вертикальной плоскости как функции расстояния от источника, коэффициентов вертикальной диффузии частиц, формы распределения частиц по глубине потока, значения координат фронтов факела мутности в различных створах - послужили основой для составления методики расчета распространения мутности для условий полного отражения частиц от дна. Учет отложения наносов после контакта потока наносов с дном производится на основе результатов экспериментальных [6]

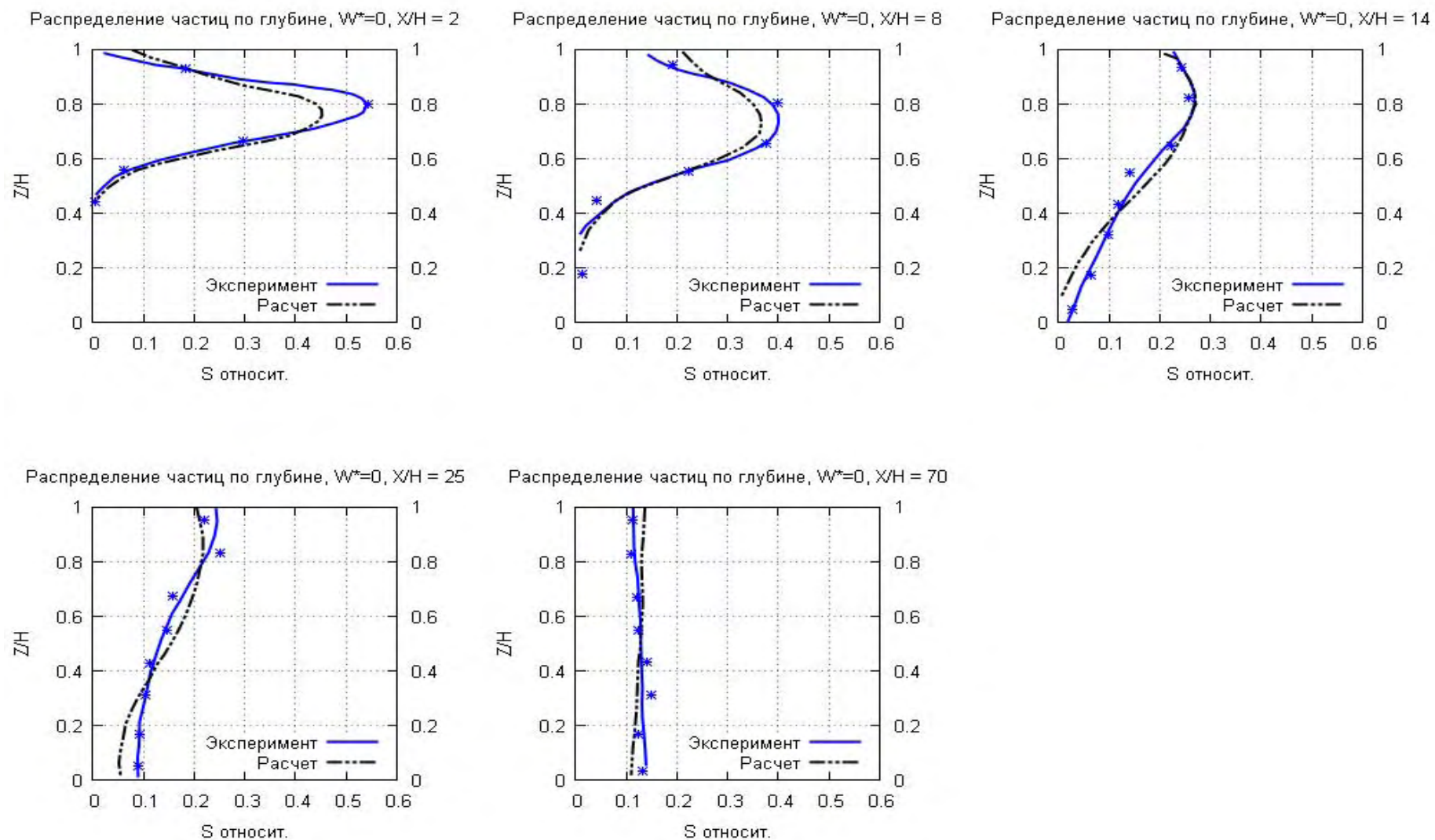


Рисунок 3 - Распределение частиц наносов по глубине потока при удалении от источника взвеси ($W^*=0$)

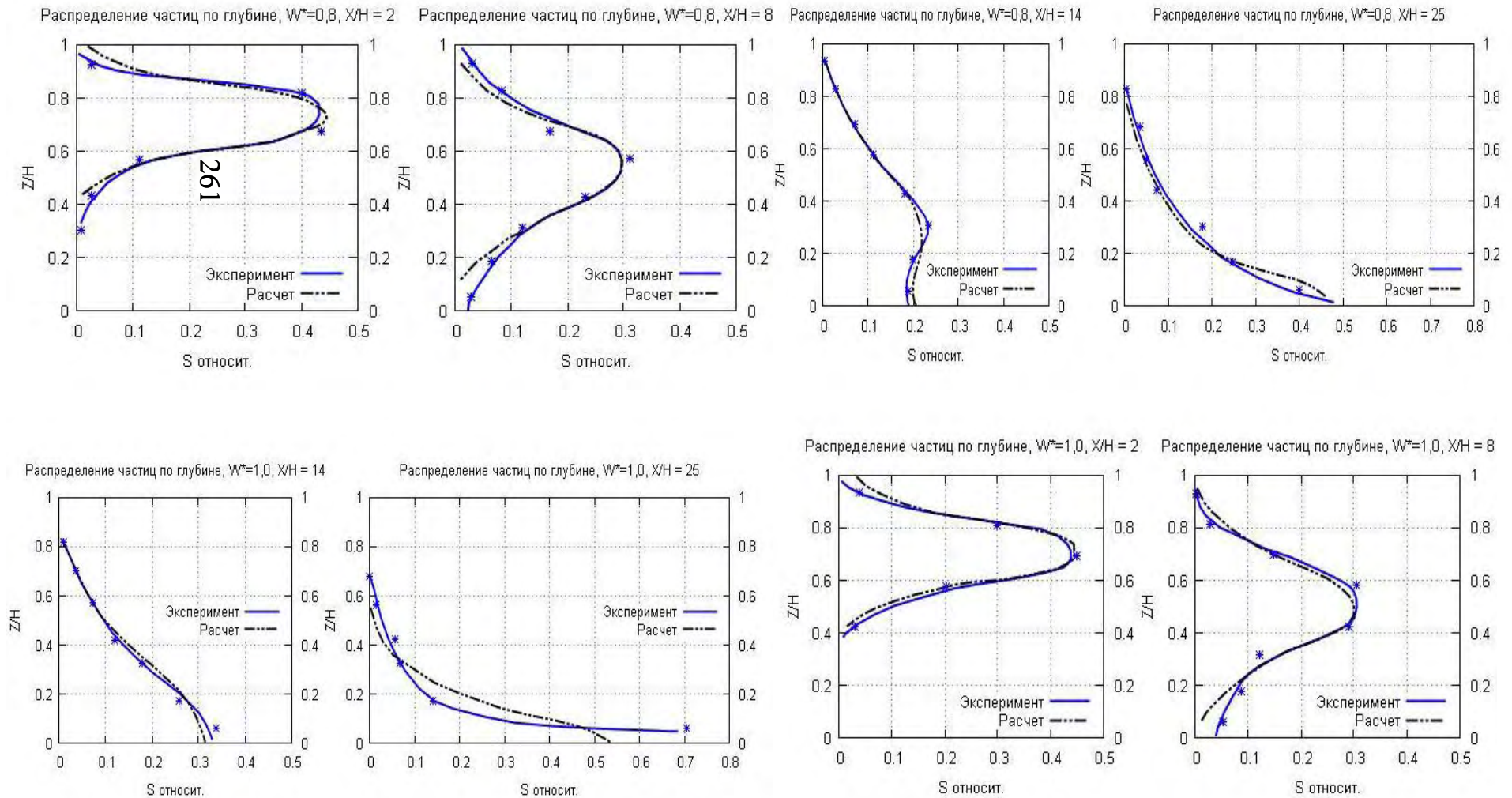


Рисунок 4 - Распределение частиц наночастиц различной крупности по глубине потока при удалении от источника взвеси ($W^*=0,8; 1,0$)

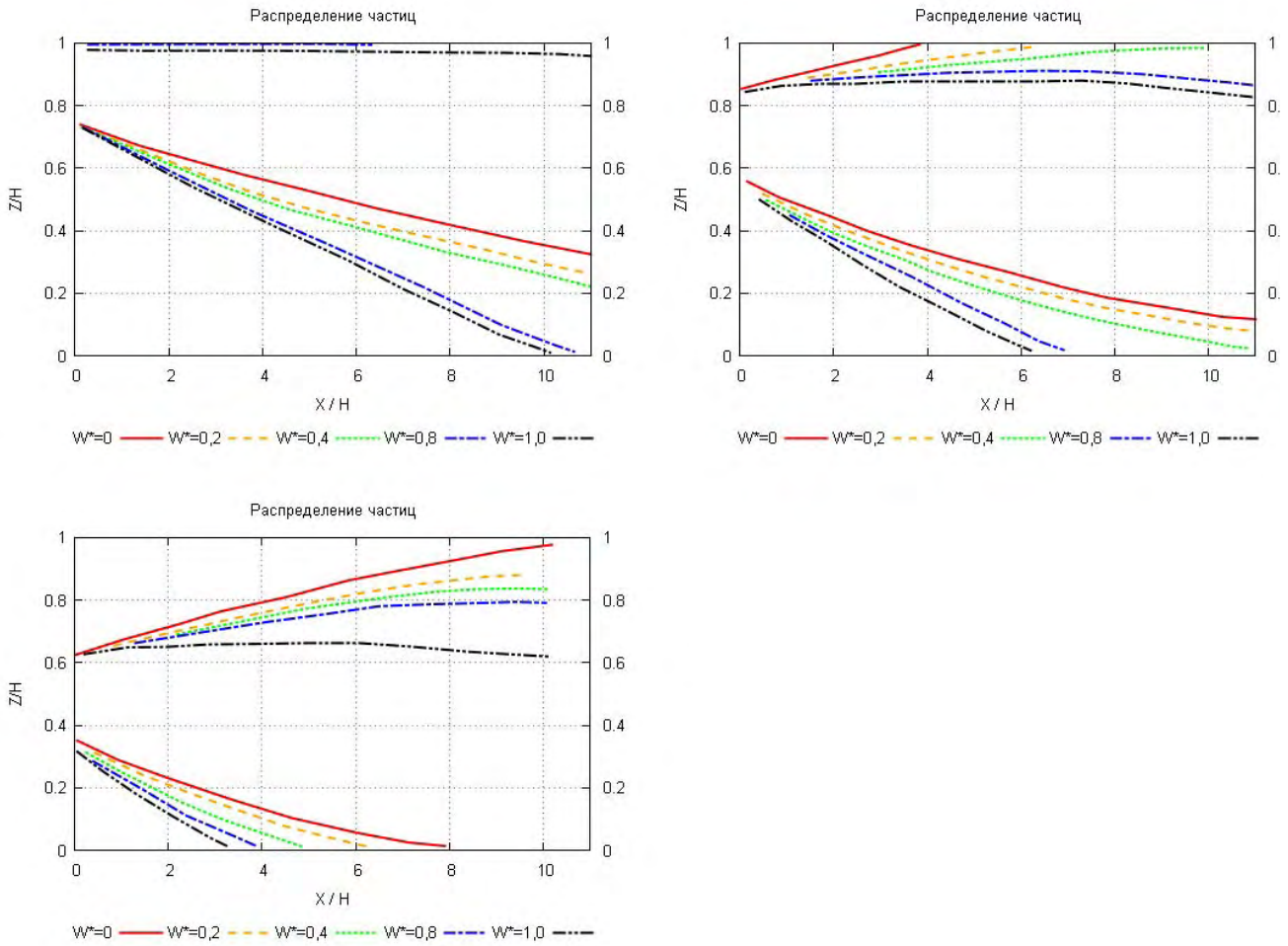


Рисунок 5 - Положение «фронтов» концентрации частиц различной крупности при выпуске взвеси с различного уровня

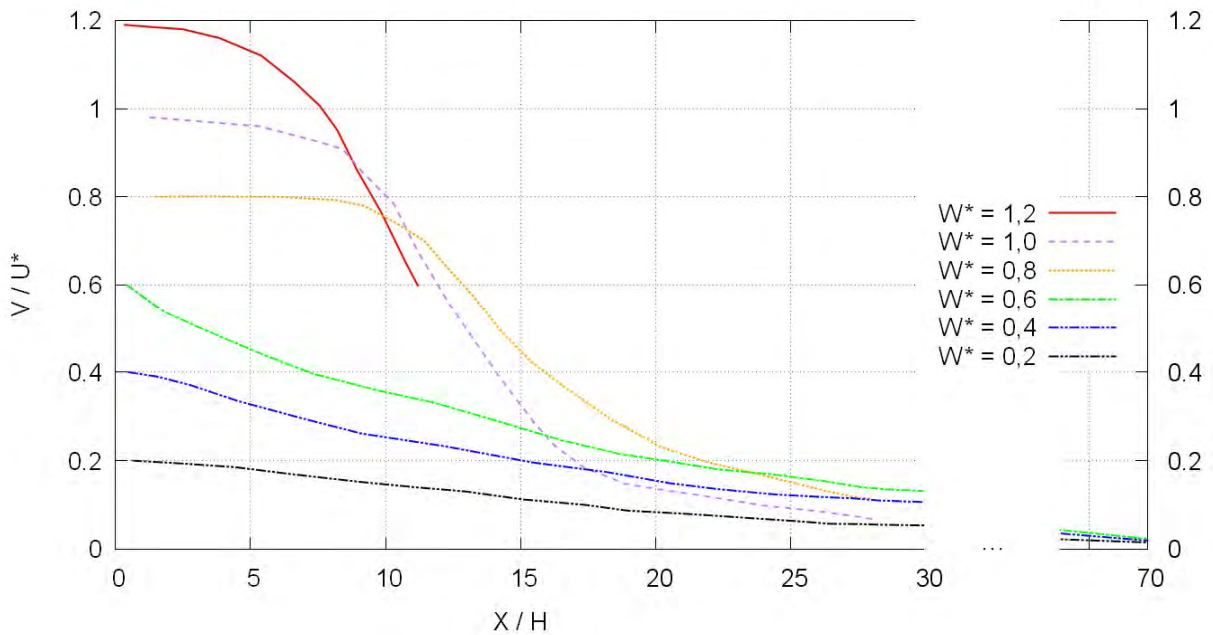


Рисунок 6 - Экспериментальные данные осаждения частиц различной крупности при удалении от источника

исследований [7], обработанных и проанализированных в работе [5], а также некоторых дополнительных предположений. На основе положений диффузионной теории и экспериментальных данных был разработан аналитический метод, который позволяет рассчитывать параметры многокамерных отстойников, концентрацию взвеси в заданной точке потока отдельно для каждой фракции наносов, а также мощность отложений наносов различной крупности в реках и каналах при поступлении в них избыточной мутности.

Положение створа начала осаждения (заиления) $X_{нач}$ для частиц наносов с $W_* < 0,4$ определяется по экспериментальной формуле:

$$X_{нач} = \frac{Z_{вып}}{0,8U_* + W_i} U$$

Положение створа максимального заиления $X_{макс}$ для частиц $W_* \geq 0,4$ определяется как:

$$X_{макс} = \frac{Z_{вып}}{W_i} U \quad \text{при } 0,4 \leq W_* \leq 0,8$$

$$X_{макс} = \frac{Z_{вып}}{0,9W_i} U \quad \text{при } 0,8 < W_* \leq 1,2$$

Z – вертикальная координата места поступления взвеси в поток;

$W_* = W/U_*$ - динамическая крупность наносов.

Список использованных источников

1. Медведев С.С. Лебедев Н.В., Фирсов А.В. «Регулирование жидкого и твёрдого стока в реке в районе водозабора» // Материалы международной конференции «Экологические проблемы мелиорации» М.: ВНИИГиМ, 2002.
2. Медведев С.С. Рациональное распределение твёрдого и жидкого стоков в элементах оросительной сети. //Ж. Вестник Россельхозакадемии, №3, 2006.
3. Шапиро Х.Ш. Регулирование твёрдого стока при водозаборе в оросительные системы. -М.: Колос,1983.
4. Щербаков А.О. Автореферат дисс. на соискание степени канд. техн. наук, М.,1989.
5. Вербицкий В.С., Кашин В.С. Кинематическая модель движения наносов. - Тр. 5 Всесоюзного гидролог. съезда.- Л.: Гидрометеиздат. т. 10. 1988.- с.12-22.
6. Щербаков А.О., Ермаков Г.Г. Метод пофракционного расчета распределения наносов в русловом потоке. //Мелиорация и водное хозяйство, М., №5, 2014.
7. Jobson H.E., Sayre W.W. Vertical transfer in open channel flow. Proc. of ASCE. Jour. of Hydr. Div. Vol. 96. No 3. 1970 - p.p. 703-724.

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

УДК 631.6

ПРИМЕНЕНИЕ КАНАЛООЧИСТИТЕЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДНА КАНАЛОВ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Х.А. Абдулмажидов, Н.К. Теловов

ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Г. Москва, Россия

В настоящее время в Российской Федерации отрасль по выпуску каналоочистительных машин функционирует слабо, если не сказать о полном ее отсутствии. Зачастую очистка тех немногих осушительных каналов, где очистка все еще проводится, да и оросительных сводится лишь к применению для очистных работ стандартных одноковшовых экскаваторов общестроительного назначения. Известно, что одноковшовые экскаваторы не являются машинами специального назначения, и качество очистки ими каналов не отвечает требованиям. При таком положении дел встает вопрос о создании новых каналоочистителей с пассивными и активными рабочими органами или применении модернизированных каналоочистительных машин, прототипы которых были созданы еще в советское время.

Перспективное направление развития технологий по очистке каналов заключается в комплексном использовании каналоочистителей с пассивными и активными рабочими органами. В такие комплексы могут входить машины типа МР-16, МР-7А, ЭМ-202 и ОП после их модернизации. Их сравнительные характеристики (табл. 1), дают представление о границах применения и о технологических возможностях каналоочистителей при обслуживании каналов с характерными естественно-производственными условиями. При очистке каналов приоритетными характеристиками являются не объемы, а качество очистки от наносов с учетом их крайне неравномерного распределения. В основном значительное количество наносов распределяются в устьях каналов, на соединениях одних типов осушительных каналов с другими.

Максимальная производительность каналоочистительных машин достигается при определенной оптимальной толщине слоя наносов. Так, для эффективной работы бокового драглайна, толщина наносов должна быть не менее 0,15 м; для каналоочистителей МР-16 и МР-7А - равной 0,4 м; для ЭМ-202 - не превышать 0,2 м. Кроме того, фрезерные каналоочистители требуют обязательного соответствия ширины очищаемого дна и диаметра фрезы, наличия воды в канале не более 15 см, отсутствия донной растительности. Каналоочиститель ЭМ-202 достигает максимальной производительности, когда его многоковшовый цепной рабочий орган очищает поверхность шириной до 2,0...2,5 м. При очистке дна канала шириной 0,4; 0,6 или

0,8 м производительность резко снижается. Очиститель откосов каналов с пассивным рабочим органом в виде отвала ПО-2 не получил широкого распространения из-за больших боковых тяговых сопротивлений, возникающих при работе машины. Использование бокового отвала приводит к уходу машины в сторону от оси канала, в связи с этим применялись специальные ножи и лыжи для удержания курсового направления.

Таблица 1- Сравнительные характеристики каналоочистителей с различными рабочими органами

Показатели	Марка машины			
	МР-16	МР-7А	ЭМ-202	ПО-2
Максимальная глубина канала, м	3,0	1,9	2,0	3,8
Максимальная ширина канала по верху, м	7,0	4,8	5,0	8,0
Максимальная ширина канала по дну при очистке за один проход, м	0,8	0,7	1,0	-
Максимальная толщина удаляемых наносов при очистке за один проход, см	40	40	20	25
Возможность очистки канала без воды	нет	нет	нет	есть
Максимально допустимый уровень воды в канале, см	20	15	20	20
Возможность очистки каналов с донной растительностью	ограничена	ограничена	ограничена	не ограничена
Возможность очистки каналов с донным креплением	нет	нет	нет	не ограничена
Размещение удаленного грунта	на берме и прилегающей площади			
Пересыпка грунта на откосы канала, %	до 30	до 15	до 5	нет
Подрезание откосов	есть	есть	есть	есть
Необходимость предварительной очистки дна каналов от посторонних предметов	требует предварительной очистки русла			не требует
Максимальные габариты удаляемых из канала предметов, м	0,15	0,15	0,18	0,2
Наличие устройства для обеспечения необходимого уклона дна	нет	нет	нет	нет

Виды эксплуатационных работ на осушительных системах предусматривают выполнение большого количества мероприятий, целью которых является поддержание сети в состоянии высокой эксплуатационной надежности. К примеру, в зоне повышенного увлажнения эффективность работы

мелиоративной системы в большей степени связана с состоянием открытой сети, ее способностью сбрасывать грунтовые и паводковые воды. При этом основное влияние на пропускную способность канала оказывает не только состояние его донной, как считалось ранее, но и состояние придонной части, т.е. прилежащих ко дну откосах. В действительности наносы, заиления и растительность распределены не только по дну. На пропускную способность каналов также влияет соответствие уровня и уклонов дна проектным значениям, извилистость русла, наличие размывов и обрушений, состояние креплений.

Принципиально отличающийся подход к решению проблемы механизированной очистки дна каналов был предпринят Отраслевой лабораторией Московского гидромелиоративного института еще в начале 80-х годов прошлого века. Здесь был создан каналочиститель РР-303 на базе трактора ДТ-75, рабочий орган, которого представляет собой жесткую направляющую балку с перемещающимся вдоль нее прямоугольным ковшом (рис. 1). Балка могла снабжаться дополнительно двумя сменными ковшами различной ширины. Причиной применения ковшей разной ширины (0,4; 0,6 и 0,8 м) явилось их соответствие ширине канала по дну. Очистку более широких каналов по дну планировалось проводить за несколько проходов машины. Для придания очищаемому дну канала требуемого уклона балка была снабжена двумя концевыми опорами с возможностью регулирования высоты. Также предусмотрена возможность изменения толщины снимаемых наносов. Сепарированный ковш позволяет производить очистку дна канала, заполненного водой, без снижения производительности. Ковш также снабжен подвижной стенкой для его принудительной разгрузки. Для соблюдения прямолинейности русла составная стрела каналочистителя снабжена механизмом выноса концевой опоры направляющей балки. Разгружаемые из ковша наносы падают на наклонный желоб, который в свою очередь удаляет их от канала. Каналочиститель может очищать сильно заросшее дно каналов, подрезать и удалять корневую систему растений.

Заложенные при создании данной машины принципы позволили получить при очистке прямолинейную, спланированную поверхность дна, по которому беспрепятственно осуществляется движение потока воды. Следовательно, до минимума сведена вероятность возникновения повторных размывов, отложения наносов, намыва гребней и растительных образований.

Экспериментальные исследования, проведенные на уменьшенной в 2,5 раза модели ковша каналочистителя РР-303 прямоугольного сечения, а также исследования работы ковша натуральной величины на грунтовом канале кафедры «Мелиоративные и строительные машины», выявили некоторые недостатки их работы. Было замечено, что при движении ковша прямолинейно срезается стружка определенной толщины, в то же время происходит подрезание прилежащих ко дну частей наносов, которые в свою очередь в зависимости от их состояния быстро сползают на дно. Это требует дополнительных проходов и снижает производительность машины.

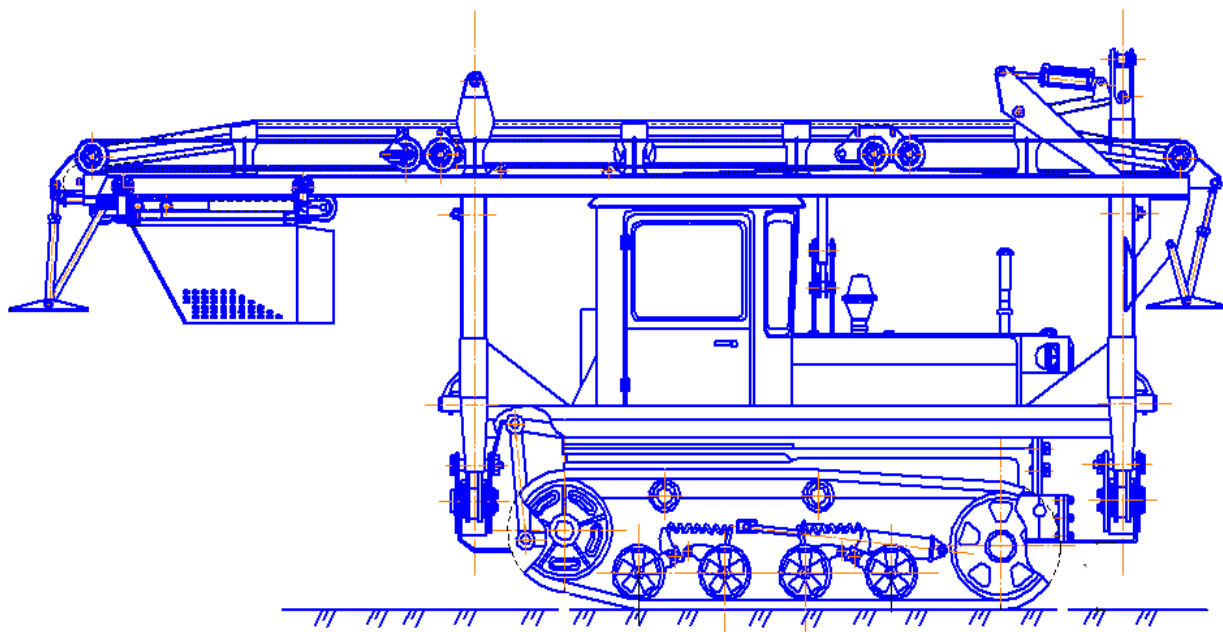


Рисунок 1 - Каналоочиститель РР-303

Изначально ковш прямоугольного профиля для каналоочистителя РР-303 был спроектирован для очистки закрепленного дна осушительных каналов (рис. 2). Однако, следует учитывать значительное количество и большую протяженность каналов с незакрепленным дном (рис. 3).



Рисунок 2 - Очищенный канал с закрепленным дном



Рисунок 3 - Очистка канала с незакрепленным дном
одноковшовыми экскаваторами

На основе проведенных экспериментальных исследований предложен новый ковш, защищенный патентом на изобретение №2500858. Ковш каналоочистителя [4], включающий днище, боковые стенки с режущими кромками и заднюю стенку, отличающийся тем, что боковые стенки соединены с днищем под углом 45° , образуя трапециевидальное сечение, копирующее дно и прилегающие к нему части откосов канала, боковые стенки и днище имеют заострение режущей кромки. Толщина боковых стенок и днища уменьшается по длине ковша. Такое решение позволяет уменьшить тяговые сопротивления, возникающие вследствие бокового трения стенок ковша о грунт. Применение нового ковша каналоочистителя обеспечивает очистку не только дна каналов трапециевидального профиля от наносов и заилений, но и прилегающих ко дну частей откосов (рис. 4).

Здесь также следует отметить, что предлагаемый ковш трапециевидального сечения не может очищать всю поверхность откосов осушительных каналов, в том числе от кустарниковой растительности. Отсутствие универсальной машины для полной очистки профиля осушительных каналов вызывает необходимость поиска новых технологических решений. Одним из таких решений является применение комплекса, включающего машину для очистки дна канала от наносов и машину для очистки откосов. Необходимо также решение вопроса организованной укладки и утилизации наносов и растительности.

В состав рекомендуемого комплекса может входить каналочиститель РР-303 с модернизированным рабочим органом предлагаемой конструкции.



Рисунок 4 - Модель ковша каналочистителя РР-303 с трапецеидальным сечением

Список использованных источников

3. Мелиоративные и строительные машины. Г.А. Рябов, И.И. Мер, Г.Т. Прудников. – М.: Колос, 1976. – 360 с.
4. Мелиоративные машины. / Под редакцией И.И. Мера. – М.: Колос 1980. – 351 с.
5. Техническая эксплуатация гидромелиоративных систем. Л.И. Бадаев, В.М. Донской – М.: Колос, 1992. – 270 с.
6. Патент РФ на изобретение № 2500858. Ковш каналочистителя / Абдулмажидов Х.А. Зарегистрирован 10.12.2013 г.

УДК 626 862. 2

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ УКЛАДКИ ДРЕНАЖА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Г.Х. Бедретдинов

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

По данным Министерства сельского хозяйства в России работы по восстановлению осушительных систем требуется провести на площади более 1,586 млн. га, в числе которых ремонт и восстановление коллекторно-дренажной сети составляет около 60% [1].

Традиционно восстановление работоспособности дренажной сети выполняется двумя методами: очисткой существующих или прокладкой новых дрен. Очистка дренажных труб выполняется в процессе эксплуатации осушенных земель. Это предотвращает полное заиливание и выход из строя дренажной системы. При высокой степени заиливания очистка выполняется с час-

тичным или полным вскрытием дрен, что равносильно строительству нового дренажа [2]. При очистке дрен из пластмассовых труб требуется проведение дополнительных работ по восстановлению их водоприемной способности. Сравнение стоимостных показателей процессов очистки и прокладки дренажа по действующим ведомственным нормам показывает, что при существующей степени заиливания дренажа наиболее выгодно прокладывать новые дрены.

Среди существующих способов укладки дренажа наиболее перспективным для восстановления осушительных систем является узкотраншейный способ строительства. Известно, что применение узкотраншейного способа, по сравнению с траншейным приводит к существенной экономии затрат на устройство дренажа. Однако с уменьшением ширины траншеи снижается водоприемная способность дрен, уменьшается междреннее расстояние и повышается удельная протяженность дренажа. В связи с этим возникает необходимость обоснования минимальной ширины траншеи и оценки её влияния на указанные параметры. Ширина отрываемой траншеи определяется по диаметру укладываемой дрены с учетом запаса на устройство дренажной обсыпки. Для укладки существующего размерного ряда дренажных труб расчеты ширины траншеи проводятся по их максимальному диаметру. По существующей технологии укладка дрен узкотраншейным способом выполняется в траншею шириной 250 мм. При данной ширине величина запаса на устройство дренажной обсыпки зависит от диаметра укладываемой дрены. С уменьшением диаметра дрены от 150 до 63 мм ширина от краев трубы до стенок траншеи увеличивается с 50 до 93 мм. Сравнение полученных значений с минимально допустимыми - 30...40 мм [3] показывает, что при укладке дрен малых диаметров расход фильтрующего материала за счет увеличения боковых запасов повышается 2,3 раза. Для ликвидации указанного недостатка рассмотрена возможность уменьшения ширины разрабатываемой траншеи. Расчеты показывают (рис. 1), что при уменьшении траншеи до 200 мм величины боковых запасов превышают допустимые значения при укладке труб диаметром до 120 мм. При укладке труб диаметром от 120 до 140 мм величины боковых запасов находятся в пределах минимально допустимых значений. При уменьшении ширины траншеи до 150 мм величины боковых запасов находятся в пределах минимально допустимых значений при укладке труб диаметром до 90 мм. При укладке труб диаметром выше 90 мм величины боковых запасов находятся в диапазоне ниже минимально допустимых значений.

Оценка узкотраншейных технологий показывает (табл.1) что наибольшие преимущества обеспечивает технология с шириной отрываемой траншеи 200 мм. Она охватывает почти полный диапазон диаметров укладываемых труб, обеспечивает снижение среднего объема дренажной обсыпки, а по ширине траншеи уравнивается с шириной щели, выполняемой при бестраншейной укладке дренажа.

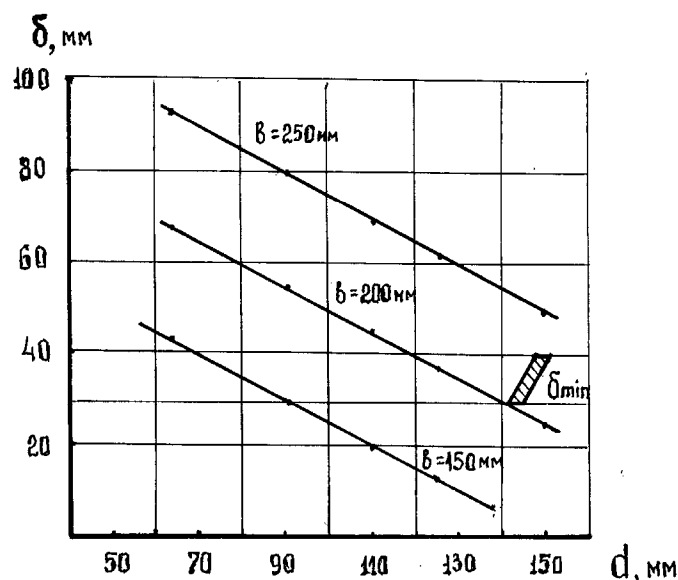


Рисунок 1 - Зависимости бокового запаса для устройства дренажной обсыпки (δ) от диаметра укладываемых дрен (d) при ширине траншеи (b)

Таблица 1 - Сравнительные показатели технологий укладки дренажа

Технологии	Ширина траншеи, мм	Диаметр укладываемых труб, мм	Среднее увеличение объема обсыпки, %	Возможности технологии по потребности в трубах, %
Существующая	250	до 150	89	100
Предлагаемая	200	до 140	38	99,7
Предлагаемая	150	до 90	0	93,5

Для оценки изменения водоприемной способности дрен в зависимости от ширины траншеи проведен расчет безразмерных фильтрационных сопротивлений Φ_i конструкции дрены, состоящей из пластмассовой трубы с синтетическим фильтром и дренажной обсыпкой. При этом в рассматриваемом случае ширина обсыпки определяется шириной дренажной траншеи b , а высота $h = D + 2\delta$, где D – наружный диаметр укладываемой дренажной трубы, м.; δ - минимально допустимая толщина дренажной обсыпки, м.

Величина безразмерных фильтрационных сопротивлений для пластмассовых труб с фильтром и дренажной обсыпкой [4].

$$\Phi_i = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3, \quad (1)$$

где Φ_1 – сопротивление области дренажной обсыпки, Φ_2 - сопротивление области дренажного фильтра, Φ_3 – сопротивление прохождению воды в отверстия дренажных труб.

Сопротивления $\Phi_{1,2}$

$$\Phi_{1,2} = \left(\frac{k}{k_\phi} - 1 \right) \ln \frac{D + 2\delta_1}{D}, \quad (2)$$

где: k_{ϕ} - коэффициент фильтрации материала обсыпки или фильтра, м/сут. δ_l - толщина стенок обсыпки или фильтра, м.

Безразмерные фильтрационные сопротивления прохождению воды в щелевые отверстия пластмассовых дренажных труб (А.И. Мурашко, В.Т. Климков)

$$\Phi_3 = \frac{2s}{nl} \ln \frac{1}{\sin \frac{nl}{2s} \theta}, \quad (3)$$

где s - шаг перфорации, м; n - число рядов перфорации; l - длина щелей, ; $\theta = \arcsin \frac{\tau_0}{D}$; τ_0 - ширина продольно-щелевой перфорации, м.

При наличии дренажной обсыпки толщина её стенок δ_o связана с параметрами траншеи зависимостью [4]

$$\delta_o = \frac{0,53(b+h) - D}{2} \quad (4)$$

где: b - ширина обсыпки, м, h - высота обсыпки, м.

С учетом принятого постоянным выражения $h=D+2\delta_l$, для рассматриваемой задачи

$$\delta_o = \frac{0,53(b + D + 2\delta_l) - D}{2} \quad (5)$$

Тогда суммарная величина безразмерных фильтрационных сопротивлений

$$\Phi_i = \left(\frac{k}{k_{\phi o}} - 1 \right) \ln \frac{0,53(b + D + 2\delta_l)}{D} + \left(\frac{k}{k_{\phi}} - 1 \right) \ln \frac{D + 2\delta}{D} + \frac{2s}{nl} \ln \frac{1}{\sin \frac{nl}{2s} \theta} \quad (6)$$

Расчеты показывают (табл.2), что снижение ширины траншеи с 0,5 до 0,25 м повышает величину суммарных безразмерных фильтрационных сопротивлений на 27,1 %, а с 0,5 до 0,2 м - на 34,5%. Снижение ширины траншеи с 0,25 до 0,2 м (переход к предлагаемой технологии) повышает указанную величину - на 5,8 %.

Таблица 2 - Расчетные значения безразмерных фильтрационных сопротивлений для пластмассовой дрены диаметром 63 мм

Ширина траншеи, м	Φ_1	Φ_2	Φ_3	$\Phi_i (\Sigma \Phi)$
0,20	- 0,95	- 0,0054	3,14	2,1846
0,25	- 1,07	- 0,0054	3,14	2,0646
0,30	-1,18	- 0,0054	3,14	1,9954
0,40	-1,36	- 0,0054	3,14	1,7746
0,50	-1,51	- 0,0054	3,14	1,6246

При известной величине фильтрационных сопротивлений приток воды на единицу длины дрены [4]

$$Q = \frac{2\pi k H_p}{\Phi_o + \Phi_i}, \quad (7)$$

где: k - коэффициент фильтрации грунта, м/сут; H_p - расчетный напор, м; Φ_o - безразмерные фильтрационные сопротивления «идеальной» дрены (полости в грунте), определяемые граничными условиями фильтрации; Φ_i - безразмерные фильтрационные сопротивления на несовершенство дренажа по характеру вскрытия пласта, зависящие от конструкции дренажных труб, параметров защитных фильтров и схем их укладки.

Расчетные значения притока воды к дрене по зависимости 7 при $k=0,2$ м/сут, $H_p=0,71$ м, $\Phi_o=1$, составляют $Q_{50} = 0,339$, $Q_{25} = 0,291$, $Q_{20} = 0,280$, ($м^3/м$). То есть уменьшение ширины траншеи с 0,50 до 0,25 м снижает приток воды к дрене на 14,1%, с 0,5 до 0,2 м – на 17,4 %, а с 0,25 до 0,2 м – на 3,8 %.

По данным (табл. 2) рассчитаны междренные расстояния при ширине выполняемых траншей 0,5 м и 0,2 м. Расчет выполнен для однослойного грунта. В результате установлено, что уменьшение ширины траншеи с 0,5 до 0,2 м снижает междренное расстояние на 8...10%.

Эффективность перехода от траншейного (ширина траншеи 0,5 м) к узкотраншейному способу (ширина 0,2 м) определяется по разности затрат за счет экономии материала дренажной обсыпки и дополнительных затрат, связанных с увеличением удельной протяженности дренажа.

При уменьшении ширины траншеи с 0,5 до 0,2 м экономия затрат на устройство обсыпки: $\Delta Z_o = (Q_{50} - Q_{20}) C_\phi L_{50}$. (8)

Дополнительные затраты за счет увеличения удельной протяженности дренажа: $\Delta Z_L = (Q_{20} C_\phi + C_T + C_{y20})(L_{20} - L_{50})$, (9)

где Q_{50} , Q_{20} - удельные расходы фильтрующего материала, $м^3$ на 1 м дрены, при ширине траншеи соответственно 0,5 и 0,2 м; C_ϕ - стоимость материала фильтрующей засыпки руб/ $м^3$; L_{50} L_{20} - удельная протяженность дренажа, м/га при ширине траншеи соответственно 0,5 и 0,2 м; C_T - стоимость дренажной трубы, руб/м; C_{y20} - стоимость укладки дрены руб/м при ширине траншеи 0,2 м.

Сомножитель $(L_{20} - L_{50})$ выражения 9 может быть представлен в виде $X L_{50}$, где X - увеличение удельной протяженности дренажа за счет снижения ширины траншеи с 0,5 до 0,2 м. Приравнявая выражения 8 и 9 можно найти предельную величину:

$$X = \frac{(Q_{50} - Q_{20}) C_\phi}{(Q_{20} C_\phi + C_T + C_{y20})}$$

определяющую область эффективного применения узкотраншейного способа строительства дренажа.

В рассматриваемом случае расчетные удельные расходы фильтрующего материала $Q_{50} = 0,0684$, $Q_{20} = 0,0255$ $м^3/м$. Стоимость подготовленной песчано-гравийной смеси $C_\phi = 1100$ руб/ $м^3$. Стоимость дренажной трубы диаметром 63 мм с защитным фильтром 110 руб/м. Стоимость укладки дре-

ны $1853 : 75 = 24,7$ руб/м, где 1853 руб/ч стоимость машино-часа, 75 м/ч – эксплуатационная производительность дренаукладчика. При указанных параметрах граничное значение повышения удельной протяженности дренажа $X = 0,29$ или 29 %.

Таким образом, укладка дренажа в траншею шириной 0,2 м обеспечивает положительную эффективность при увеличении удельной протяженности дрен до 29 %. Полученные расчетные значения повышения удельной протяженности дренажа на 8...10 % ниже предельной величины. При этом расчетный экономический эффект для условно взятого междреннего расстояния $L_{50} = 20$ м, составит $\mathcal{E} = 18876 - 6510 = 12366$ (руб/га).

Для восстановления дренажной сети на осушенных землях рекомендуются усовершенствованные технологии укладки дрен и закрытых собирателей. В предлагаемой технологии укладки дрен ширина отрываемой траншеи принята равной 200 мм. Разрабатываемый грунт укладывается на бровки траншеи и отделяется от нее с двух сторон вертикальными экранами (рис. 2). Высота экранов $h_{\mathcal{E}}$ принята равной 0,4 м. В процессе отсыпки верхняя часть призм отсыпаемого грунта, превышающая высоту экрана передвигается на внешние откосы насыпей горизонтальными шнеками.

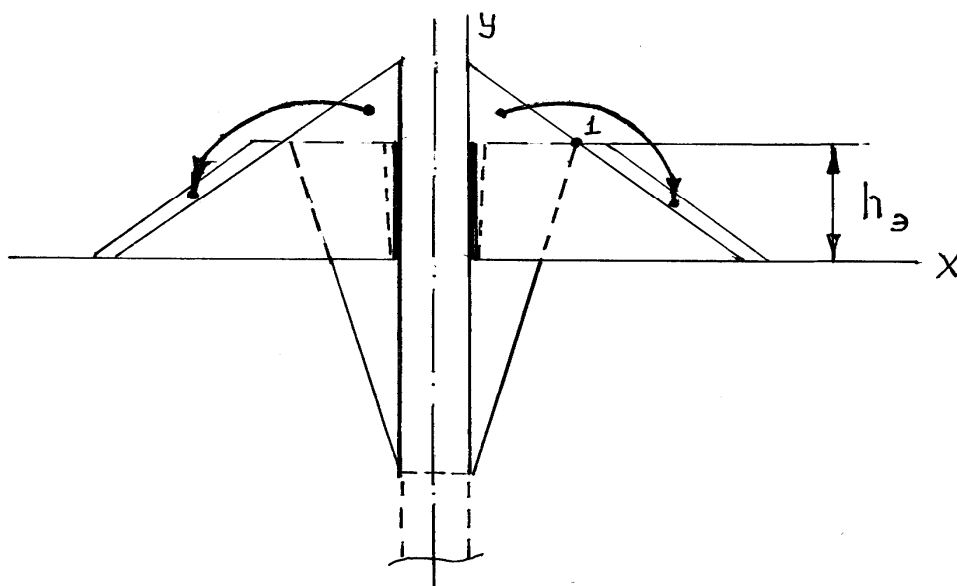


Рисунок 2 - Схема формирования грунта на бровках траншеи

Укладка дренажных труб выполняется на профильное основание, вырезаемое ниже дна отрываемой траншеи (рис. 3). Глубина профильного основания принимается равной ширине отрываемой траншеи. Такое соотношение обеспечивает минимальный объем работ и наилучшие условия для выполнения фильтрующей обсыпки. Для укладки на профильное основание предложена конструкция лемеха направляющей дренажной трубы (рис. 4). Лемех состоит из двух жестко соединенных между собой металлических труб разного диаметра. Меньшая секция предназначена для укладки труб малых диаметров, большая – для больших диаметров. Дренажная труба заправляется в соответствующую секцию, которая соединяется с направляю-

щей таким образом, чтобы рабочая секция была снизу. В нижней части рабочей секции устанавливаются сменные накладки, выполняющие профилирование поверхности нижней части отсыпки под диаметр укладываемой трубы.

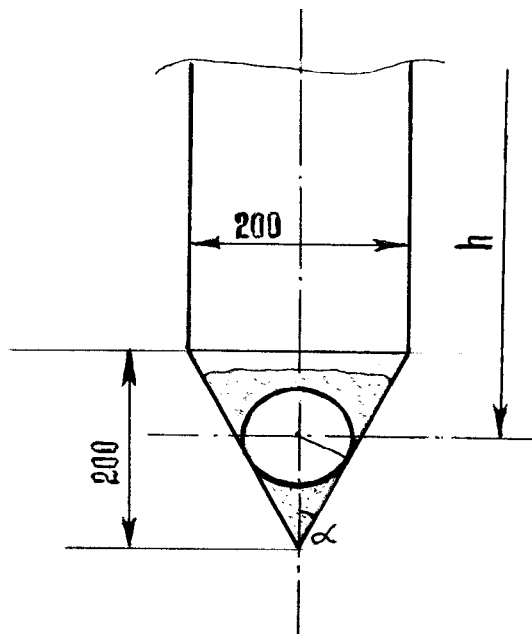


Рисунок 3 - Схема укладки грунта на профильное основание

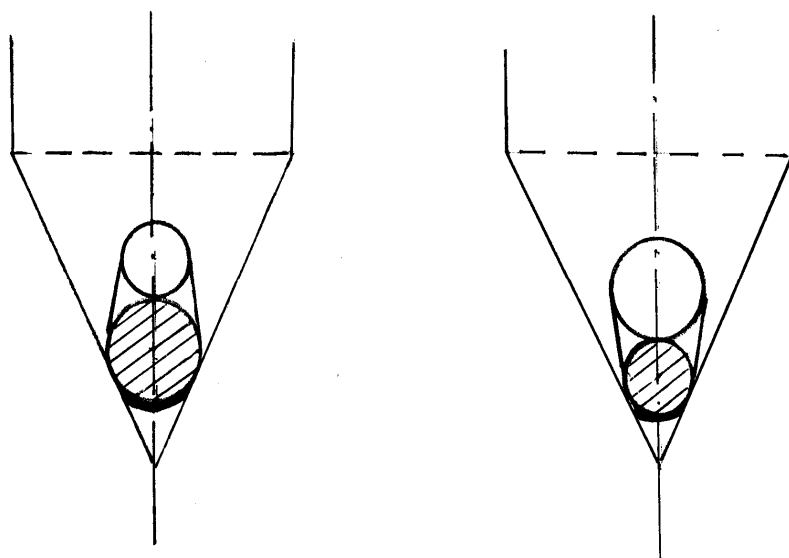


Рисунок 4 - Конструкция лемеха направляющей дренажной трубы

Технология устройства дренажной обсыпки (патент РФ № 2469149) включает: засыпку нижней части конусного углубления, профилирование поверхности засыпки под диаметр укладываемой трубы, укладку трубы и засыпку верха трубы (рис. 5). Предлагаемый способ позволяет выполнять дренажную обсыпку с минимальным расходом фильтрующего материала вне зависимости от диаметра укладываемых дрен.

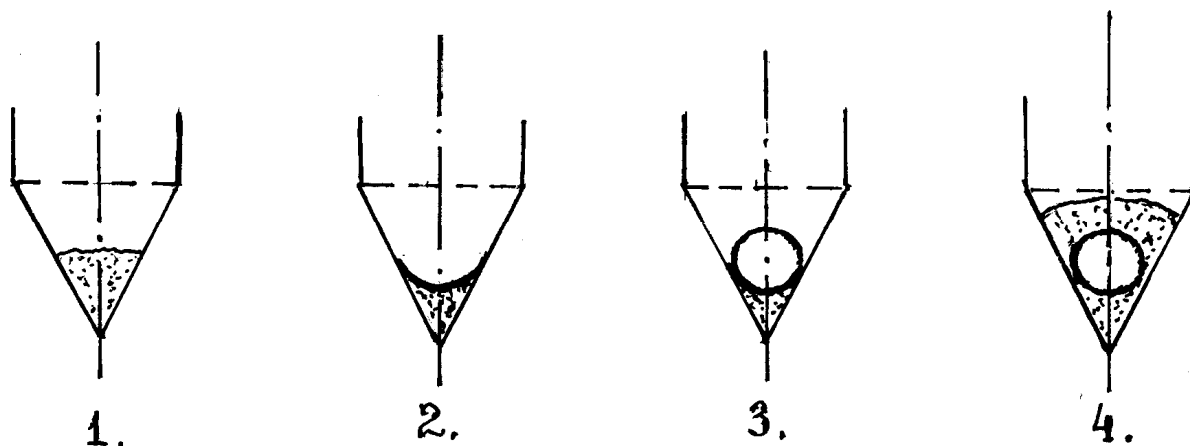


Рисунок 5 - Схема устройства дренажной обсыпки:

1- засыпка низа профильного основания; 2 - профилирование основания; 3 - укладка трубы; 4 - засыпка верха трубы

Обратная засыпка траншеи (патент РФ № 2469149) выполняется после укладки дренажной трубы и устройства обсыпки. С верхней части траншеи срезаются боковые призмы грунта, которым засыпается её нижняя часть. После засыпки нижней части траншеи постепенно снижается высота ограждающих экранов, и часть ранее отсыпанного на бровках грунта равномерно обрушается в воронку (рис. 6б). На заключительной стадии выполняется планировка поверхности над дренаем.

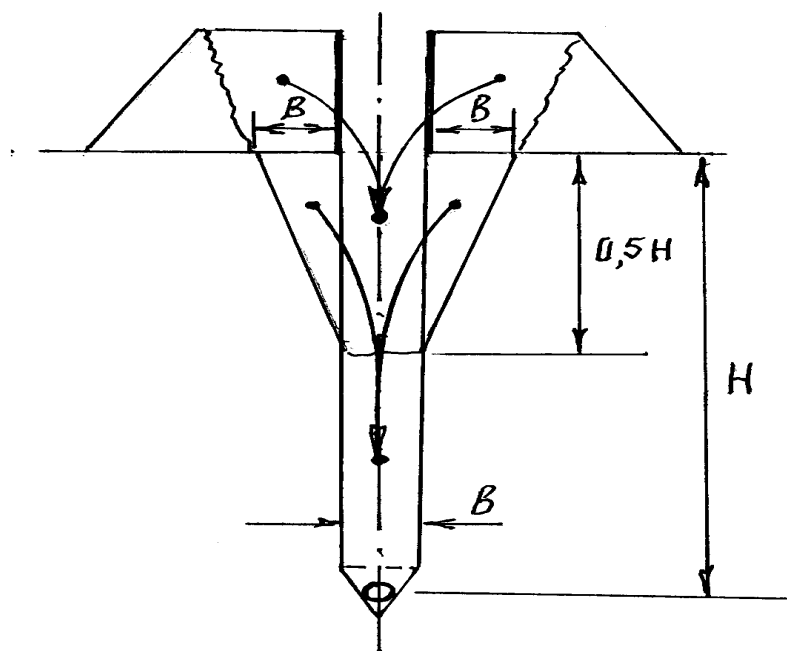


Рисунок 6 - Схема обратной засыпки узкой траншеи по новой технологии и рациональные параметры срезки боковых призм грунта

Предлагаемая технология укладки дрен позволяют выполнить более качественную обратную засыпку узкой траншеи. Технология укладки закрытых собирателей включает: отрывку траншеи с отсыпкой грунта на бровки, укладку дренажной трубы, засыпку траншеи фильтрующим материалом до основания пахотного горизонта, обратную засыпку верхней части траншеи

до уровня поверхности земли, разравнивание оставшегося грунта. В предлагаемой технологии ширина траншеи равна 200 мм.

Для создания условий связи дрены с поверхностью поля в верхней части выполняется воронка (рис. 7). Вынимаемый из траншеи грунт укладывается по обе стороны за бровки воронки горизонтальными шнеками. Укладка дренажных труб осуществляется на профильное основание, выполняемое зачистным ножом. Засыпка траншеи фильтрующим материалом выполняется после укладки дренажной трубы. Подача фильтрующего материала выполняется перегружателем в бункер дреноукладчика. Для снижения стоимости укладки предлагается добавлять в традиционную песчано-гравийную обсыпку измельченную щепу кустарниковой и кроновой части растительности (рис. 8). Обратная засыпка верха траншеи и разравнивание оставшегося грунта выполняется бульдозером.

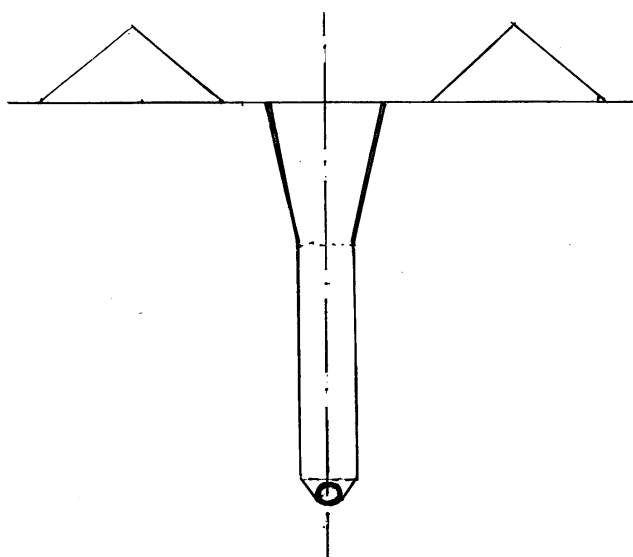


Рисунок 7 - Профиль траншеи для устройства закрытых собирателей

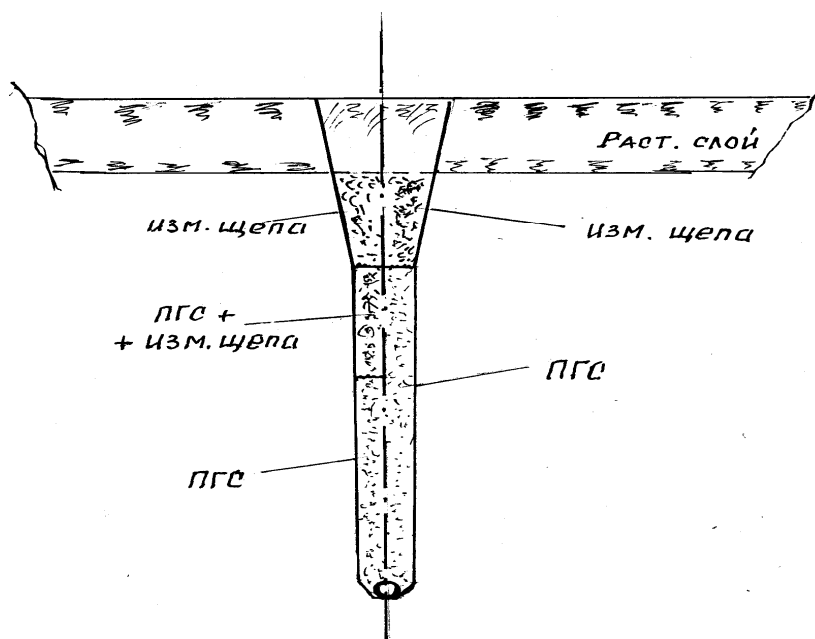


Рисунок 8 - Варианты конструкций закрытых собирателей

Для выполнения операций технологического процесса укладки дрен и закрытых собирателей предложены конструктивные элементы рабочего органа дреноукладчика (табл. 3).

Таблица 3 - Конструктивные элементы дреноукладчика для выполнения работ по предлагаемым технологиям

Технологическая операция	Выполняемые профили дрен	Конструктивные элементы машины
1. Отрывка траншеи	Траншея Воронка Профильное основание	Рабочая цепь Подрезной нож Сменные ножи
1. Отсыпка грунта	На бровки траншеи	Отбойная плита Экран Горизонтальные шнеки
3. Укладка дренажной трубы	На профильное основание	Лемех направляющей дренажной трубы
4. Устройство дренажной обсыпки	Дрены Закрытые собиратели	Дозаторы Перегружатель
5. Обратная засыпка траншеи	Дрены Закрытые собиратели	Подрезные ножи со шнеком Бульдозер

Предлагаемые технологии позволяют снизить объемы земляных работ, расход материалов и стоимость строительства дренажа.

Список использованных источников

1. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения на 03.12.2013 г., Минсельхоз России,- Департамент земельной политики, имущественных отношений и госсобственности, 2013, 64 с. (Электронный ресурс WWW. mcx.ru/doklad 2013 11 (2)).

2. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Колос», 1975. 416 с.

3. Бейлин Д.Х. Механизация дренажных работ. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1975. с. 180.

4. Справочник: Мелиорация и водное хозяйство. Осушение / Под ред. академика Б.С.Маслова. М.: "Ассоциация ЭкоСт", 2001. с 130.

УДК 631.31: 631.51: 631.587: 631.67: 62-51

ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ НА РИСОВЫХ ЧЕКАХ

А.Н. Ефремов

ОАО Инженерный центр «Луч», г. Москва, Россия

В последнее время появилось и успешно развивается новое направление в сельском хозяйстве – точное (точечное) земледелие как совокупность технологий, технических средств и систем принятия решений, направленных

на управление различными характеристиками почвы, влияющими на урожайность растений [1, 2, 3]. Появившиеся различные технологии и технические средства (системы позиционирования, автоматические пробоотборники, датчики, бортовые компьютеры, измерительные комплексы и приборы, мобильные информационные системы и пр.) позволяют осуществлять следующие действия:

- проводить точечное обследование характеристик почв;
- собирать, накапливать и анализировать полученные данные;
- составлять карты прогноза урожайности выращиваемых растений;
- вносить минеральные и органические удобрения, химические мелиоранты в каждое поле с учетом выявленной изменчивости его характеристик с целью получения максимальной урожайности, уменьшения загрязнения окружающей среды и выращивания экологически чистой продукции;
- внедрять и контролировать намеченные рекомендации;
- проводить дальнейший мониторинг характеристик поля.

Концепция точного земледелия также применима к планировке рисовых чеков, целью которой для данного этапа ее понимания является повышение урожайности риса, снижение расхода поливной воды и обоснование выбора типов землеройных машин и технологий планировки чеков, обеспечивающих наименьшие затраты.

Известно, что урожайность риса прямо пропорционально, а расход воды обратно пропорционально зависят от точности планировки чека, оцениваемой среднеквадратическими отклонениями поверхности рисовых чеков относительно ее средней плоскости. На чеках, спланированных с точностью ± 3 см землеройными машинами с лазерным управлением, достигается максимальная урожайность и минимальный расход воды, в то время как на чеках, которые не планировались в течение 10-20 лет, наибольшие отклонения достигают до 30 см и даже более, а урожайность и расход воды имеют худшие показатели. Поэтому главным требованием подъема уровня возделывания риса является точная планировка рисовых чеков землеройными машинами с лазерным управлением.

Многолетними исследованиями ИЦ «Луч» установлено, что после проведения точной планировки чеков с течением времени наблюдается деформация спланированной поверхности. Такие деформации и потери урожайности и поливной воды с годами постоянно возрастают после первого года эксплуатации, несмотря на последующую ежегодную планировку чеков, выполняемую длиннобазовыми планировщиками без лазерного управления. Остается неясным влияние различных факторов на такие деформации, что мешает установить четкие сроки или периодичность проведения планировочных работ для поддержания высокой урожайности и экономии воды. В идеале хозяйства должны проводить самостоятельно или с привлечением специальных организаций мониторинг данных о текущем состоянии микро-рельефа, урожайности и расходе воды, и сроках проведения планировочных работ.

Состояние микрорельефа чеков сегодня мало изучено, фактических данных о съемке микрорельефа недостаточно для проведения объективной оценки. Это не дает возможности прогнозировать урожайность риса и расход воды на ближайшие годы, рационально планировать закупку техники для проведения планировки чеков.

В связи с выше изложенным, наметим следующие задачи по реализации точного земледелия на рисовых чеках:

- собирать и хранить исходные данные о геодезических (съемка) и почвенно-грунтовых характеристиках рисовых чеков;
- создать компьютерную базу собранного массива данных;
- управлять процессом дальнейшего сбора, учета и обработки поступающей информации;
- составлять текущие прогнозы урожайности риса и расхода поливной воды на чеке, карте по отдельным хозяйствам, районам и в целом по краю на ближайшие годы;
- определять динамику деформаций поверхности чеков в зависимости от времени и других факторов и установить периодичность проведения планировочных работ;
- определять при съемке и хранить проектные отметки планировки рисовых чеков, обеспечивающие баланс земляных работ;
- обосновать выбор землеройно-планировочных машин, технологий планировочных работ и технико-экономических показателей, на основе полученных геодезических и почвенно-грунтовых характеристик рисовых чеков.

Для решения поставленных этих задач остановимся пока на следующих геодезических и почвенно-грунтовых характеристиках точного земледелия на рисовых чеках:

- микрорельеф рисовых чеков и его расчетные показатели (вертикальные отметки поверхности, проектная отметка средней плоскости, среднеквадратическое отклонение поверхности, толщины срезов и подсыпок грунта, объемы земляных работ, дальности возки грунта);
- группа и плотность грунта, определяющие трудность его разработки рабочими органами землеройных машин;
- влажность грунта, от которой зависят условия работы машин;
- толщина плодородного слоя почвы, устанавливающая вид планировки и технологию планировочных работ.

В процессе проведения исследований и углубления концепции точного земледелия на рисовых чеках к этим характеристикам будут добавляться другие, такие как физико-химические свойства грунта, количество внесенных на чеки удобрений и средств защиты растений, сорта риса и т.п.

Рассмотрим в отдельности предлагаемые в настоящее время методы и способы определения выбранных геодезических и почвенно-грунтовых характеристик рисовых чеков.

Площадь одного чека колеблется от 3 до 15 га и в большинстве составляет 6 га. Крупные хозяйства содержат 6 тыс. га, куда входит 1000 и более чеков. Если учесть, что общая площадь рисовых оросительных систем в Краснодарском крае составляла в 2014 г. 134 тыс. га и в последующие годы планируется довести их до 160 тыс. га, то количество чеков соответственно будет равно примерно 22-27 тысяч. В этом случае один чек можно рассматривать как «точку» рисовой оросительной системы, которая определяет в целом его состояние поверхности. Для обобщения требуемых данных и составления прогноза урожайности и расхода воды необходимо иметь достаточно большое количество таких точек. Поэтому выбираемые методы и способы определения характеристик чеков должны быть высокопроизводительными и сравнительно недорогими.

Таким требованиям отвечает способ вертикальной съемки поверхности рисового чека с применением автонивелира (АН-2 и АН-3), который дает возможность автоматизировать процесс нивелирования, повысить скорость и точность съемки и сократить количество обслуживающего персонала [4]. Хранящиеся данные съемки из пульта управления автонивелира передают в компьютер с программным обеспечением ПО ЧЕК, которое рассчитывает вышеперечисленные показатели микрорельефа, составляет картограммы планировки чека и делает прогноз урожайности риса и расхода поливной воды в зависимости от величин отклонений отметок рельефа чека от проектной плоскости.

Автонивелир АН-3 устанавливают на транспортном средстве (рис. 1). Он состоит из приемника, пульта управления, датчика пути и соединительных кабелей. Приемник выполнен из набора вертикально расположенных фотодиодов (матрицы) и неподвижно закрепляется на транспортном средстве. Пульт, расположенный в кабине трактора, служит для приема сигналов от приемника, их индикации и хранения. Принцип работы системы основан на определении относительно лазерной опорной плоскости вертикальных ординат приемника (по засветке лучом лазера фотодиодов), равных высотным отметкам съемки. В процессе движения транспортного средства данные съемки автоматически записываются и хранятся в пульте, куда одновременно передаются и записываются сигналы от датчика пути, установленного на колесе трактора. Вертикальную съемку на чеке осуществляют из стартовой точки путем прямолинейного перемещения транспортного средства по отмеченным трассам челночным способом.

Для повышения производительности автонивелира предусматривается использовать наземную аппаратуру типа «Агронавигатор» (EZ-Guide 250 фирмы Trimble), работающую со спутниковой системой навигации GPS (Global Positioning System-Глобальная Система Позиционирования) и ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система). Эти системы позиционирования определяют в любой момент времени и с достаточной точностью мобильные координаты местонахождения движущегося объекта, что

позволяет управлять его перемещением на поле по намеченным прямолинейным маршрутам.

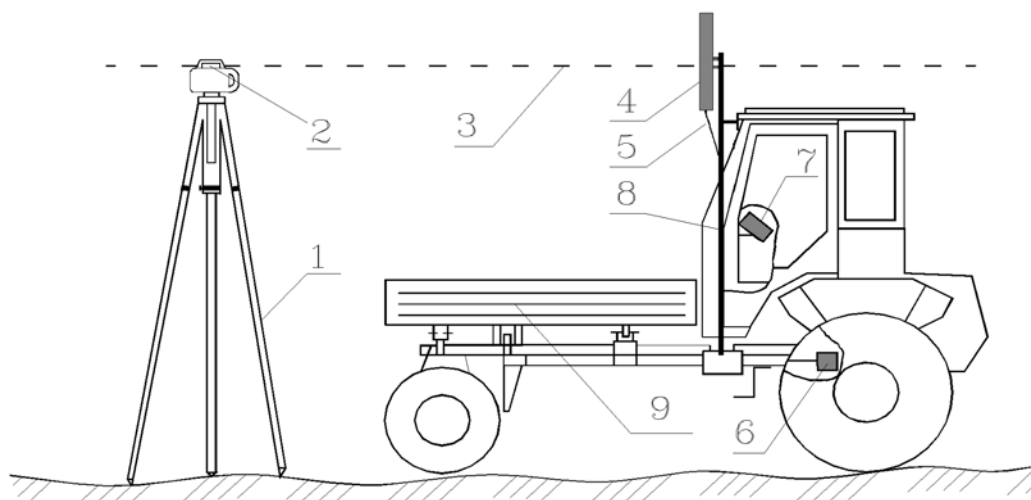


Рисунок 1 - Схема установки автонивелира АН-3:

1-штатив, 2-лазерный передатчик, 3-лазерная плоскость, 4-приемник, 5-кабель, 6-датчик пути, 7-пульт управления, 8-мачта крепления приемника, 9-транспортное средство (самоходное шасси)

Составленный проект (рисунки 2, 3) планировки чека используют для проведения планировки. Он также может служить в качестве паспорта рельефа чека и его следует хранить в базе данных хозяйства. По картограммам определяют объемы земляных работ на каждом чеке и среднюю дальность возки грунта, проектную урожайность и расход воды. Картограммы являются исполнительным документом для планировки чеков, по которому намечают маршруты движения машин с лазерным управлением [4].

КАРТОГРАММА МИКРОРЕЛЬЕФА ЧЕКА 5

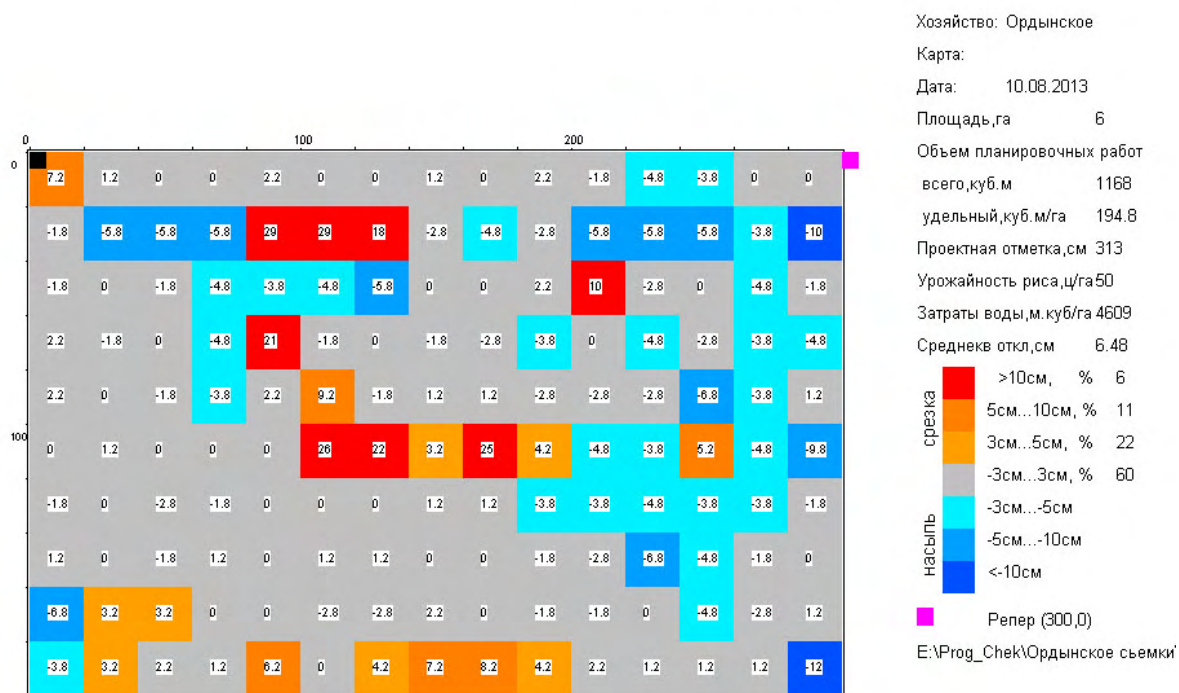


Рисунок 2– Картограмма проекта планировки чека

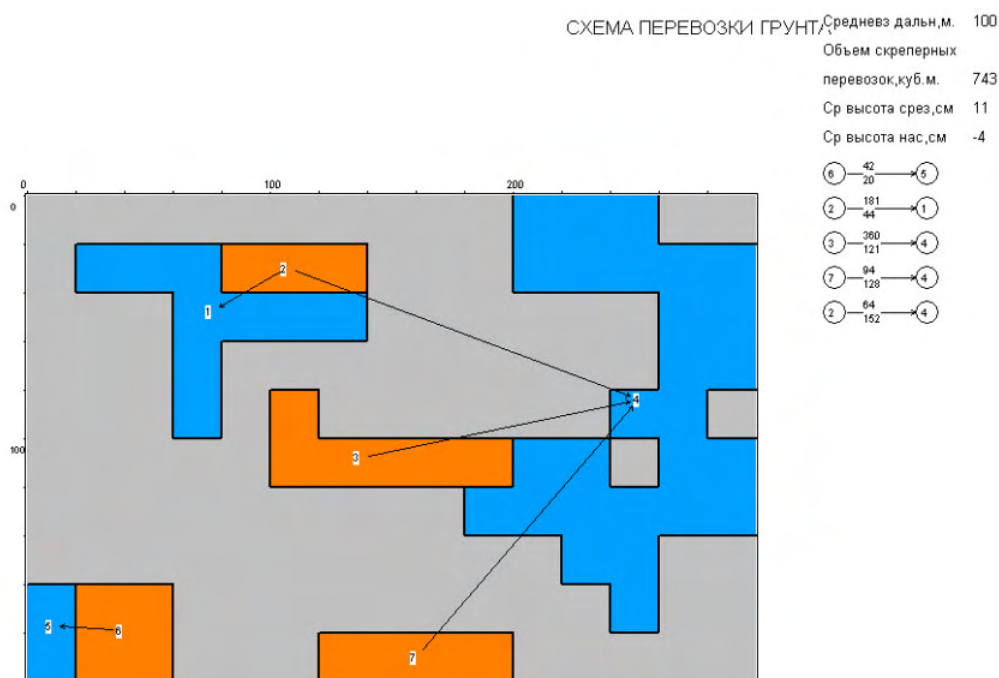


Рисунок 3– Схема возки грунта на чеке по проекту планировки

Помимо этого, проект планировки чека позволяет выбрать очередность планировки чеков исходя из худших показателей среднеквадратических отклонений. Планировка чека по проектной отметке наиболее эффективна, т.к. соблюдается баланс земляных работ, и землеройные машины перемещаются на чеке по оптимальным маршрутам с минимальным расходом горючего. Техничко-экономические показатели и стоимость планировочных работ можно рассчитывать по действующим нормативам в зависимости от установленных объемов земляных работ и средневзвешенной дальности возки грунта.

Для контроля точности и составления акта приемки спланированного чека также рекомендуется использовать автонивелир с программным обеспечением ПО ЧЕК. Сбор и обновление данных о микрорельефе на чеках с повторяющейся планировкой позволяет вести систематические наблюдения о деформациях поверхности чеков и давать предложения об их предотвращении или снижении в зависимости от выявленных причин и рекомендации о видах и сроках проведения планировочных работ.

Для обоснования выбора типов землеройных машин с лазерным управлением рассмотрим рисунок 4, где представлены зависимости удельных объемов земляных работ W и максимальных значений высот срезов H от среднеквадратических отклонений неровностей σ . Зависимости получены на основании анализа и обобщения картограмм рисовых чеков в различных хозяйствах Краснодарского края на общей площади 423 га [4].

Толщина срезки $H = 12$ см примерно соответствует объему земляных работ $W = 200$ м³/га и $\sigma = 5$ см (рис. 4). В этих условиях количество проходов скрепера, скрепера-планировщика или клин-планировщика, имеющих толщину срезки до 15 см, составляют не более 1. А количество проходов планировщика с бездонным ковшом – не более 2, т.к. он способен срезать

грунт толщиной до 7 см за 1 проход в грунтах 1 группы с влажностью до 20 %. Толщина срезки грунта скрепером 15 см ограничена конструктивными особенностями машины. Повышенная влажность грунта (до 30 %) при работе клин-планировщика объясняется особенностью резания клином, обеспечивающей свободный и быстрый сход грунта с его боковых поверхностей. Влажность грунта при использовании скрепера и скрепера-планировщика составляет 25 % за счет принудительной выгрузки грунта из ковша при помощи задней стенки и подвижного отвала.

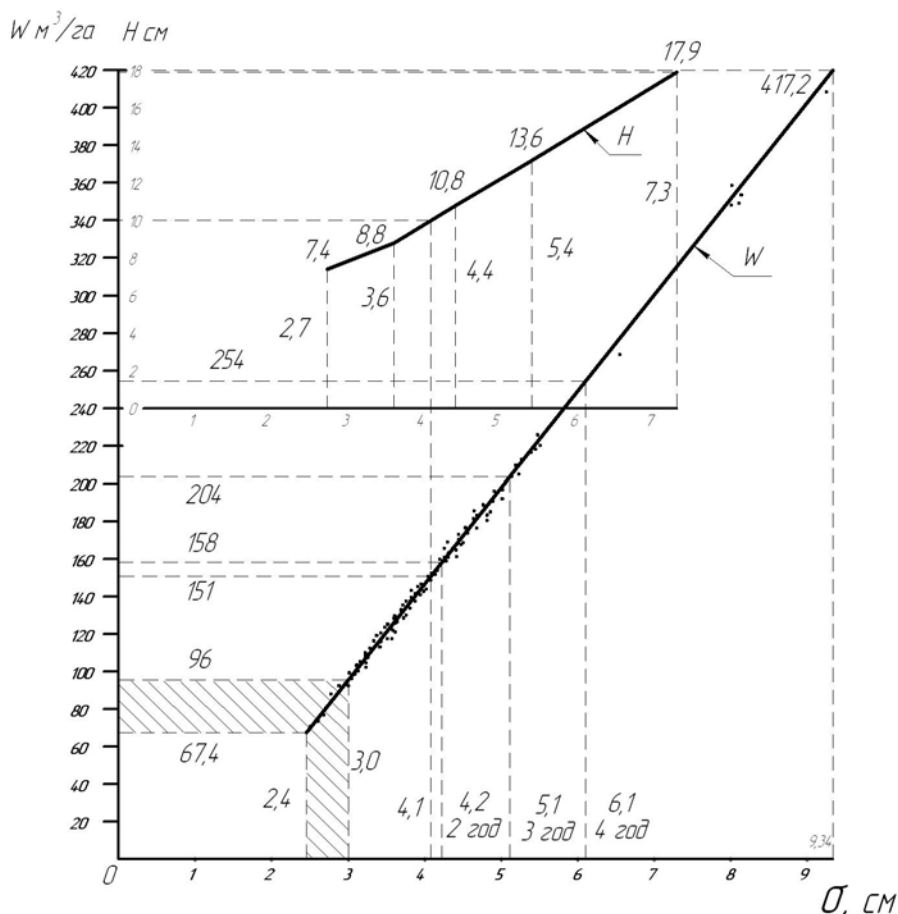


Рисунок 4 - Зависимости удельных объемов земляных работ W и высот срезов H от среднеквадратических отклонений σ

Из практики проведения планировки скреперами известно, что эффективность набора ковша грунтом зависит от толщины срезки. При движении скрепера вдоль мелких срезов происходит длительная и неполная загрузка ковша. Поэтому наиболее целесообразно использовать скрепер при толщине срезки более 12 см. С ростом толщины срезки пропорционально увеличиваются объемы земляных работ и количество проходов. Прицепной скрепер эффективно используют в грунтах 1-2 группы при дальности возки более 50 м.

На основании изложенного в таблице 1 представлено обоснование предварительного выбора типа землеройной машины с лазерным управлением для планировки земли.

Таблица 1 - Обоснование выбора типа землеройной машины с лазерным управлением

Критерии выбора							Тип машины с лазерным управлением
Средне-квадратические отклонения, σ , см	Максимальная толщина срезки, см		Количество проходов машины при максимальной срезке грунта на чеке	Объем земляных работ, W , м ³ /га	Группа грунта	Влажность грунта, %	
	на чеке, Н	машиной					
5-10	12-20	15	1-2 и более	200 - 420	1 - 2	до 25	Скрепер
до 5	до 12	15	1	до 200	1	до 30	Клин-планировщик
до 5	до 12	15	1	до 200	1	до 25	Скрепер-планировщик
до 5	до 12	7	2	до 200	1	до 20	Планировщик

Из почвенно-грунтовых характеристик рисового чека следует прежде всего выбрать плотность, влажность грунта и толщину плодородного слоя почвы. Известны различные методы измерений плотности грунта, по которой устанавливают его группу. Наиболее простым способом является определение плотности грунта при помощи плотномера (ударник ДОРНИИ). Этот способ можно применить точно в различных квадратах чека, что недостаточно для объективной оценки. По нашему мнению, сбор данных о плотности грунта лучше проводить, например, с помощью специального устройства путем непрерывного измерения осадки нагруженного колеса в грунте с дальнейшей передачей записанной информации в компьютер для обработки. Такое устройство будет прицепляться к транспортному средству автотрактора, а запись данных съемки и плотности грунта будет происходить одновременно.

Влажность грунта измеряют или методом высушивания отобранных образцов или при помощи влагомеров путем погружения в грунт специальных зондов с датчиками из нержавеющей стали. Такие приборы фиксируют изменения диэлектрической постоянной и трансформируют данные в электрический сигнал, пропорциональный содержанию влаги в почве. Второй метод более производителен. Однако оба метода позволяют определять влажность точно.

Толщину плодородного слоя почвы определяют путем бурения скважин или отрывки шурфов на глубину плодородного слоя в различных местах

чека. В зависимости от величины плодородного слоя назначают или кулисную планировку, предназначенную для сохранения маломощного плодородного слоя почвы, или бескулисную планировку, проводимую при толщине плодородного слоя больше величин максимальных срезов грунта.

Представляется перспективным использование автоматического пробоотборника Amity A 2450 (Fritzmeier) для взятия образцов почвы на поле, что позволяет в лабораторных условиях определять различные характеристики почвы, включая плотность, влажность и толщину плодородного слоя. Оборудование пробоотборника массой 100 кг смонтировано на тракторе. Время отбора одной пробы 10-12 сек, глубина 61 см, количество проб за один проход 25.

Описанные методы определения геодезических и почвенно-грунтовых характеристик нуждаются в совершенствовании и широкой апробации. Планируется провести теоретические и практические исследования точного земледелия на рисовых чеках и с этой целью необходимо поставить следующие первоочередные задачи:

- разработать программное обеспечение для определения плана расположения рисовых оросительных систем на основе данных съемки рисовых чеков;
- разработать программное обеспечение для составления паспортов рисовых чеков с геодезическими и почвенно-грунтовыми характеристиками;
- определить технологические показатели съемки чеков автонивелиром с аппаратурой типа «Навигатор»;
- разработать конструкцию устройства, смонтированную на транспортном средстве автонивелира, для непрерывного измерения плотности грунта и определить возможную зависимость между плотностью и влажностью грунта;
- выбрать и апробировать наиболее рациональный способ измерения влажности грунта и толщины плодородного слоя.

Выводы

1. Задачей точного земледелия в сельском хозяйстве и мелиорации является получение максимальной урожайности, уменьшения загрязнения окружающей среды и выращивания экологически чистой продукции на основе проведения обследования, сбора, накопления и анализа информации о различных характеристиках почв с целью их планомерного улучшения. Концепция точного земледелия также применима к планировке рисовых чеков и предусматривает повышение урожайности риса, снижение расхода поливной воды и обоснование выбора типов землеройных машин и технологий планировки чеков путем сбора, анализа и обобщения геодезических и почвенно-грунтовых характеристик чеков.

2. В настоящее время состояние микрорельефа чеков мало изучено, фактических данных о съемке микрорельефа недостаточно для проведения объективной оценки. Это не дает возможности прогнозировать урожайность

риса и расход воды на ближайшие годы, рационально выбирать и планировать закупку техники и сроки проведения планировочных работ. Поэтому возникает необходимость в массовом сборе информации по съемке чеков и на этой основе создать компьютерную базу данных микрорельефа чеков и систематически вести прогноз урожайности риса и расхода поливной воды.

3. Наиболее производительным способом вертикальной съемки микрорельефа рисовых чеков является применение автонивелира, что дает возможность автоматизировать процесс нивелирования, повысить скорость и точность съемки и сократить количество обслуживающего персонала. Данные съемки из пульта управления автонивелира передаются в компьютер с программным обеспечением ПО ЧЕК, которое позволяет определять расчетные показатели микрорельефа, составлять картограммы планировки чека и делать прогноз урожайности риса и расхода поливной воды. Сравнение проектов съемки различных чеков позволяет выбрать очередность планировки исходя из худших показателей среднеквадратических отклонений чеков.

4. Для контроля точности и составления акта приемки спланированного чека также рекомендуется использовать автонивелир с программным обеспечением ПО ЧЕК. Сбор и обновление данных о микрорельефе на чеках с повторяющейся планировкой позволяет вести систематические наблюдения о деформациях поверхности чеков и давать предложения об их предотвращении или снижении в зависимости от выявленных причин, а также рекомендации о видах и сроках проведения планировочных работ.

5. Планировка чека по проектной отметке наиболее эффективна, т.к. привязка проектной отметки к постоянному реперу позволяет многократно в течение ряда лет проводить планировку без проведения съемки. Кроме того в этом случае соблюдается баланс земляных работ, а землеройные машины перемещаются на чеке по оптимальным маршрутам с наименьшими затратами. Техничко-экономические показатели планировки можно рассчитывать в зависимости от установленных показателей проекта.

6. Намечены методы оценки плотности и влажности грунта и толщины плодородного слоя почвы. Предлагаемые методы определения геодезических и почвенно-грунтовых характеристик рисовых чеков дают достаточно ясную картину для выбора типа землеройно-планировочных машин и технологий планировочных работ. Поставлены первоочередные задачи по расширению возможностей программного обеспечения для составления паспортов чеков с геодезическими и почвенно-грунтовыми характеристиками, по дальнейшему совершенствованию технологии съемки с применением автонивелира и рациональному выбору методов измерений почвенно-грунтовых характеристик чеков.

Список использованных источников

1. Личман Г.И., Марченко Н.М., Дринча В.М. Основные принципы и перспективы применения точного земледелия. ГНУ ВИМ М., 2004, 81 стр.

2. Белавцева Т.М. Технологии точного земледелия, их перспективы и возможности использования на мелиоративных землях. Вопросы мелиорации № 1-2, ФГНУ «ЦНТИ «Мелиоводинформ», М., 2010, 60-71 стр.

3. Балабанов В.И., Березовский Е.В. Технологии точного земледелия и опыт их применения. Отраслевой журнал по спутниковой навигации. Глонасс, Вестник, № 1, М., 2011, 20-25 стр.

4. А.Н. Ефремов. Планировка земель с применением лазерных земель. М.: ООО «Литера-Принт», 2014-с.130.

УДК 631.6

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФЦП «РАЗВИТИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА 2014-2020 гг.»

Б.М. Кизяев, Н.Б. Мартынова

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

Глобальное потепление климата резко обостряет зависимость сельскохозяйственного производства от погодных условий и создает проблемы обеспечения продовольствием населения во всех странах мира. В таких условиях существенно возрастает роль мелиорации как основного инструмента для обеспечения продовольственной безопасности.

В России развитие мелиорации определялось перспективными планами развития страны, увязывалось с мощностями отечественного машиностроения и производства строительных материалов. Создание, производство и использование всей сельскохозяйственной техники, в том числе и мелиоративной, выполнялось в стране в соответствии с Системой Машин. Анализируя более чем полувековой период существования Системы Машин для комплексной механизации мелиоративных работ мы видим четкую динамику изменения номенклатуры мелиоративной техники в зависимости от программы, видов и объемов работ.

Если на первом этапе 1955-1965 гг. это были единицы машин (36 из них 5 новых), то после 1966 года номенклатура специальной техники выросла в десять раз и в последующие годы до 1990 гг. увеличивалась в среднем в 1,5-2 раза каждые 5 лет, а парк машин в мелиоративных организациях вырос от десятков машин до нескольких тысяч (рис. 1).

Развитие мелиорации земель РФ в переходный период к рыночной экономике существенно замедлилось. Мелиоративное состояние более чем 50% земель резко ухудшилось, повсеместно наблюдаются подъем уровня грунтовых вод, вторичное заболачивание, зарастание элементов открытой сети и сельскохозяйственных полей древесно-кустарниковой растительностью. Исходя из этого, приоритетные направления в мелиорации земель связаны с совершенствованием работ по эксплуатации мелиоративных систем, удалению древесно-кустарниковой растительности, реконструкции и строительству дренажа на мелиорированных землях и поливной техники.

Для обеспечения продовольственной безопасности страны актуальным стало восстановление мелиорированных земель и повышение их плодородия.

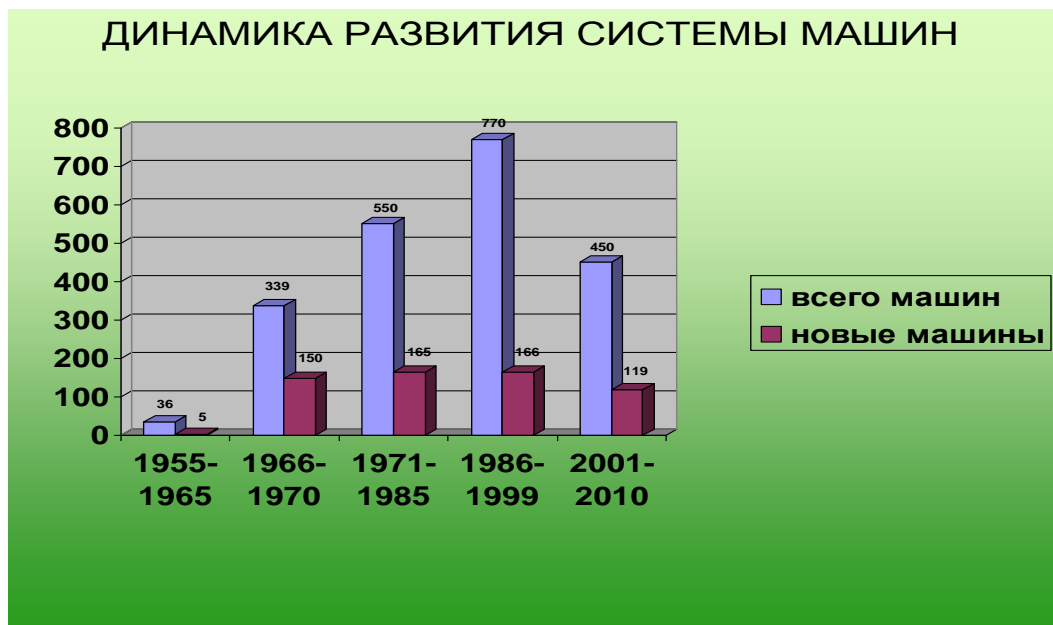


Рисунок 1 - Динамика развития системы машин

Для реализации ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на 2014-2020 гг.» ВНИИГиМ разработана система методов, технологий и средств механизации по восстановлению мелиоративных систем на малопродуктивных и деградированных землях.

Разработана схема восстановления осушительных систем. В предлагаемой схеме работы на поле выполняются безальтернативным методом, работы на сети и сооружениях двумя альтернативными методами: с ремонтом или строительством нового элемента. Объемы работ по восстановлению деградированных земель составляют 13...18%, осушительной коллекторно-дренажной сети - 75...82%, сооружений на сети - 5...7% от общего объема работ по осушительным системам. Разработаны усовершенствованные технологии, включающие работы по расчистке русл от древесно-кустарниковой растительности и ее утилизации.

Предложены технологии и средства механизации для выполнения работ по срезке и удалению растительности, очистке каналов от наносов с наличием корней и мелких древесных остатков. Предложено утилизацию мелкого кустарника и кроновой части деревьев выполнять на приканальной территории с измельчением на щепу и укладкой под основание пахотного горизонта с остатками травы и наносов. Предлагаемые технологии позволят ускорить процесс обезвоживания отвалов наносов и выполнить ремонт без нарушения работы магистрального канала.

Установлено, что наличие травянистой растительности повышает стоимость ремонта в 1,5 раза, мелкой древесной растительности – в 2,6 раза. Получены зависимости стоимости ремонта от величины слоя заиления и

рассчитаны стоимости прокладки нового русла канала при современном уровне цен. Установлено, что ремонт заросших и заиленных каналов целесообразно проводить при заилении каналов до 50% от их проектной глубины; при больших заилениях целесообразно прокладывать новое русло с ликвидацией старого канала. Получены корреляционные зависимости, устанавливающие взаимосвязи основных параметров с производительностью ведущих машин, позволяющие адаптировать существующие и перспективные машины к новым технологиям.

Установлено, что при восстановлении закрытой сети и максимальных заилениях наиболее целесообразно выполнять прокладку новых дрен. В результате исследований установлена возможность уменьшения ширины отрываемой траншеи при укладке дренажа узкотраншейным способом до 200 мм. Установлена рациональная глубина профильного основания, равная ширине траншеи, при которой обеспечиваются наиболее благоприятные условия для укладки существующего размерного ряда дренажных труб.

Представляют интерес для стран СНГ разработанные конструкции экскаваторов-дреноукладчиков ДУ-4003 (ВНИИГиМ) для зоны орошения и ЭТЦ-203 (Беларусь) для зоны осушения. Параметры экскаваторов-дреноукладчиков представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики экскаваторов-дреноукладчиков

№№ п/п	Наименование параметров	ЭТЦ-203	ДУ-4003
1.	Тип машины	Гусеничная, самоходная	Гусеничная, самоходная
2.	Мощность, кВт	60	220
3.	Глубина траншеи, м	до 2,0	до 4,0
4.	Ширина траншеи, м	0,4	0,4
5.	Диаметр дренажной трубы, мм	110	160
6.	Скорость передвижения: рабочая, м/ч транспортная, км/ч	14...590 до 4,7	50...500 до 2,5
7.	Масса, т	12	28

Разработана новая технология восстановления полей, покрытых кустарниковой растительностью с применением тяжелой дисковой борона БДМ-2,5. Проанализированы технологии освоения заочкаренных земель. Установлено, что применение фрезерных машин эффективно при удалении кочек высотой до 25 см, при более высоких кочках для полного их измельчения требуется от трех до пяти проходов машины.

Для ликвидации многопроходности предложена новая технология обработки земель, включающая измельчение верхней части кочек, укладку измельченной массы между кочками, уплотнение измельченной массы вместе

с кочками и запашку уплотненной массы в почву, и предложен технологический комплекс машин.

Разработанная система методов, технологий и средств механизации восстановления мелиоративных систем на малопродуктивных и деградированных землях обеспечивает увеличение производительности труда до 1,5 раз и позволяет снизить себестоимость восстановления проектных русел на 20...25%.

Выявлено, что основными подходами к управлению мелиоративными режимами орошаемых и осушаемых земель должны стать модели, учитывающие вещественно-энергетические потоки в открытых системах. Это позволит обеспечить регулирование энергетического ресурса почвы, минимизацию экологических нагрузок при проведении комплексных мелиораций, а также учесть возможное влияние изменения климата на изменение потребности в мелиоративных мероприятиях и антропогенную нагрузку. Основными компонентами энергетического потока в агроландшафте являются: солнечная энергия, энергия почвообразования, энергия химических связей органического вещества зеленых растений, аккумулирующих солнечную энергию в процессе фотосинтеза, и энергия химических связей органического и минерального вещества почвы.

При проведении мелиоративной деятельности в уравнение добавляется дополнительный член, включающий совокупную антропогенную энергию от проведения гидромелиорации, агротехнических мероприятий (использование сельскохозяйственной техники, удобрений, средств защиты растений и пр.) и других видов антропогенных воздействий, в том числе и загрязнений почвенного покрова. При этом структуру составляющих изменения внутренней энергии и энергетическое состояние мелиорированного объекта можно представить, как разницу между поступающей энергией и производимой системой работы.

Для совершенствования технических средств комбинированного малообъемного увлажнения для условий сухостепной зоны Европейской части России разработаны две стационарные комбинированные системы, позволяющие осуществлять одновременно два способа орошения (капельное и мелкодисперсное), обеспечивающие заданные водный, пищевой режимы почвы, температуру и влажность приземного слоя воздуха. Новизна разработок подтверждена 2 патентами РФ.

Разработан комплект чертежей, позволяющий изготовить принципиально новую систему орошения, не имеющую аналогов. За счет более экономного расходования водных ресурсов до 20% снижается антропогенная нагрузка на водные ресурсы и обеспечивается повышение урожайности при более точном регулировании водного режима почвы и влажности приземного слоя.

Разработана технология оперативного контроля работы дождевальной техники с использованием ГЛОНАСС/GPS приёмника, обеспечивающего

передачу информации на удалённый терминал или в сеть Интернет и узловых элементов технологии.

Подобраны основные элементы электротехнической части и разработан макет устройства, что позволяет вести дистанционный мониторинг позиции и гидравлического режима работы дождевальной техники.

Разработана методика формирования региональных схем обеспечения водными ресурсами оросительных мелиораций, согласованных с требованиями к структуре схем комплексного использования и охраны водных объектов с учетом стоимости мероприятий по их гарантированному водообеспечению и рациональному размещению объектов гидромелиорации в регионе.

В соответствии с технологической схемой управления водными ресурсами на принципах построения расчетов «по требованию» оросительных мелиораций, требований комплексного использования и охраны водных ресурсов, начиная от потребителя до водоисточника, возникает необходимость гарантированного водоресурсного обеспечения проектируемых, реконструируемых, строящихся и эксплуатируемых объектов АПК.

Для этого создается база данных гидромелиоративных систем, включающая их состояние, воздействие на окружающие территории; комплексную оценку стоимости ремонта и реконструкции ГМС региона, учитывающую как техническое состояние инфраструктуры (в том числе отдельных ГМС), так и эколого-мелиоративное состояние мелиорируемых земель ГМС; градацию гидромелиоративных систем региона по эффективности использования капитальных вложений в ремонт, реконструкцию и новое строительство; оптимизацию природных, экономических и экологических показателей ГМС путем применения информационных технологий; определение показателей забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов (водоисточников) для нужд гидромелиоративных систем, сброса сточных вод; составление прогноза водоресурсного обеспечения гидромелиоративных систем на срок до 5 лет.

Предложена вариантная оценка доступности водных ресурсов для земель, нуждающихся в орошении/осушении (или иного водопотребителя АПК), по которой решающее значение может иметь величина энергетических затрат на доставку воды к месту локализации гидромелиоративной системы. Данный показатель должен связывать параметры источника водных ресурсов (геодезические отметки, объем допустимого изъятия воды из источника, продолжительность работы транспортирующей системы в течение года), положение места водовыдела (геодезические отметки, расстояние от водоисточника до точки водовыдела). Использование математического моделирования и ГИС-технологий определило методику описания математических моделей, алгоритма формирования региональных схем водоресурсного обеспечения оросительных мелиораций.

Заключение. Разработанные ВНИИГиМ инновационные технологии реконструкции систем и повышения плодородия мелиорированных земель

позволят повысить продуктивность сельхозугодий, обеспечат значительный рост производства сельхозпродукции и будут способствовать успешной реализации задач Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на 2014-2020 гг.» для обеспечения продовольственной безопасности страны.

УДК 631.01.020.05.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ПОЧВЕННОЙ ЭРОЗИЕЙ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СНЕГОТАЯНИЯ

Н.Б. Мартынова

ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Результаты исследований и практика свидетельствуют о том, что рациональное использование зимних осадков - одно из основных условий борьбы с засухой и важный резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур в районах недостаточного и неустойчивого увлажнения.

На территории европейской части Российской Федерации доля зимних осадков составляет 30-50 % от среднегодового их количества. Однако использование этой влаги не превышает 20 %. С одной стороны, эта влага не используется в сельскохозяйственном освоении территории, с другой стороны, интенсивное снеготаяние приводит к водной эрозии - смыванию плодородного слоя грунта талыми водами.

В лесостепных районах Западной Сибири, Поволжья, Центрально-Черноземной зоны запасы влаги в метровом слое почвы за счет снегозадержания к моменту посева яровых культур (апрель-май) можно повысить в 1,5-2 раза [1].

Противоэрозионные мероприятия включают снегозадержание, то есть увеличение периода снеготаяния, что позволит уменьшить поверхностный сток грунтовых вод и, следовательно, предотвратить размыв почвы. Снегозадержание проводится методом валкования – укатывания снежной массы в плотные валки, что значительно замедляет скорость таяния снега. Таким образом, снижается опасность вымерзания посевов озимых и тем самым повышаются почвозащитные свойства растительного покрова.

В районах, подверженных водной и ветровой эрозии, для уменьшения стока воды и повышения впитывания влаги искусственно удлиняют периоды таяния снега или ускоряют оттаивание почвы на полях. Для этого создают валы из снега, уплотняют его катками, разбрасывают по поверхности золу, торф, землю. Валы из снега высотой до 60 см образуют снегопахом-валкователем СВУ-2,6 (рис. 1). Высоту снежного вала регулируют перемещением отвалов 5 относительно полозков 6. Машина агрегируется с тракторами класса 30-50 кН.

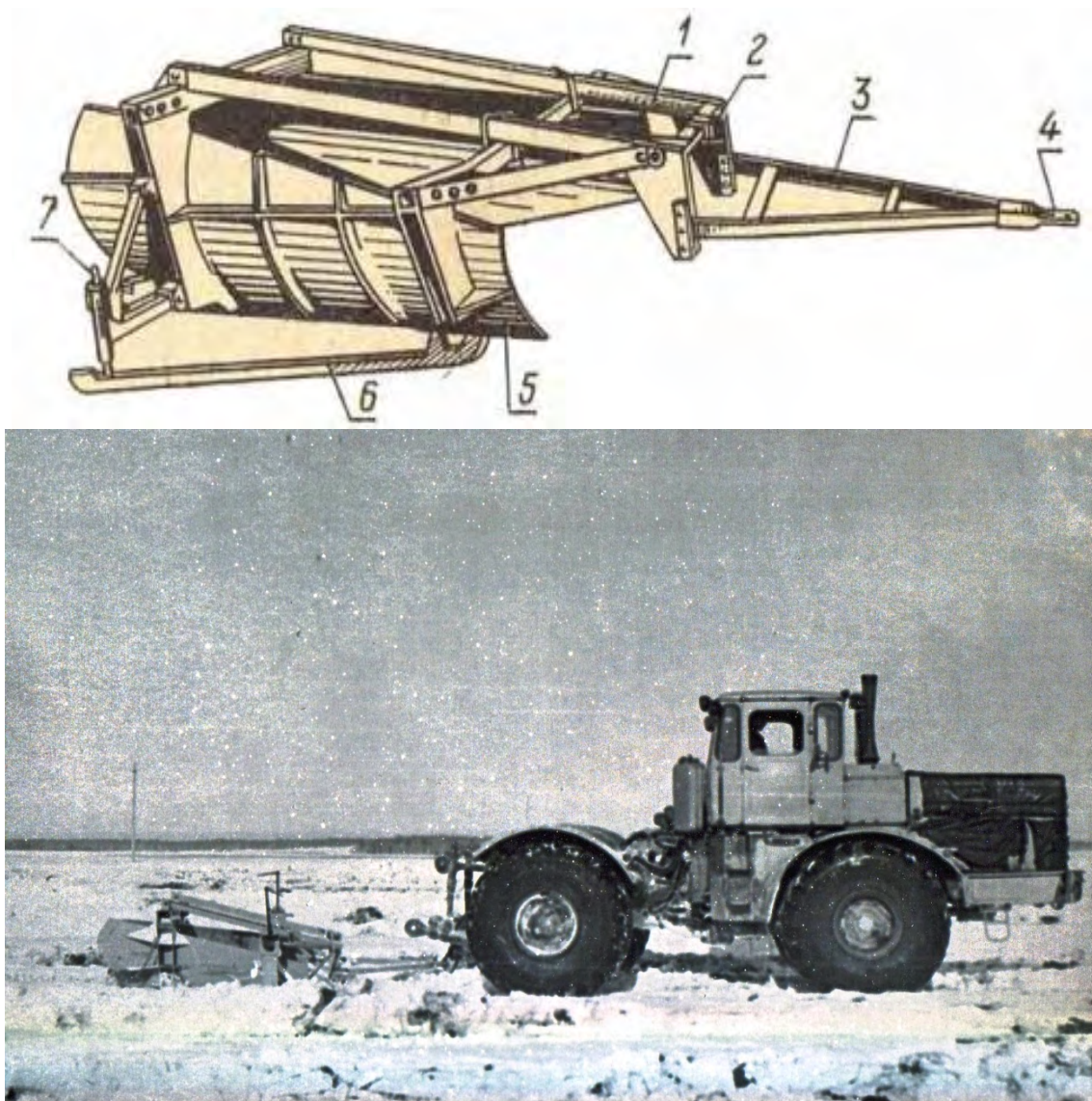


Рисунок 1 - Снегопах-валкователь СВУ-2,6:

1 - рама; 2 - рейка; 3 - тяга; 4 - прицепная серьга; 5 - отвал; 6 - полозки; 7 - регулировочный винт

Работа агрегата осуществляется поперек склона по челночной схеме с образованием валов через 5, 10, 15 или 20 м, в зависимости от крутизны. При крутизне 2-3° расстояние между валами устанавливают 10-15 м, на более крутых склонах чаще. Вали снега располагают поперек господствующих ветров или перекрестно на расстоянии 5-10 м друг от друга. Снегозадержание проводят сразу после выпадения первого снега. Так как земля еще не промерзла, то в случае оттепели талая вода полностью впитывается в почву. На полях с небольшим уклоном для уменьшения стока воды между полосами прикатывают снег тракторными катками. Если уклон поля большой, то снег прикатывают перекрестно.

К противоэрозионным мероприятиям относится также зачернение поверхности снега, например, разбрасыванием торфа. Если совместить зачернение поверхности с валкованием снега, можно повысить влагозарядку поч-

вы и существенно снизить почвенную эрозию. Сущность мероприятий по предотвращению водной эрозии состоит в уменьшении поверхностного стока, сохранении на поле максимального количества атмосферных осадков, переводе поверхностного стока во внутрипочвенный, в усилении противоэрозионной стойкости почв.

Отношение отраженного света к падающему потоку света характеризует отражательную способность поверхности:

$$K_{отр} = \frac{\Phi_o}{\Phi_n} \cdot 100\% ,$$

где $K_{отр}$ – коэффициент отражения, измеряется в процентах; Φ_n – световой поток, падающий на данную поверхность, Вб; Φ_o – световой поток, отраженный от данной поверхности, Вб.

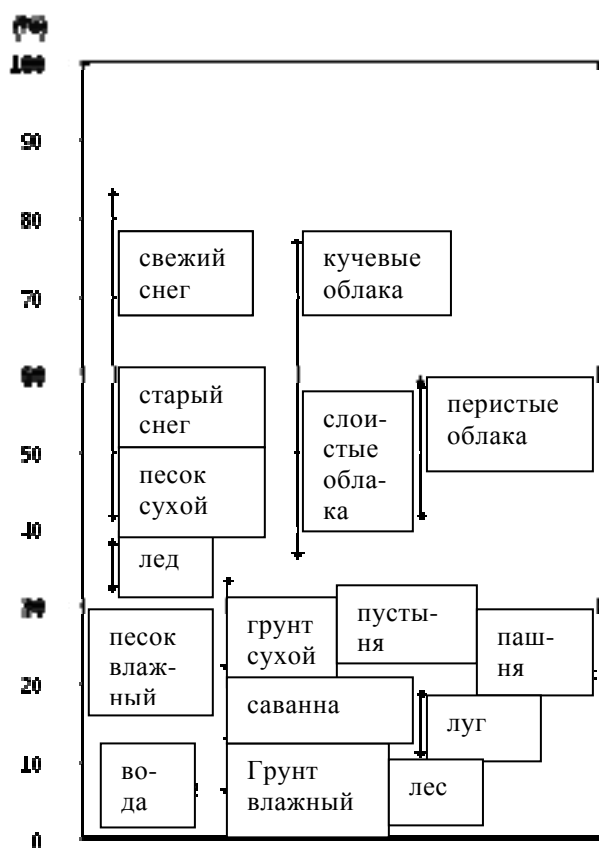


Рисунок 2 - Коэффициент отражения природных объектов [3]

По данным исследований [3] коэффициент отражения снега $K_{отр.снега}=60-90\%$ в зависимости от влажности и срока выпадения, коэффициент отражения почвы без растительности $K_{отр.почвы}=17\%$.

Влияние зачернения поверхности снега было проверено на опыте (рис. 3). На мерзлом грунте боковые части покрывающего снега утрамбовывались в плотные валки. Средняя часть расчищалась от снега с оставлением небольшого слоя. Сверху на тонкий слой снега насыпался торф ровным слоем.

Продолжительность опыта составила 4 часа. Температура окружающего воздуха +4°C.



Начало опыта.



Окончание опыта.

Рисунок 3 - Схема опыта по установлению влияния зачернения поверхности на протаивание снега

Результаты проведенного опыта показали, что снег активнее таял в средней зачерненной зоне. Растаявший снег равномерно распределялся по поверхности грунта, впитываясь в его слои.

Для проведения валкования и зачернения поверхности снега разработана комбинированная машина на базе трактора Т-170 (рис. 4). Конструкция

машины включает базовый трактор, навешенный спереди трактора клиновидный отвал шириной 4 м и прицепной агрегат шириной 8 м. С двух сторон на раме прицепного агрегата смонтированы валкователи, а между ними установлен бункер со шнековым транспортером и метателем.

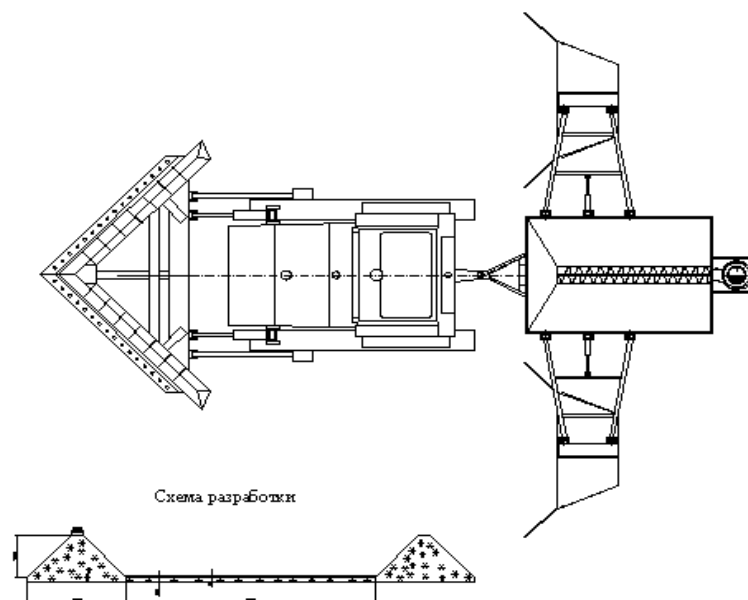


Рисунок 4 - Валкователь с дисковым разбрасывателем для зачернения поверхности снега

В процессе работы машины снег сгребается в стороны передним клиновидным отвалом и подается в зону работы валкователей. При проходе через валкователи валы снега уплотняется за счет изменения ширины проходного сечения с 2 м до 1,6 м и высоты с 0,8 м до 0,7 м.

В результате из снега формируются плотные валки клиновидной формы шириной основания 1,6 м, по верху 0,2 м и высотой 0,7 м. Остаточная высота снежного покрова после снятия части снега передним отвалом должна быть не менее 100 мм. Средняя часть между валками шириной 4 м подлежит зачернению торфом. Для этого бункер прицепного агрегата загружается торфом, который с помощью шнека диаметром 0,25 м подается на диск разбрасывателя. На диске диаметром 0,5 м расположены лопасти. Частота вращения диска 300 об/мин. Толщина разбрасываемого слоя 5 мм.

Расчетные технологические параметры машины

Производительность, га/ч	3,4
Рабочая скорость, км/ч	4,26
Энергоемкость разработки, кВт/га	38,82
Скорость разбрасывания торфа, м/с	7,85
Расход торфа, м ³ /га	25

Применение разработанной технологии позволит сократить время оттаивания почвы для повышения ее водопроницаемости, а также увеличить период снеготаяния, что приведет к сокращению поверхностного стока. Проводимые мероприятия позволят повысить влагозарядку почвы и урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников

2. Андреева, Д.М. Прогнозирование урожаев сельскохозяйственных культур по баллу пашни и влагообеспеченности территорий /Д.М. Андреева, Ф.Н. Леонов //Мелиорация переувлажненных земель. –2006. – №1 (55). – С. 103–105.

3. Заленский, В.А. Водообеспеченность растений – важный фактор стабильности урожаев /В.А. Заленский //Сельское хозяйство.-2005. – №6 (38). –С.14–15.

4. Астрономічний енциклопедичний словник. За загальною редакцією І. А. Климишина та А. О. Корсунь. — Львів, 2003. — С. 17. — 547 с. — ISBN 966-613-263-X.

УДК 631.316.22:001

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СРЕДСТВ ДЛЯ ДРЕНИРОВАНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ

¹Новиков А.Е., ²Пындак В.И.

¹ФГБОУ «ВолГАУ», г. Волгоград, Россия;

²ФГБНУ «ВНИИОЗ», г. Волгоград, Россия

В Нижнем Поволжье использование на орошаемых землях интенсивных технологий возделывания сельхозкультур и нерациональных, на наш взгляд, систем отвальной и нулевой обработок почвы привело к нарушению физико-механического состояния почвогрунтов, повышению их комплексности и плотности, уменьшению пористости, развитию ирригационной эрозии и дефляции.

На эродированной и дефлированной пашне потери плодородия и недобор урожая сельхозкультур составляют от 5-10 (слабодеградированные почвы) до 60 % (сильнодеградированные почвы), производительность техники снижается до 15 %. Рациональное производство сельхозпродукции на таких землях возможно только при увеличенных дозах удобрений, которые сопоставимы в процентном соотношении с потерями гумуса.

Введение в оборот нарушенных земель, восстановление их плотности и структуры возможно за счёт мелиоративных глубоких обработок.

Разработанный нами [1] многофункциональный глубокорыхлитель, содержащий расположенные внизу прямой стойки дрены-кротователи почвогрунтов, обеспечивает: чизелевание, дренирование-кротование с рыхлением подпахотного горизонта, дополнительное рыхление почвы и подрезание сорняков. Как вариант, стойка приспособлена для внесения на заданную глубину жидкого удобрения или мелиоранта (рис. 1).

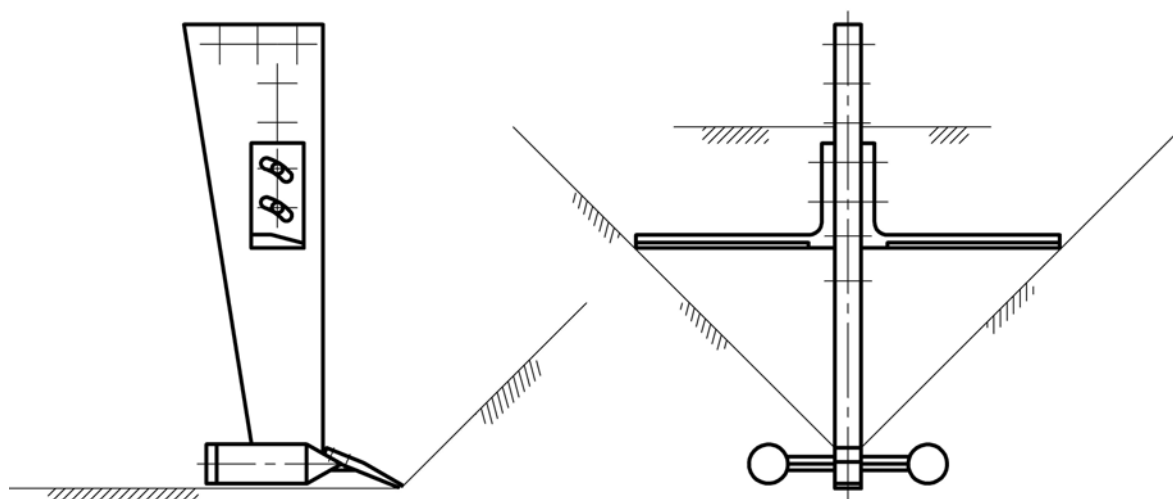


Рисунок 1 - Общий вид чизеля-глубококорыхлителя с дренажами-котователями

Процесс нарезания кротовин в подпахотных горизонтах является энергоёмким (по определению), однако этот приём, в связи с тенденцией некоторого подъёма уровня грунтовых вод в орошаемой земледелии, либо наоборот, необходимостью создания объёмных углублений в подпахотном горизонте для накопления продуктивной влаги, относится к числу актуальных. Энергоёмкость при обработке почв зачастую выражается посредством тягового сопротивления орудия. Исследования по энергоёмкости чизельных орудий (с прямой, наклонной и комбинированной стойкой) известны [2, 3 и др.], в нашем случае задача заключалась в определении тягового сопротивления дренажа. Нами предлагается энергоёмкость процесса нарезания дренаж-кротовин рассмотреть с позиций реологической механики [4 и др.].

При формировании кротовин в почвогрунте неизбежна остаточная деформация, которую в реологической механике принято называть *пластической*. Поэтому при определении тягового сопротивления дренажеров почвогрунт трактуется как упруговязкопластическая среда. Известно, что тяговое сопротивление почвообрабатывающего орудия R [2, 3 и др.] зависит от скорости движения МТА; при кротовании критерием оценки R становится предел прочности σ_p почвогрунта. На рисунке 2 показана схема напряжённо-деформированного состояния почвогрунта вокруг дренажа, где вокруг дренажа радиусом r_0 образуются две напряжённые – концентрические и кольцевые – зоны:

I, ограниченная радиусами $(r_0 - r_1)$, – область структурных деформаций, где напряжения превышают предел прочности σ_p почвогрунта;

II, ограниченная радиусами $(r_2 - r_1)$, – область упругих деформаций.

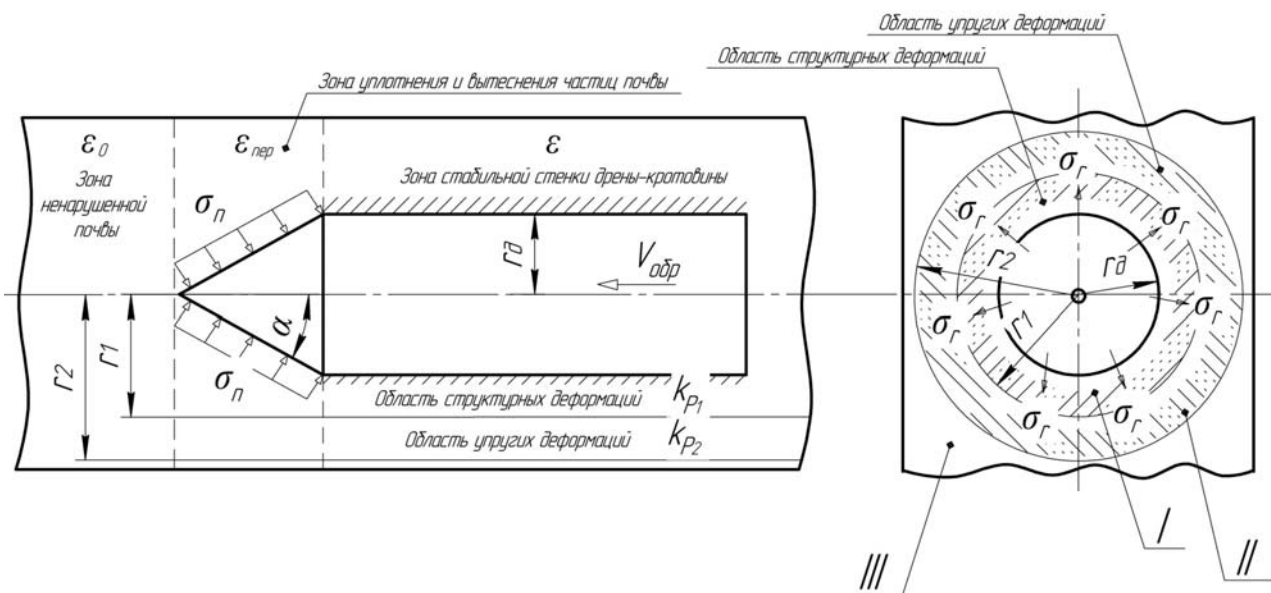


Рисунок 2 - Расчётная схема напряжённо-деформированного состояния почвогрунта при нарезании дрена-кратовин

Наряду с этим на конусе возникают нормальные напряжения σ_n (условно постоянные), которые также превышают предел прочности σ_p почвогрунта.

Таким образом, в отличие от обычных почвообрабатывающих рабочих органов дренирование-кратование почвогрунтов сопровождается потерей прочности почвогрунтов. Пластические деформации возникают вокруг цилиндрической части дренаера – почва становится текучей. Вследствие этого формируется (по крайней мере в суглинистых и глинистых почвогрунтах) внутренняя относительно прочная оболочка кратовин (зона I).

В этой связи при расчётах возникает необходимость учёта сжимаемости почвогрунта, которая, в свою очередь, характеризуется компрессионной кривой и коэффициентом пористости k [4 и др.].

Компрессионные кривые имеют два участка:

на участке 1 значение коэффициента k_{p1} наибольшее, характер его изменения – логарифмическая зависимость, давления P_1 превышают предел прочности почвогрунта;

на участке 2 изменение (и уменьшение) коэффициента k_{p2} незначительно, характер изменения – прямая линия, давления P_2 не превышают предел прочности грунта;

переходная зона между участками 1 и 2 условна, плавная и в расчётах не учитывается.

Уравнение компрессионной кривой, как известно [4 и др.], имеет вид:

$$k_{P1} = k_{P0} - a \cdot \ln\left(\frac{P_1}{P_0}\right), \quad (1)$$

где k_{P0} – начальный коэффициент пористости, соответствующий начальному давлению P_0 ; k_{P1} – конечный коэффициент пористости, соответст-

вующий конечному давлению P_I ; a – сжимаемость почвогрунта, характеризующаяся коэффициентом компрессии.

Между коэффициентом пористости k , плотностью сложения почвы ρ и её пористостью (порозностью) ε имеется ряд зависимостей:

$$k_{P1} = \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}; k_{P0} = \frac{\varepsilon_0}{1 - \varepsilon_0}, \quad (2)$$

где ρ_s – предельная плотность твёрдой фазы почвы (2,4-2,8 г/см³).

Выражение для определения пористости массива почвы ε в зоне III (за пределами зоны II упругих деформаций), после необходимых преобразований может быть представлено в виде:

$$\varepsilon = \frac{r_1^2 \cdot \varepsilon_0 - r_\partial^2 \cdot (1 - \varepsilon_0)}{r_1^2 - r_\partial^2}. \quad (3)$$

Здесь r_1 и r_∂ – соответствующие радиусы (рис. 2); ε_0 – начальное значение пористости (нетронутого почвогрунта).

Если в формулу (3) ввести коэффициент $\zeta = r_1 / r_\partial$ [5], то после необходимых преобразований, получим:

$$\varepsilon = \frac{\zeta^2 \cdot \varepsilon_0 + \varepsilon_0 - 1}{\zeta^2 - 1}, \quad (4)$$

т.е. текущее значение пористости – это функция начальной пористости ε_0 и коэффициента ζ – соотношения геометрических величин.

Подставив (4) в исходную формулу (2), получим зависимость для определения конечного значения коэффициента пористости k_{P1} как функции тех же величин (ε_0 и ζ). После преобразований имеем:

$$k_{P1} = \frac{\zeta^2 \cdot \varepsilon_0 + \varepsilon_0 - 1}{\zeta^2 - \zeta^2 \cdot \varepsilon_0 - \varepsilon_0}. \quad (5)$$

С учётом начального коэффициента пористости k_{P0} подставим уравнение (5) в формулу (1), проведём преобразования и получим выражение:

$$a \cdot \ln\left(\frac{\sigma_r}{\sigma_p}\right) \frac{1 - 2 \cdot \varepsilon_0}{(1 - \varepsilon_0) \cdot (\zeta^2 - \zeta^2 \cdot \varepsilon_0 - \varepsilon_0)}. \quad (6)$$

Выражение (6) удобно представить в следующем виде:

$$\sigma_r = \sigma_p \cdot e^m, \quad (7)$$

$$\text{где } m = \frac{1 - 2 \cdot \varepsilon_0}{a \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot (\zeta^2 - \zeta^2 \cdot \varepsilon_0 - \varepsilon_0)}.$$

Для суглинистых светло-каштановых почв: $\varepsilon_0 \approx 0,488$; $a = 0,075 \text{ МПа}^{-1}$; $r_1 = 5 \cdot r_\partial$ [6]; при $r_\partial / r_{\min} = 0,04 \text{ м} \rightarrow r_1 = 0,2 \text{ м}$, тогда $\zeta = 5$, $m = 0,051$.

Для определения искомого усилия R воспользуемся уравнением для определения лобового сопротивления конусообразных рабочих органов машин для прокалывания почвогрунтов [7 и др.].

$$R = \pi \cdot r_0^2 \cdot \sigma_r \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{\sin \alpha}, \quad (8)$$

где φ – угол трения рабочего органа о почву (22°); α – угол заострения резца дренажа (угол конуса $\approx 45^\circ$).

Далее задача сводится к определению напряжения σ_p – предела прочности почвогрунта. Для этого воспользуемся реологической моделью Бингама [4]:

$$\sigma_e = \eta \cdot \frac{dv}{dn} + \sigma_T, \quad (9)$$

где η – коэффициент вязкости среды, $\approx 0,00295$ Па·с; $\frac{dv}{dn}$ – градиент скорости деформации (dv – разность скоростей соседних слоёв; dn – расстояние между слоями); σ_T – предел текучести деформируемого тела – напряжение, до превышения которого деформация не возникает.

Уравнение (9) по своей сути является условием образования кротовины при равномерном объёмном напряжённом состоянии почвогрунта, создаваемом дренажом. Величина σ_e представляет собой необходимое разрушающее напряжение (σ_p), при котором начинается необратимый процесс уплотнения (течения) почвогрунта при формировании кротовины, причём σ_e зависит от градиента скорости деформирования.

Градиент скорости деформирования почвогрунта (с учётом некоторых условных допущений) при формировании дрены-кротовины можно представить в виде:

$$\frac{dv}{dn} = \frac{V_{обп} \cdot \sin \varphi}{r_1}, \quad (10)$$

где $V_{обп} \cdot \sin \varphi$ – вертикальная составляющая скорости деформирования частиц почвогрунта.

С учётом зависимости (10) уравнение (9) примет вид:

$$\sigma_p = \eta \cdot \frac{V_{обп} \cdot \sin \varphi}{r_1} + \sigma_p^{cm}, \quad (11)$$

где σ_p^{cm} – допускаемый предел прочности (в статике) при уплотнении почво-грунта, $\approx 0,11$ МПа.

Таким образом, конечная формула для определения тягового усилия на формирование в подпахотном горизонте дрены-кротовины радиусом r_0 :

$$R = \pi \cdot r_0^2 \cdot \left(\eta \cdot \frac{V_{обп} \cdot \sin \varphi}{r_1} + \sigma_p^{cm} \right) \cdot e^m \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{\sin \alpha}, \quad (12)$$

Для аналитического решения уравнения (12) условно были заданы значения:

1) радиуса дренера r_d в диапазоне 0,04-0,06 м при скорости $V_{min} \approx 0,56$ м/с;

2) скорости V в диапазоне 2-6 км/ч (0,56-1,67 м/с) при минимальном значении радиуса дренера $r_d = / r_d /_{min} = 0,04$ м.

Решение уравнения (12) и анализ полученных данных показывают:

тяговое сопротивление дренера R существенно зависит от радиуса дренера r_d (квадрата радиуса r_d^2), по мере увеличения r_d в 1,5 раза сопротивление возрастает в 2,2 раза;

при возрастании скорости V МТА в 3 раза тяговое сопротивление R увеличивается всего на 5 %.

Список использованных источников

1. Пат. 2479969 РФ, МПК А01В13/08, А01В13/14. Глубокорыхлитель / В.И. Пындак, А.Е. Новиков, И.Б. Борисенко. – Оpubл. 27.04.2013. Бюл. №12.

2. Борисенко И.Б., Пындак В.И., Новиков А.Е. Развитие чизельных почвообрабатывающих орудий и их теоретическое обоснование // Машинно-Технологическая Станция. – 2012. – №3. – С. 16-20.

3. Пындак В.И., Новиков А.Е. Тяговое сопротивление чизельно-отвального орудия // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – №8. – С. 34-36.

4. Рейнер М. Реология / Пер. с англ. Н.И. Малинина; под ред. Э.И. Григолюка. – М.: Наука, 1965. – 224с.

5. Краснолудский Н.В. Обоснование параметров вибрационного наконечника для проходки горизонтальных скважин способом прокола: дис. ... канд. техн. наук. – Саратов, 2010. – 158с.

6. Ешуткин Д.Н., Смирнов Ю.М., Цой В.И. [и др.]. Высокопроизводительные гидрорепневматические ударные машины для прокладки инженерных коммуникаций. – М.: Стройиздат, 1990. – 171с.

7. Ромакин Н.Е., Малкова И.В. Усилие внедрения и оптимальный угол заострения рабочего наконечника при статическом проколе грунта // Строительные и дорожные машины. – 2006. – №10. – С. 35-37.

УДК 631.61

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВКИ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ С МАЛОМОЩНЫМ ПЛОДОРОДНЫМ СЛОЕМ ПОЧВЫ

О.Ф. Першина

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

Реформирование в агропромышленном комплексе (АПК) России привело к значительным негативным изменениям на мелиорируемых землях. Отсутствие надлежащего ухода за мелиоративными системами ускорило процессы деградации осушенных земель и привело к массовому выходу их из сельскохозяйственного оборота. По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в России в неудовлетворительном состоянии находится около 1,4 млн. га осушенных сельскохозяйственных земель. Зна-

чительная часть земель переувлажнена из-за образования бессточных понижений площадью от 0,2 га до нескольких гектаров. В местах постоянного разворота техники возникают уплотненные понижения. Площадь таких поворотных полос достигает от 0,1 до 0,2 га на гектаре и эти участки обычно не используются для выращивания сельскохозяйственных культур. Для ускоренного восстановления продуктивности земель с переувлажненными понижениями и поворотных полос часто достаточно проведение таких работ, как глубокая первичная обработка почвы и тщательная планировка участков. Одним из наиболее эффективных приемов является планировка поверхности почвы. Первые исследования по влиянию планировки и выравнивания поверхности земель начались в 70-х годах прошлого столетия. Исследования проводились в Белоруссии и в России и показали, что указанные мероприятия повышают урожай вико-овсяной смеси на тяжелых почвах с 278 ц/га до 314 ц/га или на 13 %. В условиях Дальнего Востока выравнивание поверхности тяжелых почв на фоне глубокого рыхления повысило урожай кукурузы на 65 % [1]. После выравнивания поверхности всхожесть семян составила 68,4...73,3 % при 59,2 % на контроле. Урожай озимой пшеницы в одинаковых условиях на тяжелых почвах повысился с 29,4 ц/га до 33,7 ц/га (14,6 %), ячменя с 23 до 28 ц/га (21,7 %) и озимой ржи с 22,2 до 28 ц/га (26,1 %). Таким образом средняя прибавка зерновых от выравнивания поверхности почв (особенно тяжелых) составляет в среднем 3...4 ц/га [1].

Планировка поверхности мелиорируемых земель направлена на создание выровненных по рельефу и однородных по плодородию полей. В зависимости от площади вымочек и их состояния, глубины понижений проводят строительную или эксплуатационную планировку. На осушаемых землях строительную планировку поверхности полей по проектам, как правило, не проводят, только в составе культуртехнических работ выполняют засыпку понижений, ям, срезку отдельных повышенных мест и уполаживание косогоров. Эти работы обычно выполняют бульдозерами, скреперами, грейдерами. Но иногда образовавшиеся понижения и поворотные полосы бывают такой глубины, что для введения их в сельскохозяйственный оборот необходимо производить подсыпки привозным грунтом толщиной 20-30 см. Грунт доставляют на участки самосвалами, тракторными тележками или прицепными скреперами типа ДЗ-33А, ДЗ-111А с вместимостью ковша 3 и 4,5 м³, которые агрегируются с тракторами ДТ-75, Т-4А. Если осваиваемый участок расположен так, что доставка грунта возможна с объекта, находящегося на расстоянии до 100 м, то подсыпка понижений грунтом осуществляется бульдозерами ДЗ-42Г, ДЗ-130 на базе трактора кл.3; ДЗ-101А на тракторе кл.4 или ДЗ-48 на базе трактора кл.5.

В процессе использования мелиорируемых земель проводят эксплуатационную планировку полей для ликвидации борозд, гряд, гребней. При эксплуатационной планировке проводятся работы по выравниванию микро-рельефа участка или выравнивание поверхности поля после выполнения грубых планировочных работ. Эксплуатационная планировка выполняется

на площадях с неровностями микрорельефа не превышающими по ширине 20-25 м и по высоте 0,2...0,3 м длиннобазовыми планировщиками, планировщиками-выравнивателями и волокушами. Если почва уплотнена или засорена растительными остатками (например, стерней), проводят вспашку с оборотом пласта и боронованием, чтобы на поверхности не осталось дернины, растительных остатков и глыб. Ранее вспаханное поле дискуюют в два-три следа.

Работы по эксплуатационной планировке поверхности могут выполняться весной и осенью в зависимости от сроков посева сельскохозяйственных культур. Качество планировочных работ в значительной мере зависит от состояния почвенного слоя, его структуры и влажности. Влажность почв при планировочных работах должна быть не более (% массы абсолютно сухой почвы): 23...28 на глинистых, 22...25 на тяжелосуглинистых, 21..23 на среднесуглинистых, 15...17 на легкосуглинистых, 12...16 на супесчаных. Особенно тщательное выравнивание необходимо проводить под посев озимых зерновых культур, многолетних трав, при создании культурных лугов и пастбищ. При хорошо выровненной поверхности почвы устраняется опасность вымокания посевов, более равномерно распределяются атмосферные осадки, в 1,5-2 раза увеличивается поверхностный сток воды, улучшается работа осушительных систем и вводно-воздушный режим осушаемых почв.

Для выравнивания поверхности поля применяют длиннобазовые планировщики Д-719; ДЗ-602А; ДЗ-603АЛ; ПА-3 и планировщики-выравниватели ВПН-5,6А; ВП-8А, МВ-6,0. Выравнивание углов и других неудобных мест участка производится грейдерами-выравнивателями ГН-4; ГН-2,8. Планировщики с бездонным ковшом осуществляют планировку поверхности путем срезки грунта с повышений и засыпки понижений грунтом, образующимся в призме волочения. Планировщики-выравниватели перемещают грунт одним или несколькими разравнивающими отвалами, установленными перпендикулярно или под углом к направлению движения.

Схемы длиннобазовых планировщиков представлены на рисунках 1 и 2 [5]. Основные узлы этих планировщиков: рама, ковш, передок, механизм подъема и ходовые колеса.

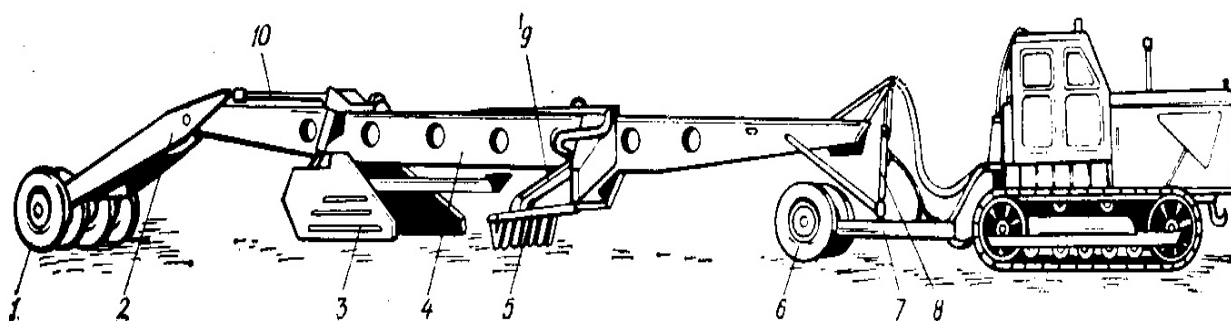


Рисунок 1 - Планировщик ДЗ-602А:

1- задние колеса; 2- задняя рама; 3- ковш; 4- передняя рама; 5- рыхлитель; 6- передние колеса; 7- дышло; 8, 9, 10 – гидроцилиндры

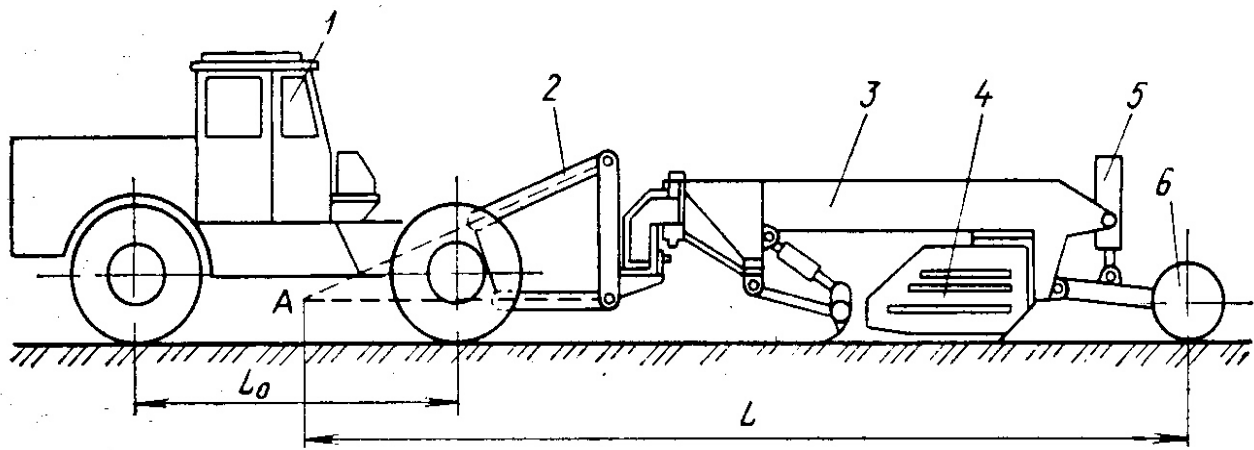


Рисунок 2 - Планировщик ДЗ-603АЛ:

1 - трактор, 2 - четырехзвенник; 3 - рама; 4 - ковш; 5 - гидроцилиндр; 6 - задние колеса

Планировщик ДЗ-602А является прицепной машиной к трактору класса 6-10. Передняя рама планировщика ДЗ-602А, шарнирно соединена с задней рамой, опирающейся на задние ходовые колеса. Задняя рама может поворачиваться при помощи гидроцилиндров, чем достигается изменение положения ковша в рабочем и транспортном положении. Планировщик ДЗ-603АЛ является полунавесным к колесному трактору класса 5. Навеска обеспечивает статическую определенность системы и возможность перемещаться по неровностям поля, опираясь на ходовые колеса.

Выравниватель ВПН-5,6 является двухсекционным навесным орудием с шириной захвата 5,6 м, агрегируется с трактором ДТ-75ВМ. В односекционном варианте имеет ширину захвата 2,8 м и агрегируется с трактором МТЗ-82. Выравниватель ВП-8 является прицепным трехсекционным орудием, оборудованным боронами и агрегируется с тракторами класса 3...4. В процессе работы планировочных агрегатов почва уплотняется. Уплотнение подпахотного слоя почвы приводит к ухудшению водно-физических свойств, температурного режима почвы и как следствие снижению урожая сельскохозяйственных культур. Основным приемом по ликвидации переуплотнения подпахотного слоя почвы является его разрыхление. На длинноразные планировщики впереди ножа устанавливаются батареи тяжелых дисковых борон, что позволяет выполнять разрыхление одновременно с выравниванием поверхности почвы, что значительно улучшает качество выравнивания поверхности участка. Технические характеристики планировщиков и выравнивателей приведены в таблице 1.

Перед началом работы планировщика на ровной поверхности устанавливают положение ножа или ковша планировщика по высоте. На рыхлой почве (при первом следе планировки) нож устанавливается на 3-5 см ниже опорной поверхности колес, при уплотненной почве (после первого следа агрегата) нож опускают до опорной плоскости колес. Такая регулировка высоты ножа исключает срезку грунта на ровных участках и переполнение ковша.

Таблица 1 - Технические характеристики машин для выравнивания и планировки мелиорируемых земель

Показатели	Планировщики		
	ДЗ-602	ДЗ-603АЛ	ПА-3
Агрегатируется с трактором	Т-170; Т-10М	К-701; К-3000АТМ	ДТ-75
Тип агрегатирования	прицепной	полунавесной	прицепной
Ширина захвата, м	4,0	4,0	3,05
Длина базы машины в рабочем положении, м	12	12	11,12
Тип рабочего органа	Ковш бездонный		
Наличие рыхлителя	да	да	нет
Производительность в один след, га/ч	1,2...1,7	2,1...2,7	1,2
Показатели	Выравниватели		
	ВПН-5,6	ВП-8	МВ-6
Агрегатируется с трактором	ДТ-75; ХТЗ-150-09	ДТ-75; ХТЗ-150-09	ДТ-75; ХТЗ-150-09
Тип агрегатирования	навесной	прицепной	прицепной
Ширина захвата, м	5,6	8,0 и 6,0	6,0
Производительность, га/ч	3,1	4,8	4,2

Положение ковша контролирует тракторист со своего рабочего места по масштабной рейке – указателю, укрепленной на передке планировщика. Глубину копания во время планировки изменяют с помощью гидроцилиндра.

С появлением лазерных систем управления (САУ) планировщики могут оснащаться этими системами, что позволит выполнять планировку более точно. [3]. В настоящее время на планировке орошаемых земель успешно работают короткобазовые планировщики ПЛ-5, ПАУ-1, ПАУ-2, ПАУ-3,6, ПАУ-4,2РЦ, разработанные ОАО ИЦ «Луч» [3]. Эти планировщики оснащаются лазерной системой управления, что обеспечивает выравнивание поверхности земли под плоскость с наибольшей точностью $\pm 2...3$ см. Короткобазовые планировщики эффективно работают на разрыхленных грунтах и не могут использоваться на плотных грунтах. Короткобазовые планировщики более маневренные, что уменьшает радиус поворота, имеют малую металлоемкость и более низкое удельное давление на грунт. Планировщик ПАУ-2 в работе представлен на рисунке 3. Технические характеристики короткобазовых планировщиков приведены в таблице 2.



Рисунок 3 - Планировщик ПАУ-2 с лазерной системой в работе [3]

Таблица 2 - Технические характеристики короткобазовых планировщиков [3]

Наименование характеристик	Модель планировщика		
	ПЛ-5	ПАУ-1	ПАУ-2 (ПАУ-3,6)
Базовый трактор	Т-170 К-701	Т-75; Т-170; Т-150; К-701	К-701; Т-150
Тип навесного оборудования	полуприцепной		
Тип ковша	бездонный		
Длина базы, м:			
- в транспортном положении	5,7	5,27	6,25
- в рабочем положении	8,0	5,29	6,05
Ширина захвата, м	4; 5	2,4;3,6;4,8	4,2; (3,6)
Толщина срезки, см	до 10		
Рабочие скорости, км/ч	до 15		
Масса, кг	3250	3000	3900
Точность планировки с ЛСАУ, см	± 3		

В зависимости от конфигурации участка и особенности микрорельефа схема движения планировочных агрегатов может быть диагонально-перекрестной или загонной (рис. 4). Диагонально-перекрестное движение рекомендуется на участках, где необходимо выравнение микрорельефа в несколько следов. При такой схеме поле разбивают на квадратные участки. Почва выравняется в каждом загоне отдельно. Линию первого прохода прокладывают по диагонали участка, последующие проходы делают рядом с первым. Загонный способ движения агрегата целесообразен на участках с высотой неровностей до 8...10 см и на узких участках. Поле разбивается на загоны шириной 20-25 м, чтобы размер их был кратным ширине захвата планировщика. Первый проход агрегат делает по границе контура, второй – обратном направлении через 25-30 м, третий – внутри выделенного загона

вдоль линии первого прохода, четвертый – вдоль второго и т.д. Таким образом, планируется участок по двум загонам. При проходе планировщика вдоль смежной полосы необходимо предусматривать ее перекрытие на 20-30 см. На контурах неправильной формы применяют перекрестно-загонный способ движения планировочных агрегатов. [5].

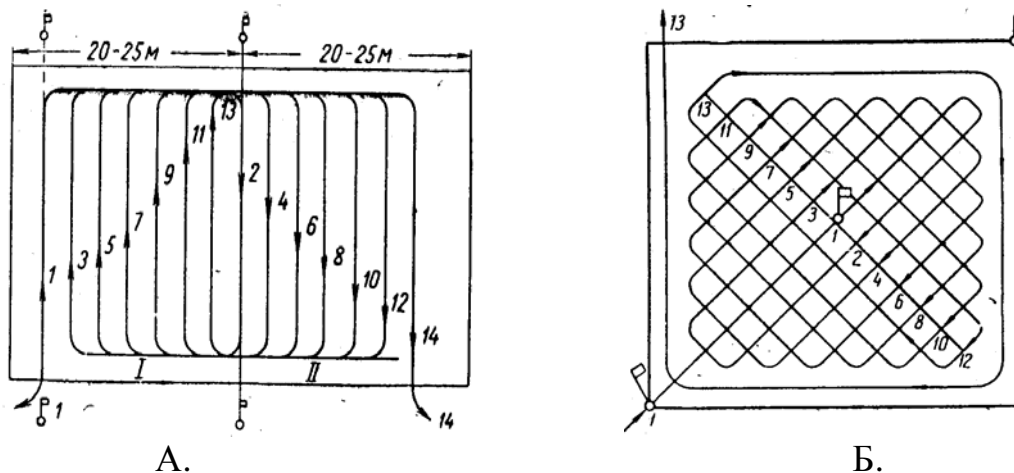


Рисунок 4 - Схема планировки участка:

А- при загонном способе движения планировщика;

Б- при диагонально-перекрестном способе движения планировщика.

I, II – загоны; 1- заезд на участок; 1-14 – очередные проходы планировщика

После планировки по вышеуказанным схемам необходим проход планировочного агрегата вдоль контура по разворотным полосам.

Экспериментальные исследования, выполненные ВНИИГиМ, БелНИИМВХ, ЛитНИИГиМ показали, что наибольшую планирующую способность планировщики имеют при первом проходе [4, 6]. С увеличением числа проходов эффект выравнивания растет незначительно. Исследования ВНИИГиМ показали, что после второго прохода планировщика эффект выравнивания от планировки уменьшается в 1,6...1,7 раза по сравнению с первым проходом, после третьего – в 2...2,3, после четвертого – в 2,5...3,9 раза. При этом для планировщиков с большей длиной базы снижение эффекта сглаживания с каждым проходом более заметно. Полученные данные о соотношении протяженности неровностей показали, что при многопроходной работе доля длинных неровностей на поле возрастает, а коротких – уменьшается, что и является основной причиной снижения эффекта планировки с каждым проходом, так как планировщик длинные неровности выравнивает значительно хуже коротких. Данные о соотношении протяженности неровностей при многопроходной работе планировщиков показаны в таблице 3 [4]. Согласно исследованиям ВНИИГиМ планировку целесообразно производить в один-два прохода планировщика.

Таблица 3 - Планирующая способность длиннбазовых планировщиков [4]

Интервалы протяженности неровностей, м	Оставшиеся неровности после прохода планировщика, %		
	первого	второго	третьего
0-10	48,1	35,4	28,9
>10-20	65,0	33,5	35,9
>20-30	82,6	43,8	37,6
>30-40	75,0	75,0	87,7
40	81,8	63,7	94,0

Для окончательной планировки неровностей, оставшихся после прохода длиннбазовых планировщиков, целесообразно использовать широкозахватные планировщики-выравниватели, тем самым исключая многократные проходы ходовых колес и рабочих органов планирующих машин и снижая разрушение структуры почвы. При выравнивании поверхности почвы полностью или частично срезается гумусовый слой, которым засыпаются микропонижения. Такое перераспределение плодородного слоя изменяет в микроразонах рельефа физические, водно-воздушные свойства почвы, урожайность сельскохозяйственных культур. По данным исследований СевНИИГиМ, срезка гумусового слоя до 5см существенно не влияла на снижение урожая. При срезке до 10 см урожайность снизилась на 6%, при срезке 15 см и 20 см – соответственно на 16 и 24%. Внесение органических и минеральных удобрений в сочетании с известкованием улучшает водно-воздушный и пищевой режимы почвы и полностью снимает отрицательное действие срезки на урожайность сельскохозяйственных культур. Минимальные дозы органических удобрений, необходимые для ликвидации отрицательного влияния срезки плодородного слоя почвы на урожай зерновых, пропашных и многолетних трав представлены в таблице 4. Более высокие дозы удобрений, не увеличивая существенно урожайность, способствуют восстановлению почвенного плодородия [2].

Таблица 4 - Оптимальные дозы (т на 1 см срезки) внесения органических удобрений в зависимости от глубины срезки [2]

Глубина срезки, см	Для компенсации снижения урожайности			Для восстановления почвенного плодородия		
	пропашных	зерновых	многолетних трав	общий азот	фосфор	калий
5	4	2	2	6	6	4
10	6	2	4	8	10	8
15	8	4	6	12	12	10

Исследованиями установлено, что при срезке гумусового слоя на 25; 50 и 75% исходной мощности в местах срезки необходимо вносить компоста соответственно 20; 40 и 60 т/га [2].

Таким образом, полученные результаты на основании исследований позволяют сделать следующие выводы:

- при проведении планировочных работ на минеральных землях нельзя допускать срезку более половины величины гумусового слоя, чтобы не обнажить подстилающие горизонты;

- выравнивание поверхности мелиорируемых земель длиннобазовыми планировщиками следует проводить за два прохода планирующего агрегата при скорости его движения 7...9 км/ч;

- при планировке срез пахотного слоя почвы за один приём не должен превышать 5 см на полях с низким содержанием гумуса в почве (2...3%)

- после планировки необходимо внести повышенные дозы органических и минеральных удобрений;

- для окончательной планировки неровностей, оставшихся после работы планировщиков, а также для ликвидации мелких впадин и возвышений на поверхности поля в результате обработки почвы и проходов техники целесообразно использовать широкозахватные планировщики-выравниватели.

С учетом требований по выравниванию микрорельефа (поверхность поля считается выравненной, если на участке длиной 4 м отклонения не превышают ± 5 см) и на основании исследований ЛитНИИГиМ и СевНИИГиМ, а также исходя из мощности плодородного слоя и выраженности микрорельефа технологические схемы и применяемый комплекс машин для планировки осушаемых земель должны подбираться следующим образом:

- при толщине плодородного слоя до 5 см планировку проводят только широкозахватными планировщиками-выравнивателями с двухкратным проходом;

- при толщине плодородного слоя 5-15 см планировку осуществляют одним проходом длинобазового планировщика в сочетании с 1-2 проходами широкозахватного планировщика-выравнивателя;

- при толщине плодородного слоя 15-25 см планировку выполняют двумя проходами длинобазового планировщика и одним проходом широкозахватного планировщика-выравнивателя;

- при более мощном плодородном слое применение планирующих орудий не ограничивается.

Включение в технологический процесс планировки земель с маломощным плодородным слоем почвы широкозахватных планировщиков-выравнивателей позволит до минимума снизить отрицательное воздействие планирующих орудий на структуру почвы.

Список использованных источников

1. Брусиловский Ш.И. Организация поверхностного стока на минеральных землях. - Минск «Урожай». 1985.
2. Гинтовт И.А., Преображенский К.И. Коренное улучшение закустаренных земель. - М., Россельхозиздат, 1985. с.135
3. Ефремов А.Н. Планировка земель с применением лазерных систем – М., 2014. с.24
4. Каныгин А.И., Шейнис Е.И. О влиянии числа проходов на эффективность работы планировщика. // Сб. научных трудов ВНИИГиМ «Перспективные технологии и средства механизации для строительства и эксплуатации мелиоративных систем» - М., 1986. с. 68-72
5. Кизяев Б.М., Маммаев З.М., Першина О.Ф. Агромелиоративные мероприятия на минеральных и переувлажненных землях. – М., 2013. с 24-25.
6. Технологический регламент для проектирования работ по мелиоративному освоению земель с маломощным плодородным слоем почвы и закороченных земель. // Сборник научных трудов ЛитНИИГиМ.- Вильнюс, 1986. с. 6.

УДК389:631.612

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

В.С. Пунинский, Г.Х. Бедретдинов

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

В сельскохозяйственном производстве используется 6,9 млн. га мелиорированных земель, в том числе 3,6 млн. га орошаемых и 3,3 млн. га осушенных. На этих землях производится 65-70 % овощной продукции, весь рис, более 20% кормов и другая продукция [1,2]. Вновь построенные мелиоративные системы функционируют без особого ухода и ремонта лишь в течение 3...5 лет. Без проведения профилактических работ осушительные каналы зарастают вначале травянистой и жесткостебельчатой растительностью, а затем кустарником и мелколесьем. Кустарниковая растительность достигает высоты от 1,5 до 4 м, со средним диаметром ствола от 2 до 8 см. Кустарник по длине канала размещается небольшими группами, островками (куртинами). Куртины располагаются хаотично, занимая в общей сложности до 30% площади периметра канала [3]. Ежегодный опад листьев растительности нарушает режим работы каналов, приводит к повторному заболачиванию земель и невозможности использования их в сельскохозяйственном обороте.

Наличие в руслах растительности усложняет технологию работ, требует адаптации существующих и создания новых машин для работы в сложившихся условиях.

Существующие окашивающие машины, как в нашей стране, так и за рубежом, не приспособлены для уборки древесной растительности. Сегментные и ротационные рабочие органы косилок, могут срезать грубостебельчатую растительность и кустарник диаметром до 2 см. Более крупный кустарник и деревья удаляются вручную.

Для исключения ручных работ предложены новые средства механизации, защищенные патентами РФ на изобретения. Срезку и удаление древесно-

кустарниковой растительности с откосов, бERM канала и прилегающих полей предлагается выполнять манипулятором с пильным диском (патент № 2480982). Пильный диск многоцелевого кустореза (рис.1) выполнен с впадинами, между которыми на венце диска установлены режущие зубья. По краям впадин установлены гарпунообразные рубительные ножи, наплавленные износостойким сплавом. На дне впадин располагаются прямозубые пильные, а по краям впадин – дугообразные плоские ножи. На поверхности торцевой части диска размещены дополнительные обоюдоострые рубительные ножи. Ножи установлены поярусно, а режущие кромки ножей расположены перпендикулярно к торцу диска. Пильный диск устанавливается на манипуляторе. Привод манипулятора обеспечивает возможность реверса направления вращения, поворот относительно оси базового трактора и установку под углом для работы на откосах. При непрерывном рабочем движении машины выполняется эффективная срезка кустарника и мелкокося. При позиционной работе выполняется измельчение пней мелкого кустарника, срезка кроновой части древесной растительности и стволов деревьев.

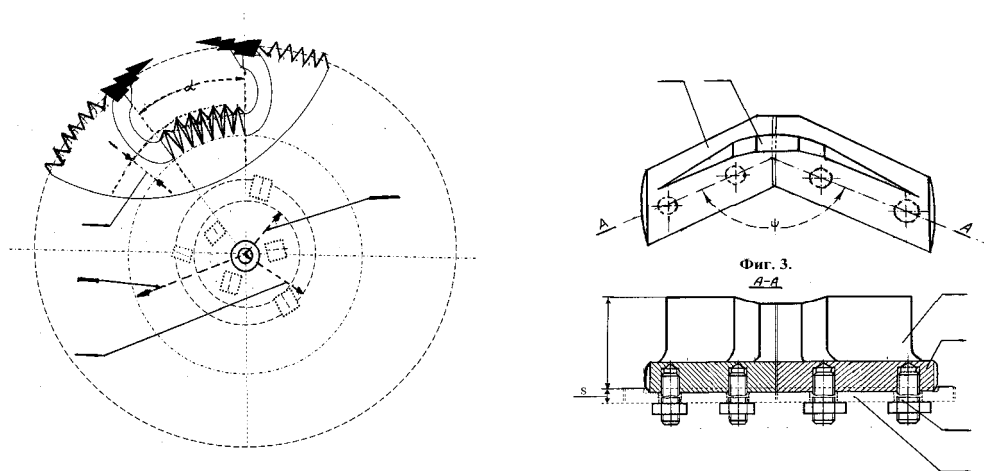


Рисунок 1 - Пильный диск многоцелевого кустореза

Очистка русел каналов от наносов при наличии в слое растительных корней, пней и остатков погребенной древесины существенно затрудняется. Применение в таких условиях традиционных машин приводит к нарушению технологического процесса, снижает эксплуатационную производительность машин и повышает стоимость производства работ. Для повышения эффективности очистки каналов предложен новый рабочий орган, защищенный патентом РФ № 2494196 (рис. 2). Рабочий орган включает дисковый ротор с радиальными лопастями-метателями, землеройный механизм корчевателя-корнереза и пневмоструйные насадки. На поверхности диска ротора установлены ступенчатые ножи. Корчеватель-корнерез смонтирован перед ротором и выполнен с возможностью перемещения с помощью гидроцилиндров в вертикальной плоскости. Струйные насадки смонтированы под дисковыми подрезателями корчевателя-корнереза. Конструкция рабочего органа позволяет выполнять корчевку

твердых включений из слоя ила, фрезерование корней растений и остатков древесины, ярусное срезание и удаление наносов. Применение машины расширяет технологические возможности и позволяет повысить качество очистки осушительных каналов.

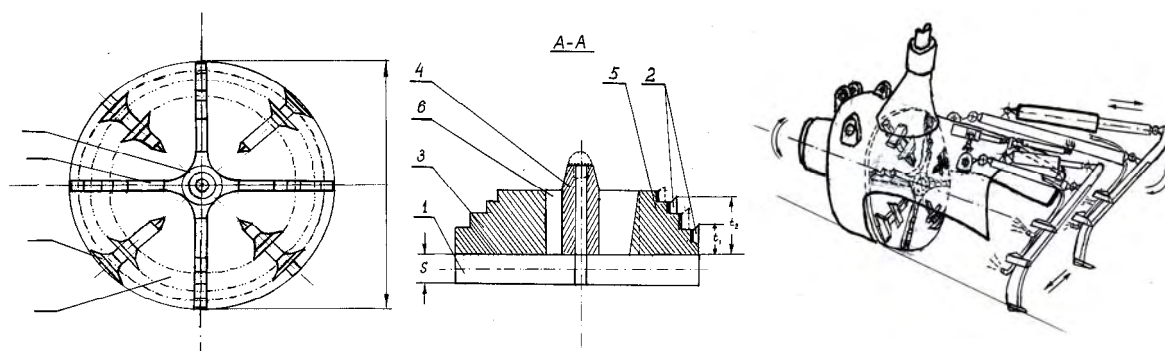


Рисунок 2 - Ротор-метатель многоцелевого каналаочистителя

Новые средства механизации позволяют механизировать процесс срезки и удаления древесно-кустарниковой растительности с откосов и берм канала и выполнять работы по очистке русел от наносов, засоренных корневой частью растительности и древесных остатков. Предлагаемые средства механизации включены в усовершенствованные технологии с расчетными значениями стоимости эксплуатации и производительности [4]. Усовершенствованные технологии с новыми машинами могут найти применение при восстановлении открытых осушительных каналов, проходящих в минеральных и торфяных грунтах, и позволят обеспечить выполнение работ с наилучшими технико-экономическими показателями.

Оптимизация основных параметров ведущих машин проведена с использованием имитационного моделирования, в котором система описывается взаимосвязанной совокупностью математических моделей. Варьирование набором переменных позволяет подбирать оптимальный параметр машин. Разработана имитационная модель, сформированная следующим образом: осуществлена выборка средств механизации для очистки и ремонта каналов открытой осушительной сети с рабочими органами непрерывного действия (квант 1) и циклического действия (квант 2).

Выборки разбиты на три части: - для очистки каналов глубиной 2,0 м; - для очистки каналов глубиной 2,5 м; - для очистки и ремонта каналов глубиной до 3,0 м. В качестве целевой установки необходимо определить прогнозные параметры новых ведущих машин. Разработанный алгоритм решения задачи представлен в таблице 1. При оптимизации использован поэтапный подход, основанный на методике полного перебора. Реализация выполняемого этапа позволяет решить последующий этап. На каждом этапе значения критерия ранжируются в порядке возрастания и при необходимости экстремальные значения в квантах отсекаются. В качестве критерия 1 принята удельная материалоемкость, отнесенная к 1м глубины выемки канала, критерия 2 – удельные трудо-

затраты, отнесенные к 1м глубины выемки канала, критерия 3 – удельные затраты на единицу производительности.

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

Наименование показателя	Расчетная формула	Значение нового показателя ТС, V	Численные значения параметров ТС, предлагаемых на рынке			
Эмпирическая зависимость массы ТС от Уд. затрат						
М, кг Масса ТС	$\hat{M} = f(Ce)$	$\hat{y}_3 = K_{j.1}X^3 + K_{j.2}X^2 + K_{j.3}X + K_{j.4}$				
Удельные затраты на единицу производительности						
Се, руб/м ³ (руб/га)	$Se = Co / W$	Се.v	Се.1	Се.2	Се.3	Се.4
Со – затраты на машино-час, руб/ч	$Co = (C_{маш}e_p / 100 \text{ Мм-ч}) + QeД+З,$ руб/ч	Со.v	Со.1	Со.2	Со.3	Со.4
Эмпирическая зависимость расхода топлива от Уд. трудозатрат на 1 м глубины выемки						
Qe, кг/чел.-ч/м ³ (кг/чел.-ч / га)	$Qe = \hat{f}(Tз)$	Qe	$\hat{y}_2 = K_{q.1}X^3 + K_{q.2}X^2 + K_{q.3}X + K_{q.4}$			
Qe - расход топлива, кг/ч	$Qe = Ne \cdot q_0 \cdot 10^{-3}$	Qe.v	Qe.1	Qe.2	Qe.3	Qe.4
Удельные трудозатраты на 1 м глубины выемки						
Tз -, чел.-ч/ м ³ (чел.-ч / га)	$Tз = 1 / (W/L),$ Критерий №2	Tз	Tз.1	Tз.2	Tз.3	Tз.4
Эмпирическая зависимость мощности двигателя от удельной материалоемкости на 1 м глубины выемки						
N ₀ , кВт м/ м ³ (кВт м/га)	$N_0 = \hat{f}(Gm)$	N _{0,d}	$\hat{y}_1 = K_{N.1}X^3 + K_{N.2}X^2 + K_{N.3}X + K_{N.4}$			
N ₀ - номинальная мощность двигателя, кВт	(Проспекты, техническая документация)	N ₀ .v	N ₀ .1	N ₀ .2	N ₀ .3	N ₀ .4
Удельная материалоемкость на 1 м глубины выемки						
Gm -, т м/м ³ (т м/га)	$Gm = M/(W/L),$ Критерий №1	Gm.v	Gm.1	Gm.2	Gm.3	Gm.4
Марка технического средства		A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄

Значения критерия Gm, ранжируются в порядке возрастания. Удельная материалоемкость Gm.v, включает: M- массу ТС, кг; П– выработку ТС, П = W/L; W– производительность ТС, м³/ч, (га/ч); L – длина захвата, м. Мощность двигателя N_{0,d} включает: N₀ - номинальную мощность двигателя, кВт. и Gm.v. Удельные трудозатраты на единицу выработки Tз, включают: количество операторов ТС, n – чел, n=1, выработку П (объем массы на 1 метр глубины захвата рабочего органа ТС). Удельные затраты на единицу производительности Се - уд. затраты, руб/м³ (руб/га), включают: Со–затраты на машино-час, руб/ч, где: Qe-расход топлива, кг/ч; Ne -эффективная мощность двигателя, кВт; q₀-удельный расход топлива, г/кВт; Смаш – стоимость ТС, руб; e_p-амортизация, 15-20%; З– часовая зарплата

машиниста, руб; Д-стоимость кг топлива, руб; $M_{м.ч}$ —годовая сумма машино часов, равная 1100, W-производительность ТС, м³/ч, (га/ч). Поверочная масса ТС для перебора значений при необходимости повтора цикла моделирования, M.d, кг

В результате моделирования получены эмпирические зависимости, определяющие взаимосвязи мощности и материалоемкости машин, часового расхода топлива и удельных трудозатрат, массы машины и удельных затрат на единицу производительности (рис. 3, 4). По полученным зависимостям выбраны перспективные машины для выполнения работ по восстановлению открытых каналов осушительной сети.

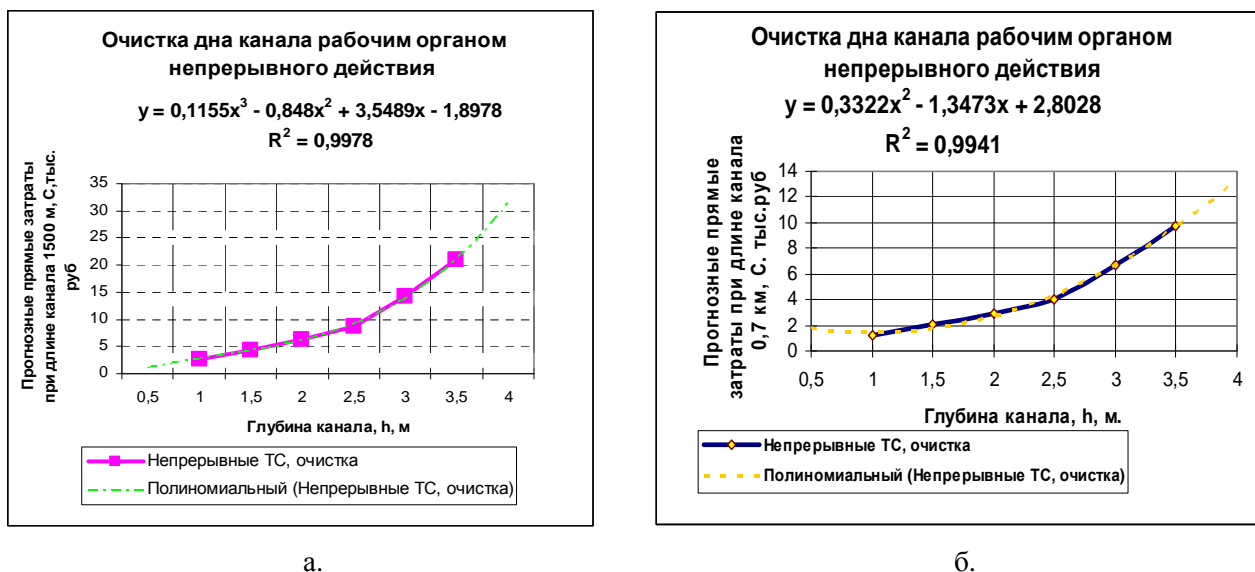


Рисунок 3 - Прогнозные прямые затраты на восстановление участка в зависимости от глубины канала, где:

а – непрерывная очистка при длине канала 1,5 км; б –при 0,7 км; у-прямые затраты, тыс. руб; х - глубина канала, м

Для выполнения работ рекомендуются:

- новый каналоочиститель внутриканальный самоходный с низким расположением центра тяжести, предназначенный для очистки каналов глубиной до 2 м, с измельчением корней и пней на дне (КВМ-4,6). При низком удельном давлении на откосы 0,009 МПа (0,1 кгс/см²) имеет манипулятор, ротор-метатель с измельчителем. Для выноса измельченной массы и наносов из канала машина снабжена эжектором с трубопроводом и обеспечивает возможность погрузки материалов в транспортные средства;

- новый многоцелевой каналоочиститель на базе колесного трактора класса 30 кН, предназначенный для очистки каналов глубиной до 2,5 м с возможностью окашивания периметра, планировки откосов, загрузки и транспортировки растительно-грунтовой массы для последующей утилизации (КМ-2331). Имеет манипулятор с телескопической стрелой, 6 сменных рабочих органов, в том числе пильный диск по патенту на изобретение №2480982, седельное сцепное устройство для присоединения двухосного полуприцепа;

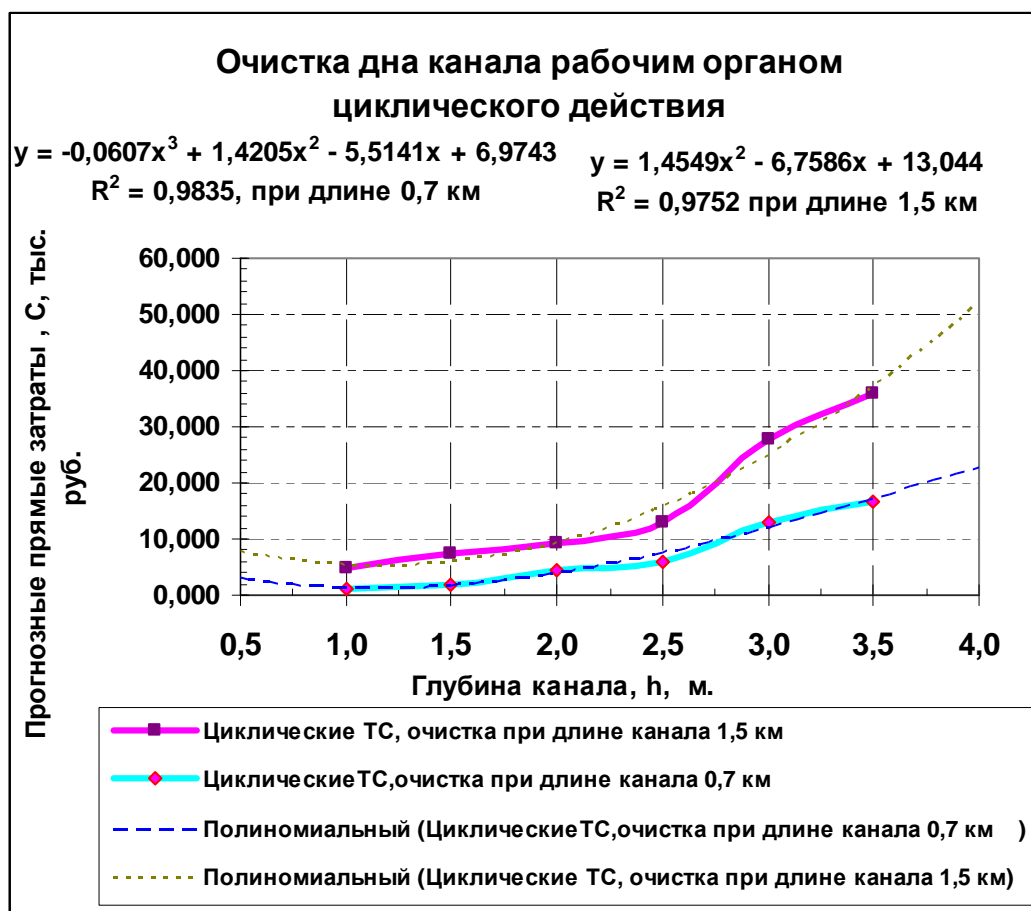


Рисунок 4 - Прогнозные прямые затраты на восстановление участка в зависимости от глубины канала, где циклическая очистка при длине канала 0,7 км и 1,5 км; у-прямые затраты, тыс. руб; х - глубина канала, м

- каналоочиститель многоцелевой на колесном ходу класса 30 кН, предназначенный для очистки каналов глубиной до 3,0 м, углубления дна, планировки откосов XS-8266S. Имеет манипулятор с телескопической стрелой, оборудование для дноуглубления, срезания кустарника на откосах и дне каналов, в том числе пильный диск по патенту на изобретение № 2480982 и ротор-метатель по патенту на изобретение № 2494196.

Кроме вышеуказанных машин, рекомендуются каналоочиститель циклического действия (типа РР-303) и каналоочиститель с фронтальной дополнительной опорой (КМ-2,6Ф0, Беларусь).

На базе полученных эмпирических зависимостей определены область применения (табл. 2) и прогнозные технико-экономические показатели работы ведущих машин на очистке и при ремонте открытых каналов осушительной сети (табл. 3). Прогнозные стоимостные показатели приведены к рекомендуемому нормами диапазону длин осушительных каналов 700...1500 м.

Таблица 2 - Основные параметры рекомендуемых машин и их область применения в зависимости от степени заиления канала

Наименование и марка машины, глубина канала, м	Масса машины, т	Номинальная мощность, кВт	Производительность, м ³ /ч	Удельные затраты, руб/м ³	Область применения, объём заиления на 1 м канала, м ³ /м
Каналоочиститель внутриканальный, КВМ-4,6, глубина 2 м	3,1	33,1	20	29,47	Очистка, 0,06...0,14
*Экскаватор одноковшовый, ЭО-2621ДТ, глубина 2 м	6,05	66,1	10..-29	30,35	Очистка, 0,15...0,26
Каналоочиститель многоцелевой на колесном ходу, XS-8266S, глубина 3 м	22,4	118	45	36,64	Очистка, 0,06...0,22
Каналоочиститель, РР-303, глубина 3 м	10,4	66-121	25	24,56	Очистка, 0,14...0,38
*Экскаватор одноковшовый, ЭО-4112А-1, глубина 3 м	24,5	66	20	44,6	Очистка, 0,22...0,38
Каналоочиститель многоцелевой КМ-2331, глубина до 2,5 м	9,5	118-129	50	26,03	Очистка и ремонт, 0,06...0,26
Каналоочиститель с дополнительной фронтальной опорой КМ-2,6ФО, глубина до 2,5 м	14,56	73-80,8	70	19,12	Очистка и ремонт, 0,1...0,38
*Экскаватор одноковшовый, ЭО-3326, глубина до 2,5 м	13	58	16-48	24,88	Очистка и ремонт, 0,15...0,26

Таблица 3 - Прогнозные стоимостные показатели очистки осушительных каналов от наносов

Наименование и марка машины, глубина канала	Длина канала, м	Прямые затраты на очистку канала регулирующей сети при ширине по дну 0,4 м, тыс. руб./700м, тыс. руб./1500м					
	Толщина наносов, м	0,15	0,25	0,35	0,55	0,65	0,95
	Объём наносов на 1 метр канала, м ³ /м.	0,06	0,1	0,14	0,22	0,26	0,38
Каналоочиститель внутриканальный КВМ-4,6, глубина 2 м	700	1,238	2,062	2,888	4,538	5,364	7,839
	1500	2,652	4,421	6,189	9,725	11,493	16,798
Каналоочиститель многоцелевой КМ-2331, глубина до 2,5 м	700	1,093	1,822	2,551	4,009	4,737	6,924
	1500	2,343	3,905	5,466	8,590	10,152	14,837
Каналоочиститель многоцелевой на колесном ходу XS-8266S, глубина 3 м	700	1,539	2,565	3,591	5,643	6,668	9,746
	1500	3,298	5,469	7,694	12,091	14,290	20,885
Каналоочиститель РР-303, глубина 3 м	700	1,032	1,719	2,407	3,783	4,470	6,533
	1500	2,210	3,684	5,158	8,105	9,578	13,999
Каналоочиститель с дополнительной фронтальной опорой КМ-2,6ФО, глубина до 2,5 м	700	0,803	1,338	1,874	2,944	3,480	5,086
	1500	1,721	2,868	4,015	6,310	7,457	10,898
*Экскаватор одноковшовый ЭО-3326, глубина до 2,5 м	700	1,965	3,135	4,194	5,977	6,702	8,206
	1500	4,210	6,718	8,987	12,808	14,361	17,585
*Экскаватор одноковшовый ЭО-2621ДТ, глубина 2 м	700	2,244	3,399	4,283	5,235	5,303	8,073
	1500	4,807	7,284	9,178	11,217	11,363	17,299
*Экскаватор одноковшовый ЭО-4112А-1, глубина 3 м	700	3,559	5,776	7,780	11,470	12,987	16,846
	1500	7,627	12,377	16,671	24,579	27,830	36,099

*- прямые затраты изменяются пропорционально заполнению ковша от номинальной вместимости

Список использованных источников

1. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения на 03.12.2013 г., Минсельхоз России,- М.: Департамент земельной политики, имущественных отношений и госсобственности, 2013, 64 с. (Электронный ресурс - WWW.mcx.ru/doklad_2013_11 (2))
2. Петриков А.В. [и др.] Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения на 21.10.2011 г., Минсельхоз России,- М.:ФГБНУ Росинформагротех,- 2011, 145 с.
3. Мамаев З.М., Пунинский В.С. Першина О.Ф. Проблемы реанимации существующей открытой осушительной сети на мелиорированных землях и каналах. Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты мелиоративных технологий. Сборник науч. трудов. Выпуск 5, Рязань: ФГБОУ ВПО РГАУ, 2012 г., с. 4...8,
4. Бедретдинов Г.Х. Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России (Костяковские чтения). Технологии восстановления осушительных каналов с утилизацией растительности и наносов. Материалы международной научно-практической конференции 20...21 марта 2013 года.-М.: Изд. ВНИИА, 2013.- стр. 125...132.

УДК 502/504: 631.311.5

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ВЫРОВНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЛАНИРОВЩИКОВ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ

Ю. Г. Ревин, С. Ю. Насонов

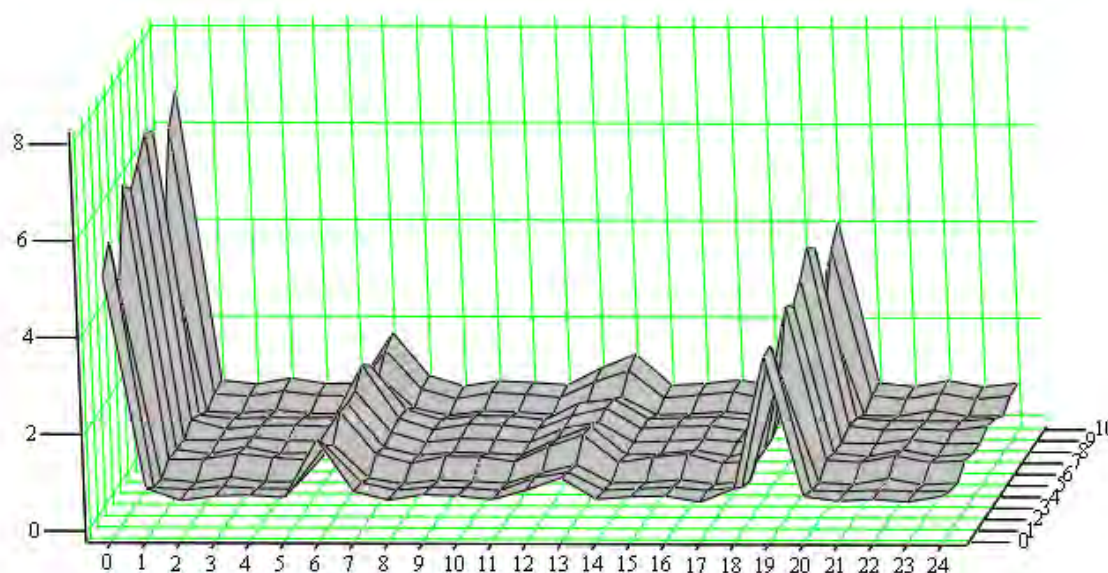
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Процесс выравнивания сельскохозяйственных полей, особенно поверхности рисовых чеков, довольно многосложная процедура, определяющаяся требованиями к качеству выравнивания поверхности поля, набором планирующих машин, технологическими схемами их движения по полю. В каждом конкретном случае, то есть для каждого чека, организация работ может быть различной. Выбор наиболее целесообразной является непростой задачей. Такого рода задача наилучшим способом решается при наличии теоретического анализа математической модели процесса выравнивания поверхности поля. В настоящей статье представлены результаты оценки выровненности поверхности одного и того же чека с использованием предлагаемой авторами методики при работе планировщиков различных конструкций. При расчёте были использованы следующие планировщики: первый – длиннобазовый планировщик типа Д-719; второй – планировщик типа ДЗ-603, называемый планировщиком с передним балансиром; третий – короткобазовый планировщик типа ПЛ-5 с лазерной системой автоматического управления (ЛСАУ) рабочим органом по высоте. Все перечисленные планировщики имеют землеройные рабочие органы в виде бездонного ковша.

При проведении расчётов по предлагаемой авторами методике использовался, один и тот же чек, который можно охарактеризовать как чек с более или менее равномерным по площади распределением выступов и впадин. Эта ситуация позволила применить сплошную планировку чека, когда планировщик

за время работы проходит по всей его поверхности.

На рисунке 1 представлен график спектральной плотности $S1$ поверхности этого чека, анализ которой позволил получить основные его статистические характеристики. Так, общая дисперсия неровностей составляет $D \approx 23 \text{ см}^2$, а средняя амплитуда неровностей достигает $A_{cp} \approx 7 \text{ см}$. На графике спектральной плотности довольно рельефно просматриваются пиковые её значения, позволяющие оценить наиболее часто встречающиеся неровности по длине с определением доли общей дисперсии, приходящейся на неровности.



S1

Рисунок 1 - Трёхмерный график спектральной плотности поверхности рисового чека до планировки

В результате анализа и расчётных процедур были выявлены преимущественно встречающиеся неровности со следующими характеристиками (таблица 1).

Таблица 1 - Параметры наиболее часто встречающиеся неровностей на поверхности чека

№№	Длина неровностей, м	Дисперсия, приходящаяся на неровность, см^2	Доля дисперсии неровностей от исходной, %
1	250	5.91	27
2	20	2.61	12
3	10	1.95	13
4	7	4.51	21

Наибольшая дисперсия содержится в неровностях длиной 250 м, доля других несколько меньше. Суммарная дисперсия выявленных неровностей составляет примерно 73 %. Вся остальная дисперсия приходится на неровности со случайной длиной и случайной амплитудой.

Известно, что наиболее эффективно выравниваются неровности, длина

которых не превышает двойной длины базы планировщика. Поэтому можно сделать прогнозируемый вывод о значительном уменьшении дисперсии 20-ти, 10-ти и 7-ми метровых неровностей в результате прохода планировщика типа Д-719 и ДЗ-603. Короткобазовый планировщик может частично выравнять и неровности длиной 250 м.

Проведем количественную оценку результатов возможного выравнивания поверхности представленного чека с использованием предлагаемой математической модели. Процедура выравнивания может быть выражена следующей аналитической формулой [1]:

$$S2 = S1 \cdot A^2, \quad (1)$$

где $S2$ – спектральная плотность неровностей поверхности чека после планировки, $\text{см}^2 \cdot \text{м}$, в виде прямоугольной матрицы размером $n \times m$; $S1$ – спектральная плотность неровностей поверхности чека до планировки, (той же размерности, что и $S2$); A – квадрат амплитудно-частотной характеристики планировщика в виде единичной диагональной матрицы размером $m \times n$.

Результаты вычислений по формуле (1) и получения параметров неровностей в соответствии с рисунком 2 представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры неровностей в спектре рисового чека после прохода планировщиков

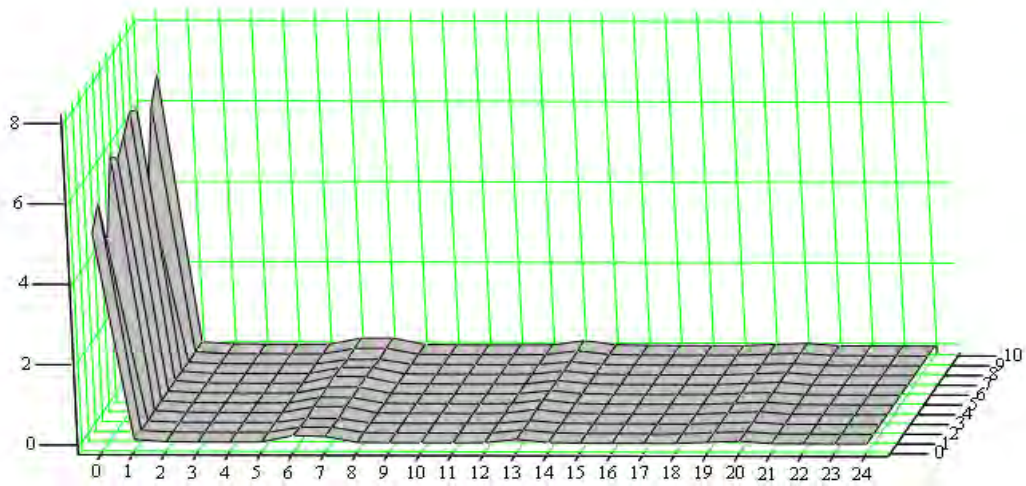
№№	Марка планировщика	Длина неровности, м	Дисперсия, приходящаяся на неровность, см^2	Доля дисперсии неровностей от исходной, %
1	Длиннобазовый планировщик типа Д-719	250	5.92	96
2	Планировщик с передним балансиrom типа ДЗ-603	250	5.45	100
3	Короткобазовый планировщик с ЛСАУ типа ПЛ-5	60	0.47	90

Анализ данных таблицы 2 позволяет сделать следующие выводы:

1. При работе планировщиков Д-719 и ДЗ-603 неровности длиной 20, 10 и 7 м выравниваются почти полностью, а неровности длиной 250 м практически остаются без изменения.

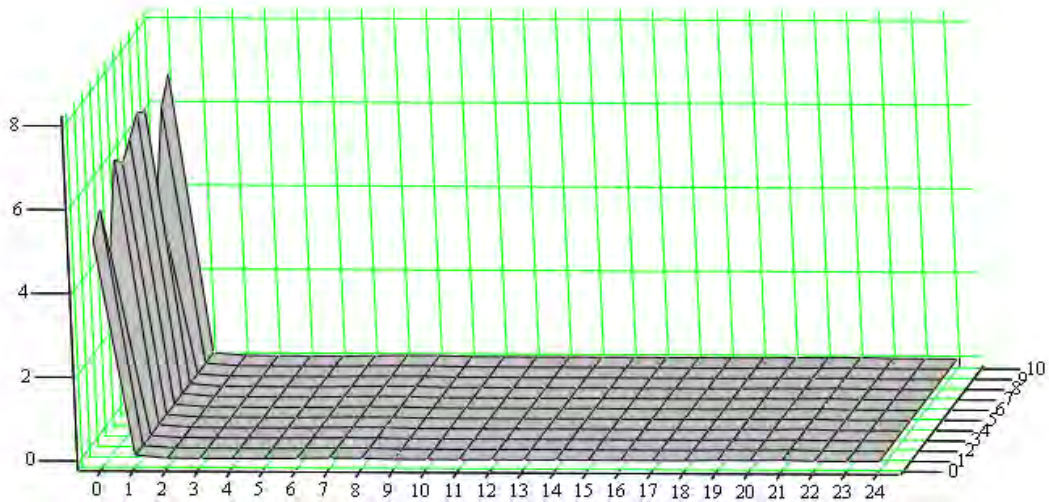
2. Планировщик ПЛ-5 выравнивает все неровности довольно эффективно. Изменяется даже структура неровностей.

Расчёты для процесса выравнивания поверхности рисовых чеков подтверждают правильность основных положений предлагаемой математической модели работы мелиоративного планировщика.



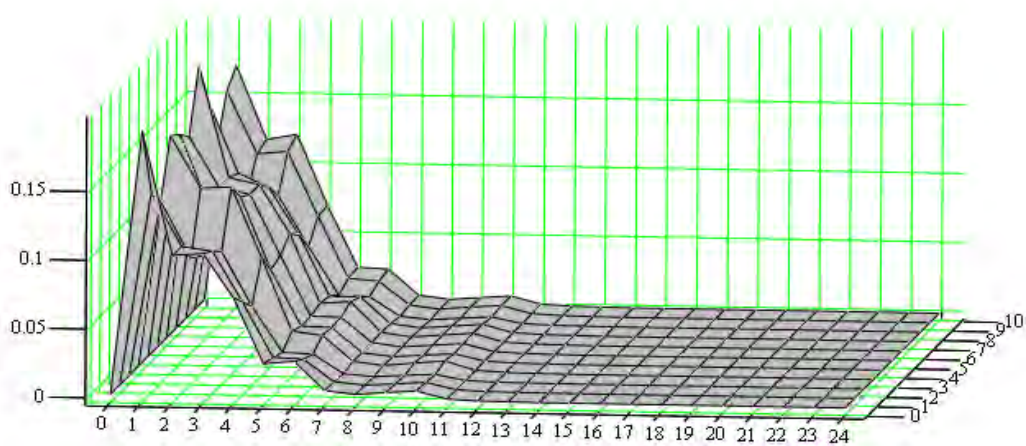
S2

а



S2

б



S2

в

Рисунок 2 - Графики спектральных плотностей поверхности рисового чека после прохода планировщика типа Д-716 (а), планировщика типа ДЗ-603 (б), планировщика типа ПЛ-5 (в)

Список использованных источников

1. Ревин Ю. Г. Математическая модель процесса выравнивания поверхности рисового чека с использованием информации о технологической схеме движения планировщика по полю.//Костяковские чтения. Материалы международной научно-практической конференции. – М.: Изд. ВНИИА, 2013. – С. 213-216.

УДК 627.824.32.065

ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАВОДКОВЫХ НАВОДНЕНИЙ И СПОСОБЫ ИХ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

¹**В.И. Сметанин, ¹А.Н. Насонов, ²И.В.Цветков, ¹И.М. Жогин**

¹ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВПО Тверской государственной университет, г. Тверь, Россия

На территории Российской Федерации, обладающей большим разнообразием геологических, гидрологических, климатических, топографических и других условий, наблюдается более 30 видов опасных природных явлений. Наиболее тяжелые последствия несут наводнения, засухи, лесные пожары и сильные морозы.

Паводковые наводнения наблюдаются практически ежегодно с повторяющимися стихийными бедствиями, по площади охватывают значительные территории, по наносимому материальному ущербу – превосходят все остальные. На территории России затоплению различного характера подвержены более 300 городов, десятки тысяч населенных пунктов с общим населением более 4,6 млн. человек, множество хозяйственных объектов, в том числе более 7 млн. га сельскохозяйственных угодий, [1].

Используя ландшафтный подход к данной проблеме, можно отметить, что аномальное изменение климата и постоянный рост антропогенной нагрузки на вмещающий ландшафт, при достижении ими критических нагрузок определяют дальнейшие тренды его самоорганизации, включая изменение современного гидрологического состояния самой речной системы. В результате происходит усложнение среды настолько, что она оказывается чувствительной к любым погодным и антропогенным изменениям, при которых создаются локальные напряжения, снятие которых естественным путем выражается в виде превышения нормативных уровней воды с затоплением прилегающих территорий.

Определение территориальных зон, подверженных первоочередному затоплению, и масштаба их затопления не всегда совпадает с прогнозными данными, т.к. рассматриваемые участки находятся в системе природно-техногенного ландшафта и возникающие в нем напряжения меняются как во времени, так и пространстве. Например, с частичным изменением климата в последние годы меняется интенсивность, продолжительность и периодичность выпадения осадков, площадь территорий, подверженных этим осадкам, и др., ранее не затапливаемые территории подвержены наводнениям, в отдельных случаях катастрофическим.

Особое место среди факторов, способствующих затоплению прилегающих территорий, занимает заиливание русел рек. В период существования министерства водного хозяйства и мелиорации союзного и республиканского значения, выделялись денежные средства, имелась соответствующая строительная техника и самое главное - люди, способные выполнять поставленные задачи. Плановмерно выполнялись работы по очистке русел рек разного порядка.

Кроме того, ежегодно в предпаводковые периоды создавались региональные комиссии по пропуску паводков с привлечением специалистов и резервированием строительной техники, строительных материалов и т.д. на период прохождения паводка. Перечисленные мероприятия снижали вероятность катастрофических затоплений территорий.

В настоящее время на слуху выполнение МЧС РФ (министерство по чрезвычайным ситуациям) работ по ликвидации последствий наводнений. Это борьба не с причинами, а со следствием, т.к. финансируются аварийно-спасательные работы, а работами по предупреждению чрезвычайных ситуаций должны заниматься собственники водных объектов и территорий.

Для предупреждения затопления территорий, важно знать какие участки будут затоплены в первую очередь, которые необходимо срочно защищать.

В последнее время появились работы, связывающие исследования структуры речных систем с использованием фрактальных методов моделирования природных процессов, [2, 4, 5].

Суть метода заключается во фрактальном анализе бассейнов речных систем исследуемой территории, для которых рассчитываются значения фрактальных размерностей, являющихся мерой сложности организации природной среды к воздействию абиогенных нагрузок. То есть, фрактальные свойства элементов природной среды обнаруживаются при условии сходства их поведения на различных уровнях существования (иерархии), что называется масштабной инвариантностью или скейлингом. При этом, чем большей фрактальной размерностью обладает территория, тем выше вероятность ее первостепенного затопления, а значит на данной территории необходимо проведение работ по регулированию речной системы.

Регулирование структуры речной системы может осуществляться различными путями: создание водохранилищ, очистка русел рек от донных отложений, возведение противопаводковых защитных дамб и т.д. В этих условиях создание водохранилищ, возведение защитных дамб и очистка русел от донных отложений может трактоваться как процесс природообустройства, понижающий фрактальную размерность среды и, тем самым, снижающий риски паводковых затоплений. По сути, такое преобразование делает среду более однородной, а, следовательно, более устойчивой к проявлению внешних нагрузок. Дополнительный запас устойчивости формируется за счет того, что возведение гидротехнических сооружений в местах повышенного риска затопления создает дополнительные центры аттрактивной сходимости (тренды сходимости) внешних нагрузок [3].

Одним из способов снижения рисков паводковых затоплений выявленных зон с ландшафтной напряженностью среды с учетом их территориального размещения может служить использование технологии возведения противопаводковых защитных дамб намывным способом из местных строительных материалов - донных отложений и наносов, извлекаемых из русловой части водотока.

Технология включает разработку донных отложений землесосным снарядом и намыв грунта в тело дамбы при помощи распределительного устройства, расположенного непосредственно на карте намыва.

Распределительное устройство позволяет разделять намываемые донные отложения на мелкие фракции и негабарит, и крупные, формируя в процессе намыва поперечный профиль возводимой дамбы с противофильтрационным ядром, состоящим из мелких и негабаритных фракций и устойчивыми боковыми призмами, намываемыми из отсортированных фракций [8].

Возведение дамбы, как гидротехнического сооружения - это инструмент регуляции структуры речной системы через понижение ее фрактальной размерности. Этому во многом способствует очистка русла от донных отложений, намыв дамбы и утилизация донных отложений. При этом улучшается русловая гидродинамика реки и защищается прибрежная территория от затопления паводковыми водами.

В настоящее время разработана технология, включающая расчистку русла от донных отложений и намыв защитной дамбы. На рисунке 1 показан рабочий этап расчистки русла от донных отложений и намыв защитной дамбы.

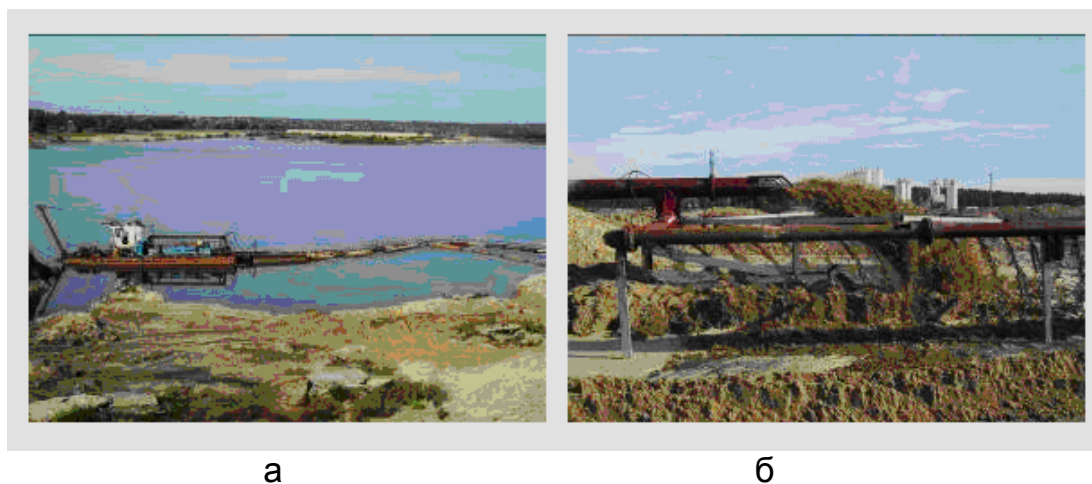


Рисунок 1 - Рабочий этап расчистки русла и возведения защитной дамбы с одновременной разработкой донных отложений:
а – разработка донных отложений землесосным снарядом; б – возведение защитной дамбы с использованием распределительного устройства

Технология включает в себя разработку, транспорт, сортировку и намыв отсортированных фракций грунта в тело защитной дамбы.

В работах А.П. Юфина, Д.Л. Меламута, В.А. Мелентьева отмечается, что в потоке пульпы, движущейся в пульпопроводе, крупные фракции перемещаются в нижней его части, влекомые основным потоком пульпы [3, 4, 5].

Используя этот факт, разработано распределительное устройство, которое позволяет использовать в качестве строительных материалов донные отложения. Распределительное устройство обеспечивает разделение потока пульпы, отделяя из нижней его части крупные фракции, направляя их в распределительные пульпопроводы для рассредоточенного намыва боковых призм защитной дамбы, а оставшаяся часть потока пульпы, включающая мелкие фракции и отсев, направляются далее по основному пульпопроводу для намыва средней части дамбы. Таким образом, профиль возведенного сооружения состоит из боковых призм, намываемых из отсортированных крупных фракций, а центральная – из мелких фракций и отсева, что позволяет обеспечить фильтрационную надежность и устойчивость сооружения в целом.

На рисунке 2 показана технологическая схема возведения защитной дамбы и очистки водного объекта от донных отложений.

Конструкция распределительного устройства (рис. 3) представляет собой два распределительных пульпопровода, расположенных параллельно основному и соединённым с ним через раструб, расположенный в нижней его части. Соединение основного пульпопровода с раструбом имеет защитную решётку, обеспечивающую защиту выпускных отверстий распределительного пульпопровода от засорения крупными каменными и другими включениями.

На торце основного пульпопровода, в верхней его части, установлен гаситель, обеспечивающий рассеивание потока и снижение его кинетической энергии, что приводит к уменьшению воронки размыва и сокращению длины пляжа намыва.

Намыв сооружения производят одновременно из основного и двух распределительных пульпопроводов, расположенных с двух сторон основного и параллельно ему.

При этом намывные участки распределительных пульпопроводов 9, т.е. участки пульпопроводов, имеющих выпускные отверстия 10 для рассредоточенного намыва, расположены таким образом, что конус намываемого грунта, образуемый при намыве из торца основного пульпопровода 7, формируется с обжатием его с двух сторон боковыми призмами 6, намываемыми из распределительных пульпопроводов 9. Поток пульпы, выходящий из торца основного пульпопровода 7, при прохождении через гаситель 11, рассеивается, что позволяет уменьшить вынос грунта за пределы зоны намыва боковых призм 6. Входное отверстие раструба защищено внутренней решеткой, выполненной в виде продольных стержней из гладкой арматурной стали диаметром 10 - 16 мм, жестко закрепленных только с напорной стороны, расстояние между которыми составляет $0,75 d_v$, в целях снижения засорения защитной решетки 12 раструба растительными и каменными включениями, а также для более эффективного переноса мелких частиц через входное отверстие в раструб, перед защитной решеткой жестко закреплен направляющий элемент 13 серповидной формы,

расположенный под углом $25...30^\circ$ в сторону защитной решетки, выполненный из листовой износостойкой стали толщиной $8...10$ мм, высотой $50...70$ мм и шириной, равной ширине входного отверстия раструба.

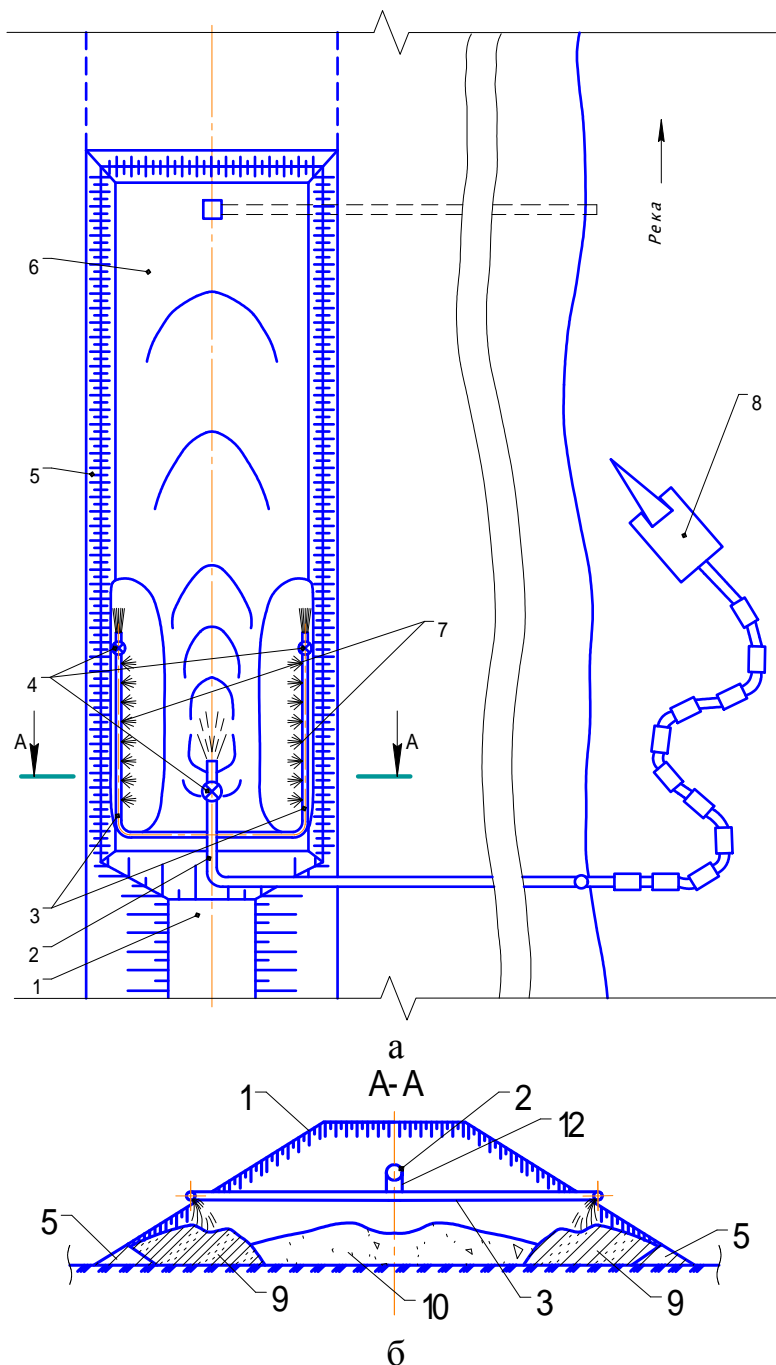


Рисунок 2 - Технологическая схема очистки водного объекта от донных отложений с одновременным возведением защитной дамбы

(а – план; б – сечение дамбы):

1 - тело дамбы; 2 - основной пульпопровод; 3 - распределительные пульпопроводы; 4 - шибберные задвижки; 5 - дамбы (первичного) обвалования; 6 - карта намыва; 7 - выпускные отверстия распределительных пульпопроводов; 8 - землесосный снаряд; 9 - боковые призмы; 10 - средней части проектного сечения дамбы (ядро дамбы)

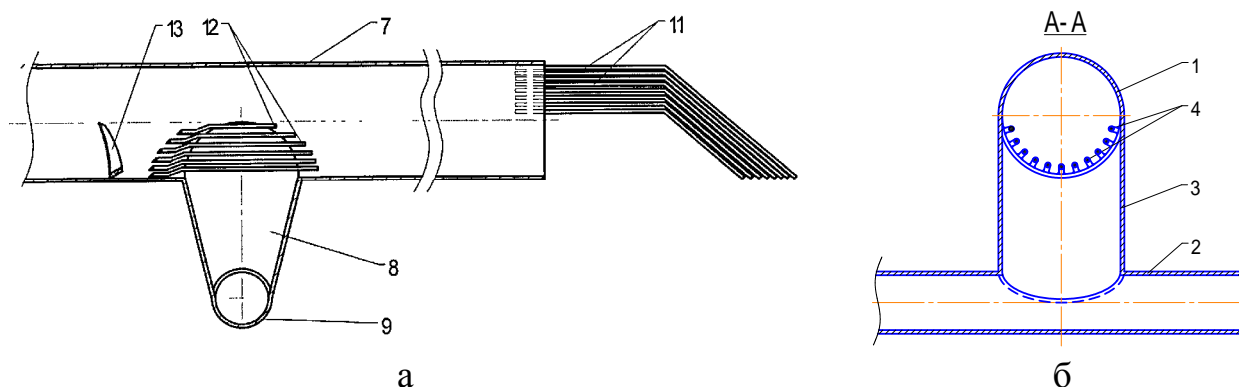


Рисунок 3 - Конструкция распределительного устройства

(а – общий вид; б – место соединения основного пульпопровода с распределительными): 1 – основной пульпопровод; 2 – распределительный пульпопровод; 3 – раструб; 4 – защитная решетка; 5 – гаситель

Разработанная технология позволяет определять потенциальные участки паводковых затоплений и осуществлять их защиту путем расчистки русла от донных отложений и возведения намывным способом защитных дамб из местных строительных материалов.

Список использованных источников

1. Министерство по чрезвычайным ситуациям. Официальный сайт. www.mchs.gov.ru/
2. Калуж Ю.А., Логинов В.М., Чупкиова С.А. Использование технологий ГИС при анализе фрактальных характеристик речной сети Тувы // Геоинформатика. – 2005. – № 4. – С. 31–40.
3. Сметанин В.И. Топологическое моделирование природно-техногенных систем. [Текст] / А.Н. Насонов, В.И. Сметанин // Научно-практический журнал Природообустройство, №1, 2013. - С. 11-16.
4. Ignacio Rodriguez, Andrea Renaldo. “Fractal River Basins, Chance and Self-Organization”. Cambridge university press. 2001. 547 С.
5. Мельник М.А. Фрактальный анализ извилистости рек (На примере Томской области) С. 168 – 176. 2009. Интернет-ресурс, PDF
6. Тищенко Н.Н., Цветков И В. Фрактальный анализ речных систем Тверской области. Моделирование сложных систем Выпуск 1. Тверь. Изд-во ТвГУ. С.134-144.
7. Цветков И.В. Использование фрактальных временных рядов в комплексном анализе речных систем. Моделирование сложных систем. Выпуск 1. Тверь 1998. с. 145-155.
8. Сметанин В.И. Методы и средства гидромеханизации в составе мероприятий по защите территорий от наводнений. [Текст] / В.И. Сметанин, И.М. Жогин // Научно-практический журнал Природообустройство, №2, 2013. - с. 80-83.

УДК 631.01.020.05.

КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ ПОЧВ

Н.К. Теловов, Х.А. Абдулмажидов, В.А. Шмонин

ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Новым направлением мелиорации и окультуривания тяжелых почв является создание органоминеральной структуры почвенного профиля, что достигается глубоким рыхлением с одновременным внутripочвенным внесением

структурообразующих веществ органического происхождения: измельченные стебли кукурузы, травы, торф и др., а также использованием для полива дренажного стока, содержащего органические вещества [1].

Известно, что под действием глубокого рыхления коренным образом изменяются водно-физические свойства почв. Так, объемная масса снижается с 1700...1800 до 1300...1400 кг/м³, а число ударов динамического плотномера (Ударника ДорНИИ) – в 3...4 раза, что существенно увеличивает водопроницаемость почвы и ее фильтрационные свойства. Коэффициент фильтрации увеличился с 0,05...0,1 до 1 м/сут [2]. Наибольшая эффективность глубокого рыхления наблюдается в первый год после обработки почвы. Затем под действием осадков, воздействия движителей сельскохозяйственных машин и испарения почвенной влаги, вновь происходит постепенное уплотнение почвы. В связи с этим рыхление проводится через каждые 3...4 года.

При мелиорации и окультуривании низменных почв в Волоколамском районе Московской области нашло широкое применение стоков животноводческих комплексов и птицеферм одновременно с рыхлением сельскохозяйственных угодий. Жидкие стоки, вносились в разрыхленный профиль почвы с помощью РЖТ-8, после глубокого рыхления. Однако раздельное рыхление и внесение мелиорантов снижает производительность машин. При одновременном внесении жидкий навоз, жидкие минеральные удобрения и химические мелиоранты подаются самотеком или под давлением из баков, смонтированных на тракторах Т-150К, РТМ-160У и ЛТЗ-155, в распределительное устройство рыхлителя с помощью гибких шлангов, при этом обрабатываемый рыхлителем почвенный пласт приподнимается и затем распадается на мелкие комья. В разрыхленное пространство вносятся жидкие удобрения и мелиоранты. При таком способе внесения удобрений питательные вещества остаются в почве и не загрязняют окружающую среду. Применение химических мелиорантов и структурообразующих веществ позволяет создавать новую комковатую структуру почвенного профиля и в дальнейшем при необходимости управлять этой структурой.

Существенное влияние на качество рыхления оказывают грунтовые условия. Применение стоечных рыхлителей на тяжелосуглинистых и глинистых увлажненных почвах не дает желаемого результата, т.к. глубина рыхления в этом случае не превышает 0,2...0,3 м, в нижней части профиля образуются уплотненные слои, которые делают практически невозможным равномерное внесение в почвенный горизонт различных мелиорантов и удобрений. Для мелиорации таких почв применяются глубокие рыхлители объемного типа РГ-0,5 и РГ-0,8, которые агрегируются с тракторами тягового класса 30-70 кН и снабжены оборудованием для внесения жидких удобрений [3]. Однако при проведении рыхления данными глубокорыхлителями на увлажненных почвах не достигается требуемая по агротехническим требованиям полнота рыхления и комковатость почвы.

Для работы в таких условиях требуется разработка новых конструкций глубокорыхлителей. На основании проведенных исследований нами предложено

на новая конструкция комбинированного орудия для рыхления тяжелых почв, сочетающая преимущества стоечных и объемных рыхлителей и защищенная патентом РФ №2500092 на изобретение [4].

Новая конструкция (рис. 1) рыхлителя включает два ряда последовательно установленных стоек разной толщины, причем толщина передней стойки больше чем задней (сечение А-А). Такое решение позволяет уменьшить тяговые сопротивления при рыхлении. Задняя стойка 4 снабжена трубчатым элементом 2 с форсункой 3 для распределения жидких удобрений в слое почвы. Подача жидких удобрений осуществляется из бака 1. В нижней части задней стойки режущие элементы повернуты в противоположную сторону относительно режущих элементов передней стойки. Такое расположение элементов конструкции позволяет рыхлить почву с максимальной вертикальной площадью обработки. Лемеха шириной B_0 установлены на расстоянии M друг от друга. Наклонные части рыхлителя повернуты на 45° . Глубина рыхления наклонной частью составляет h_2 .

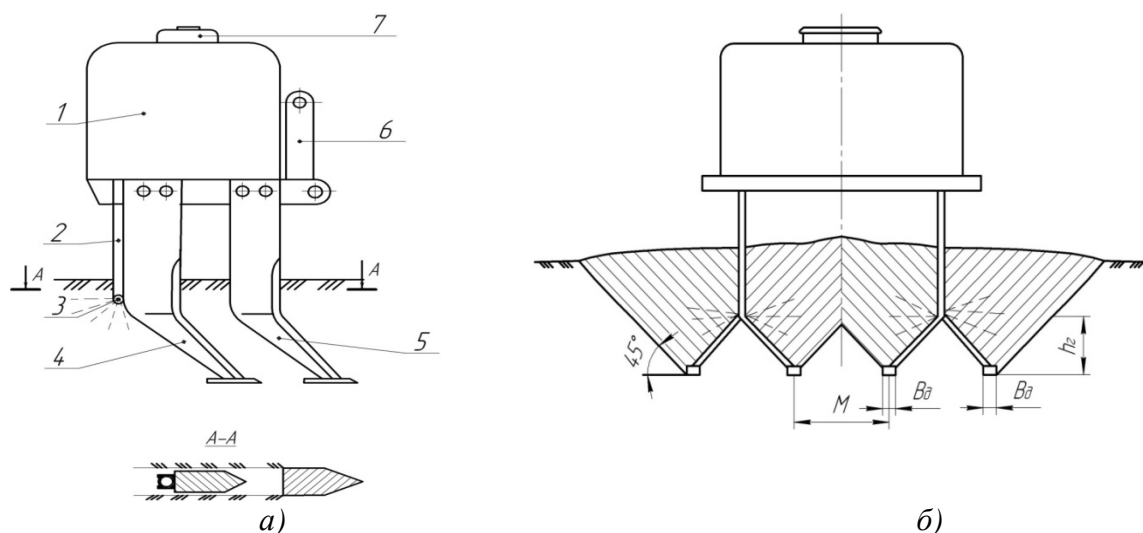


Рисунок 1 – Глубокорыхлитель-удобритель - а) вид с боку и б) вид спереди:
 1 - бак для удобрения, 2 - трубопровод для подачи удобрения в почву, 3 - форсунка, 4 - рыхлитель (стойка) заднего ряда, 5 - рыхлитель переднего ряда, 6 - кронштейн для агрегатирования с базовой машиной, 7 - крышка бака

Машина позволяет вносить в разрыхленный почвенный профиль жидкие мелиоранты и минеральные удобрения (азотные или растворы аммиачного типа).

В лабораторных условиях на модели рабочего органа были проведены экспериментальные исследования. Эксперименты показали, что при рабочей скорости рыхления 0,6...0,8 м/с происходит интенсивное разрушение слитной структуры грунта. В неоднородных слоях грунты под действием режущих элементов глубокорыхлителя быстро разрушаются и вспучиваются на 0,015...0,03 м над поверхностью. Были также определены тяговые сопротивления при рыхлении грунта с последующим пересчетом их на рабочий орган в натуральную

величину. Установлены возможности работы рыхлителя по тяговым условиям с базовыми тракторами класса 30-70 кН.

Применение предлагаемого комбинированного орудия позволяет снижать тяговые сопротивления при рыхлении, наиболее полно разрыхлять почвы, вносить различные мелиоранты, жидкие минеральные и органические удобрения.

Список использованных источников

1. Труфанов В.В. Глубокое чизелевание почвы / В.В. Труфанов М.: ВО «Агропромиздат». 1989. 141 с.
2. Казаков В.С. Рекомендации по технологии регулирования водно-солевого режима тяжёлых почв на рисовых системах Кызыл-Ордынской области. МИИСП им. В.П. Горячкина.; МГМИ им. А.Н. Костякова. В.С. Казаков, В.П. Максименко, С.И. Умирзакова, М. 1989-67с.
3. Насыров Н.К. Руководство по мелиорации почвенного профиля при комплексной реконструкции оросительных систем (на примере Яванской долины) МИИСП им. В.П. Горячкина. Н.К. Насыров, В.С. Казаков. Тверь. 1990 -68с.
4. Теловов Н.К. Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с внесением удобрений // Патент №2500092 от 10.12.2013г/ А.В. Шмонин, С.К. Тойгамбаев, Н.К. Теловов

УДК 635.11:631.674.6:631.5

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А.В. Хрипченко

ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, Россия

Орошение в условиях Волго-Донского междуречья является одним из наиболее действенных мелиоративных приемов, позволяющих повысить эффективность производства овощей. В Волгоградской области фактическая урожайность корнеплодов составляет 35,0 - 40,0 т/га, что ниже потенциальной. Результаты научных исследований и производственный опыт подтверждают возможность получения более высоких урожаев корнеплодов, в том числе столовой свеклы.

В Нижнем Поволжье орошение развивается главным образом на светло-каштановых почвах. Они содержат мало гумуса, отличаются повышенной солонцеватостью, низкой водопропускной способностью агрегатов, высокой засоренностью остатками посевов. Поэтому обработка почвы является основным фактором для улучшения ее водно-физических свойств в условиях орошаемого земледелия.

На орошаемых землях создаются благоприятные условия не только для культурных растений, но и для сопутствующих сорняков. Быстро растущие и размножающиеся на поливных землях сорные растения расходуют большое количество влаги, питательных веществ, что снижает урожайность и качество продукции.

По данным С.А. Воробьева, Д.И. Бузова, [3, 2] растения бодяка полевого выносят из почвы азота в 1,5 раза и калия в 2 раза больше, чем зерновые колосовые. Тяговое сопротивление почвообрабатывающих машин на полях, сильно засоренных корневищными и корнеотпрысковыми сорняками, увеличивается на 22 – 25 % .

По наблюдениям С.А. Котта [4] основными причинами засоренности почв являются высокие потенциальные запасы семян и органов вегетативного размножения в пахотном горизонте. Кроме того, при орошении вместе с оросительной водой на поля заносится большое количество семян сорняков. Исследованиями И.К. Батюкова, и П.К. Дорожко [1] установлено, что с каждым кубическим метром воды на поле заносится до 2000 семян сорняков, что при норме полива 700 м³/га составляет порядка 140 семян на 1 м². Поэтому одной из решающих предпосылок получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур при минимальных затратах является решительная борьба с сорняками.

Агрономическая наука разработала стройную систему борьбы с сорной растительностью. Ведущая роль в этой целостной системе принадлежит обработке почвы. Однако существующие агротехнические рекомендации до конца не решают проблему борьбы с сорной растительностью и в дополнение к ним применяются гербициды.

В связи с этим основной задачей проводимых исследований является установление закономерностей формирования урожая столовой свеклы в зависимости от обработки почвы и внесения гербицидов при капельном орошении.

Цель исследований сводилась к разработке более эффективных способов уничтожения сорняков на основе совместного влияния обработки почвы и применения гербицидов, которые обеспечивают их рациональное использование, повышение производительности труда и экономической эффективности технологии возделывания свеклы.

Практическая значимость работы заключается в разработке и внедрении научно обоснованных рекомендаций по повышению эффективности возделывания свеклы на светло – каштановых почвах Волгоградской области.

Исследования проводились на орошаемом участке КФК «Гуляев Н.В.» Городищенского района Волгоградской области в 2011 – 2013 гг. Почва опытного участка светло-каштановая с маломощным гумусовым горизонтом (0,15 – 0,23 м) с низким содержанием гумуса (1,16 – 2,23 %). Наименьшая влагоемкость (НВ) в слое 0,4 м равняется 21,2%, а плотность – 1,3 т/м².

Обработка почвы проводилась в третьей декаде апреля. Схема опыта включала три варианта обработки: вспашка на глубину 0,20 – 0,22 м, обработка почвы КПШ – 9 на глубину 0,14 – 0,16 м и дискование на глубину 0,10 – 0,12 м.

В качестве гербицидов использовались: Стомп с нормой внесения 4 л/ га, Гезагард - 1,5 – 3л/га и Пирамин - 3,5л/га. Внесение проводились перед посевом.

Режим орошения столовой свеклы проводился с учетом снижения запасов влаги до 90-80-70 % НВ. В годы исследования потребовалось от 12 до 15 поливов.

Исследования проводились на посевах столовой свеклы сорта Кастрел (гибрид голландской селекции).

На контрольных участках в естественных условиях, где не применялись гербициды, количество сорняков на 1м² в зависимости от способа обработки почвы ко времени начала формирования корнеплодов достигало от 57,6 до 75,2, а в начале уборки урожая от 80, до 84,1 шт./м².

Применение гербицидов способствовало снижению количества сорных растений перед уборкой урожая: при вспашке от 12,8 до 10,3; при обработке КПШ – 9 – от 15,5 до 13,9; при дисковании БДМ – 4 – от 27,2 до 20, 6 шт./м².

Обработка почвы гербицидом Стомп вне зависимости от способа обработки почвы оказалась эффективнее обработки Гезагардом на 7,1% и на 15,1% по сравнению с Пирамином.

Применение Гезагарда способствовало уменьшению засоренности посевов по сравнению с контролем в варианте со вспашкой - на 70,6 %, при обработке почвы КПШ – 9 - на 61,8 %, при дисковании - на 37 %.

Урожайность столовой свеклы в зависимости от изучаемых вариантов и приемов приведена в таблице 1.

Установлено, что на естественном фоне, где не вносились удобрения и не вносились гербициды, урожайность столовой свеклы в среднем за три года исследований составила на варианте со вспашкой - 41,0 т/га, на варианте с обработкой почвы КПШ – 9 - 40,3 т/га а при дисковании почвы - 37,2 т/га.

При использовании гербицидов урожайность столовой свеклы повышается. Так при дождевом внесении Стомпа нормой 4 л/га, средняя урожайность за годы исследований на варианте со вспашкой составила 62,6 т/га, при обработке КПШ – 9 - 59,0 т/га, при дисковании - 54,4 т/га.

Внесение гербицида Гезагард нормой 1,5-3,0 л/га повышает урожайность столовой свеклы на варианте со вспашкой до 59,0; с обработкой КПШ-9 - до 63,2 т/га; с дискованием - до 54,8, (таблица 1).

По сравнению с другими гербицидами менее эффективным оказался Пирамин с нормой внесения 3,5 л/га.

Таким образом, оптимизация обработки почвы и рациональное применение гербицидов повышает урожайность столовой свеклы до 65 т/га, что выше по сравнению с контролем на 60%.

Таблица 1 - Урожайность столовой свеклы в зависимости от обработки почвы и применения гербицидов т/га

Вариант обработки почвы	Гербициды	Доза внесения	Время внесения	Годы исследования			
				2011	2012	2013	Среднее
Вспашка на 0,20-0,22м	Контроль			39,3	41,5	42,2	41,0
	Стомп	4 л/га	До посева	58,9	63,8	65,1	62,6
	Гезагارد	1,5-3,0 л/га	До посева	55,9	60,1	61,2	59,0
	Пирамин	3,5 л/га	До посева	56,6	60,3	61,1	59,3
Обработка КПШ-9 0,14-0,16 м	Контроль	-	-	39,8	40,5	40,7	40,3
	Стомп	4 л/га	До посева	56,3	60,7	61,3	59,4
	Гезагارد	1,5-3,0 л/га	До посева	62,8	63,1	63,6	63,2
	Пирамин	3,5 л/га	До посева	58,2	60,3	60,1	59,5
Обработка БДТ-7 0,10-0,12 м	Контроль	-	-	37,2	37,8	36,8	37,2
	Стомп	4 л/га	До посева	52,1	55,3	55,8	54,4
	Гезагارد	1,5-3,0 л/га	До посева	52,8	57,3	54,2	54,8
	Пирамин	3,5 л/га	До посева	0,7	52,3	49,8	50,9

НСР(0,5) А	0,1108	0,1516	0,1625
НСР(0,5) В	0,1280	0,1751	0,1876
НСР(0,5) АВ	0,1108	0,1516	0,1625

Список использованных источников

1. Батюков И.К., Дорожко П.К. Орошение сельскохозяйственных культур в степных районах. -М. Колос, 1965 – с. 200.
2. Буров Д.И. Агрофизические показатели и плодородие орошаемых почв Заволжья //В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. -Л.: Гидрометеиздат.,1972. -Вып. - 3. - С 39-48.
3. Воробьев С.А., Буров Д.И., Туликов А.М. Земледелие. – М.: изд. Колос, 1977 -480с.
4. Котт С.А. Биологическое обоснование агротехнических способов борьбы с полевыми сорными растениями//М. Колос, 1959 г.

ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 627.81:631.587

ПОТЕНЦИАЛ КАСКАДА МАНЫЧСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ В РАЗРЕЗЕ РАЗВИТИЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА НИЖНЕМ ДОНУ

А. В. Акопян, В. В. Слабунов

ФГБНУ «РосНИИПМ», г. Новочеркасск, Россия

Значительная часть территории Ростовской области расположена в зоне рискованного земледелия и относится к зоне недостаточного увлажнения. Для получения высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур необходимо орошение земель.

Орошаемое земледелие в бассейне р. Дон имеет сравнительно непродолжительное историческое развитие. В широких масштабах водохозяйственное строительство в бассейне развернулось с 1950 г. и базировалось, в основном, на использовании зарегулированного Цимлянским водохранилищем и забираемого в Донской магистральный канал (ДМК) стока р. Дон. В бассейне р. Дон орошаемые площади к 1985 г. достигли 1,03 млн. га, а к 1990 г. – 1,154 млн. га, общая площадь земель, орошаемых непосредственно из Манычских водохранилищ, составила 56,2 тыс. га [1].

Каскад Манычских водохранилищ находится на р. Западный Маныч и включает Пролетарское, Веселовское и Усть-Манычское водохранилища. В настоящее время на территории рассматриваемого каскада забор воды для целей орошения осуществляется только из Веселовского водохранилища: Веселовский филиал ФГБУ «Управления «Ростовмелиоводхоз» обслуживает Азовскую оросительную систему (ОС) (в составе учтены Веселовская ОС и Зерноградская ОС) и Сальский филиал ФГБУ «Управления «Ростовмелиоводхоз» обслуживает Манычскую ОС (Манычская 1 ОС и Манычская 2 ОС). Орошаемые площади по состоянию на 2011 г. составляют: Азовской оросительной системы – 20,032 тыс. га, Веселовской ОС – 0,2 тыс. га, Манычской 1 ОС – 7,784 тыс. га, Манычской 2 ОС – 3,027 тыс. га, Зерноградской ОС – 0,992 тыс. га, что в сумме составляет 32,035 тыс. га орошаемых земель.

Режим работы ДМК с современной пропускной способностью обеспечивает самотечную подачу из Цимлянского водохранилища на орошение непосредственно с забором воды из канала, а также подает донскую воду в Манычские водохранилища через Садковский сброс и Пролетарский канал (в объеме около 0,5 км³) на орошение в пределах Азовской и Манычской ОС и мелких участков с орошаемой площадью 35,7 тыс. га. Средний объем транзита воды в Манычские водохранилища за период 2005-2010 гг. составил 370 млн м³. При этом транзит в Манычские водохранилища подается в основном в весенне-осенний период: около 60 % - по Пролетарскому каналу через Емультинский сброс и 40% из ДМК через Садковский сброс.

Расчетные объемы поступления донской воды в Манычские водохранилища по ДМК и Пролетарскому каналу представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Поступление донской воды из ДМК в Пролетарское и Веселовское водохранилища, млн м³

Статья	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Современное состояние
Поступление донской воды из ДМК в Веселовское водохранилище, всего	298,717	205,675	232,463	252,100	204,644	230,020	228,921
- в т. ч. донская вода от Донского филиала ФГБУ «Ростовмелиоводхоз» (Садковский сброс)	136,000	131,000	145,700	150,000	141,714	140,047	143,920
- в т. ч. донская вода от Пролетарского филиала ФГБУ «Ростовмелиоводхоз» (Емультинский сброс)	162,717	74,675	86,763	102,100	62,930	89,973	85,001
Поступление донской воды из ДМК в Пролетарское водохранилище (Пролетарский филиал ФГБУ «Ростовмелиоводхоз»)	26,021	40,468	54,388	58,699	48,740	44,869	50,769

Орошаемое земледелие характеризуется неравномерным потреблением воды. Требования применения орошения к режиму работы Веселовского водохранилища заключаются в бесперебойном водообеспечении в течение вегетационного периода в соответствии с графиком поливов.

На имитационной модели работы водохранилищ, согласно диспетчерским правилам, проведены водохозяйственные расчеты с целью проверки соответствия фактических показателей установленным нормативным расчетной обеспеченности. Выполнена оценка показателей, характеризующих надежность обеспечения различных видов и уровней (гарантийных, сниженных) отдач водохранилищ по различным критериям [2]:

- обеспеченность по числу бесперебойных лет ($P_{\text{чбл}}$):

$$P_{\text{чбл}} = \frac{m}{n + 1} \cdot 100, \quad (1)$$

где m – число лет календарного ряда, в течение которых отдача не нарушалась относительно заданного режима ни в одном из интервалов (месяцев, декад) внутригодового цикла; n – общее число лет расчетного ряда;

- обеспеченность по числу бесперебойных периодов – месяцев ($P_{\text{чбм}}$) и по числу бесперебойных декад ($P_{\text{чбд}}$):

$$P_{\text{ЧБМ}}(P_{\text{ЧБД}}) = \frac{m}{n} \cdot 100, \quad (2)$$

где m – число интервалов (месяцев или декад) из рабочего периода календарного ряда (если в какие-то интервалы отдачи водопользователю не предусмотрены в годовом цикле, то они не включаются в рассмотрение), в течение которых отдача не нарушалась относительно заданного режима; n – общее число периодов, исключая те, для которых отдача данному водопользователю не предусмотрена в годовом цикле;

- показатель обеспеченности по объему доставленной воды (P_o):

$$P_o = \frac{W_{\text{гар}} - \Delta d}{W_{\text{гар}}} \cdot 100, \quad (3)$$

где $W_{\text{гар}}$ – гарантированный объем годовой водоотдачи для рассматриваемого водопользователя и уровня нормируемой отдачи; Δd – средний многолетний дефицит водоотдачи данного нормируемого уровня для рассматриваемого водопользователя;

- показатель обеспеченности по регулярности работы в нормальном режиме (P_p):

$$P_p = \frac{\overline{L_{\delta/\pi}}}{\overline{L}} \cdot 100, \quad (4)$$

где $\overline{L_{\delta/\pi}}$ – средняя продолжительность периода без нарушения регулярности заданной водоподдачи; \overline{L} – средняя продолжительность всех рассмотренных периодов.

Расчеты производились по фактическому восстановленному гидрологическому ряду за период 1950-2010 гг. (61 год) и специально смоделированному на основе методики (метод последовательного определения линейной авторегрессии – ПОЛАР [3]) по 1000 – летнему гидрологическому ряду. Результаты численного моделирования приводятся в таблицах 2 и 3.

При формировании и исследовании различных вариантов функционирования водохозяйственного комплекса водохранилищ Манычского каскада рассматривались следующие факторы:

- варьируемые показатели водопользования и расчетной обеспеченности водоподдачи;
- коэффициенты ограничений нормального водопользования за пределами расчетной обеспеченности;
- различные расчетные объемы водоподдачи кубанской воды;
- варьируемые правила и диспетчерские графики распределения водных ресурсов в условиях текущего управления;
- глубина предполоводной сработки водохранилищ.

В результате выполнено обоснование показателей расчетной обеспеченности гарантийных и сниженных режимов водопользования и допустимой глубины ограничения водопользователей за пределами норматива расчетной обеспеченности (таблица 4).

Таблица 2 – Статистические параметры надежности режимов водопользования из Пролетарского, Веселовского и Усть-Маньчского водохранилищ по гидрологическому ряду за период 1950-2010 гг.

Наименование водопользователя (статьи использования водных ресурсов)	Норматив расчетной обеспеченности по числу бесперебойных лет	Годовая величина гарантийной отдачи, млн м ³	Фактические показатели обеспеченности по результатам численного моделирования работы водохранилища по многолетнему ряду				
			по числу бесперебойных лет (P _{чбл})	по числу бесперебойных месяцев (P _{чбм})	по числу бесперебойных декад (P _{чбд})	по объему доставленной воды (P _о)	по регулярности работы в нормальном режиме (P _р)
Отдача из Веселовского водохранилища для орошения (не рисовые системы)	75	180,25	77,0	87,87	91,8	98,31	91,34
	90	144,2	90,2	97,05	98,36	98,81	91,14
	95	126,17	96,7	98,69	99,45	99,93	88,99
	100	108,15	100	100	100	100	100
Отдача из Веселовского водохранилища для орошения (рисовые системы)	90	75,0	90,2	97,05	98,36	99,89	98,09
	95	65,5	96,7	98,69	99,45	99,97	97,59
	100	60,0	100	100	100	100	100

В перспективе (что согласуется с основным сценарием развития водопользования в среднесрочной перспективе – вариант С по материалам СКИОВО Дона [4]) предусматривается сохранение нынешнего уровня развития орошения с учетом имеющихся площадей и утвержденных лимитов. Предусмотренное на перспективу увеличение фактических объемов орошения, которое отвечает действующим лимитам, предполагает развитие производства риса, согласно Целевой ведомственной программе «Восстановление и развитие рисоводства в России (Рис России)», и увеличение объема водопотребления рисовых севооборотов.

Таблица 3 – Статистические параметры надежности режимов водопользования из Пролетарского, Веселовского и Усть-Маньчского водохранилищ по моделированному 1000-летнему гидрологическому ряду

Наименование водопользователя (статьи использования водных ресурсов)	Норматив расчетной обеспеченности по числу бесперебойных лет	Годовая величина гарантийной отдачи, млн м ³	Фактические показатели обеспеченности по результатам численного моделирования работы водохранилища по многолетнему ряду				
			по числу бесперебойных лет (P _{чбл})	по числу бесперебойных месяцев (P _{чбм})	по числу бесперебойных декад (P _{чбд})	по объему доставленной воды (P _о)	по регулярности работы в нормальном режиме (P _р)
Отдача из Веселовского водохранилища для орошения (не рисовые системы)	75	180,25	76,6	89,7	93,18	98,92	93,16
	90	144,2	91,3	97,3	98,42	99,88	93,45
	95	126,17	98,8	99,7	99,85	99,99	93,11
	100	108,15	100	100	100	100	100
Отдача из Веселовского водохранилища для орошения (рисовые системы)	90	75,0	91,3	97,3	98,42	99,94	98,4
	95	67,5	98,8	99,7	99,85	99,99	98,31
	100	60,0	100	100	100	100	100

Таблица 4 – Расчетная обеспеченность водопользования и нормированное ограничение участников ВХК (орошаемое земледелие) бассейна р. Маньч, подтвержденные водохозяйственными расчетами по многолетнему ряду

Участники ВХК	Обеспеченность водопользования P, %	Ограничение при обеспеченности, %		
		76-90	91-95	> 95
Орошение рисовых севооборотов	90	0	10	20
Орошение не рисовых севооборотов	75	20	30	40

Таким образом, предполагается увеличение посевов риса на Манычской системе до 2,0-2,5 тыс. га. В связи с этим забор воды на нужды орошения рисовых систем из Веселовского водохранилища составит минимум 60,0-75,0 млн м³. Показатели использования водных ресурсов для нужд орошения не рисовых систем, по данным ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», будут соответствовать современному уровню развития орошения из каскада Манычских водохранилищ с проведением работ по модернизации, реконструкции оросительных систем, оборудованию их гидрометрическими устройствами и внедрению системы автоматизации водораспределения.

Список использованных источников

1. Штанько, А.С. Обобщение и анализ нормативных документов, определявших режим использования водных ресурсов Пролетарского, Веселовского и Усть-Манычского водохранилищ [Электронный ресурс] / А.С. Штанько, А.В. Акопян, Н.И. Сафарова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 1(05). – 10 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=82&id=98>.
2. Об утверждении Положения о разработке, согласовании и утверждении правил использования водохранилищ, в том числе типовых правил использования водохранилищ: постановление Правительства РФ от 22 апреля 2009 г. № 349: по состоянию на 22 апреля 2009 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.
3. Сванидзе, Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов / Г.Г. Сванидзе. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 296 с.
4. Проект схемы комплексного использования и охраны объектов бассейна р. Дон / ФГУП «РосНИИВХ». – 2010. – Книга 1: Общая характеристика речного бассейна. – 256 с.

УДК 631.92:004.942 (477.75)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА РЕЧНОЙ СТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ MWSWAT (НА ПРИМЕРЕ Р. САЛГИР)

Е.А. Дунаева

Институт сельского хозяйства Крыма НААНУ, г. Симферополь, Россия

Проблема наличия водных ресурсов, их качества и доступности водопользователям является очень важной для Крыма. Местные водные ресурсы, которые формируются в горной и предгорной частях полуострова, играют существенную роль в водоснабжении целого ряда населенных пунктов и используются на орошение, особенно в предгорье.

Постановка вопроса. Существенное влияние на формирование водных ресурсов оказывает степень лесистости водосбора. Влияние леса на норму стока, согласно уравнению водного баланса, может быть вызвано его действием на количество осадков и испарение. Лес вызывает, подобно повышению, более интенсивный восходящий воздушный поток и потоки обтекания, способствует осаждению горизонтальных осадков в виде изморози, гололеда и в жидком виде [2].

Большой вклад в изучение гидрологии леса сделали В.В. Докучаев (1895), Г.М. Высоцкий (1930), А.А. Молчанов (1960) и др. В.В. Докучаев и Г.М. Высоцкий изучали жизнь и развитие леса с точки зрения его взаимосвязи с почвой. П.А. Костычев (1888), В.В. Докучаев (1895), А.А. Измаильский (1937), Г.М. Высоцкий (1915) и другие пришли к выводу, что леса оказывают большое мелиоративное влияние на прилегающую территорию, определяют микроклимат, регулируют отложения снежного покрова и характер его таяния. Ими установлена взаимосвязь между степенью облесения полей и количеством инфильтрационного стока [2].

Отдельные исследователи (Костин, 1948, Калинин, 1950, Дроздов, 1950, Рахманов, 1959, Кузнецова, 1961, Раунер, 1966) сделали детальные расчеты, которые относятся к проблеме влияния леса на атмосферные осадки, причем большинство из них пришло к позитивным выводам – лес увеличивает количество осадков. В умеренных широтах это увеличение в абсолютных величинах чаще всего составляет 20-100 мм [1]. Исследования показывают, что годовой сток с засаженных лесом бассейнов в 50% случаев выше, чем с малозасаженных. Согласно вышеприведенным работам, расходы водотоков уменьшаются в среднем на 5% при сокращении площадей леса на 10%.

Площадь леса в Крыму в 1897 году составляла 334 тыс. га, а в 1923 – уже 318 тыс. га. В 1920-е годы было вырублено, по приблизительным подсчетам, около 38 тыс. га леса. На 1931 год общая площадь, занятая лесом, составляла 274 тыс. га, а к 1946 году их площадь сократилась до 210 тыс. га. К 1985 году площадь, занятая лесом, была увеличена до 338 тыс. га, а в период после развала СССР опять снизилась до 297 тыс. га. Общая площадь земель лесного фонда Крыма на сегодняшний день составляет – 298,3 тыс. га [3]. Поэтому, в условиях нехватки водных ресурсов, сохранение и усиление водоохраных и водорегулирующих функций леса является актуальной задачей, требующей детального изучения.

Методология. Объект исследований – водосборная площадь Симферопольского водохранилища, расположенная в предгорной зоне Крыма. Симферопольское водохранилище – многолетнего регулирования, общий объем 36 млн. м³, построено в 1957 году на р. Салгир с целью водообеспечения Салгирской оросительной системы, водоснабжения города Симферополя и близко расположенных населенных пунктов (рис. 1).

Моделирование влияния лесного покрова на приток воды в Симферопольское водохранилище было проведено с использованием открытой геоинформационной системы MapWindow и модели MWSWAT. Коэффициент корреляции между статистическими данными и полученными при моделировании значениями притока за период 1978-2012 гг. равен 0,73, что позволяет рассматривать открытое программное обеспечение MWSWAT как один из возможных инструментов моделирования стока и оценки прогноза возможных изменений поступления воды в водохранилище [4].

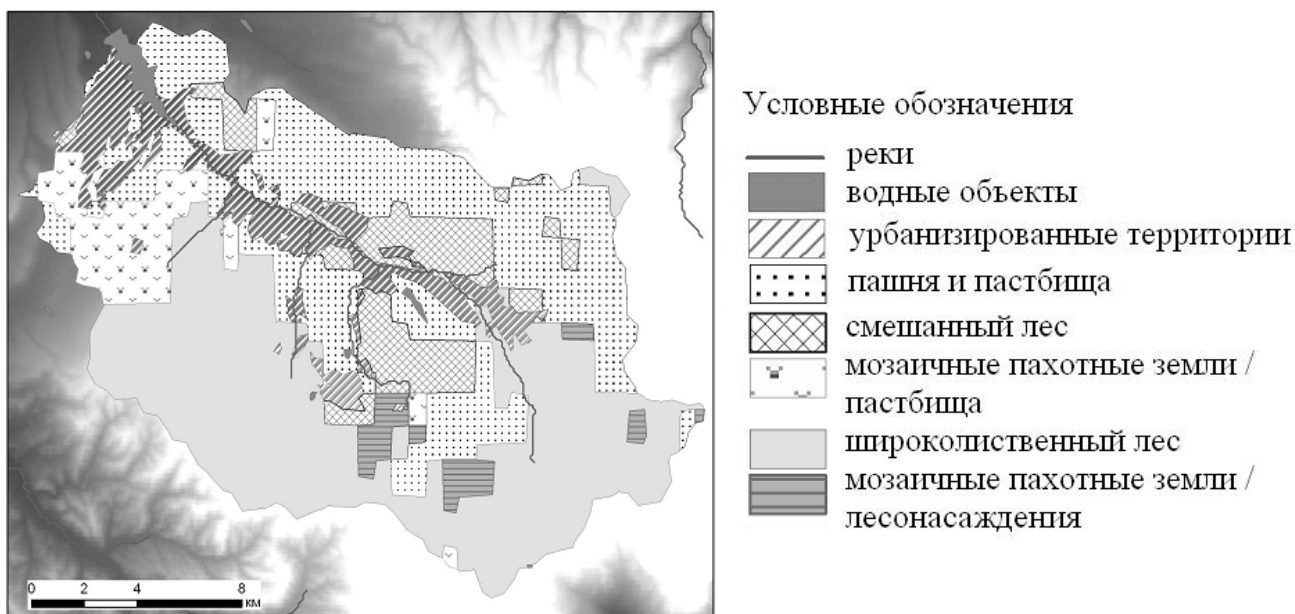


Рисунок 1 – Типы землепользования на водосборной площади Симферопольского водохранилища (верховья р. Салгир)

Для проведения моделирования изменения объемов стока с территории водосбора водохранилища учитывались варианты увеличения и уменьшения площади леса на 10%. Эти расчетные пороговые значения приняты также с учетом возможной погрешности расчетов средней многолетней величины основного параметра, который формирует поверхностный сток территории – осадков (7% по уровню значимости критерия Стьюдента 0.05).

Согласно проведенным расчетам, при уменьшении количества лесов на водосборе Симферопольского водохранилища наблюдается уменьшение объема притока на 7%. Это коррелирует с научными исследованиями, проведенными А.М. Алпатьевым в 60-х годах XX в. [1]. Согласно проведенному расчету, при увеличении количества лесов на водосборе Симферопольского водохранилища наблюдается увеличение объема притока на 6%. Зависимость между площадью занятой под лесом и поступлением воды (млн. м³) в водохранилище описывается следующим уравнением:

$$y = 26.41 + 0.184x, \quad (1)$$

где x – процент территории водосбора занятой лесом.

Распаханность открытых участков не занятых лесом также непосредственно влияет на объем поверхностного стока с территории. Увеличение сельскохозяйственных угодий уменьшает сток за счет выноса рыхлого материала. Несмотря на то, что в последнее десятилетие процент распаханности уменьшился, однако наличие планов по возобновлению орошаемых и богарных площадей, требует проведения расчетов влияния динамики этих типов землепользования на поверхностный сток. В расчетах, согласно вышеизложенным исследованиям, целесообразно учитывать увеличение сельскохозяйственных угодий на 5%. Согласно проведенному расчету, при увеличении площади пашни на во-

досборе Симферопольского водохранилища наблюдается снижение объема притока на 1%.

Древесная растительность аккумулирует питательные вещества из атмосферного воздуха и почвы, передает органические материалы водной среде и удаляет избыточные питательные вещества из грунтовых вод. Согласно результатам расчета, при уменьшении площади, занятой под лесом на 10%, содержание нитратов в воде увеличивается в 1,5 раза. При увеличении площади леса на 10% – концентрация уменьшается на 30%. Таким образом, сохранение и воссоздание лесного покрова на территории водосбора Симферопольского водохранилища позволит улучшить ситуацию с концентрацией нитратов в водном объекте.

Согласно результатам моделирования, при увеличении распаханности (преимущественно в верхней части бассейна) на 5% содержание нитратов в воде уменьшается на 3% за счет потребления растениями питательных веществ, однако увеличивается мутность воды в водохранилище на 39%. Зависимость между площадью пашни на водосборе и мутностью (мг/дм³) в воде водохранилища описывается следующим уравнением:

$$y = 6.427 + 74.28x, \quad (2)$$

где x – процент территории водосбора занятый пашней.

Согласно выполненным расчетам, проведение лесотехнических мелиораций позитивно влияет на поступление дополнительных водных ресурсов, а именно увеличение до 53% площади лесных насаждений в границах водосборной территории Симферопольского водохранилища позволит увеличить поступление воды в среднем на 1.8 млн. м³ в год.

Вывод: Результаты моделирования подтверждают проведенные ранее исследования влияния лесного покрова на формирование водных ресурсов для территорий предгорных и горных водосборов, а именно увеличение притока на 10-30% на залесенных водосборах. Использование программного обеспечения ГИС и агрогидрологических моделей позволяют оценить воздействие мелиораций на речной сток, и тем самым наметить мероприятия по увеличению водообеспеченности региона.

Список использованных источников

1. Алпатьев А.М. Влагообороты в природе и их преобразования. Тираж 2350 экз. Л.: Гидрометеиздат 1969г. – 324 с.
2. Генсірук С.А. Ліси України / Наук. тов. ім. Шевченка, УкрДЛТУ. - Львів, 2002. – 495с.
3. Dunaieva Ie. Evaluation of Water Resources State Parameters with Using SWAT Model / Ielizaveta Dunaieva// International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 2 Issue 9, September – 2013 – P. 2162- 2167. - ISSN: 2278-0181.
4. Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке - начале XXI века и ее оптимизация / под общ. ред. В.А. Бокова - Симферополь: Крымский научный центр, 2011, 193 с.

ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

С.Д. Исаева, Е.В. Овчинникова, Н.С. Быстрицкая, Т.В. Наумова, И.Г. Бондарик
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Агропромышленный комплекс является одним из основных потребителей водных ресурсов в стране. При его функционировании водные ресурсы используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, обеспечения предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, животноводческих и птицеводческих комплексов, орошения и обводнения земель, рыбоводства. В условиях роста техногенной нагрузки и ухудшения качества природной среды, становится необходимым систематизировать требования к качеству воды в сельском хозяйстве с целью последующего определения мер, необходимых для гарантированного обеспечения сельского населения и объектов АПК водой необходимого качества в требуемых объемах.

Гарантированное водообеспечение в хозяйственно-питьевых целях является одним из приоритетных направлений развития водохозяйственного комплекса АПК. Требования к качеству питьевой воды для обеспечения населения, а также предприятий перерабатывающей промышленности определены комплексом нормативных документов [1-3]. Качество воды нормируется по органолептическим, химическим показателям, микробиологическим, паразитологическим, ограничивается возможное содержание пестицидов, определяется радиационная безопасность питьевой воды.

Показатели химического состава воды включают предельно допустимые концентрации веществ, встречающихся в природных водах и появляющихся в них в результате антропогенного загрязнения или в результате очистки воды. Предельно допустимая концентрация (ПДК) - это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Принятые в России государственные нормы качества питьевой воды лимитируют содержание сухого остатка, бериллия, молибдена, мышьяка, нитратов, свинца, селена, стронция, фтора, урана, хлоридов, сульфатов, железа, марганца, меди, цинка, других элементов, а также общей жесткости и рН. Нормируются органолептические показатели воды (запах, мутность и др.). Безопасность воды в радиологическом отношении оценивают по показателям α -, β -радиоактивности; в эпидемическом - общим числом микроорганизмов и числом бактерий группы кишечных палочек.

Разработка международных стандартов в области охраны окружающей среды, в том числе и качества воды, относится к приоритетным направлениям деятельности Международной организации по стандартизации (ИСО). Организация создана в 1886 г. В настоящее время Международная организация по

стандартизации насчитывает более 100 членов. Россия является постоянным членом руководящих органов ИСО. Требования к ПДК веществ в питьевой воде в России учитывают рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), но отличаются от других стран. Так, например, в России допускается содержание хлоридов до 350 мг/дм³, в Болгарии – до 250 мг/дм³, в соответствии с нормами ВОЗ максимально допустимая концентрация хлоридов – 600 мг/дм³, железа – 1 мг/дм³, сульфатов 400 мг/дм³. В России ПДК железа составляет 0,3 мг/дм³, сульфатов - 500 мг/дм³.

Наиболее подвержены загрязнению поверхностные воды. За счет стоков в водные объекты поступают сульфаты, хлориды, азот, фосфор, тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества. С 1990 г. из-за экономического спада в России использование пресной воды снизилось более, чем на 30%. Сократился и сброс загрязняющих веществ со сточными водами (кроме нитратов) из-за сокращения объемов промышленного производства, однако адекватного улучшения качества воды в поверхностных водных объектах не произошло [4]. Основные реки страны – по данным Госдоклада о состоянии окружающей среды в 2012 г. [5] – оцениваются как «загрязненные» (Волга, Дон, Кубань, Обь, Енисей, Лена, Печера), а их крупные притоки — как «сильно загрязненные» (Ока, Кама, Томь, Иртыш и др.).

Подземные воды относительно защищены от загрязнения. Тем не менее, по данным Роспотребнадзора продолжается развитие процессов загрязнения подземных вод [2]. Следует отметить, что если ранее загрязнение проникало преимущественно в грунтовые воды, то в последние годы техногенное загрязнение стало характерным и для глубоких водоносных горизонтов. Всего в 2012г. установлено более 6, 5 тыс. участков загрязнения подземных вод, из которых 3,4 тыс. связаны с наиболее опасным загрязнением - на водозаборах подземных вод. Как правило, это водозаборы малodeбитные, порядка 1 тыс м³/сут [5]. С сельскохозяйственной деятельностью связано 15% загрязнений. Эти случаи обусловлены проникновением загрязняющих веществ из накопителей отходов и полей фильтрации, орошением сточными водами животноводческих комплексов и птицефабрик, а также с фильтрацией вод с участков сельскохозяйственных массивов, обрабатываемых ядохимикатами и удобрениями. С подтягиванием к водозаборам некондиционных подземных вод при нарушении режима их эксплуатации связано 7% случаев загрязнения. Загрязняющими подземные воды техногенными веществами преимущественно являются соединения азота (нитраты, нитриты, аммиак или аммоний) и нефтепродукты.

Техногенное загрязнение водозаборов часто связано с тем, что недропользователи не выполняют условий лицензионных соглашений: отсутствуют зоны санитарной охраны водозабора, не выполняется программа по контролю за качеством подземных вод, техническое состояние эксплуатационных скважин нередко неудовлетворительное. Организация зон санитарной охраны (ЗСО) является обязательным условием для утверждения подсчитанных запасов подземных вод в Государственной или Территориальной комиссии по запасам при эксплуатации участка недр с целью добычи подземных вод или забора поверх-

ностных при организации как централизованного, так и нецентрализованного водоснабжения. Создание ЗСО регламентировано [6]. Организация зон санитарной охраны стала особенно трудной в связи с частной собственностью на землю. Неблагоприятной остается обстановка с ликвидацией бездействующих скважин. Бесхозные скважины являются источниками загрязнения подземных вод, т.к. устья их, как правило, открыты, павильоны разрушены, тампонаж приустьевых площадок нарушен или совсем отсутствует. Помимо эксплуатационных, имеется большое количество неликвидированных гидрогеологических скважин. К ним относятся скважины наблюдательной сети, вышедшие из строя и не подлежащие ремонту.

Кроме техногенного загрязнения подземных вод широко развиты природные аномалии их химического состава. Гидрохимический состав подземных вод определяется минералами, содержащимися в водоносных породах, что обуславливает повышенное относительно нормативов содержание в водах железа, бария, фторидов и других веществ, радиоактивность вод и иные неблагоприятные для использования свойства.

Недропользователи, обеспечивающие население подземными водами, в соответствии с лицензией, должны регулярно с периодичностью раз в квартал (или сезон в зависимости от динамичности химического состава воды) контролировать качество добываемой воды. При низком качестве воды (существовании доказанного риска для здоровья) необходимо внедрение системы сертифицированных фильтров доочистки, подобранных оптимально к данному источнику. При этом требуется определить реальные показатели, по которым наблюдается несоответствие нормативам, и рекомендовать основную технологию доочистки. В настоящее время в России около 90% поверхностных вод, используемых для водоснабжения, и не менее 30% подземных вод подвергается обработке. В современной практике улучшения качества загрязненных и минерализованных природных вод применяются различные методы. К наиболее распространенным и перспективным методам очистки (обессоливания) относятся обратный осмос, электродиализ, ионный обмен, дистилляция, сорбция, биологические и биохимические методы.

Вода для поения животных также должна отвечать требованиям, предъявляемым к питьевой воде, прежде всего должна быть прозрачной, бесцветной, без запаха [7]. Основные компоненты, подлежащие нормированию – это общая минерализация, жесткость, содержание хлоридов и сульфатов, содержание нитратов, микроэлементов – металлов, органических соединений – пестицидов и других. При водообеспечении животных учитывается возраст скота, суточная потребность в воде, химические элементы, добавляемые в корм животных и т.д. Качество воды для поения сельскохозяйственных животных оказывает значительное влияние на их жизнеспособность и продуктивность, качество мяса и молока.

Предельно-допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей ($ПДК_{рх}$) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, прежде

всего промысловых [8]. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов и водотоков установлены более чем для 500 ингредиентов с учетом пяти показателей вредности. Три из них общие показатели для оценки качества воды - органолептический, санитарный и санитарно-токсикологический, и два специфических - рыбохозяйственный и токсикологический показатели. Рыбохозяйственный показатель определяет порчу товарных качеств промысловых рыб (появление в рыбе неприятных привкусов и запахов). Токсикологический показатель вредности характеризует токсичность вещества для живых организмов, населяющих водный объект. Наименьшая из безвредных концентраций по этим пяти показателям вредности принимается за ПДК с указанием лимитирующего показателя вредности.

Изучению влияния качества оросительной воды на развитие процессов засоления и осолонцевания почв посвящены работы В.В. Докучаева, А.Н. Костякова, В.А. Ковды, С.Я. Бездниной, И.С. Рабочева, И.П. Айдарова, О.Г. Грамматикати, Б.А. Зимовца, А.И. Голованова, Н.Б. Хитрова, Н.Г. Минашиной, А.И. Королькова, И.Н. Антипова-Каратаева и др. Во ВНИИГиМ на протяжении многих лет эти вопросы разрабатывались С.Я. Бездниной. Наиболее полно современные принципы нормирования и методы оценки качества воды для орошения изложены в монографиях С.Я. Бездниной [9,10], где предложена комплексная оценка пригодности воды для орошения: по степени ее влияния на почву, возделываемые сельскохозяйственные культуры, в зависимости от содержания в поливной воде тяжелых металлов, пестицидов, а также по воздействию воды на сооружения мелиоративных систем. Особые требования предъявляются к воде, используемой для капельного орошения [11]. В этом случае помимо общей минерализации и рН воды ограничивается содержание марганца, железа, популяций бактерий и др. Вода обязательно проходит механическую очистку для предотвращения заиливания отверстий капельниц.

Опасным источником загрязнения водных объектов являются стоки животноводческих предприятий и птицефабрик, часто размещаемых в пределах водоохраных зон. Животноводческие стоки относятся к высококонцентрированным стокам и требуют сложной технологии очистки. Для предотвращения загрязнения водных объектов необходима разработка и внедрение высокотехнологичных, экологически безопасных, безотходных технологий переработки, обеззараживания и утилизации животноводческих стоков. В России разрабатываются современные многостадийные технологии очистки животноводческих стоков.

Сточные воды предприятий перерабатывающей промышленности АПК характеризуются повышенным содержанием белков, жиров, биоорганических соединений. Наиболее распространенными методами очистки этих сточных вод являются биологические методы, предусматривающие биохимическое окисление в аэробных или анаэробных условиях с последующим обеззараживанием.

В современной практике повышения качества минерализованных и загрязненных дренажных вод применяются различные методы очистки: физические – дистилляция, вымораживание, активация; химические – ионный обмен,

опреснение клатратами; физико-химические – электродиализ, обратный осмос, сорбция; биологические и биохимические методы, основанные на использовании очистительной способности аэробных и анаэробных микроорганизмов, водорослевых образований – микрофитов и высших водных растений – гидромакрофитов [12,13].

В России разрабатывается широкий спектр технологического оборудования для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод: от сооружений небольшой производительности, рассчитанных на очистку воды для отдельных фермерских хозяйств до крупных водоочистных сооружений, предназначенных для очистки сточных вод поселков с населением более 1000 человек. Современные модели водоочистных сооружений экспонировались на международном Водном форуме "ЭКВАТЭК-2014", проходившем в Москве 3-6 июня 2014 года.

Для очистки хозяйственно-бытовых стоков применяются сооружения "ТОПАС" и "ТОПАЭРО" (разработчик ГК "ТОПОЛ-ЭКО", г. Москва), БИОКОМПАКТ (разработчик ППК "БИОКОМПАКТ"), "БИОКОС" (разработчик ГНПП "БИОКОС", Московская обл.). Сооружение БИОДИСК (разработчик НПО "Экотехника", г. Москва), производительностью от 20 м³/сут (модификация БИОДИСК-100) до 200 м³/сут (БИОДИСК-1000), предназначено для очистки бытовых сточных вод населенных пунктов с численностью от 30 до 500 человек. Комплексы очистных сооружений типа КОС ЭКО-Р производства ЭКОЛАЙН предназначены для очистки сточных вод поселков, производственных предприятий и рассчитаны на производительность до 3000 м³ в сутки. Охрана водных ресурсов от загрязнения является важной задачей при решении проблемы сохранения экологической устойчивости природной среды. Для обеспечения благоприятной экологической ситуации при использовании вод в рассмотренных целях необходимо развитие системы мониторинга, в данном случае – эколого-мелиоративного, орошаемых и осушенных земель, состояния сельскохозяйственных земель и плодородия почв, а также водных объектов в АПК.

Развитие водопользования в агропромышленном комплексе предполагает преобразование системы управления водохозяйственными предприятиями на основе совершенствования законодательно-правовой и нормативной системы, экономических основ формирования цен и платежей за использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды и др. рычагов стимулирования эффективности водохозяйственной деятельности. Для улучшения ситуации в водохозяйственном комплексе в настоящее время планируется его реформа на основе двух подходов. Один из них основан на господдержке проектов по осуществлению инвестиций в сектор водоснабжения. Второй на использование механизмов взаимодействия различных уровней власти, частных операторов и инвесторов. Господдержка может быть осуществлена за счет предоставления субсидий из средств федерального бюджета федеральным округам. Для повышения инвестиционной привлекательности сектора водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод частным инвесторам должен быть обеспечен гарантированный возврат вложенных средств, повышение доходности инвести-

рованного капитала. Для учета разной водообеспеченности и качества воды в регионах страны возможен рентный подход к оценке водных ресурсов и при определении водного налога. Таким образом, развитие экосистемного водопользования в агропромышленном комплексе предполагает рациональное использование водных ресурсов при обеспечении населения и отраслей сельского хозяйства водой в необходимых объемах и требуемого качества, охрану поверхностных и подземных водных объектов от загрязнения и истощения, сохранение благоприятной экологической обстановки на мелиорируемых и прилегающих землях. Решение возникающих при этом задач может быть только комплексным, охватывающим развитие систем водоподготовки, очистки сбросных и дренажных вод, внедрение замкнутых циклов водопользования на предприятиях перерабатывающей промышленности, развитие мониторинга водных объектов, совершенствование норм водопользования, оросительных систем, а также системы управления водохозяйственным комплексом в АПК и экономического стимулирования рационального природопользования.

Список использованных источников

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества". Информационный ресурс: <http://ross-water.com/files/sanpin/file-2.pdf?1242648352>

2. СанПиН 2.1.4.1175-02 "Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованных систем питьевого водоснабжения. Санитарная охрана источников" Информационный ресурс: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10948/

3. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Информационный ресурс: http://www.infosait.ru/norma_doc/41/41363/index.htm

4. Рыбина Н.Н., Исаева С.Д. Повышение степени обеспеченности подземными водами сельского населения и объектов АПК [Текст] / Н.Н. Рыбина. С.Д. Исаева // Водное хозяйство России. – 2012. – №6. – С. 78-87.

5. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в 2012 г. Информационный ресурс: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/cef/gosdoklad>

6. СанПиН 2.1.4.1110-02 "Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого водоснабжения" / http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow_DocumID_489.html/

7. СанПиН 2.1.4.1175–02. - Ветеринарно-санитарные требования к воде для поения животных (из открытых водоисточников).

8. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. Утверждены приказом Председателя Комитета РФ по рыболовству 28.04.1999, №6.

9. Безднина, С.Я. Экологические основы водопользования. [Текст] – М.: Изд. ВНИИА, 2005. -224 с.

10. Безднина, С.Я. Научные основы оценки качества воды для орошения. [Текст] - Рязань: Изд. РГАТУ. -2013.-171 с.

11. Шуравилин, А.В., Режим орошения земляники при дождевании и капельном поливе [Текст] / А.В. Шуравилин, М.Ю. Храбров // Международный научно-технический и производственный электронный журнал «Науки о Земле». - 01.-2011.

12. Безднина. С.Я., Овчинникова, Е.В. Регулировать качество коллекторно-дренажных вод [Текст] // Вопросы мелиорации. 1997. № 1-2, с. 47-54.

13. Конторович, И.И. Каталог перспективных ресурсоэкономичных технологий и технических средств для очистки дренажных и сбросных вод гидромелиоративных систем. [Текст] –М.: ВНИИГиМ, 2007.

УДК 556.18; 626/627

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИСФАРА, РАЗВИТИЕ ВОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

А.К. Камолидинов, Б.А. Гафаров

Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, г. Душанбе, Таджикистан

Общие сведения о бассейне

Река Исфара является левым притоком реки Сырдарья и имеет направление течения с юга на север. Части бассейна реки располагаются в Баткентском районе Кыргызстана, Исфаринском и Канибадамском районах Таджикистана и Бешарикском районе Узбекистана.

Основной сток реки Исфары формируется на северных склонах Алайского хребта в Кыргызстане, где образуются и объединяются притоки реки Исфара (Кшемыш и Каравшин с притоками Нурлоу, Кироксан, Бирксу и Джиптык, Минтэке, Каратура, Тамынген и Уртачашма). На территории таджикского анклава Ворух реки Кшемыш и Каравшин сливаются и образуют реку Исфара. Площадь водосборного бассейна реки составляет 3240 км², длина 107 км¹. Река имеет снегово-ледниковое питание с площадью ледников 169,6 км². По данным ГУ Таджикгидромета средний расход реки за последние 98 лет составляет 14,8 м³/с, а твердый сток 12 кг/с. Высотное расположение меняется от 400 до 800 м над уровнем моря.

Климат бассейна, континентальный и сухой, меняется в зависимости от высоты. Январские температуры в долинах колеблются около от 0° до -3,2°С, а в высокогорьях опускаются до -27°С. Лето жаркое, июльские температуры варьируют от +23 до +30°С, среднемаксимальное +36,8°. Атмосферные осадки в горах меняются в переделах 400— 800 мм, а в долинной части и закрытыми горами части бассейна, в переделах 160— 400 мм. Вегетационный период в бассейне составляет 210-220 дней в году, сумма полезных температур за вегетационный период – 4300⁰ – 4700⁰. Климатические условия бассейна благоприятны для сельскохозяйственного производства.

Большая часть реки Исфара течет в горной местности, и она считается одним из наиболее селеопасных рек на севере Таджикистана. Половодье длится с конца апреля по октябрь месяцы, максимальный сток в июле - августе. Максимальный паводковый пик расхода воды, зафиксированный гидропостом «Танги Ворух», составил 77,9 м³/с.

Водные ресурсы бассейна в основном используется в секторах водоснабжения, сельского хозяйства, промышленности и других нужд. Но основным во-

¹ Взято из гидрологического сборника Гидромет СССР том 14 выпуск 1, 1965 г., стр.70

допользователем является сельскохозяйственный сектор, на его долю приходится около 90% всех водных ресурсов бассейна.

Река Исфара является межгосударственной. Ее водными ресурсами пользуются Кыргызстан, Таджикистан и Узбекистан. Вода между бассейновыми странами распределяется на основе установленных в Советский период порядков и режимов, которые зафиксированы в соответствующих Протоколах. Так как в бассейне реки проживает большое количество населения и сильно ощущается нехватка водных ресурсов, межгосударственное распределение воды установлено в результате неоднократных сложных переговоров при активном участии населения всех бассейновых стран.

История развития межгосударственных водных отношений

Межгосударственные водные отношения Таджикистана в бассейне реки Исфара развивались по мере освоения новых земель в Баткенском (Кыргызстан), Исфаринском, Канибадамском (Таджикистан) и Бешарикском (Кировском – Узбекистан) районах бассейновых стран. Разумное и справедливое вододделение реки Исфара было осуществлено на встречах ответственных представителей водохозяйственных органов трех стран при участии ответственных представителей Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР. Результаты встреч задокументированы двух и трехсторонними протоколами, которые утверждены на уровне Министерства водного хозяйства СССР.

На региональном уровне 18 февраля 1992 года в г. Алматы было подписано Соглашение между Республикой Казахстан, Республикой Кыргызстан, Республикой Узбекистан, Республикой Таджикистан и Туркменистаном «О сотрудничестве в сфере совместного управления использованием и охраной водных ресурсов межгосударственных источников». В этом Соглашении стороны, уважая сложившуюся структуру и принципы распределения и основываясь на действовавших на то время нормативных документах по межреспубликанскому распределению водных ресурсов, согласились, что «договаривающиеся стороны обязуются обеспечить строгое соблюдение согласованного порядка и установленных правил использования и охраны водных ресурсов» (статья 2).

Также согласно Нукусской Декларации государств Центральной Азии и международных организаций по проблемам устойчивого развития бассейна Аральского моря (принята на международной конференции ООН по устойчивому развитию государств бассейна Аральского моря. Нукус, 20 сентября 1995 года), в части I Декларации Стороны подчеркнули: «Мы согласны с тем, что Центрально-азиатские государства признают ранее подписанные и действующие соглашения, договоры и другие нормативные акты, регулирующие взаимоотношения между ними по водным ресурсам в бассейне Арала, и принимают их к неуклонному исполнению».

Таким образом, эти два региональных документа закрепили прежнее распределение водных ресурсов между государствами - участниками² вышеупомянутых Соглашения и Декларации. На основе этих правовых документов, а так-

² Кыргызстан, Таджикистан и Узбекистан являются Сторонами Соглашения 1992 г. и Нукусской Декларации 1995 года.

же согласованных Сторонами Протоколов, вододделение между государствами бассейна реки Исфара и в настоящее время осуществляется на основании ранее подписанных протоколов.

Объекты межгосударственного водного сотрудничества

Тортгульское водохранилище является основным водным объектом межгосударственного значения в бассейне реки Исфара. Это наливное водохранилище объёмом 90 млн. м³ было построено в 1971 году в Баткенской области Кыргызстана. Основное назначение водохранилища – обеспечение водой орошаемых земель Баткенской долины и регулирование стока в маловодные и многоводные периоды. Наполнение Тортгульского водохранилища осуществляется из реки Исфара в период с 01 июня по 30 сентября, и с 01 октября до 01 апреля, оставляя в реке санитарные попуски в размере 1,5 м³/сек ниже водозаборного сооружения. Максимально возможное наполнение водохранилища в указанные периоды улучшает распределение стока реки между республиками в вегетационный период и позволяет более эффективно использовать водохранилище. Порядок наполнения и использования воды Тортгульского водохранилища регулируется Протоколом совещания по вопросам эксплуатации Тортгульского водохранилища от 16 мая 1991 г., состоявшегося в городах Исфара и Баткен. Совместное использование водохранилища решает сложный вопрос обеспечения водой фермеров обеих стран, особенно, в маловодные месяцы, апрель-май.

Однако, водохранилище оказывает отрицательное влияние на мелиоративное состояние земель Исфара-Лякканской долины. Фильтрация воды из водохранилища способствует подъему уровня грунтовых вод, переувлажнению, заболачиванию и засолению земель, подтапливает территории населенных пунктов на таджикской территории. По данным Исфаринского Государственного Управления водного хозяйства из 9372 га орошаемых земель в долине различной степени засоления подвергнуты 4,8 тыс. га, из них средне- и сильно засоленные почвы составляют 1,5 тыс. га. Около 4 тыс. га подтоплены грунтовыми водами. Сокращение фильтрации воды из водохранилища и на орошаемых землях в пределах кыргызской территории может резко улучшить мелиоративное и экологическое состояние в Исфара-Лякканской долине. Если не принять эффективные меры по улучшению мелиоративного состояния земель, то площади средне- и сильнозасоленных земель в будущем могут увеличиться более чем в два раза.

Сотрудничество с кыргызской стороной в этом направлении может принести большую выгоду обоим сторонам: устраняется подтопление населенных пунктов, улучшится экологическая ситуация в долине. Кроме того, сэкономленная и освободившаяся вода будет использована для повышения водообеспеченности земель, а значит для повышения урожайности выращиваемых фермерами сельскохозяйственных культур.

Трансграничный водовод Ворух-Шураб построен в 1966 г. для водоснабжения поселка Шураб (Таджикистан). Трубопровод диаметром 450 мм имеет протяжённость 32 км, из которых 17 км проходит по территории Кыр-

гызстана. Система водоснабжения включает два отстойника, один из которых расположен непосредственно на водозаборе и второй - в поселке Шураб. Водозабор расположен на территории таджикского джамоата Ворух. Трубопровод проходит через густонаселенные пункты Таджикистана и Кыргызстана. Магистральный трубопровод также обеспечивает водой 6 сел Кыргызстана и 2 села джамоата Ворух.

За последнее время на трубопроводе незаконно осуществлялись самовольные подключения и забор воды населением для полива приусадебных участков кыргызских сел. Во время обхода Межправительственной Комиссии в 2001-2002 гг. было обнаружено более 100 самовольных присоединений диаметром от 32 мм до 159 мм. Для рационального использования питьевой воды и эффективного функционирования трубопровода 08.10.2002 г. было подписано Соглашение по режиму эксплуатации трассы «Ворух-Шураб» между Службой коммунального хозяйства поселка Шураб и водным Комитетом «Андиген - Суу» Кыргызстана. Однако положения этого Соглашения должным образом не были соблюдены, и ранее существовавшие вопросы остались не решенными. Эффективное сотрудничество по регулированию этого вопроса способствует значительному улучшению жизненных условий местных жителей обеих стран и сократит уровень бедности.

Ирригационные каналы в бассейне нуждаются в реабилитационных и восстановительных работах для устойчивого водообеспечения орошаемых земель. Однако части этих каналов расположены на спорных территориях, проведение реабилитационных работ необходимо согласовать с соответствующими органами обеих стран. Также необходимо создание взаимоприемлемого механизма совместного управления данными каналами. Хотя эти каналы обеспечивают водой ограниченную площадь земель, решение вопроса эффективного сотрудничества будут способствовать созданию общего благоприятного фона сотрудничества между бассейновыми странами.

Стихийные бедствия, связанные с водой в бассейне горной реки Исфара не редкость. Селевые потоки в основном формируются на территории Кыргызстана и, из-за существующей геоморфологии, направляются на территорию Таджикистана. По селеопасным направлениям "Ляккан-1", "Ляккан-2" и "Холесан", ежегодно сели наносят ущерб постройкам и орошаемым землям жителей Исфаринского района. Существуют проектные предложения по снижению ущерба и регулированию селевых потоков, однако, их реализация связана с поиском финансовых источников для воплощения этих проектов. Решение вопросов снижения рисков стихийных бедствий в бассейне реки Исфара тесно связано с развитием сотрудничества между бассейновыми странами.

Существующие механизмы водного сотрудничества

Межгосударственные водные отношения в бассейне реки Исфара регулируются международно-правовыми актами, признанными бассейновыми странами, историческими порядками межгосударственного распределения водных ресурсов, зафиксированных в виде Протоколов, национальными законодательствами, регулируемыми межгосударственные отношения. На международном

уровне правительства Кыргызстана и Таджикистана придерживаются принципа целесообразности использования богатых водно-энергетических ресурсов обеих стран в интересах всех стран Центральной Азии. На международных форумах, конференциях и других мероприятиях, посвященных водным проблемам Кыргызстан и Таджикистан, выступают за межгосударственное сотрудничество для улучшения водоснабжения населения, бережного и рационального использования водных ресурсов, развитие гидроэнергетики, снижение рисков водных стихийных бедствий. Всемирно известны инициативы Президента Республики Таджикистан об объявлении 2003 года Международным Годом пресной воды, объявлении 2005-2015 гг. - Международным Десятилетием действий «Вода для жизни» и объявление 2013 г. - Международным годом водного сотрудничества. Эти мероприятия позволили повысить внимание мирового сообщества к усиливающимся и усложняющимся водным проблемам.

На региональном уровне, Кыргызстан и Таджикистан являются странами верховьев двух крупных рек. Но в бассейнах малых межгосударственных рек, в том числе в бассейне реки Исфара, к территории Кыргызстана, по сравнению с Таджикистаном и Узбекистаном, относятся большие площади в верховьях. Бассейны всех межгосударственных малых рек северного Таджикистана являются густонаселенными, и водные ресурсы этих рек используются интенсивно и давно исчерпаны. Естественно, регулирование межгосударственных водных отношений в этих условиях нуждается в комплексном подходе.

На протяжении последних 10 лет действует созданная Совместная Межправительственная комиссия Таджикистана и Кыргызстана по рассмотрению двусторонних вопросов. По поручению Совместной Межправительственной комиссии, на основе совместного заявления Президентов двух стран от 16 мая 2008 г., для рассмотрения водных вопросов, в конце мая 2008 г. создана специальная Межминистерская рабочая группа (МРГ).

Опираясь на соответствующие положения международных Конвенций, МРГ при технической помощи Программы GIZ «Трансграничное управление водными ресурсами в Центральной Азии» разработала проект рамочного «Соглашения между Правительством Кыргызской Республики и Правительством Республики Таджикистан о сотрудничестве по использованию международных рек». Последний проект Соглашения в настоящее время рассматривается на уровне правительств обеих стран. Подписание данного Соглашения поднимет межгосударственные водные отношения Кыргызстана и Таджикистана на новый качественный уровень: будут созданы Совместная Водная Комиссия, бассейновые комитеты рек, постоянно действующие секретариаты.

Выводы и рекомендации

Проводимую в настоящее время межгосударственную водную политику Кыргызстана и Таджикистана по отношению друг к другу, можно считать достаточно действенной и сбалансированной. Но для дальнейшего развития сотрудничества и улучшения состояния окружающей среды, сохранения и улучшения качества воды, охраны водных объектов в бассейне реки Исфара можно рекомендовать следующее:

1. Заключение Соглашения между Правительством Кыргызской Республики и Правительством Республики Таджикистан о сотрудничестве по использованию международных рек, внедрение его положений.

2. Разработка и реализация Долгосрочного инвестиционного проекта по строительству и восстановлению объектов питьевого водоснабжения.

3. Разработка и реализация Долгосрочного инвестиционного проекта по восстановлению и модернизации оросительной и дренажных систем.

4. Внедрение принципов Интегрированного управления водными ресурсами, на первом этапе на национальном уровне бассейна реки, на втором - на межгосударственном уровне.

5. Разработка Долгосрочного Плана внедрения водосберегающих технологий с учетом почвенно-мелиоративных условий конкретных участков.

6. Принятие обязательства Сторонами по освоению новых земель только при внедрении водосберегающих технологий в пределах установленных лимитов.

7. Внедрение системы управления пастбищами для снижения темпов деградации почв и уничтожения лесов в водосборной зоне реки Исфара.

8. Изучение, разработка и внедрение инженерно-технических мероприятий по снижению фильтрации воды из Тортгульского водохранилища.

9. Восстановление и модернизация системы учета воды для осуществления действенного мониторинга количества и качества воды, создание информационной системы и базы данных по использованию водных ресурсов.

10. Разработка и внедрение Долгосрочной Программы повышения осведомленности и знания населения и водопользователей по вопросам рационального использования водных ресурсов, санитарии и охране водных объектов от загрязнения, платности услуг водоподачи и возможных штрафных санкциях при расточительном использовании воды и загрязнении водных объектов.

11. Разработка и реализация других мер, способствующих улучшению водохозяйственной обстановки в бассейне реки Исфара.

УДК 333.93

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РОСТА

А.К. Камолидинов, Б.А. Гафаров

Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, г. Душанбе, Таджикистан

Орошаемое земледелие исторически имело жизненно важное значение для народов Центральной Азии. Основа современной промышленности была заложена в период существования Советского Союза. Ее восстановление до уровня 1990 года и развитие в различных странах региона происходит неравномерно. Орошаемое земледелие по-прежнему остается основным занятием насе-

ления. Если в советское время основной целью освоения новых земель было производство хлопка, то сейчас расширение орошаемых земель связано с ростом численности населения (табл.1). В настоящий период в регионе проживает около 60 млн. человек, в бассейнах Амударьи и Сырдарьи орошается около 8 млн. га земель. Водные ресурсы полностью используются на нужды экономики, и уже последние двадцать лет страны региона ощущают их дефицит.

Таблица 1 - Орошаемая площадь в расчете на душу населения в странах Центральной Азии

Страны Центральной Азии	Орошаемые земли, тыс. га	Орошаемая площадь в расчете на душу населения, га/чел
Казахстан	786	0,30
Кыргызстан	422	0,14
Таджикистан	740	0,11
Туркменистан	1735	0,41
Узбекистан	4295	0,19
Всего	7971	-

Глобальное потепление климата, о котором говорят последние двадцать лет, приводит к повышению динамичности воздушных масс и ускорению круговорота воды в природе. Вследствие этого в Центральной Азии площадь ледников уменьшается, сезонные температурные изменения становятся экстремальными: зимой холоднее и летом жарче по сравнению с многолетними наблюдениями. Установлено, что в последние 15 лет наблюдается нарастание повторяемости экстремальных ситуаций, когда наряду с многоводными периодами (1994-1995 гг., 2003-2004 гг.) возникают особо маловодные (2000, 2001, 2008 гг.). За этими данными скрываются огромный труд сотен тысяч людей для преодоления трудностей, вызванных маловодьем и многоводьем.

Применяемая система управления водными ресурсами была разработана в условиях единой государственности, когда возникающие проблемы управления, в том числе и связанные с дефицитом водных ресурсов, решались с наименьшими издержками. В постсоветский период возник ряд субъективных и объективных факторов, которые можно считать экстремальными, что требует пересмотра или совершенствования региональной системы управления водными ресурсами. К основным факторам необходимо отнести следующие:

- демографический рост и полное исчерпание водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи для нужд экономики, высыхание Аральского моря;

- распад единой государственности и превращение внутренних рек в трансграничные;

- экономический кризис и неспособность стран региона разработать взаимовыгодную экономическую основу совместного использования водных ресурсов;

-разные приоритеты использования водных ресурсов в странах региона: для стран, расположенных в верховьях - это гидроэнергетика; в низовьях – ирригация;

-преобладание монокультуры – хлопчатника, требующего высоких оросительных норм;

-потепление климата и изменение гидрографов рек, что предполагает сокращение использования водных ресурсов на орошение.

Демографический рост. Этот фактор оказал определяющее влияние на возникновение существующей ситуации. Центральная Азия относится к региону с высоким темпом роста населения. Хотя основной причиной интенсивного освоения земель было производство хлопчатника, не менее важными целями были и остаются обеспечение возрастающего населения продуктами питания, повышение его занятости. По данным Всемирного Банка к 2050 г. общая численность населения стран, примыкающих к бассейну Аральского моря составит 173,0 млн. человек (табл. 2).

Таблица 2 - Прогноз роста населения в Центральной Азии

Страны Центральной Азии	Численность населения ¹ , млн. чел		Прогнозный прирост, %
	2006г	2050г	2050г
Афганистан ²	24,5	97,3	297
Казахстан ²	14,8	13,1	-11,5
Кыргызстан ²	5,3	6,7	26,4
Таджикистан	7,0	10,4	57,6
Туркменистан	4,9	6,8	38,8
Узбекистан	27,0	38,7	43,3
Всего без Афганистана	59,0	75,7	28,3
Всего с Афганистаном	83,5	173,0	108

Примечание: 1-данные Фонда народонаселения ООН (UNPFA), 2 –включают всю территорию, в том числе вне бассейна Аральского Моря

Увеличение численности населения в полтора-два раза - существенный аргумент в пользу пересмотра существующей системы управления водными ресурсами.

Изменение статуса рек на трансграничный. После приобретения суверенитета возникли масса субъективных проблем, усложнивших управление водными ресурсами. Между странами Центральной Азии в феврале 1992 г. в г. Алматы было подписано Соглашение о совместном использовании и охране межгосударственных водных источников. Страны региона договорились придерживаться существовавших в период Советского Союза параметров водodelения, но до сих пор не смогли договориться об экономических основах совместного использования водных ресурсов. Это создает ряд проблем вплоть до межгосударственных трений.

Экономический кризис. Большинство стран пока не смогли полностью преодолеть экономический кризис, начавшийся после распада Советского Союза, и каждое государство старается решать эту проблему самостоятельно. Некоторые страны добились большего успеха, часть остается в глубоком кризисе. Отсутствие интеграции в экономике отрицательно влияет на возможность поиска компромиссов в совместном использовании водных ресурсов Сырдарьи и Амударьи. В качестве успешных примеров сотрудничества по аналогичным вопросам можно привести ряд проектов между Канадой и США, странами ЕС, бассейна рек Меконг, Сенегал. История развития процесса водных отношений между странами региона показывает, что пока не будет разработан экономический механизм, их эффективность будет на нежелательно низком уровне.

Несовпадение приоритетов. Страны региона имеют разный приоритет в использовании водных ресурсов. В странах, расположенных в низовьях Амударьи и Сырдарьи, освоены миллионы гектаров земель, миллионы людей заняты сельским хозяйством, ежегодный доход этих стран от экспорта хлопка-волокна приближается к двум миллиардам долларов. Они обеспечены энергоносителями. Страны, территориально находящиеся в зоне формирования стока, имеют ограниченные земельные ресурсы, но обладают огромным гидроэнергетическим потенциалом. Это является основой различия приоритетов в использовании водных ресурсов: страны в низовьях рек стремятся сохранить статус-кво в использовании водных ресурсов в целях ирригации; в верховьях - стараются договориться о попутном использовании водных ресурсов для выработки электроэнергии для нужд экономики и населения, особенно в зимний период.

Монокультура - водоемкий хлопчатник. Хлопчатник все еще остается главной водопотребляющей сельскохозяйственной культурой стран бассейнов Амударьи и Сырдарьи. Хотя страны постепенно диверсифицируют состав сельскохозяйственных культур, в зависимости от требований рынка и приоритетов продовольственной безопасности, хлопчатник все еще занимает значительные площади на орошаемых землях. Мировой опыт показывает, что монокультура пагубна для экономики и отрицательно влияет на продовольственную и национальную безопасность государства. Сокращение площадей хлопчатника до рациональных пределов, или его замена на менее водоемкие сельскохозяйственных культуры, имеющие спрос на рынке, решили бы многие экологические проблемы стран низовьев рек Амударьи и Сырдарьи и существенно смягчили хронический дефицит водных ресурсов в регионе.

Высыхание Аральского моря. Хотя на нужды Аральского моря страны региона выделяют за счет своих лимитов ежегодно до 12 км³ воды, никто не ожидает восстановления моря до прежних объемов. В дельте Амударьи, выделенный объем воды в первую очередь используется для нужд орошаемого земледелия и потом ветландов в Приаралье. В многоводные годы излишки воды направляются в Южное Аральское море. После строительства дамбы между Северным и Южным Аральским морем, Северное восстанавливается. Но это усугубляет проблему сохранения Южного Аральского моря даже в существующих размерах. Ситуация вокруг Южного Аральского моря еще больше ус-

ложнится после завершения строительства Золотого озера в Туркменистане и Коксарайского водохранилища в Казахстане.

Изменение климата. В ряде экстремальных факторов потепление климата на ближайшие десятилетия займет последнее место. Даже если ситуация с потеплением будет развиваться по положительной параболической кривой, до критического неуправляемого состояния этот процесс будет идти в последующие 40-50 лет. Ущербное для орошаемого земледелия изменение гидрографов Амударьи и Сырдарьи можно регулировать совместным строительством водохранилищ в верховьях названных рек. Например, только в бассейне трансграничной реки Колумбия, США и Канада построили около 60 малых и больших водохранилищ и уже десятилетия совместно получают выгоды от полностью зарегулированной реки. Строительство водохранилищ на верховьях рек Сырдарьи и Амударьи имеет значительные преимущества: многократно меньшие площади будут заняты под водохранилища, нежели в низовьях этих рек; относительно невысокие потери на фильтрацию и испарение; низкие стоимости строительства; командование водохранилища над большей площадью орошения; возможность выработки большого количества электроэнергии и летом и зимой; полное снижение рисков наводнений и значительное сокращение отрицательного влияния засух, и т. д.

Рассмотренные выше экстремальные условия, в которых страны региона осуществляют совместное управление водными ресурсами, оказывают значительное отрицательное влияние на экономику, сдерживают развитие и интеграцию стран региона. Одно только признание существования этих факторов и понимание необходимости их преодоления могут подсказать ряд решений. Авторами подсчитано, что только из-за отсутствия сотрудничества по водно-энергетическим вопросам страны бассейнов рек Амударья и Сырдарья ежегодно теряют более 500 млн. долл. США. На нынешнем уровне развития отношений между странами региона с учетом рассмотренных факторов, предлагаются следующие мероприятия по совершенствованию системы регионального управления водными ресурсами:

1. Разработка среднесрочной и долгосрочной региональной стратегии межгосударственного использования водно-энергетических ресурсов.
2. Реформа региональных институтов управления водными ресурсами с учетом интересов стран на основе международного права и принципов справедливого и разумного использования воды. Реформирование Международного Фонда спасения Арала и Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии в Бассейновые Комиссии рек Амударья и Сырдарья.
3. Разработка механизма взаимоувязки водного сотрудничества с экономической интеграцией стран региона на основе соблюдения суверенитета и взаимного уважения.
4. Разработка экономического механизма совместного использования водно-энергетических ресурсов.
5. Введение платы за водоподачу во всех странах региона.

6. Полный переход на бассейновый (гидрографический) принцип и интегрированное управление водными ресурсами.
7. Совместное строительство и использование водохранилищ с ГЭС в верховьях Амударьи и Сырдарьи.
8. Восстановление ирригационной инфраструктуры для повышения КПД систем и снижения потерь воды на межхозяйственных оросительных системах.
9. Создание мощностей по выпуску поливной техники для реализации водосберегающих технологий орошения – приблизительно на каждый миллион гектаров один завод по выпуску оборудования для капельного орошения, дождевания и микродождевания.
10. Пересмотр состава севооборотов в пользу маловодоемких сельскохозяйственных культур.
11. Создание прозрачной системы мониторинга забора воды из источников, сброса возвратных вод и загрязнения трансграничных рек.
12. Создание прозрачной и контролируемой всеми странами региона базы данных и информационной системы использования и охраны трансграничных вод в бассейнах рек Амударья и Сырдарья.

УДК 528.94:55

РОЛЬ МОРФОЛОГИИ СКЛОНОВ В ФОРМИРОВАНИИ СОВРЕМЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Т.А. Ильина, Е.Н. Гетьман
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В условиях современного освоения склонов, их техногенно обусловленное состояние определяет как эродированность, так и загрязненность, а также транзит и аккумуляцию загрязнителей в пределах склонов и водных объектов. Одной из важнейших задач эрозионных исследований является оценка эрозионной опасности земель. Эрозионно-опасными считаем такие земли, где сочетания природных условий (климат, рельеф, почвы, подстилающие породы, осадки, хозяйственная деятельность) создают возможность проявления эрозии почв при их сельскохозяйственном использовании. Наибольшее распространение в мире получила водная и ветровая эрозия почв, на долю которых приходится соответственно 56% и 28% деградированных почв, третье место занимает химическая деградация (загрязнение) почв – 12% [2].

При отсутствии экспериментальных данных о смыве почвы по типам рельефа следует использовать морфометрические показатели рельефа в количественном выражении [6]. Для этого составляются шкалы бальной оценки каждого показателя. Степень проявления эрозии определяется по следующим 6 группам: 1 – очень слабая, 2 – слабая, 3 – умеренная, 4 – значительная, 5 – сильная и 6 – катастрофическая (табл. 1). При «ступенчатом» склоне, на котором чередуются пологие и крутые участки, возможность эрозии резко умень-

шается, т.к. террасы замедляют или приостанавливают стекание воды. Потенциальная опасность развития эрозии почв, прежде всего, определяется крутизной и длиной склонов. Для условий орошения (табл. 2) разработаны градации интенсивности эрозионных процессов в зависимости от уклона и коэффициента горизонтального расчленения [4].

Таблица 1 – Бальная оценка морфометрических показателей рельефа [6]

Категория уклонов поверхности, град.	Коэффициент горизонтального расчленения, км/км ²	Глубина местных базисов эрозии, м	Балл	Интенсивность эрозионных процессов
0...1	0,0...0,5	0...15	1	очень слабая
1...3	0,6...1,0	15...50	2	слабая
3...8	1,1...1,5	50...100	3	умеренная
8...15	1,6...2,0	100...200	4	значительная
15...30	2,1...2,5	200...600	5	сильная
более 30	более 2,5	более 600	6	катастрофическая

Таблица 2 - Интенсивность эрозионного процесса в зависимости от уклона коэффициента горизонтального расчленения*

Уклон поверхности земли	Коэффициент горизонтального расчленения	Интенсивность эрозионного процесса
0...0,02	0...0,5	Очень слабая
0,02 0,05	0,6...1	Слабая
0,05 0,08	1,1...1,2	Умеренная
0,09...0,1	1,3...1,5	Значительная
более 1	> 1,6	Сильная

*) Коэффициент горизонтального расчленения поверхности – отношение длины горизонтали к прямой, соединяющей ее концы

Многообразие и сложность почвенного покрова, его особое место в природе и агропромышленном комплексе требует комплексной агроэкологической оценки и группировки для обоснования рационального использования земель. Для этих целей используются:

- 1) данные мониторинга земель, базирующиеся на результатах последних землеустроительных, почвенных, геоботанических, гидрологических, агрохимических, эрозионных, фитосанитарных и других обследований и изысканий;
- 2) данные о размещении на этих землях сельскохозяйственных культур;
- 3) продуктивность земель за последние 3 - 5 лет.

При группировке земель необходимо соблюдать два принципа: множество почвенных разновидностей должно быть сведено к минимальному числу внутренне однородных групп; эти группы должны иметь существенные агро-

экологические различия. Для условий малых рек – верхних звеньев бассейнов средних и крупных рек, где пойменные территории развиты локально или отсутствуют и преобладают эрозионные процессы, была разработана агроэкологическая оценка и проведена группировка земель [3]. Для условий малых рек бассейна средней и верхней Оки выделены четыре категории земель, близких по рельефным, почвенно-эрозионным, гидрогеологическим и агротехническим условиям, а также по потребности в проведении мелиоративных работ (табл. 3). Водосборы малых рек бассейна средней и верхней Оки по большинству параметров являются типичными лесоаграрными ландшафтами центральной части Русской равнины.

Таблица 3 – Агроэкологическая оценка земель бассейна р. Любожихи

Категория земель	Крутизна склонов, град.	Тип смытости почв, земли	Средний многолетний смыв со склонов пахотных земель, м ³ /га * год	
			<i>Южные и западные</i>	<i>Северные и восточные</i>
1	< 3	Несмытые	2,0 - 10,0...13,0	3,0 - 5,0... 8,0
2	3 – 5	Средне- и сильносмытые	25,0 – 26,0	12,0 – 13,0
3	5 - 8	Сильносмытые	> 26,0	> 13,0
4	> 8 - 10	Долинно-балочные и овражные земли	Нет пашни	Нет пашни

Механизм переноса загрязнителей и самоочищения определяется морфометрическими и гидрологическими характеристиками и гидрохимическим режимом водоема, видами техногенного воздействия. Особая роль в процессах самоочищения рек принадлежит пойменным территориям. Пойма реки делится на три части: *приустьевую* – наиболее возвышенную и расчлененную, *центральную* – более протяженную, занимающую среднюю часть и *притеррасную* – наиболее заниженную и заболоченную часть с наличием стариц и озёр. Строение определяет высокую сложность структуры их почвенного покрова. В системе экологического мониторинга речного бассейна учет роли пойменных территорий – необходимое составное звено, которое позволит более рационально вести сельскохозяйственное использование пойм. Учет состоит в следующей последовательности операций:

- ✓ анализ площадного развития морфоэлементов поймы;
- ✓ анализ почвенно-растительного покрова пойм;
- ✓ анализ использования пойменных земель;
- ✓ анализ гидрологического режима пойменных территорий;
- ✓ анализ загрязненности пойменных почв.

При мониторинге возникает необходимость выделения эталонных бассейнов рек, более глубокого изучения формирования их экосистем, гидробио-

логического режима, определения продуктивности земель [7]. Существуют различные подходы к типизации рек на основе учета закономерного изменения гидробиологических характеристик по течению реки и ландшафтных особенностей водосборных бассейнов рек.

Реакция экосистем любого ранга зависит от того, в какой мере экологическое состояние окружающей среды адекватно условиям ее гомеостаза, под которым понимается относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней структуры экосистемы и ее устойчивость по отношению к внешним воздействиям. Гомеостаз предполагает сохранение устойчивости экосистемы в условиях воздействия ряда факторов. При этом воздействие каждого фактора или их совокупности может быть оценено как минимальное, когда оно не вызывает реакции (возмущения) экосистемы, и максимальное, последствиями которого может быть деградация экосистемы в целом или даже ее гибель и переход по сути в новую экосистему. Диапазон между минимальным и максимальным уровнем воздействия факторов представляет собой «предел толерантности» экосистемы, т.е. тот диапазон изменения уровня воздействия, в пределах которого система способна за счет своих адаптационных возможностей противостоять изменяющему ее внутреннее состояние воздействию.

По мнению авторов [8] оптимальной на современном этапе является четырехранговая оценочная структура, разработанная для экосистем [1]. Каждому интервалу, характеризующему реакцию живых организмов или экосистемы, должен соответствовать некоторый интервал, определяющий в заданных пределах изменение уровня внешнего воздействия. В этой же четырехранговой схеме его целесообразно градуировать в виде ряда воздействий: «слабое – умеренное – сильное – опасное». В общем виде изложенный подход отражен в таблице 4.

Нарушение равновесия эрозионно-аккумулятивных процессов на территории бассейна вызывает изменения существующего баланса, которые проявляются в накоплении в водной системе органического и минерального вещества, в увеличении темпов осадконакопления и оказывают прямое влияние на состав донных отложений. Пики интенсивности седиментации сопровождаются пиками развития фитопланктонных сообществ и хорошо коррелируют с эрозионным поступлением органических и минеральных веществ [5]. При другом соотношении внешних факторов воздействие может иметь улучшающий характер. Это особенно характерно для техногенно нагруженных территорий, когда эрозионный сток «разбавляет» загрязненные наносы, поступающие с сопредельных, как правило, высоко урбанизированных земель.

Влияние пойменных земель на состояние водных объектов также двояко. С одной стороны, хорошо развитые пойменные земли являются улучшающим фактором. Осаждая большинство взвешенных частиц в период половодья, они способствуют улучшению экологической обстановки ниже по течению, т.е. снижают результирующую техногенного воздействия. Такие примеры многочисленны, и в этом главная экологическая роль пойм водных объектов. В то же время, интенсивное сельскохозяйственное использование пойменных земель

нередко приводит к ухудшению экологической ситуации нижележащих водных экосистем. Это, прежде всего, характерно для сельскохозяйственных территорий, где влияние промышленных сточных и коммунальных вод весьма значительно.

Таблица 4 – Принципиальная схема взаимоувязанной оценки состояния окружающей среды, биоты и экосистемы по [8] с изменениями и дополнениями

Оцениваемые параметры системы, воздействия, условия и состояние	Категории (уровни)			
	I	II	III	IV
Экосистема	Экологическая норма	Экологический риск	Экологический кризис	Экологическое бедствие
Литосфера и ее компоненты	удовлетворительное состояние	условно удовлетворительное состояние	Неудовлетворительное состояние	катастрофическое состояние
Ресурсное Воздействие:	слабое	умеренное	сильное	опасное
геодинамическое воздействие;	слабое	умеренное	сильное	опасное
геохимическое воздействие, в т.ч.: загрязнение донных отложений;	слабое	умеренное	сильное	опасное
геофизическое воздействие	слабое	умеренное	сильное	чрезмерное
Условия жизнедеятельности человека	комфортные	дискомфортные	сильно дискомфортные	опасные
Состояние здоровья человека	здоровое	напряжение	утомление	болезнь
Количество территориального ресурса	высокое	среднее (повышенное)	пониженное	низкое
Условия гомеостаза экосистемы	не вызывает реакции (возмущения) экосистемы	«предел толерантности» экосистемы		разрушение, гибель экосистемы

Заключение

В бассейнах с минимальным техногенным воздействием морфология склонов определяет транзит загрязнителей в пределах постоянных и временных водотоков, а в некоторых обстоятельствах и их аккумуляцию. В бассейнах, где ведется интенсивная хозяйственная деятельность, искусственно созданная морфология склонов может определять, как загрязнение в зонах аккумуляции, так и очищение в зонах смыва загрязнителей и их транзита.

Список использованных источников

1. Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // ИЛ РАН. Сер. 5. География, 1993, № 5, с. 77 - 79.
2. Керженцев А.С. Функциональная экология. – М.: Наука, 2006. – 259 с.
3. Киселева О.Е., Коломийцев Н.В. Противоэрозионное обустройство склоновых земель в бассейнах малых рек на основе ГИС-технологий // Природообустройство, 2010, № 1, с. 21 - 27.
4. Мелиорация и водное хозяйство. Том 6. Орошение: Справочник под редакцией Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1990. – 445 с.
5. Мизандронцев И.Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. – 176 с.
6. Романова Э.П. Опыт мелиоративного картирования эрозионноопасных местностей зарубежных территорий / Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. – М.: МГУ, 1973. – с. 46 – 50.
7. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы: литобзор / ГПНТБ СО РАН, серия экология. Вып. 64. – Новосибирск, 2002. – 114 с.
8. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.

УДК 502/504: 556.18

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ РЕДАКТОРА ДЛЯ УЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ВОДОСБОРАХ

Е.В. Кравцова, Н.П. Карпенко

ФГБНУ ВПО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия, г. Москва

При изучении вопросов взаимодействия поверхностных и подземных вод на водосборных бассейнах особое внимание заслуживает детальное изучение зоны сопряжения поверхностных и подземных вод (гипорейческих потоков) – дополнительной зоны, по которой происходит поступление речных вод в водоносные горизонты. Эта особая переходная зона, называемая зоной гипорейка, по которой внедряются речные воды в водоносные горизонты с последующей разгрузкой потоков снова в реку ниже по его течению [1]. В зарубежной и отечественной литературе в гидрологических и гидрогеологических исследованиях рассматриваются основные факторы, которые влияют на формирование гипорейческих потоков [2, 3].

Особенности зоны сопряжения потоков поверхностных и подземных вод связаны с характерными формами топографии ложа рек, с наличием излучин,

меандр рек и т.д. Зона гипорейка характеризуется особым биохимическим и температурным обменом между речными и подземными водами. Процессы, происходящие в зоне сопряжения поверхностных и подземных вод, являются весьма важными и требующими постоянного контроля и проведения мониторинга как основы планирования совместного использования водных ресурсов, в том числе и инфильтрационные водозаборы подземных вод.

Совместное нахождение поверхностных и подземных вод в верхней части земной коры определяет тесную взаимозависимость их балансов, отражающих изменение количественных и качественных составляющих.

В вопросе изучения взаимодействия подземных и поверхностных вод в глобальном цикле водообмена закономерной является взаимосвязь атмосферных процессов, поверхностных и подземных вод. Целесообразно баланс подземных вод рассматривать в границах симметричного потока, направленного от водораздела к дрене (рис.1).

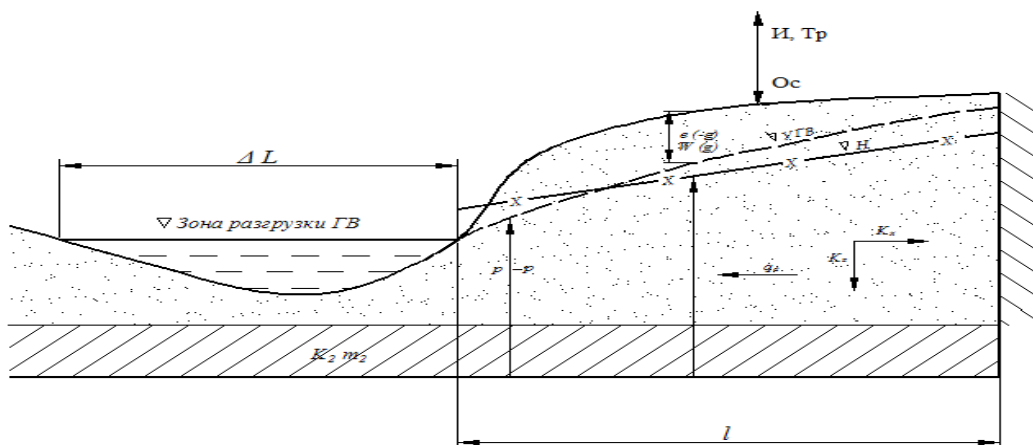


Рисунок 1 - Составляющие баланса и параметры потока подземных вод [4, 5].

I, T_p – испарение, транспирация соответственно, мм; O_p – атмосферные осадки, мм; $w(g), e(-g)$ – соответственно питание и испарение грунтовых вод, мм; $p, -p$ – составляющая взаимосвязи грунтовых и напорных вод (питание и разгрузка); q_e – естественный приток грунтовых вод (динамические запасы), мм; ΔL – дополнительное фильтрационное сопротивление в зоне разгрузки грунтовых вод, м; K_x, K_z – горизонтальная и вертикальная составляющие водопроницаемости водоносных фильтрационно-анизотропных горных пород, коэффициенты фильтрации, м/сут; K_2, m_2 – коэффициент фильтрации (м/сут) и мощность (м) относительного водоупора между грунтовым и напорным потоками подземных вод, со свободной и пьезометрической поверхностями соответственно; l – длина потока грунтовых вод, м

При анализе взаимодействия поверхностных и подземных вод большое значение имеет сопротивление в зоне их контакта (ΔL), прямо пропорциональное потерям напора в пределах зоны кольматации – “дополнительный слой” [6].

Величину сопротивления принято выражать в метрах эквивалентной дополнительной длины потока, полученной расчетным путем или графическим построением. Формулы для расчета этого параметра и условия их применения приведены в таблице 1.

Таблица 1- Аналитические способы определения сопротивления дрен [4, 5,6].

Расчетная схема	Строение пласта	Расчетная формула ΔL
Водоем или водоток шириной $2b_r$	Однородно-анизотропный	$\Delta L_1 \approx 0.5am_d$, $a = \sqrt{\frac{k_x}{k_z}}$ (1)
	Двухслойный	$\Delta L_0 = \Delta L_2 \operatorname{cth}\left(\frac{2b_r}{\Delta L_2}\right)$, $\Delta L_2 = \sqrt{\frac{k_2 m_2 m_{1d}}{k_1}}$ (2)
Береговая дрена	Однородно-анизотропный	$L_{bd} = \frac{1}{1 + \frac{L_{nd}}{x_d + \Delta L}}$, $L_{nd} = 1.47am_d \lg \frac{1}{\sin \frac{\pi d}{2am_d}}$ (3)

Вопросы взаимосвязи поверхностных и подземных вод тесным образом связаны с экологическими особенностями и динамикой загрязнения подземных вод в зоне гипорейка. Защищенность подземных вод от загрязнения определяется наличием слабоводопроницаемых отложений, препятствующих проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в водоносные системы.

К основным природным факторам относятся наличие в разрезе слабоводопроницаемых отложений; глубина залегания подземных вод; состав, фильтрационные и сорбционные свойства перекрывающих пород; соотношение уровней исследуемого горизонта и вышележащего (верховодки). Группа факторов, контролирующих загрязнение подземных вод, включает такие свойства загрязнителей, как их миграционная способность, плотность, сорбируемость, химическая консервативность или время распада (разложения), взаимодействие загрязняющих веществ с горными породами и подземными водами.

Интенсивная эксплуатация подземных водоносных горизонтов привела к сильному нарушению естественных условий взаимосвязи поверхностных и подземных вод, что повлекло за собой образование крупных депрессионных воронок (глубиной до нескольких десятков метров) и уменьшение водоносности рек, особенно в меженный период.

Для учета экологических особенностей взаимосвязи поверхностных и подземных вод была разработана электронная модель редактора подземных водозаборов (ЭМРПВ) для решения комплекса задач при проектировании подземных водозаборов на водосборах. Идея разработки состоит в том, чтобы создать электронную оболочку, где формируется информационная база и расчетные модули для решения цикла задач, связанных с проектным обоснованием подземных водозаборов, разработкой систем восполнения запасов подземных вод и систем совместного использования поверхностных и подземных водных ресурсов и т.д.

В основу редактора положена одна из наиболее значимых водохозяйственных проблем – использования подземных вод. Подземные воды являются необходимым стратегическим ресурсом, сохранение количества и качества которых в значительной степени определяет водообеспеченность бассейнов и регионов для питьевого назначения. При проектном обосновании подземных во-

дозаборов решаются задачи, требующие помимо детальных расчетов с помощью специальных гидродинамических моделей, оперативной экспертной оценки. Такая оценка может быть сделана на основе аналитических методов и соответствующих имитационных моделей.

При разработке электронного редактора использовалась среда *Excel* и в дальнейшем будет использовано приложение *VISUAL BASIC*. Перечень решаемых задач постепенно будет расширяться, а методика решения и сервис оболочки в дальнейшем будет уточняться и совершенствоваться. В числе задач, вносимых в перечень редактора на данный момент, предусмотрены следующие задачи: оценка качества воды; оценка солевого режима грунтовых вод при орошении; расчет инфильтрационного водозабора; оценка изменения качества поверхностных и подземных вод в зоне контакта; расчет параметров инфильтрационного цикла при пополнении подземных вод и механической кольматации загрузки. Соответственно в каждой задаче сформирован свой набор подзадач.

Структурная схема редактора выглядит следующим образом (рис. 2).



Рисунок 2 - Структура электронной модели редактора подземного водозабора

Перечень задач, вносимых в ЭМРПВ, может меняться и редактироваться в зависимости от гидрогеологической ситуации и поставленных целей на рассматриваемом объекте.

Основными задачами и подзадачами модели редактора по учету экологических особенностей взаимосвязи поверхностных и подземных вод являются:

Задача 1. *Оценка качества воды.* Решаемые подзадачи: оценка подземных вод по: общей минерализации; величине общей жесткости; ионному составу; агрессивности в отношении бетона и железа; по водородному показателю.

Задача 2. *Оценка изменения солевого режима грунтовых вод при орошении.*

Задача 3. *Расчёт инфильтрационного водозабора с оценкой качества воды.* Решаемые подзадачи: оценка расхода речного стока и подпитки из грунтового потока; определение минерализации на водозаборе; приток подземных вод со стороны водораздела; оценка ущерба речному стоку; время поступления загрязнений в грунтовые воды; концентрация удобрений в грунтовом потоке и на водозаборе.

Задача 4. *Оценка качества поверхностных и подземных вод в зоне их контакта.* Решаемые подзадачи: определение количества выносимых солей в реку из донных отложений за 365 суток (кг на 1 п.м. береговой линии); выбор местоположения насосной станции.

Примером такой модели может служить разработанный с использованием средств Excel программный алгоритм расчета инфильтрационного водозабора с оценкой качества воды, где проанализирован состав исходной информации, предполагаемый принятой методикой, обоснованы и отработаны этапы решения в следующей последовательности: оценка расхода речного стока и подпитки из потока подземных вод, определение минерализации на водозаборе, приток подземных вод со стороны водораздела, оценка ущерба речному стоку, время поступления загрязнений в грунтовые воды, концентрация загрязняющих веществ в грунтовом потоке и на водозаборе, радиусы зон санитарной охраны.

Данный редактор будет полезен как студентам, изучающим вопросы совместного использования поверхностных и подземных вод, расчета подземных водозаборов, так и специалистам – гидрологам и гидрогеологам для получения оперативных результатов при решении указанных задач и подзадач. Исходными данными для редактора являются: информационные ресурсы, данные режимных наблюдений, экологического мониторинга, собственные материалы, научные публикации, архивные материалы и т.д., которые используются для решения требуемых видов задач в составе проектного обоснования подземных водозаборов.

Экологические особенности взаимодействия поверхностных и подземных вод связаны и с изменением гидрохимического режима в зоне их контакта. При этом качественный скачок изменения водообмена поверхностных и подземных вод происходит в гипорейческих потоках, для изучения которых необходимо ведение геоэкологического мониторинга. Выполненные исследования являются первым этапом разработки редактора (электронной оболочки) водохозяйствен-

ных задач, возникающих в процессе проектного обоснования водозаборов подземных вод в пределах водосборных бассейнов.

Список использованных источников

1. Шестаков В. М., Невечеря И. К., Авилина И. В. Методика оценки ресурсов подземных вод на участках береговых водозаборов – М.: Изд-во Книжный дом «Университет», 2009. – 192 с.
2. Fraser B. G., D.D. Williams, K.W.F. Howard Monitoring biotic and abiotic processes across the hyporheic/groundwater interface/ Hydrogeology Journal, v.4, no 2, 1996. P. 36-50.
3. Gounot A. M. Microbial Ecology of Groundwaters / Groundwater Ecology, Edited by Janine Gibert, 7. ACADEMIC PRESS, 1994. P. 187-215.
4. Жабин В.Ф., Карпенко Н.П., Ломакин И.М. Формирование гетерогенной среды и регулирование режима грунтовых вод в задачах природообустройства. Монография. – М.: МГУП, 2013, 208 с.
5. Жабин В.Ф., Козлов Д.В., Раткович Л.Д., Фризен Е.В. Экологические особенности совместного использования поверхностных и подземных вод. – Природообустройство, 2011, № 5, с.56-63.
6. Шестаков В. М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. – М.: Изд-во МГУ, 1965. – 233 с.

УДК 631.62:628.35

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СПРАВОЧНИКОВ НДТ ПО ОЧИСТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД

Е.А. Лентяева

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

В настоящее время сельскохозяйственная отрасль производства характеризуется высоким уровнем использования свежей воды. По данным статистики Федерального агентства водных ресурсов «Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2011 году» [1] сельскохозяйственной отраслью было использовано 9400,6 млн. м³ свежей воды, сбросы составляют 3829,1 млн. м³. Основным водопользователем является орошаемое земледелие, на нужды которого было использовано 7838,21 млн. м³, что составляет около 80% [1]. В последние годы наблюдается тенденция по снижению объема водопотребления на нужды орошения и по сравнению с 1993 годом он уменьшился почти в два раза (рис. 1).

Однако зачастую это объясняется не переходом на новый уровень водопользования, в основе которого лежат рациональное водопользование и водосберегающие технологии, а сокращением орошаемых площадей. По данным Минсельхоза России за 1991-2012 годы площадь мелиорированных земель сократилась с 11,3 до 9 млн. га, в том числе орошаемых – с 6,16 до 4,25 млн. га [2]. Поскольку мелиоративная отрасль в сельском хозяйстве характеризуется как наиболее водоемкая, то разработка мелиоративных технологий, приводящих к снижению водопотребления и сбросов коллекторно-дренажных вод является важной проблемой, требующей постоянного внимания.

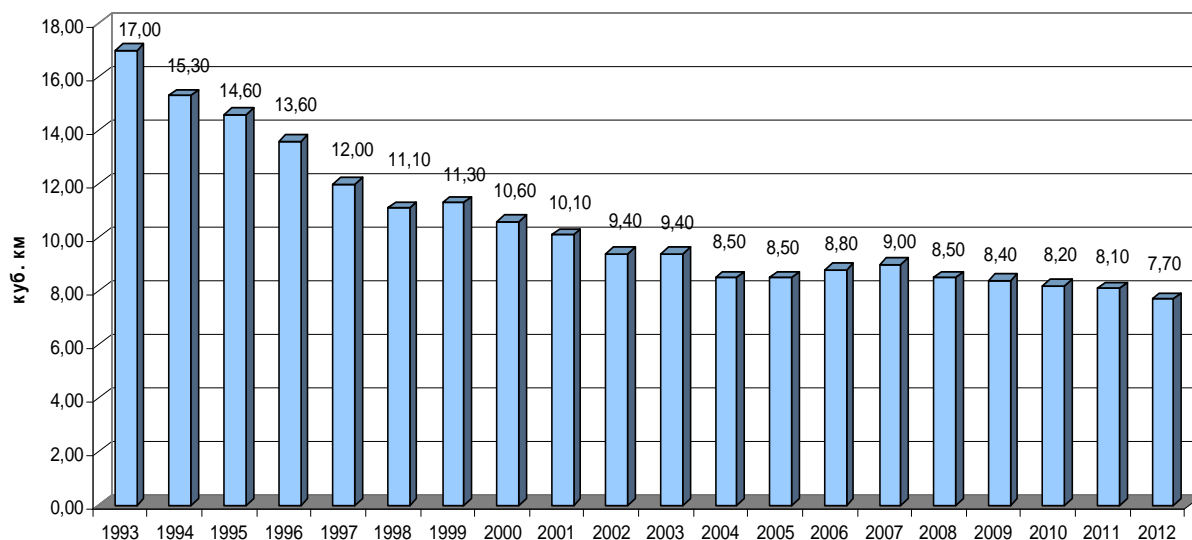


Рисунок 1- Динамика использования свежей воды на нужды орошения в Российской Федерации (по данным Росстата)

Еще одним из основных вопросов функционирования комплекса АПК являются охрана окружающей среды и снижение степени антропогенного воздействия на водные объекты. Сельское хозяйство является как локальным, так и диффузионным источником загрязнения водных объектов. Динамика сброса основных загрязняющих веществ в составе сточных вод сельскохозяйственной отрасли, по данным Росстата, показана на рисунке 2.

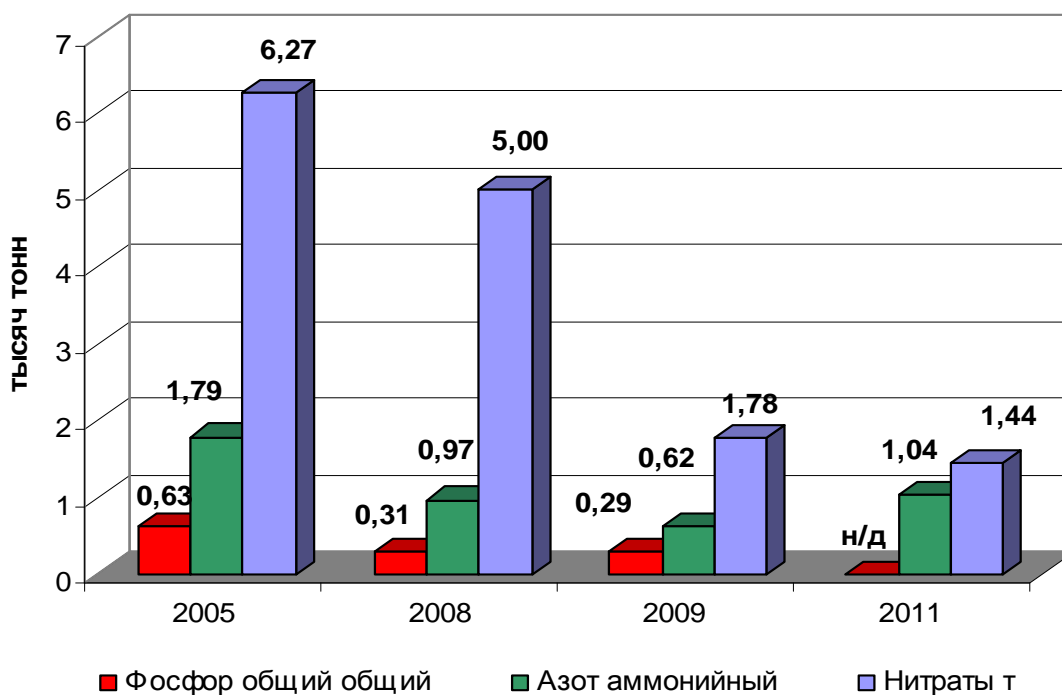


Рисунок 2 - Динамика сброса основных загрязняющих веществ в составе сточных вод от сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства

Приведенные данные подтверждают, необходимость мероприятий по улучшению экологического и химического состояния поверхностных водных объектов, а также применения эффективных методов снижения антропогенной нагрузки для предупреждения ущербов окружающей среде.

Выбор экологически безопасной технологии и технических средств полива с учетом объективной необходимости экономии оросительной воды в последние годы приобрел первостепенное значение и в мировой практике орошаемого земледелия. Ведущие страны мира отдают все большее предпочтение при орошении сельскохозяйственных культур таким способам, которые позволяют регулировать водоподачу в соответствии с водопотреблением растений. К этим способам относятся все виды малообъемного орошения. Они обеспечивают поддержание в почве оптимального водно-воздушного режима при отсутствии поверхностного и глубинного сбросов.

Анализ зарубежной практики показал высокую эффективность использования концепции наилучших доступных технологий, предложенной в Директиве Советам Европейского Союза 96/61/ЕС «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений» для предотвращения и улучшения качества воды в речных бассейнах. Директивой предусмотрено применение механизма расчёта показателей воздействия на окружающую среду с использованием "наилучших доступных технологий (НДТ)" при выдаче комплексных разрешений.

Для выполнения этой цели в составе комиссии создано Европейское бюро по интегрированному контролю и предотвращению загрязнений (European IPPC Bureau), которое непосредственно организует данный обмен информацией и выпускает перечни наилучших доступных технологий (BAT reference documents - BREFs), которые государства-члены должны принимать во внимание. Результатом работы рабочих групп бюро является набор отраслевых справочников, в которых изложены все аспекты, касающиеся воздействия отдельных отраслей на окружающую среду. Справочники НДТ (B R E F s) являются основой при выборе технологий для субъектов хозяйственной деятельности, а также при выдаче комплексных разрешений допустимого воздействия на окружающую среду для уполномоченных природоохозяйственных органов. Предприниматель вправе выбрать любую технологию по своему усмотрению, даже ту, которой нет в справочнике НДТ, но при этом он обязан соблюдать установленные комплексным разрешением требования.

Использование концепции НДТ, направленной на комплексное предупреждение и снижение загрязнений окружающей среды в процессе эксплуатации гидромелиоративных систем (ГМС) представляется перспективным направлением и в нашей стране. Однако в Российской Федерации в настоящее время отсутствуют справочные документы по наилучшим доступным технологиям в области сельскохозяйственного производства, в том числе и в мелиоративной отрасли. Разработка справочника по мелиоративным технологиям позволит обосновать выбор ресурсосберегающих технологий орошения, очистки и использования дренажно-сбросных вод с ГМС, от решения которых зависит как экономическая эффективность производства, так и уровень негативного

воздействия орошения на окружающую среду.

На сегодняшний момент разработан ГОСТ Р 54097-2010 "Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение." Согласно приведенной схеме и ГОСТ 54097-2010 ниже приводится описание технологии повторного использования дренажно-сбросных вод (ДСВ) для орошения, которая предлагается для внесения в справочники НДТ. При выборе наилучшей доступной технологии водопользования особую актуальность приобретают вопросы снижения водозабора для нужд орошаемого земледелия, снижения объемов дренажно-сбросных вод и улучшения их качества. Это достигается совершенствованием техники и технологии поливов, играющих важнейшую роль в рациональном использовании водных ресурсов.

Предложенная технология позволит обеспечить:

- снижение водозабора в оросительную систему;
- улучшение качества и снижение сбросов дренажно-сбросных вод с оросительных систем;
- почвозащитные технологии орошаемого земледелия;
- общее снижение неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

Одним из вариантов рационального использования водных ресурсов является их повторное использование. При создании технологической схемы повторного использования ДСВ должен учитываться ряд особенностей для каждого конкретного объекта: условия формирования стока; рельефные условия; способы и техника полива; качественные показатели ДСВ; назначение объектов для повторного использования с учетом перспектив их развития; способы утилизации побочных продуктов и ряд других технологических и эксплуатационных особенностей.

В качестве водосберегающей технологии предлагается накопление ДСВ в специальных емкостях с целью дальнейшего их использования на орошение и другие цели. Данное сооружение обеспечивает минимальный уровень капитальных и эксплуатационных затрат, благодаря простой конструкции и долговечности используемых материалов, удобство и надежность в эксплуатации благодаря автоматической работе (рис.3).

На современном этапе определяются направления экологического и рационального использования водных ресурсов, позволяющие снизить уровень потребления свежей воды: эффективное использование водных ресурсов; развитие оборотного водопользования; разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов. Предлагаемая технология позволяет рассматривать вопросы водосбережения по всем указанным направлениям.

Принципиальная схема компоновки на гидромелиоративной системе сооружения для накопления и очистки дренажно-сбросных вод показана на рисунке 3.

Пруд-накопитель - трапецеидального сечения, с заложением откосов из условия устойчивости. Глубина пруда принимается из условия производства работ, обеспечения действующего напора и мертвого объема, который опреде-

ляется из санитарно-гигиенических требований - 3,5 м. Запас над расчетным горизонтом воды в пруду устанавливается от 0,2 до 0,5 м в зависимости от колебаний уровней воды и эксплуатационных условий. Для предотвращения фильтрации по дну и периметру устраивается гидроизоляция водоема из бутилкаучуковой мембраны или аналогового материала.

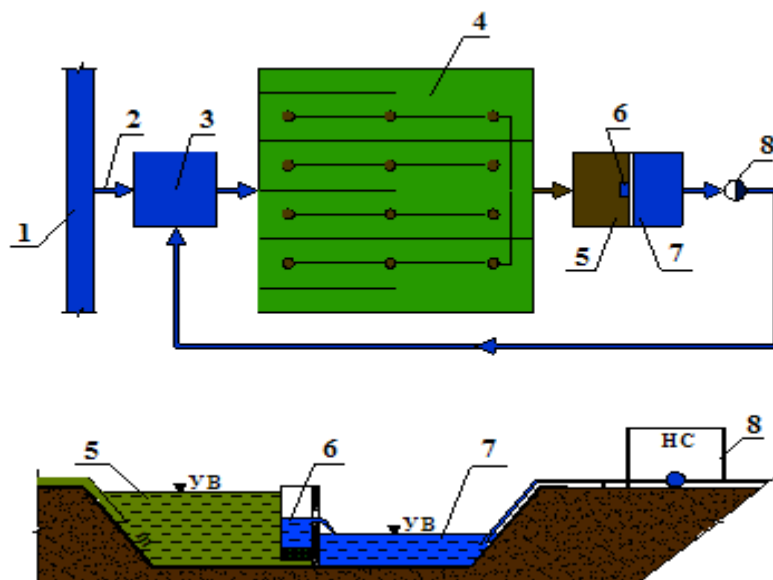


Рисунок 3 - Схема компоновки сооружения для накопления и внутрисистемного использования дренажно-сбросных вод на гидромелиоративной системе:

1 – магистральный канал; 2 – хозяйственная сеть; 3 – регулирующий внутрисистемный водоем; 4 – поле с дренажной системой; 5 – водоем для аккумуляции дренажных вод; 6 – локальное очистное сооружение; 7 – аккумулялирующий водоем для смешивания ДСВ; 8 – насосная станция

Для определения габаритов пруда-накопителя необходимо знать объем дренажного стока за предполагаемый цикл регулирования $W_{д.ст}$:

$$W'_{д.ст} = 86,4 q_{д.ст} \cdot F_{ор} \cdot T, (1)$$

где $W'_{д.ст}$ – суммарный объем дренажно-сточных вод за цикл регулирования, $м^3$; $q_{д.ст}$ – модуль дренажного стока, л/с га; $F_{ор}$ – площадь, обслуживаемая узлом по очистке дренажного стока, га; T – продолжительность расчетного цикла регулирования, сут.

$$W_{д.ст} = W'_{д.ст} - W_{исп}, (2)$$

где $W_{исп}$ – объем воды теряемый на испарение, учитывается в зависимости от типа регулирования, $м^3$.

При повышенной минерализации стока следует предусмотреть дополнительный объем воды, необходимый для разбавления:

$$W_{разб} = W_{д.ст} \cdot K_{разб}, (3)$$

где $K_{разб}$ – коэффициент, учитывающий максимально требуемую кратность разбавления по загрязняющим веществам в ДСВ.

Тогда:
$$W_{д.ст} = W'_{д.ст} - W_{исп} + W_{разб}, (4)$$

Для определения ширины пруда по дну a рекомендуется предварительно задаться длиной водоема в плане L :

$$a = \frac{W_{\text{д.ст}}}{hL} - \frac{h}{2m} \quad (5)$$

где: L – длина пруда в плане, м; h – глубина пруда $h=h_{\text{раб}}+h_{\text{м.о}}$, м;

$h_{\text{раб}}$ – величина сработки пруда, м; $h_{\text{м.о}}$ – глубина воды при мертвом объеме (учитывается в зависимости от эксплуатационных условий); m – заложение откосов пруда.

Дренажно-сбросные воды из пруда-накопителя поступают в локальное очистное сооружение, представляющее собой резервуар прямоугольной формы с размерами в плане 1,0 м x 2,0 м, заполненный фильтратом.

Действие сооружения основано на применении метода сорбционной очистки воды. В качестве загрузки выбирается сорбент для конкретного типа воды, имеющий наибольшую поглощающую способность по преобладающим загрязнителям (табл. 1).

Таблица 1 – Емкостные характеристики сорбентов для различных загрязнителей [3]

Загрязнитель	ОК	НП	ПАВ	Zn	Cu	Pb
Сапропель	0,18/90	0,12/73	0,44/88	2,25/85	0,87/95	0,70/89
СОРБЕКС	0,16/80	0,03/19	0,47/95	2,58/98	0,85/92	0,74/94
САПРОЛЕН	0,11/45	0,02/52	0,29/58	-/91	-/87	-/87
Сапропель-Актив	0,05/27	0,25/96	0,49/98	1,25/97	0,43/95	0,35/97

Примечание: В числителе (СОЕ) – статическая емкостная характеристика, мг/г; в знаменателе (Е) – емкость поглощения, %

Расчет локального очистного сооружения (рис. 3,4)

Исходные данные: q – удельный расход дренажного стока, л/с га; T – время работы сооружения, сут; $F_{\text{орош}}$ – площадь орошаемого участка, га; m – коэффициент заложения откосов водоема для аккумуляирования дренажных вод; $C_{i\text{загр}}$ – концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/л, $K_{\text{ф}}$ – коэффициент фильтрации, м/сут.

Определение напора (H):

$$H=h_t+h_v+h_{\text{сорб}}+h_{\text{пл}}+h_1, \quad (6)$$

где: h_t – общие потери напора в сооружении, м; h_v – толщина слоя воды над загрузкой, м, $h_v=1$ м; $h_{\text{сорб}}$ – высота слоя загрузки, м; $h_{\text{пл}}$ – толщина дырчатой асбестовой плиты, м; h_1 – расстояние от дна сооружения до плиты, м.

Определение потерь напора в сооружении:

$$h_t=h_{t\text{вх}}+h_{t\text{пл}}+h_{t\text{сорб}}, \quad (7)$$

где: $h_{t\text{вх}}$ – потери напора на вход в сооружение, м;

$h_{t\text{сорб}}$ – потери напора в загрузке, м, $h_{t\text{сорб}}=U \cdot h_{\text{сорб}}/K_{\text{ф}}$,

где U – скорость фильтрации, м/с, $U=0,1-0,3$ м/ч;

K_{ϕ} - коэффициент фильтрации, м/сут;

$h_{tпл}$ – потери напора в перфорированной асбестовой плите, м.

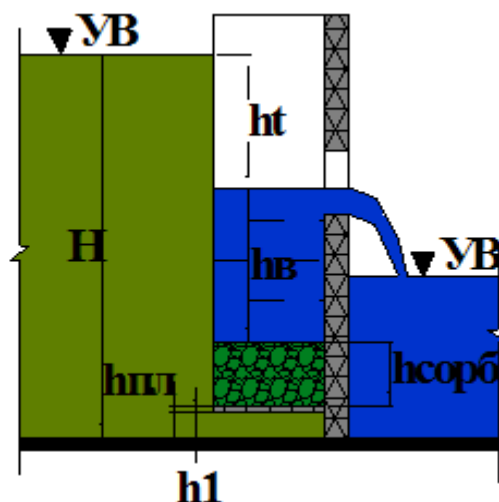


Рисунок 4- Расчетная схема сооружения

Количество сорбента определяется из условия поглощения загрязнителей до уровня ПДК, с учетом назначения водопользователей, обслуживаемых данным водным объектом.

$$G_{сор} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{исх} - ПДК}{СОЕ} \cdot W_{дд.ст}, \quad (8)$$

где $G_{сор}$ - количество сорбента, г; $C_{исх}$ - исходная концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/л; ПДК- предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/л; $W_{дд.ст}$ - объем дренажного стока, $W_{дд.ст} = Q \cdot T \cdot F$, л; СОЕ- статическая емкость сорбента, мг/г, определяется экспериментально.

Определить время защитного действия можно по зависимости:

$$T = K \cdot h_{сорб} \cdot t, \quad (9)$$

где T – время защитного действия сорбционного фильтра, ч; K – коэффициент защитного действия, мин/см,

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n ДОЕ_{загр}^i}{U_{\phi} \cdot \sum_{i=1}^n C_{загр}^i} \quad (10)$$

где: $ДОЕ_{загр}^i$ – динамическая обменная емкость сорбента для i -го загрязнителя, определяется экспериментально, мг/л; $t = \varepsilon \cdot \Delta t$ – потери времени защитного действия, мин; ε – порозность сорбента, $\varepsilon = 1 - \delta_n / \delta_k$, δ_n , δ_k – насыпная и кажущаяся плотность сорбента соответственно, г/дм³.

Время сменяемости сорбента зависит от степени загрязнения ДСВ и в среднем составляет 5 лет.

Однако, несмотря на хорошие очистные показатели и длительный проектный срок службы работы данного очистного узла, необходимо предусмотреть сокращение времени замкнутого оборотного цикла. С целью сохранения

биосистемы при повторном использовании дренажно-сточных вод рекомендуется производить разбавление. В процентном отношении это можно выразить следующим образом: на орошение – 30%, на возврат в природные источники – 40 %, на резервирование пресной воды, с предварительным процессом деминерализации, при необходимости - 30%.

Предлагаемая НДТ в практике утилизации дренажно-сбросных вод в пределах гидромелиоративной системы соответствует следующим основным требованиям:

- соответствует современным отечественным разработкам по эксплуатации гидромелиоративных систем;
- обладает экономической и практической приемлемостью для объектов на мелиорируемых землях;

При обосновании выбора предлагаемой НДТ принимаются во внимание следующие факторы:

- сокращение объемов сброса загрязняющих веществ при оптимальных капитальных и эксплуатационных затратах – очистка воды до уровня ПДК с учетом назначения водопользователей, обслуживаемых данным водным объектом;
- использование малоотходных процессов - время сменяемости сорбента зависит от степени загрязнения ДСВ и в среднем составляет 5 лет;
- вовлечение в хозяйственный оборот сбросов, образующихся в процессе хозяйственной деятельности – 15-18% ДСВ образующихся в процессе на оросительных системах;
- время, необходимое для реализации НДТ – 30 дней;
- потребление и эффективность использования первичного сырья достигает 88% первично забранной воды.

Список использованных источников

1. Федеральное агентство водных ресурсов Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2011 году. Статистический сборник. НИА-Природа. Москва, 2012г.
2. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. Москва, 2012г.
3. Кирейчева Л.В., Хохлова О.Б. Сапропели: состав, свойства, применение М. 1998, 120с.

УДК 333.93

МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Ю.С. Лялин

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

Отличительной особенностью оросительных мелиораций является их существенное и многоплановое воздействие на подземные воды. Для изучения этого воздействия и оценки его влияния на особенности, экономическую эф-

фективность и экологическую безопасность оросительных мелиораций проводятся специальные мелиоративно-гидрогеологические исследования. Их научно-методические основы разрабатываются прикладной отраслью гидрогеологической науки - мелиоративной гидрогеологией [1-3]. При проектировании оросительных систем мелиоративно-гидрогеологические исследования выполняются в составе комплексных гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий, а при эксплуатации оросительных систем - в системе контроля мелиоративного состояния земель.

Изыскания проводятся специальными изыскательскими организациями на основе ведомственных строительных норм [4], составленных еще в 70-80 гг. прошлого столетия в период интенсивного развития мелиорации в СССР. Их должны заменить новые отраслевые регламенты, но они пока отсутствуют. На крупных массивах проектируемого орошения, часто параллельно с изысканиями организациями Мингео СССР проводились комплексные гидрогеологические и инженерно-геологические съемки масштабов 1:200000 и 1:50000. Методические документы для проведения изысканий и съемок были разработаны отраслевыми НИИ Минводхоза и Мингео СССР [5, 6].

Для контроля мелиоративного состояния орошаемых земель в СССР были созданы специализированные гидрогеолого-мелиоративные партии и экспедиции. Оценка мелиоративного состояния орошаемых земель проводилась по глубине залегания грунтовых вод и их минерализации, а также по засоленности почв, ВНИИГиМ были разработаны необходимые нормативные [7] и методические документы [8, 9].

В настоящее время в РФ большинство гидрогеолого-мелиоративных партий ликвидированы и их функции переданы в мелиоративную службу эксплуатационных организаций. Наблюдения за подземными водами выполняются в соответствии с Правилами эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений 1998 г. [10]. С 2013 г. они должны использоваться для учета мелиоративного состояния орошаемых земель в соответствии с новым регламентом [11]. Методические основы этих наблюдений нуждаются в совершенствовании с учетом изменения социально-экономических условий в России, новых эколого-экономических подходов к оценке эффективности и экологической безопасности мелиоративных объектов, новых регламентов и обновленных СНиП в строительстве, достижений научно-технического прогресса.

В соответствии с действующим СНиП 11-02-96 [12] к изысканиям относятся теперь и наблюдения за подземными водами при эксплуатации оросительных систем в виде мелиоративно-гидрогеологического мониторинга (МГГМ). Он должен быть частью более общего эколого-мелиоративного мониторинга орошаемых земель, являющегося заключительным этапом всех видов мелиоративно-природных изысканий. Последний должен входить в состав мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, включая орошаемые земли, который развивается сейчас в соответствии с Концепцией 2010 г. в системе МСХ РФ [13].

Одновременно МГГМ должен рассматриваться как часть мониторинга водных объектов АПК и быть тесно увязан с мониторингом подземных вод Государственного мониторинга водных объектов (МВО) [14]. МВО, в свою очередь, является частью более общего Государственного экологического мониторинга [15].

Целью МГГМ является получение данных о подземных водах, необходимых для контроля существующей мелиоративной и экологической обстановки орошаемых и прилегающих земель, устранения, предупреждения или сокращения до приемлемых размеров возможных негативных последствий воздействия подземных вод. В состав МГГМ орошаемых и осушаемых земель должно входить: получение соответствующих исходных данных; организация наблюдений за подземными водами и породами зоны аэрации; регистрация наблюдаемых показателей, обработка и хранение полученной информации; оценка пространственно-временных изменений состояния подземных вод и их воздействий на мелиоративную и экологическую обстановку; прогнозирование изменения состояния подземных вод и разработка предложений по борьбе с существующими и возможными неблагоприятными последствиями.

1. В качестве исходных данных необходимо рассматривать:

- геолого-геоморфологическое и структурно-тектоническое строение территории, общие гидрогеологические и инженерно-геологические условия;
- особенности строения и распространения расчетного (регионального) водоупора;
- литолого-генетическое строение пород выше расчетного водоупора;
- гидроизогипсы, глубины залегания и режим грунтовых или грунтово-напорных вод (при их наличии выше расчетного водоупора);
- гидрогеодинамические данные о фильтрационных и емкостных свойствах пород зоны насыщения и аэрации;
- гидрогеохимические данные о засоленности пород зоны аэрации, минерализации и химсоставе подземных вод выше расчетного водоупора;
- имеющиеся мелиоративно-гидрогеодинамические и мелиоративно-гидрогеохимические прогнозы.

Указанные данные должны быть отражены на соответствующих картах, составленных с использованием ГИС-технологий, и в пояснительных записках к ним. Использование указанных технологий является теперь обязательным при ведении всех видов экологического мониторинга. Состав, структура и методика составления карт, необходимых при проведении мелиоративно-гидрогеологических изысканий, а также методика определения отдельных показателей и параметров требуют уточнения.

Для ведения МГГМ на новых и реконструируемых системах указанные данные с возрастающей степенью точности и детальности должны изучаться в ходе проектных работ, уточняться при строительстве и официально передаваться службам, ведущим наблюдения за подземными водами. На существующих системах такие данные должны быть получены по архивным материалам проектных институтов и фондовым материалам специальным съемкам Мингео

СССР 70-80 гг., уточнены по данным, полученным при эксплуатации систем, и представлены в цифровом виде.

2. Мелиоративно-гидрогеологические наблюдения проводятся по опорной, внутрихозяйственной и временной сети наблюдательных скважин.

Опорная сеть служит для выявления закономерностей режима грунтовых и подпитывающих их субнапорных вод в пределах всего массива. Она должна совмещаться с существующей режимной сетью Геологической службы Минприроды РФ. Скважины размещаются по створам и площади массива и могут быть одиночными или спаренными (при наличии субнапорных вод). Створы располагаются обычно по направлению потоков подземных вод и дополняются гидрометрическими постами на сопряженных поверхностных водных объектах. Внутрихозяйственная сеть создается в пределах отдельных севооборотов с неглубоким 4-6 м залеганием грунтовых вод для детальной площадной характеристики их уровня и минерализации. Временная сеть создается для решения в краткосрочной перспективе конкретных вопросов: определения гидрогеологических параметров; оценки величины инфильтрационного питания; определения влияния водотоков и водоемов на условия формирования и режим подземных вод; изучения влияния подземных вод на почвы; оценки эффективности дренажа. Количество скважин и створов, сроки и состав наблюдений определяются задачами конкретного вида сети. Методика работ достаточно полно отражена в существующих материалах [8, 9].

3. Регистрация данных о замерах уровней и отобранных пробах на химанализы должна проводиться в полевых рабочих журналах с указанием времени и исполнителя. Затем они и результаты химанализов переносятся в соответствующие таблицы, которые должны вестись на цифровых носителях по формам, согласованным с формами государственного мониторинга подземных вод, что позволит обеспечить взаимодоступность таких данных. По данным замеров уровней и результатов химанализов строятся карта гидроизогипс, глубин залегания и типов режима грунтовых или грунтово-напорных вод, и карта минерализации и химсостава на требуемые сроки. Согласно требованиям нового регламента [11] градация глубин должна включать: <1; 1-1,5; 1,5-2; 2-3; 3-5; далее через 5 м. Минерализация грунтовых вод: <1, 1-3, 3-5, 5-10, 10-20, затем через 20 - 50 г/л.

4. Оценка влияния существующих мелиоративно-гидрогеологических условий на мелиоративную и экологическую обстановку должна проводиться на основе анализа вышеуказанных карт и отражаться на карте мелиоративно-гидрогеологического районирования. При этом необходимо выделять:

- естественно дренированные земли, где отсутствуют процессы потопления на орошаемых и прилегающих землях;
- подтопленные земли без искусственного дренажа, где УГВ превышает допустимые (критические) глубины залегания;
- искусственно дренированные земли с горизонтальным, вертикальным или комбинированным дренажем.

Естественно дренированные земли далее должны подразделяться на устойчиво дренированные территории и территории возможного подтопления. В первом случае УГВ стабилизируются в многолетней плане на безопасной глубине, во втором они могут в перспективе превысить критическую глубину. На новых и реконструируемых системах эти данные устанавливаются в ходе мелиоративно-гидрогеодинамических прогнозов при разработке соответствующих проектов. На староорошаемых землях на основе анализа динамики изменения УГВ в многолетнем плане выделяются площади установившейся безопасной глубины и продолжающегося подъема уровня. Дополнительно оценивается влияние мелиоративно-гидрогеологических условий на качество подземных вод, используемых для водоснабжения, поверхностных вод в местах разгрузки подземных, инженерно-геологические условия.

На подтопленных землях необходимы специальные мероприятия для создания благоприятного режима и баланса грунтовых вод. Они обычно заключаются в строительстве того или иного типа дренажа или изменения мелиоративно-хозяйственных условий, что требует дополнительных проектных проработок.

На искусственно дренированных землях изучение режима и баланса должно быть направлено на определение эффективности дренажа. Методика таких работ изложена в разработанных ранее методических рекомендациях [9]. Результаты оценки существующих условий, как и последующих прогнозных оценок (см. ниже) отражаются на карте мелиоративно-гидрогеологического районирования.

5. Мелиоративно-гидрогеодинамические прогнозы изменения уровня грунтовых вод и влажности пород зоны аэрации выполняются на естественно дренированных орошаемых массивах. При наличии минерализованных подземных вод выше расчетного водоупора и/или засоленных пород в зоне аэрации они дополняются мелиоративно-гидрогеохимическими. На их основе определяется необходимость, оптимальные сроки и возможный состав дренажных и других мероприятий для регулирования режима грунтовых вод с целью предотвращения ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель и отрицательного воздействия на окружающую среду.

Составление прогнозов начинается с гидрогеодинамической (геофильтрационной) и гидрогеохимической (геомиграционной) схематизаций, на основе которых проводится выбор рационального метода прогнозирования. Основными вопросами в первом случае являются оценка внутренних и внешних границ области фильтрации; анализ изменчивости основных гидродинамических параметров и показателей в пространстве и времени; уточнение условий питания и разгрузки подземных вод выше расчётного водоупора; рассмотрение пространственной структуры потока и возможности ее упрощения. Во втором: анализ и типизация исходных гидрогеохимических условий зон насыщения и аэрации, результатов гидрогеодинамического прогноза, воздействия специальных мелиоративных мероприятий, предусматриваемых для улучшения водно-солевого режима почв (промывки, внесение мелиорантов и т.д.). Результаты схематиза-

ции отражаются на соответствующих картах и являются основой для выбора рационального метода прогнозирования.

При выполнении гидрогеодинамических прогнозов обычно использовались балансовые, аналитические методы, методы аналогового моделирования. Их применение требует значительного упрощения фильтрационных схем, что существенно сказывалось на качестве прогнозов. В настоящее время разработан целый ряд математических программных систем (Modflow, SIMGRO, MikeShi и др.), основанных на решении систем дифференциальных уравнений массопереноса в насыщенной и ненасыщенной зонах. Составление прогнозов с их применением должно проводиться на уровне НИР с привлечением научных организаций.

При гидрогеохимических прогнозах метод натуральных аналогов используется преимущественно для интерполяции и экстраполяции результатов прогноза другими методами в отдельных характерных точках по площади. Балансовые методы являются пока наиболее распространенными, особенно в сложных гидрогеохимических условиях. Поступление и расход солей оценивается по лентам тока соответствующей гидрогеодинамической прогнозной карты или расчетным блокам математического моделирования. Использование метода математического моделирования не получило пока широкого применения в практике мелиоративно-гидрогеологических исследований. Оно используется преимущественно для прогнозирования одномерного переноса в вертикальном или горизонтальном направлении. Прогнозные расчеты выполняются до стабилизации УГВ в многолетнем плане. Результаты моделирования отражаются на промежуточных и окончательных прогнозных картах. Указанные прогнозы должны выполняться при проектных проработках и уточняться, при необходимости, после строительства. Первоочередной задачей МГГМ является проверка достоверности ранее выполненных прогнозов по данным проводимых наблюдений. При невысоком качестве этих прогнозов должны выполняться соответствующие эксплуатационные прогнозы. Важной особенностью эксплуатационных прогнозов на существующих системах является возможность ретроспективного анализа режима подземных вод на основе имеющихся данных за предшествующий период времени. В его процессе могут быть выявлены и устранены ошибки геофильтрационной схематизации и уточнена величина инфильтрационного питания грунтовых вод, уточнены особенности протекания гидрогеохимических процессов.

6. На основе данных оценки влияния существующих и прогнозных мелиоративно-гидрогеологических показателей на мелиоративную и экологическую обстановку разрабатываются предложения по устранению или предупреждению их негативного воздействия. Они отражаются на карте мелиоративно-гидрогеологического районирования.

При этом скорейшего рассмотрения требуют вопросы совершенствования показателей мелиоративного состояния орошаемых земель. Пока неудовлетворительное, удовлетворительное и хорошее мелиоративное состояние определяется по глубине грунтовых вод, засоленности или солонцеватости почв, совме-

стному влиянию глубины и засоленности или солонцеватости почв. При этом не учитываются качество грунтовых вод, наличие или отсутствие дренажа, нормы и режим орошения, ряд других факторов.

Выводы

Совершенствование методических основ проведения мелиоративно-гидрогеологического мониторинга орошаемых земель с учетом требований Государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и Государственного мониторинга водных объектов позволит повысить качество информации, необходимой для повышения экономической эффективности и экологической безопасности существующих оросительных систем.

Список использованных источников

1. Кац Д.М., Пашковский И.С. Мелиоративная гидрогеология. М.: Агропромиздат, 1988. 256 с.
2. Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. М.: Изд-во МГУ, 1992. 256с.
3. Шестаков В.М. Прикладная гидрогеология. М.: МГУ, 2001.
4. ВСН 33-2.01.05 -90. Гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания и исследования для мелиоративного строительства. М. Союзводпроект, 1990
5. Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства. Вып. 1 - 3. - М.: Знание, 1972.
6. Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства. Вып. 4. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1978.
7. Руководство по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. ВТЭ-Э-1-79. - М.: Минмелиоводхоз СССР, 1979.
8. Методическое руководство по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. Вып. 1, 2. М., ВНИИГиМ, 1978
9. Методическое руководство по водно-балансовым исследованиям на орошаемых землях. Вып. 1, 2. М., ВНИИГиМ, 1978
10. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. http://mcx-dm.ru/sites/all/files/MC_GTS_pravila_2014-06-19.pdf.
11. Приказ от 22 октября 2012 г. № 558 «Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по предоставлению сведений, полученных в ходе осуществления учета мелиорированных земель»
12. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. - М.: Минстрой России, 1997.
13. Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года. Распоряжение правительства РФ от 30 июля 2010 г. № 1292.
14. Положение об осуществлении государственного мониторинга водных объектов. Утверждено постановлением Правительства РФ от 10 апреля 2007 г., №219
15. Государственный экологический мониторинг (Государственный мониторинг охраны окружающей среды). http://base.garant.ru/12125350/10/#block_1000-

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА РЕКИ ОКИ

Ю.А. Мажайский, Т.М. Гусева

Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г.Рязань, Россия; Медицинский университет имени академика И.П. Павлова (ГБОУ ВПО РязГМУ), г. Рязань, Россия

Введение

Многолетние наблюдения за состоянием крупных рек России свидетельствуют о сохраняющейся тенденции ухудшения гидрохимических характеристик и качества воды в результате длительного антропогенного воздействия. Одними из основных загрязняющих веществ гидросферы являются тяжелые металлы (ТМ), источники которых - сточные воды и сток с поверхности почвы [1].

Река Ока – наиболее крупный приток р. Волги и главный водоток Рязанской области. Бассейн р. Оки включает 895 малых и средних рек, общей протяженностью 105255 км [2]. Вода реки Оки оценивается как «загрязненная». Существующая сеть наблюдений за гидрохимическими характеристиками вод р.Оки не в состоянии оценить реальную экологическую ситуацию, складывающуюся в бассейне реки, так как мониторингом не охвачены малые реки, которые во многом определяют качество ее вод.

Основная часть малых и средних рек региона протекает в районах сельскохозяйственного использования земель, являясь компонентом преобразованных ландшафтов, и испытывающих значительную антропогенную нагрузку, так как именно эти водные объекты принимают стоки с сельскохозяйственных земель, которые приносят в водные объекты значительное количество биогенных веществ и тяжелых металлов. Однако загрязнение водных источников Окского бассейна ТМ в результате эксплуатации агроландшафтов на территории Рязанской области не достаточно изучено и является актуальной проблемой, требующей решения.

Объект исследований и методика

С целью выявления степени загрязнения ТМ малых рек Окского бассейна проводился многолетний мониторинг на экологическом полигоне – крупномасштабной природной модели, созданной для проведения комплексных исследований, оценки степени воздействия антропогенных нагрузок на состояние экосистем и получения информации, необходимой для решения проблем рационального природопользования как на локальном, так и на региональном уровнях [3]. Экологический полигон имеет площадь 3000 га и представляет собой ландшафт лесостепной зоны, типичный для Мещерской низменности. Структурно он представлен следующими элементами: пашня, пастбище, орошаемые и осушаемые земли, дачные участки, лес, акватория. На территории

исследуемого ландшафта находится малая река, непосредственно связанная с водной системой р. Оки, которая и явилась объектом исследований.

Программа наблюдений включала оценку экологического состояния поверхностных и грунтовых вод, гидробиологические исследования. Отбор проб воды проводился по стандартным методикам. Определение валового содержания ТМ в воде и растительности проводились методом атомно-абсорбционной спектроскопии. В рамках мониторинга был осуществлен также гидробиологический и микробиологический анализ поверхностных вод модельного ландшафта [4].

Исследуемый водоем в течение длительного времени испытывает антропогенную нагрузку в результате функционирования на опытном ландшафте системы орошения и искусственного дренажа, а также наличия дачных участков, земель частного пользования. Водный объект является коллектором, принимающим как поверхностный, так и внутриводный сток. Следовательно, можно предположить, что все это отразится на гидрохимической характеристике водоема.

На протяжении ряда лет, в рамках проводимого мониторинга содержания ТМ в воде опытного водоема, ежемесячно отбирались пробы воды в 3 створах: 1 – исток (гидрометрический пост 1), 2 - дренажный сток (гидрометрический пост 2), 3 - место впадения в водную систему р. Оки (гидрометрический пост 3).

Можно отметить, что концентрация Рb находится в пределах предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{р/х}), а содержание Cd, Cu и Zn в ряде случаев превышает этот показатель. Содержание Cu и Zn, находится в пределах предельно допустимых концентраций для водоемов санитарно-бытового назначения (ПДК_{с/б}), но наблюдается превышение данного норматива по Cd и Рb. Концентрация Рb в основном в осенне-зимний период больше ПДК для оросительной воды.

Следовательно, сложившаяся ситуация на водоеме, принимающем только стоки с земель сельскохозяйственного использования, представляет потенциальную экологическую опасность для Окского бассейна, о чем свидетельствует содержание ТМ в воде на замыкающем створе, то есть наблюдается эффект суммирования содержания загрязняющих веществ загрязнителей на замыкающем створе и неспособность водоема к процессам самоочищения.

Анализ информации, полученной в ходе мониторинга, позволил установить, что максимум содержания Cd в воде отмечается в зимний период, минимум – в летний. Наименьшее содержание Zn - в феврале-марте, максимальная концентрация – в январе, мае-июне, ноябре. В динамике содержания Cu и Рb отмечалась следующая зависимость: наименьшие их концентрации – это февраль-март, рост содержания до мая, затем постепенное снижение концентрации в летний период и увеличение содержания элементов в осенне-зимний период с максимумом в декабре. Сезонное изменение концентрации ТМ в воде объясняется влиянием атмосферных осадков, постепенной седиментацией водных взвесей, адсорбирующих ТМ, а также аккумуляцией ТМ водной биотой, которая, отмирая осенью, обогащает тяжелыми металлами воду.

На территории экополигона пробурены скважины для определения уровня и качества грунтовых вод. Скважины расположены в наиболее типичных местах ландшафта, перпендикулярно водному объекту. Отбор проб воды проводился по 4 скважинам: 7, 8, 13, 14 - наиболее приближенным к водному объекту и перехватывающим подземный приток с территории ландшафта.

Полученные данные показали, что в содержании ТМ в грунтовых водах, так же, как и в воде водоема, наблюдается определенная зависимость. Для Cu, Pb, Cd - увеличение концентрации в грунтовой воде с апреля по июль, для Zn - с марта по апрель. Затем концентрация ТМ в грунтовых водах постепенно снижается и достигает минимума в августе. С августа наблюдается постепенное увеличение концентраций ТМ во всех скважинах и достигает своих максимальных значений в декабре, затем - постепенное снижение до марта-апреля. Такое распределение концентраций ТМ в грунтовых водах зависит как от природных, так и от антропогенных факторов. Повышение концентрации ТМ в весенний период можно объяснить таянием снежного покрова, в котором происходит значительное накопление ТМ [5]. Проникая в почву, снеговые осадки привносят значительное количество ТМ в грунтовые воды. В летний период источником ТМ в грунтовых водах могут явиться также и дождевые осадки, однако содержание поступления ТМ в этот период наименьшее, по-видимому, в этот период активно развиваются растения, потребляющие почвенную влагу, а, следовательно, и находящиеся в ней ТМ. В осенне-зимний период идет постепенное нарастание концентрации ТМ в грунтовых водах, именно в это время в почве происходит разложение растительных остатков, которые содержат определенное количество ТМ. Исследования по изучению гидрогеологического режима опытного ландшафта, проводившиеся ранее, показали, что поверхностный сток отсутствует. Скважина № 7 перехватывает приток грунтовых вод, который попадает непосредственно в водоем с орошаемых земель, пастбища и пашни; скважина № 8 - с осушаемых земель; скважина № 13 - с дачных участков; скважина № 14 - с лесного массива. Проведенные наблюдения позволили сделать следующие выводы: наименьшее содержание ТМ характерно для грунтовых вод, поступающих из лесного массива, наибольшее - для грунтовых вод, формирующихся в районе дачных участков, пашни, пастбища, орошаемых земель. Причем для грунтовых вод, поступающих с территории дачных участков, характерно доминирование Zn, Pb, что является доказательством наибольшей антропогенной нагрузки именно на этот участок ландшафта.

Одним из информативных показателей антропогенной нагрузки на водные экосистемы является качественный состав гидробионтов, претерпевающий существенные изменения под влиянием загрязняющих веществ. Видовой состав гидробионтов можно рассматривать как индикатор экологического состояния водных объектов, так как поступление загрязняющих веществ в водоем, в том числе и ТМ, вызывает диспропорцию в развитии отдельных видов гидробионтов, что приводит к нарушению взаимоотношений в экосистеме, вследствие чего происходит замена одних видов другими, более приспособленными к сложившимся условиям. С целью определения видового разнообразия биоты ис-

следуемого водоема, был проведен гидробиологический анализ. Большая часть обнаруженных в водном объекте гидробионтов принадлежит к β -мезосапробам, что соответствует 2 классу чистоты вод, но в то же время в изучаемом водном объекте присутствуют и полисапробы (жгутиковые, личинки хирономид), что указывает на существующее загрязнение воды. Присутствие в воде жгутиковых и инфузорий указывает на ухудшении условий обитания. Таким образом, обеднение видового состава гидробионтов исследуемого водоема является адекватным показателем его загрязнения.

В воде природных водоемов и водотоков содержится большое количество микроорганизмов, способствующих самоочищению этих экосистем. Исследование влияния ТМ на автохтонные бактерии воды является актуальным на сегодняшний день. В рамках мониторинга, проводимого на территории экологического полигона, был разработан и проведен микробиологический эксперимент с водой, имеющей различный диапазон загрязнения. Для охвата диапазона загрязнения воды были разработаны 3 варианта опыта (табл.1)

Таблица 1 - Схема микробиологического эксперимента

Металл	Варианты опыта (содержание ТМ в воде, мг/л)			
	Контроль (исходная вода)	1 (3 ПДК)*	2 (6 ПДК)	3 (9 ПДК)
Cu	0,0019	0,0011	0,0041	0,0071
Zn	0,004	0,026	0,056	0,086
Pb	0,0064	0,2936	0,5936	0,8936
Cd	0,002	0,013	0,028	0,043

*ПДК для рыбохозяйственных водоемов

Вода, отобранная из водного объекта, расположенного на территории экополигона, исследовалась на общее микробное число. Исследования проводились по стандартной методике. Результаты эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты исследования воды на общее микробное число (ОМЧ)

Варианты опыта	Концентрация ТМ в воде, мг/л	Количество колоний			
		1	2	3	Среднее количество
1	Контроль	280	303	338	307 ± 1,11
2	3 ПДК	28	29	29	29 ± 0,02
3	6 ПДК	20	19	27	22 ± 0,15
4	9 ПДК	14	18	16	6 ± 0,12

Как видно из таблицы во всех трех повторностях наблюдается резкое уменьшение количества колоний, выросших на чашках, при увеличении концентрации вносимых металлов. Причем, начиная с концентрации 3 ПДК, общее

микробное число снижается на порядок, что свидетельствует о гибели различных видов микроорганизмов, наиболее чувствительных к данным концентрациям. Проведенный анализ экспериментальных данных показал, что между степенью загрязнения воды водного объекта и количеством бактерий существует обратная сильная взаимосвязь, о чем свидетельствует значение коэффициента корреляции ($r = - 0,8$). Тяжелые металлы, находясь в воде в концентрациях начиная с 3 ПДК, вызывают гибель большинства микроорганизмов, что может негативно отразиться на самоочищающей способности водоема.

Выводы

Проведенные комплексные исследования важнейшего компонента ландшафта Окского бассейна – малой реки, свидетельствуют о значительной антропогенной нагрузке на ее экосистему, обусловленной сельскохозяйственной деятельностью, о чем свидетельствует повышенное содержание ТМ в поверхностных и грунтовых водах и гидробиологические показатели. Таким образом, на ландшафтах Окского бассейна, где находится значительное количество подобных водоемов и агроландшафтов, являющихся источниками загрязняющих веществ, складывается потенциально опасная экологическая ситуация.

Список использованных источников

- 1.Безднина С.Я. Экосистемное водопользование: концепция, принципы, технологии. – М.: М.: Изд-во «Рома». 1997. – 137 с.
- 2.Государственный доклад о состоянии окружающей среды Рязанской области в 2003 году. – Рязань, 2004. – 210 с.
- 3.Евсенкин К.Н., Мажайский Ю.А., Гусева Т.М. Комплекс экологических исследований на экополигоне в бассейне р. Оки // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы: Всерос. Науч.-практ. Конф. – Рязань, 1998. – с. 94-95.
- 4.Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992.
- 5.Штыков В.И., Даишев Ш.Т. Методические основы защиты природных вод от загрязнения при эксплуатации транспортных магистралей // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности: Сб. трудов Междун. Конгр. Т.2. – Спб., 2000. – с. 154-156.

УДК 631.117

ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МОДЕЛИ НАПОРНОГО ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ

Е.А. Макарычева

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

Напорное движение воды в зоне аэрации происходит под действием силы тяжести и капиллярного давления, которым противостоят трение и сопротивление воздуха в поровом пространстве почвы (породы). С увеличением во времени (t) влажности на фронте впитывания (θ) уменьшаются градиент капиллярного потенциала (I_k) и скорость поглощения воды (V_n) от V_1 в первый час опыта до постоянного значения V^* при градиенте равном единице. Зависимость $V(t)$ – по Костякову А.Н.[1] – является степенной в виде:

$$V_n = V_1 / t^\alpha, \quad (1)$$

где α – постоянная величина.

Эта схема движения реализуется при малых значениях напора ($h < 1$ м), когда влажность пористой среды незначительно превышает наименьшую влагоемкости (НВ) и крупные поры зоны аэрации заняты воздухом. С увеличением напора (h) возрастают максимальная влажность (θ^*), соответствующая равновесию между давлением жидкости и газа, и значения V^* , характеризующие водопроницаемость при заданном напоре (K). Для оценки влияния заземленного воздуха на водопроницаемость Аверьянов С.Ф. [2] предложил использовать уравнение:

$$K_b = K_0 (\theta - \theta_0 / n - \theta_0)^{3,5} = K_0 \varepsilon^\beta \quad (2)$$

где n – пористость, в долях; K_0 – коэффициент фильтрации, м/сут (или – по Роде А.А. – насыщенная водопроницаемость); θ_0 – содержание связанной воды, в долях.

Относительно параметра θ_0 нет единого мнения: Будаговский А.И. [3] предложил считать его равным влажности завядания (ВЗ), тогда $\beta = 4,0$; ранее Лейбензон Л.С. [4,5] получил $\beta = 3,7$. По результатам определения K_b опытным путем установлено [6], что показатель степени в формуле (2) изменяется в широких пределах, что затрудняет применение K_b на практике.

Кроме того, для расчета скорости инфильтрации (V) по модифицированному уравнению Дарси ($V = K_b I$) необходимо экспериментально определять градиент напора (I) по показаниям пьезометров, установленным в зоне движения гравитационного потока. Для описания напорного движения воды в зоне аэрации Костяков А.Н. [1] предложил использовать «закон просачивания», отражающий зависимость скорости инфильтрации непосредственно от напора в виде:

$$V = K_t h^m \quad (3)$$

где K_t – характеристика водопроницаемости (м/сут), соответствующая скорости инфильтрации при напоре 1 м, m – постоянная. Для установившейся инфильтрации из оросительных каналов удельные потери воды (q , м³/с) можно рассчитать по формуле [1]:

$$q = K h^m [b + 2h \gamma (1 + \varphi^2)^{0,5} / (1 + m)], \quad (4)$$

где γ – коэффициент поправки на капиллярное боковое поглощение воды в откосы канала, равный 1,1 – 1,4, φ – заложение откосов.

Исследования инфильтрации из котлованов в лессовидных суглинках Голлодной степи показали, что при напоре 1,5 м значения V при $t > 5$ сут возрастают, а значения градиента напора уменьшаются (таблица 1, рис.1).

Зависимости рассмотренных характеристик от времени имеют вид:

$$V = 0,22 t^{0,4}, \quad (5)$$

$$I = 1,6 / t^{0,4}, \quad (6)$$

$$K_b = 0,14 t^{0,8} \quad (7)$$

В первые 5 суток после заполнения котлована скорость поглощения воды (V_n) изменялась по зависимости:

$$V_n = 2,85 / t^{0,4}, \text{ м / сут}, \quad (8)$$

где t – время, час.

Таблица 1 - Характеристики неустановившейся инфильтрации из котлована [7]

t, сут	5	10	15	20	30	40	60
V м/сут	0,43	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,10
I	0,80	0,60	0,50	0,45	0,40	0,36	0,32
C= VI	0,34	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,35
K _в	0,54	0,92	1,30	1,67	2,12	2,64	3,44

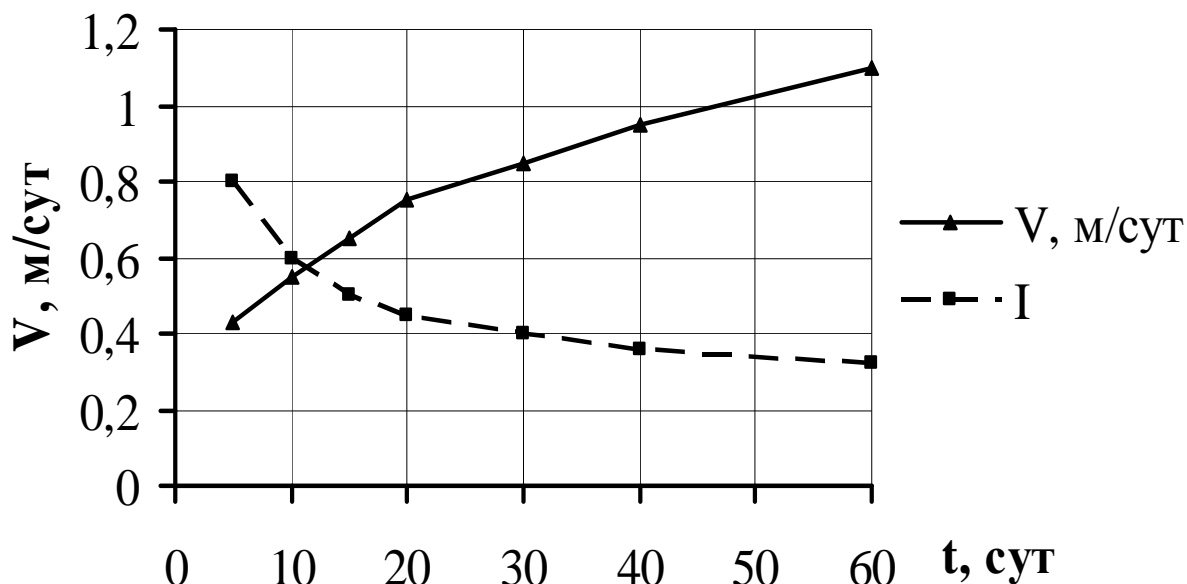


Рисунок 1 - Графики изменения скорости и градиента напора при неустановившейся инфильтрации

Значения скорости инфильтрации для $t = 24; 48; 72$ и 120 часов составили – по (4): $0,22; 0,30; 0,34; 0,43$ м/сут. Разность $V_{п} - V$, равная скорости капиллярного впитывания (V_k), составила при $t = 24; 48; 72$ часа соответственно: $0,58; 0,30; 0,20$ м/сут. Эти значения определяются содержанием свободных от воды капиллярных пор (n_k), содержание которых равно

$$n_k = \theta_5 - \theta, \quad (9)$$

где θ_5 - граничная влажность при $t = 5$ сут, равная в нашем примере 38% от объема грунта. Для $t = 24; 48; 72$ часа при $\theta = 35; 36; 36,5$ % получены $n_k = 3,0; 2,0; 1,5$ %. Зависимость $V_k(n_k)$ является степенной в виде:

$$V_k = 2,85 n_k^{1,6}, \text{ м/сут} \quad (10)$$

Максимальные значения влажности при значениях напора $0,3; 0,5; 1,5$ м для установившейся инфильтрации (θ^*) составили соответственно $36; 40; 42$ %. При пористости $n = 50$ % и НВ = 28 % содержание заполненных водой пор аэрации ($n_a = \theta^* - \text{НВ}$), равное $0,08$ и $0,17$ (с учетом 5% защемленного воздуха), возрастает с увеличением напора по степенной зависимости:

$$n_a = (\theta^* - \text{НВ}) = 1,2 h^{0,35} \quad (11)$$

Значения установившейся скорости инфильтрации V^* (м/сут), равные $0,30 - 0,45 - 1,10$ м/сут, растут с увеличением n_a по степенной зависимости:

$$V^* = 0,50 (10 n_a)^{2,35} \quad (12)$$

Значения V^* при влажности 32; 35; 40; 42; 45; 47,5 % равны соответственно: 0,06; 0,22; 0,72; 1,12; 1,72; 2,40 м/сут

С учетом (7) из (11) получим следующую зависимость V^* (h):

$$V^* = 0,8 h^{0,8}, \quad (13)$$

Зависимость (13) можно также представить в виде прямой:

$$V^* = 0,10 + 0,7 h \quad (14)$$

где $V^* = 0,10$ м/сут = 0,07 мм/мин отражает скорость безнапорного впитывания воды, определяющую допустимую интенсивность дождя (рис. 1).

Поскольку $C = V^* I = 0,34$, зависимость $I(n_a)$ с учетом (11) представляется в виде:

$$I^* = 0,34 / V = 0,68 / (10 n_a)^{2,35} \quad (15)$$

Зависимость $K_b(n_a)$ при $K_b = V^* / I^*$ имеет вид:

$$K_b = 0,73 (10 n_a)^{4,7} \quad (16)$$

Зависимости V , I и K_b , установленные по формуле (1) при $n = 0,50$ и $\theta_0 = 0,75$ НВ = 0,21, имеют вид:

$$V = 3,7 \varepsilon^{3,7}, \quad (17)$$

$$I = 0,09 / \varepsilon^{3,7}, \quad (18)$$

$$K_b = 40 \varepsilon^{7,4} \quad (19)$$

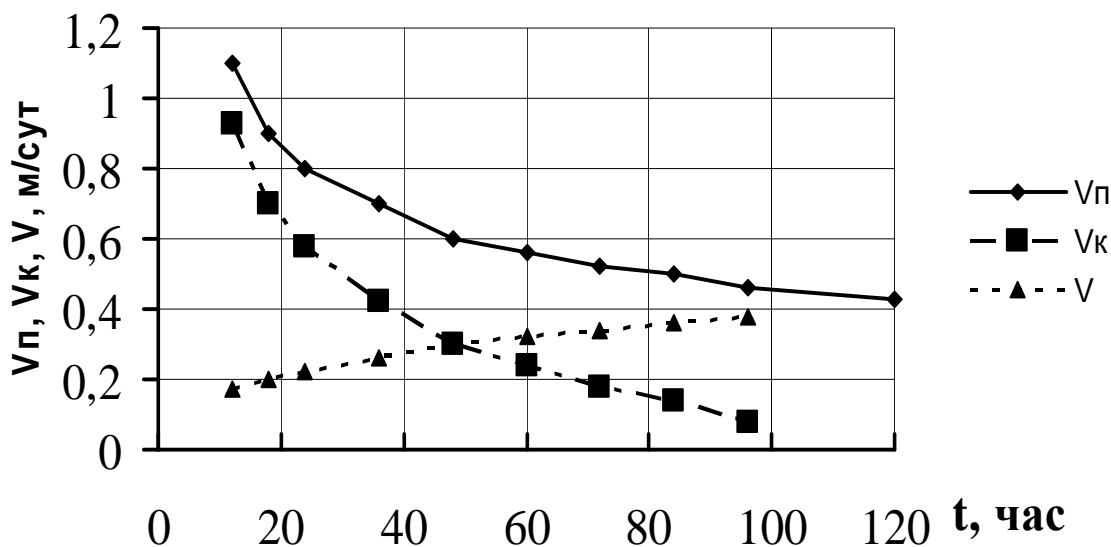


Рисунок 2 - Графики изменения скорости поглощения воды и ее составляющих на первом этапе увлажнения

Как видим, «закон просачивания» Костякова А.Н. является надежной моделью инфильтрации из оросительных каналов. При его использовании отпадает необходимость выполнения трудоемких работ по оборудованию пьезометров для определения градиентов напора и отбора проб грунта на влажность.

Определение параметров модели следует производить по результатам наливов в котлованы с разной глубиной их наполнения (напорами h_1 и h_2) до стабилизации скорости инфильтрации. Из системы двух уравнений типа (1), соответствующих h_1 и h_2 , находим значения K и m .

Выводы

1. При неустановившейся инфильтрации скорость потока растет, а градиент напора снижается вследствие вытеснения и растворения воздуха в порах аэрации. Произведение указанных параметров является постоянным.

2. Моделирование инфильтрации по модифицированному уравнению Дарси с использованием коэффициента водопроницаемости требует экспериментального определения зависимостей равновесной влажности и градиента от величины напора.

3. Закон просачивания Костякова А.Н. является более надежной моделью инфильтрации, для расчета потерь воды из оросительных каналов следует использовать предложенную Костяковым А.Н. формулу.

Список использованных источников

1. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: СЕЛЬХОЗГИЗ, 1938,340с.
2. Аверьянов С.Ф. Зависимость водопроницаемости почвогрунтов от содержания в них воздуха. ДАН, т.69, №2, М.
3. Будаговский А.И. Впитывание воды в почву.1955, М., Изд.АН СССР.
4. Лейбензон Л.С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде.1947, Гостехиздат, М.- Л.
5. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Л., Гидрометиздат, 1965.
6. Никольский Ю.У. Расчет расстояния между дренами без учета коэффициента фильтрации и инфильтрационной нагрузки.// Доклады РАСХН, №2, 1998.
- 7.Макарычева Е.А. О точности определения потерь воды из канала. // МиВХ, № 5, 2011.

УДК 631.117

К ОБОСНОВАНИЮ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОРОШЕНИЯ

Е.А. Макарычева

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

Деградация орошаемых почв в результате нарушения сбалансированности природных и антропогенных факторов выражается в снижении их плодородия вследствие потери гумуса, уплотнения, декарбонизации, осолонцевания, засоления и других деградационных процессов. Основными ирригационными факторами являются: переполивы и промывной режим орошения, ирригационная эрозия, использование оросительной воды некачественного состава и повышенной минерализации. Признаки деградации орошаемых почв проявляются прежде всего в изменениях их агрофизического состояния - агрегатного состава, плотности сложения и водопроницаемости [21].

Потери воды на полях составляют 15-60 %, возрастая с увеличением водности года, инфильтрация снижает содержание гумуса и кальция, необходимых для устойчивости структуры почв и их плодородия [18]. При разрушении макроагрегатов верхнего слоя почвы и увеличении содержания частиц диаметром менее 1 мм наблюдается понижение устойчивости почв к водной и ветровой эрозии [16], которая не только необратимо ухудшает их плодородие, но также загрязняет продуктами смыва водные источники. Сохранение структуры оро-

шаемых почв является одним из основных требований к технологиям орошения [5], включающим пределы регулирования влажности, поливные нормы и скорости подачи воды на поле.

Иссушение поверхности почвы перед поливом ниже влажности разрыва капилляров (ВРК) приводит к повышению температуры верхнего слоя и его деагрегации в результате воздействия заземленного воздуха [2,19], при этом нижние слои почвы остаются переувлажненными. Для более равномерного увлажнения профиля почвы и экономии оросительной воды следует применять дифференцированные поливы, которые не снижают урожайности сельскохозяйственных культур [4].

Верхний предел увлажнения (ВП), принимаемый равным наименьшей влагоемкости (НВ), является завышенным на 10 - 20 % вследствие превышения скорости нисходящего капиллярного потока в зону аэрации по сравнению с эвапотранспирацией. Необходимо экспериментально устанавливать параметр α в формуле $ВП = \alpha НВ$ (где $\alpha < 1$) по капиллярной проводимости почвы (V^* , м/сут), отражающей строение порового пространства и его влияние на скорость впитывания при формировании зоны капиллярного увлажнения над поверхностью грунтовых вод [12]. Водоподъемная способность почв и пород, характеризуемая высотой капиллярного поднятия (H^* , м) и капиллярной проводимостью, возрастает от песков к суглинкам, а затем, по мере утяжеления механического состава, снижается. В таких разностях как иллювирированные горизонты слитых черноземов и подзолов она практически прекращается [10]. Это объясняется особой ролью крупно-пылеватых частиц диаметром 0,01-0,05 мм [17], образующих активные капиллярные поры диаметром 10 – 50 мкм [11]. Содержание этих частиц максимально в лессовидных суглинках (45- 65%), где при наличии минерализованных грунтовых вод с глубиной залегания менее H^* наблюдается интенсивное засоление орошаемых почв [3].

Поливные нормы (m) зачастую завышаются в результате недостаточного учета закономерностей капиллярного движения воды в зоне активного влагообмена при определении расчетной глубины увлажнения (h_p). Эта задача является одной из основных в орошаемом земледелии и мелиоративном почвоведении [8]. Ее решение возможно на основе учета закономерностей капиллярного движения, определяющих мощность зоны активного влагообмена (h^* , м) и запасы доступной растениям воды. Значения h_p , принимаемые равными мощности корнеобитаемого слоя почвы, оказываются завышенными при наличии уплотненного подпахотного горизонта (плужной подошвы) с низкой капиллярной проводимостью, не обеспечивающей достаточной скорости притока воды из нижних слоев почвы к корневой системе растений.

Экспериментально установлено, что в орошаемых черноземах Курской ЗОМС оптимальная глубина увлажнения составляет 0,3 м [1], а в черноземах Западной Сибири – 0,4 м [20]. При $h_p > h^*$ не только возрастают потери воды в зону аэрации, но также снижается уровень водопотребления сельскохозяйственных культур и их урожайность. Уплотненный подпахотный горизонт уменьшает скорость капиллярного впитывания воды при дождевании в средне-

суглинистых почвах на 28 - 44%, в легких супесчаных – на 24-40% (таблица 1). Это необходимо учитывать при обосновании расчетных значений интенсивности дождя на полях, особенно в суглинистых и глинистых почвах при наличии понижений рельефа [6].

Таблица 1- Допустимые значения средней интенсивности дождя при наличии культуры (в скобках - уклон поверхности) – фирма «Чемпион», США,[14]

Характеристика почв	Интенсивность дождя, мм /мин			
	(0 - 0,05)	(0,05- 0,08)	(0,08 – 0,12)	> 0,12
Легкие супесчаные почвы	0,74	0,53	0,42	0,32
То же с уплотненной подпочвой	0,53	0,32	0,32	0,21
Средние суглинистые почвы	0,42	0,33	0,25	0,17
То же с уплотненной подпочвой	0,25	0,21	0,14	0,12
Тяжелые суглинистые почвы	0,07	0,06	0,05	0,04

Допустимую интенсивность дождя, предупреждающую ирригационную эрозию (I_d , мм/мин), определяют по времени образования луж на поверхности почвы (t_d , мин). С увеличением диаметра капель (d , мм) значения I_d и досточные поливные нормы (m_d , мм) уменьшаются, взаимосвязь между этими факторами характеризуется степенной зависимостью [7]:

$$K_v = m_d I_d^{0,5} \exp 0,65 d , \quad (1)$$

где K_v – показатель безнапорного впитывания воды в почву, мм/мин.

По А.Н.Костякову с увеличением интенсивности дождя и диаметра капель сильнее разрушается структура почвы, в средних по механическому составу почвах значения I_d не должны превышать 0,2–0,3, а в легких почвах – 0,5-0,8 мм/мин. Предельные значения интенсивности, при которых начинается переход от капиллярного впитывания к гравитационному движению воды и возрастает риск разрушения структуры (I^*), могут быть установлены по перегибу графиков $I(t_d)$, полученных в полевых условиях для ряда значений диаметра капель [15].

Для чернозема Курской ЗОМС на поле пожнивной культуры (всходы овса) в пределах $0,7 < d < 1,7$ мм установлены значения I^* , равные соответственно: 0,90; 0,73; 0,64 мм/мин. Зависимость $I^*(d)$ может быть представлена в виде:

$$I^* = A \lg B / d = 0,66 \lg (16 / d) \quad (2)$$

Эта зависимость отражает устойчивость структуры почвы к разрушающему действию заземленного воздуха и капель дождя, при отсутствии культуры на поле значения I^* уменьшаются. Для сравнительной оценки капиллярных свойств почв можно использовать значения I^{**} , соответствующие диаметру капель 1 мм:

$$I^{**} = A \lg B \quad (2a)$$

Для дерново-подзолистых почв Московской области по формуле (1) были построены графики $I(t)$, представленные на рисунке 1, и установлены значения I^* , соответствующие $K_v = 20; 40; 60$ и $d = 0,5; 1,0; 2,0$ мм (таблица 2).

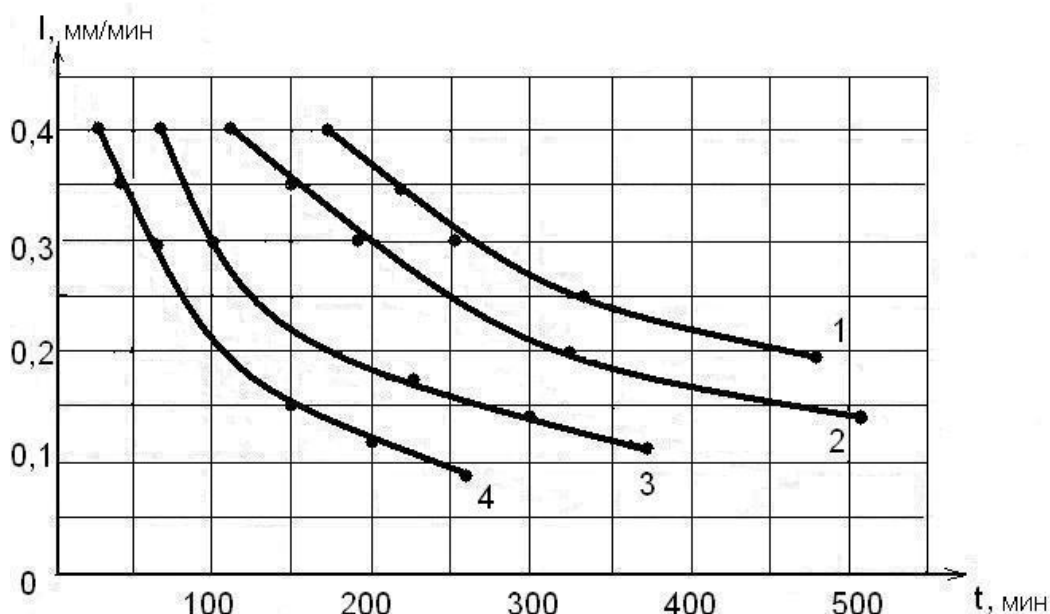


Рисунок 1 - Зависимости времени появления луж от интенсивности дождя: (1...4 для d = 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 мм)

Таблица 2 - Предельные значения капиллярной скорости впитывания в зависимости от диаметра капель при разных поливных нормах

Диаметр капель дождя, мм	Показатель безнапорного впитывания воды в почву K_v , мм/мин		
	20	40	60
	Предельные значения капиллярной скорости впитывания I^* , мм/мин (поливные нормы, мм)		
d = 0,5	0,13 (40)	0,17 (77)	0,25 (87)
d = 1,0	0,10 (34)	0,14 (57)	0,20 (73)
d = 2,0	0,08 (20)	0,11 (33)	0,17 (40)

Зависимости $I^*(d)$, установленные по данным таблицы 2, имеют вид:

$$I^* = 0,083 \lg (18 / d) \quad (3)$$

$$I^* = 0,09 \lg (33 / d) \quad (4)$$

$$I^* = 0,13 \lg (40 / d) \quad (5)$$

Зависимости d (m_d) являются линейными и пересекаются в точке d = 3,3 мм:

$$d_{20} = 3,3 - 0,07 m_d \quad (6)$$

$$d_{40} = 3,3 - 0,04 m_d \quad (7)$$

$$d_{60} = 3,3 - 0,03 m_d \quad (8)$$

Задавая поливную норму, можно по предложенным зависимостям установить допустимые значения интенсивности дождя (не превышающие I^*) и соответствующие размеры капель.

Таким образом, в качестве экологических требований к почвозащитным технологиям орошения можно представить следующие:

- предполивная влажность верхнего слоя почвы не должна быть менее ВРК,
- верхний предел увлажнения почвы не должен достигать НВ,
- оптимальную глубину увлажнения почвы следует определять с учетом влияния капиллярной проводимости плужной подошвы на мощность зоны активного влагообмена,
- почвозащитную интенсивность дождя I^* необходимо устанавливать экспериментально по перегибу графика $I(t_d)$, зависимость $I^*(d)$ может быть использована для оценки устойчивости структуры почвы к дождеванию.

Список использованных источников

1. Астапов С.В., Шишков К.Н. Водный режим почвы при орошении яровой пшеницы на типичных и карбонатных черноземах.// Орошение сельскохозяйственных культур в Центрально - Черноземной полосе РСФСР, М., 1952.
2. Бобченко В.И. О водопрочности почвогрунтов.// Почвовед, № 12,1962
3. Ваксман Э.Г., Хакбердыев С.А. Особенности формирования солевого режима в почвах с тяжелым механическим составом // Тр. Таджик. НИИ почвоведения, Т.19, 1978.
4. Григоров М.С., Григоров С.М., Емельянова О.М. Влияние дифференцированного режима орошения на водопотребление и корневую систему люцерны. // Доклады РАСХН, №2, 2000.
5. Григорьев В.Я., Кузнецов М.С. Оценка изменения водопрочности почвенной структуры при поливе дождеванием.// Почвовед., 38, 1986.
6. Дембовецкий А.В., Тымбаев В.Г., Корчагин А.А. Влияние основных физических свойств почвы на продуктивность с/х культур в условиях высокой комплексности почвенного покрова.// Материалы 1У Докучаевского общества почвоведов. Новосибирск, 2004, кн.2.
7. Ерхов Н.С. Оптимизация параметров водосберегающей технологии дождевания.// МиВХ, № 5, 1995.
8. Зимовец Б.А., Кауричева З.Н. Особенности регулирования солевого режима орошаемых почв сухостепной зоны.// Почвоведение, №12, 1984.
9. Ильинская И.Н, Шкодина О.П. Нормирование водоотведения – фактор рационального водопользования. // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. Вып.41, 2009.
10. Качинский Н.А. Физика почвы. // М., Высшая школа, 1970.
11. Макарычева Е.А. Определение показателей капиллярных свойств почв при обосновании поливных норм.// «Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства в России», М., 2013.
12. Макарычева Е.А. Определение пределов регулирования влажности почвы при орошении.// Вопросы мелиорации, № 3 – 4, 2008.
13. Медведев В.В.Физические свойства и характер залегания плужной подошвы в разных типах пахотных почв. // Почвоведение, № 12, 2011.
14. Миленин Б.О. Интенсивность дождя и впитывания воды в почву при дождевании.// Дисс., к.т.н., М., 1966.
15. Преображенская М.В. Впитывание воды в почву при поливе дождеванием в условиях Центрально – черно земных областей. // Гидротехника и мелиорация, № 6, 1950.
16. Ревут И.Б. Физика почв. Л., 1972
17. Роде А А. Физика почв. 1952
18. Рыбкин В.Н. Обоснование эксплуатационных режимов работы оросительных систем. // Автореферат дисс.д.т.н. М., 2009.
19. Снеговой В.С. Показатели структуры карбонатного чернозема при орошении. // Почвоведение, № 10, 1976.

20. Шапорина Н.А. Актуальные проблемы орошения черноземов Западной Сибири.// (Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов, 2004, кн.2).

21. Экологические требования к орошению почв России. Рекомендации (РАСН, Почвенный институт им. Докучаева, МГУП), М., 1996.

УДК 333.93(510)

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОДОЕМКОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ БАССЕЙНОВ КАЗАХСТАНА

К.Ж. Мустафаев

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Территорию Казахстана можно условно разделить на восемь водохозяйственных бассейнов: Арало-Сырдаринский, Балхаш-Алакольский, Ертисский, Жайык-Каспийский, Есильский, Нура-Сарысуский, Шу-Таласский и Тобол-Тургайский. Водохозяйственные балансы речных бассейнов позволяют оценить приходную часть, складывающуюся из поступления объемов воды с сопредельных территорий и формирующихся на территории Казахстана, расходную часть - потери на испарение и фильтрацию, санитарные и природоохранные выпуски, а также оценить располагаемые для нужды отраслей экономики водные ресурсы бассейна (таблица 1).

Таблица 1 - Водохозяйственный баланс речных бассейнов Казахстана (км³) [1]

Водохозяйственные бассейны	Водохозяйственный баланс				Располагаемые ресурсы, км ³
	приходная часть		расходная часть		
	поступление с сопредельных территорий, км ³	формируется в пределах бассейна, км ³	потери на испарение и фильтрации, км ³	санитарные и экологические выпуски, км ³	
Арало-Сырдаринский	14.60	2.30	2.80	3.10	12.00
Балхаш-Алакольский	11.40	16.40	2.30	19.90	8.60
Ертисский	9.80	26.0	6.80	13.10	15.90
Жайык-Каспийский	2.50	4.90	2.50	17.90	5.90
Есильский	-	2.20	0.50	0.80	0.90
Нура-Сарысуский	0.82	1.74	0.37	1.02	1.16
Шу-Таласский	3.10	1.00	0.10	0.30	3.70
Тобол-Тургайский	0.056	1.53	0.26	0.63	0.70
По республике Казахстан	42.276	57.87	15.63	58.75	46.86

Как видно из таблицы 1, 42.276 км³ воды поступают с сопредельных территорий и 57.87 км³ воды формируются в пределах бассейна, что характеризует зависимость водообеспеченности Казахстана межгосударственных отношений

с государствами Центральной Азии. Для комплексной оценки емкости водных объектов Республики Казахстан можно использовать принципы теории систем, то есть их необходимо рассматривать как сложную систему, включающую в себя четыре подсистемы - общество, экономику, экологию и водные ресурсы. На основе синтеза статистики и теоретического анализа определены показатели оценки емкости водных объектов и их подсистем [2]. Для этого использованы параметры или индикаторы оценки изменений свойств природной системы [3], параметры оценки устойчивости природных комплексов в бассейне [4-10] и система показателей емкости водных объектов [11].

Стандартизация информационных материалов осуществлялась через индексацию статистических материалов и преобразование их в безразмерные величины [11]:

$$X_{ij}^* = (X_{ij} - \bar{X}_j) / \sigma_j, \quad \bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_i X_{ij}, \quad \sigma_j^2 = \frac{1}{n} \sum_i (X_{ij} - \bar{X}_j)^2,$$

где X_{ij} - первоначальные значения показателей емкости водных объектов, а X_{ij}^* - стандартизированная величина показателей емкости водных объектов.

Для определения региональной емкости водных объектов Лю Цзяцзюнь, Дун Сочэн, Мао Цилян [11] предлагают следующее уравнение:

$$CW = \sqrt{CHI \cdot CCI (\alpha \cdot F_e I + \beta \cdot F_p I)},$$

где CW - итоговый комплексный показатель региональной емкости водных объектов; $F_e I$ и $F_p I$ - индексы региональной экономической и демографической нагрузок на водные ресурсы; CCI - емкость комплексной системы региональных водных объектов; CHI - интегральный индекс для комплексной системы региональных водных ресурсов; α , β - неопределенные «весы», а «вес» $F_e I$ приравнивается к $F_p I$.

Значения нормативов итогового комплексного показателя региональных емкостей водных объектов приведены в таблице 2 [11].

Таблица 2 - Нормативы комплексного показателя региональных емкостей водных объектов

Индекс CW	Категория нагрузки	Возможность использования
0.00-0.50	Минимальная	Водные ресурсы в избытке
0.51-0.80	Оптимальная	Оптимальное использование водных ресурсов
0.81-1.00	Повышенная	Затрудненное использование водных ресурсов
1.01-1.30	Высокая	Нехватка водных ресурсов
>1.30	Сверхвысокая	Острая нехватка водных ресурсов

В качестве исходных данных для модели комплексной оценки емкости водных объектов Республики Казахстан взята соответствующая стандартизиро-

ванная статистика за 2007 год восьми водохозяйственных бассейнов и 14 областей. Результаты демонстративных расчетов, приведенные в таблице 3, показывают пространственные закономерности дифференциации этих характеристик.

Таблица 3 - Оценка емкости водных объектов водохозяйственных бассейнов Республики Казахстан

Водохозяйственные бассейны	Показатели емкости водных объектов				
	F_eI	F_pI	CCI	CNI	CW
Арало-Сырдарьинский	0.059	0.175	1.236	0.290	0.287
Балхаш-Алакольский	0.001	0.179	5.020	0.029	0.162
Ертысский	0.010	0.283	6.010	0.068	0.346
Жайык-Каспийский	0.062	1.349	2.936	0.030	0.352
Есильский	0.003	0.412	6.780	0.030	0.304
Нура-Сарысуский	0.059	0.165	0.515	0.305	0.188
Шу-Таласский	0.084	0.203	0.319	0.324	0.172
Тобол-Тургайский	0.012	0.376	7.572	0.016	0.217
По республике Казахстан	0.036	0.393	3.799	0.137	0.321

Индекс региональной экономической нагрузки на водные ресурсы (F_eI) показывает, что, чем больше его значения, тем большую нагрузку за счет экономического развития несет регион. Как показано в таблице 3, $F_eI < 0.30$ отмечено во всех водохозяйственных бассейнах Казахстана, то есть имеется большой потенциал для поддержки регионального и республиканского экономического развития. С другой стороны, это свидетельствует о том, что во всех водохозяйственных бассейнах Казахстана водные ресурсы недостаточно эффективно использовались.

Индекс региональной демографической нагрузки на водные ресурсы (F_pI) показывает, если их величина $F_pI > 0.90$, то есть наблюдаются большая численность населения и нехватки воды. К таким бассейнам относится Жайык-Каспийский водохозяйственный бассейн, где фактически численность населения уже больше, чем может быть обеспечена региональными водными ресурсами. Индекс F_pI от 0.30 до 0.70 характерен для Есильского водохозяйственного бассейна, где водные ресурсы обеспечивают существующую численность населения. В остальных водохозяйственных бассейнах Казахстана $F_pI < 0.30$, это указывает на то, что региональные водные ресурсы могут полностью обеспечить относительно невысокую численность населения.

Индекс комплексной системы региональных водных ресурсов характеризует нагрузку, которую несет объединенная система общества, экономики, экосистемы и региональных водных ресурсов. Как видно из таблицы 3, индекс $CCI < 2.0$ зарегистрирован на Арало-Сырдарьинском, Нура-Сарысуском и Шу-Таласском водохозяйственных бассейнах, что указывает на то, что региональ-

ные водные ресурсы не несут никакой существенной экономической и социальной нагрузки. CCI от 2.0 до 4.0 отмечен в Жайык-Каспийский водохозяйственном бассейне, где нагрузки на водные ресурсы относительно велики. $CCI > 4.0$ характерен для Балхаш-Алакольского, Ертисского, Есильского и Тобол-Тургайского водохозяйственных бассейнов, где совместная экономическая и социальная нагрузка слишком велика для местных водных ресурсов этих территорий.

Интегральные индексы для общей системы общества, экономики, экосистемы и региональных водных ресурсов показывают, что чем больше CNI , тем лучше организована эта система, то есть водные ресурсы используются более эффективно. Если $CNI < 0.25$, тогда такие регионы, куда относятся Балхаш-Алакольский, Ертисский, Жайык-Каспийский, Есильский и Тобол-Тургайский бассейны, не были согласованы с наличием водных ресурсов. С показателем CNI от 0.25 до 0.35 - Арало-Сырдарьинский, Нура-Сарысуский и Шу-Таласский водохозяйственные бассейны, это показывает, что интегральный индекс использования водных ресурсов не препятствует росту экономики. Комплексный индекс емкости водных объектов показывает, что, если $SW < 0.50$, то регионы - с обильными водными ресурсами, и это все водохозяйственные бассейны Казахстана.

Как видно из таблицы 3, в настоящее время, кроме Ертышского водохозяйственного бассейна, остальные бассейны уже испытывают постоянный умеренный или сильный водный стресс. Поэтому, потенциальным бассейном-донором для водообеспечения Центрального, Северного и Южного Казахстана является бассейн реки Ертис, где формируются до половины местных возобновляемых водных ресурсов Республики. Дальнейшее развитие водохозяйственных связей приводит в конечном итоге к формированию Единой системы водообеспечения Республики Казахстан (ЕСВО), призванной осуществлять экологические, экономические и социальные функции, связанные с использованием водных ресурсов страны [12].

Таким образом, на основе многокритериальной оценки выявлены основные факторы, которые влияют на водные ресурсы, и определены уровни их использования для каждого водохозяйственного бассейна Республики Казахстан в настоящем и будущем. Как показали расчеты (таблица 3), в водохозяйственных бассейнах Казахстана размещение населения и разный уровень экономики не соответствуют пространственно-временному распределению водных ресурсов. Расширение источников воды и сокращение ее расходования является единственным способом увеличения пределов емкости водных объектов и допустимой нагрузки на водные ресурсы.

Список использованных источников

1. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии (обзор). - Алматы, 2004. - 132 с.
2. Мустафаев Ж.С. Методологические основы экологической оценки емкости природных систем. - Тараз, 2014. -267 с.
3. Мустафаев Ж. С., Мустафаев К. Ж., Ешмаханов М. К. Проблемы гидроэкологии: количественная оценка состояния и устойчивости ландшафта. - Тараз, 2010. - 135 с.

4. Заурбек А.К., Мустафаев Ж.С., Заурбекова Ж.А, Мустафаев К.Ж. К количественной оценке устойчивости природных комплексов в бассейнах рек // Наука и образования Южного Казахстана. - 2000.-№11(18).-С.60-64.
5. Мустафаев К.Ж., Ешмаханов М.К. Моделирование экологической устойчивости природной системы // Вестник ТарГУ им. М.Х. Дулати / Природопользование и проблемы антропосферы, Тараз, 2001. - №4(4). - С. 89-94.
6. Мустафаев Ж.С., Мустафаев К.Ж. К вопросу моделирования устойчивости природной системы //Сборник научных трудов КазНИИВХ // Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве. – Тараз: НЦ «Аква», 2002. – том 39.- выпуска 2.- С. 104-110.
7. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Ешмаханов М.К., Мустафаев К.Ж. Математико-географическое моделирование устойчивости природной системы / Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. - Тараз, 2004. - С. 273-286.
8. Мустафаев Ж.С., Заурбек А.К., Мустафаев К.Ж., Сейдуалиев М.А. Проблемы гидроэкологии: качественная оценка состояния и устойчивости ландшафта (Аналитический обзор). - Тараз, 2003. - 60 с.
9. Мустафаев К.Ж., Мустафаева Л.Ж. Методологические основы комплексной оценки эколого-экономической устойчивости природных систем бассейнов трансграничных рек // Труды международного научно-практического семинара, посвященной 60-летию доктора технических наук, профессора Ж.С. Мустафаева / Мелиорация: прошлое, настоящее и будущее. - Тараз, 2010. - С.230-247.
10. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Ешмаханов М.К., Мустафаев К.Ж. Математико-географическое моделирование устойчивости природной системы /Поиск, 2004. - №4. - С.126-133.
11. Лю Цзяцзюнь, Дун Сочэн, Мао Цилян. Комплексная оценка емкости водных объектов Китая // География и природные ресурсы. - 2012.- №1. - С. 138-145.
12. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы устойчивого водо-обеспечения // Водное хозяйство Казахстана, 2011. - №9(37).- С.13-22.

УДК 626.810

ПРИНЦИПЫ ЗОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЛИВНЫХ ВОД ДЛЯ УСЛОВИЙ КАЛМЫКИИ

М.А. Сазанов, Э.Б. Дедова, В.В. Очиров

Калмыцкий филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Элиста,
Россия

Территория Республики Калмыкия принадлежит к семиаридному и ариднему поясам юга Европейской части России и здесь размещены 4 природно-климатических зоны: степная (в западной части), сухостепная (центральная часть), полупустынная (северо-восточная часть) и пустынная (восточная и южная части). Это самый маловодообеспеченный регион. Местные поверхностные водные ресурсы очень ограничены и основной объём воды на нужды экономики привлекается с сопредельных территорий (из бассейнов рек Волга, Кубань, Терек и Кума) по каналам крупных оросительно-обводнительных систем. Имеется также нелимитируемый запас опреснённых морских вод Северо-западного Каспия, а также бассейны и линзы напорных и безнапорных подземных вод. Химический состав вод очень разнообразен (табл. 1). Степень минерализации

изменяется от 0,2 до 425,0 г/л при самом различном химизме состава (сочетании анионов Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- и катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+). Уровень активности (водородный показатель рН) колеблется от 7,2 до 8,7 [7, 11].

Таблица 1 - Общая характеристика качественных показателей водных ресурсов на территории Калмыкии

Основные водные объекты	Водоисточник	Общая минерализация воды, г/л	Химизм засоления	рН
Поверхностные водные ресурсы				
Сарпинская, Калмыцко-Астраханская и Каспийская ООС	р.Волга	0,2-0,60	$\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$, Ca-Na	7,8-8,3
Право-Егорлыкская ООС	р.Кубань	0,3-0,45	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4$, Ca-Na	7,5-7,7
Черноземельская ООС	р.Терек, Кума	1,15-1,65	$\text{SO}_4\text{-Cl}$, Na-Ca	7,8-8,2
Местный поверхностный сток	малые реки и балки Ергенинской возвышенности	0,13-0,43	$\text{HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$, Na-Mg-Ca	7,2
Водохранилища и пруды	местный сток	0,8-6,4	Cl-SO_4 , Na-Mg	7,3-8,2
Водохранилища и пруды	Местный сток и сбросные воды ООС	2,5-10,0	$\text{SO}_4\text{-Cl}$, Na-Mg	7,6-8,5
Дренажно-сбросные воды	ООС	0,6-5,55	Cl-SO_4 , Na-Ca-Mg	7,5-8,2
Озёра	местный сток	8,9-425,0	Cl, Na	8,0-8,7
Озёра	местный сток и сбросные воды ООС	7,6-45,3	Cl, Mg-Na	7,6-8,7
Морские воды	северо-западная часть Каспийского моря	0,5-3,0	$\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$, Na-Ca	7,4-7,5
Подземные водные ресурсы				
Азово-Кубанский, Восточно-Предкавказский, Ергенинский и Прикаспийский артезианские бассейны	напорные и безнапорные горизонты	0,4-15,0	$\text{HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$, Ca-Mg-Na	7,2-8,7

Многочисленные исследования [3, 4, 6, 12] доказали возможность использования для полива сельскохозяйственных культур и древесно-кустарниковой растительности вод с различным уровнем минерализации, вплоть до солёных и морских (12,0-14,0 г/л). В связи с тем, что в условиях республики для орошения используются поверхностные и подземные водные ресурсы, а также минерализованные, морские и дренажно-сбросные воды, потре-

бовалась разработка универсальной системы оценки их количественных и качественных характеристик.

Классификацию химического состава поливных вод предлагается осуществлять по трём составляющим, с использованием общеизвестных методик и градаций [10] в усовершенствованном виде:

1. Уровень минерализации (г/л), по которому воды разделяются на: сверхпресные (<0,2 г/л), пресные (0,2-1,0 г/л), слабосоленоватые (1,0-3,0 г/л), среднесоленоватые (3,0-5,0 г/л), сильносоленоватые (5,0-10,0 г/л) и солёные (>10,0 г/л).

2. Химический состав по преобладающим макрокомпонентам, в процент-эквивалентах:

- по анионам HCO_3^- , Cl^- и SO_4^{2-} , с выделением 15 групп (гидрокарбонатные, хлоридные, сульфатные, хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридные, гидрокарбонатно-сульфатные, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные, гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные);

- по катионам Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ также 15 групп (натриевые, кальциевые, магниевые, натриево-кальциевые, натриево-магниевые, кальциево-натриевые, магниево-натриевые, кальциево-магниевые, магниево-кальциевые, натриево-магниево-кальциевые, кальциево-натриево-магниевые, кальциево-магниево-натриевые и магниево-кальциево-натриевые). Разработаны соответствующие оценочные шкалы.

3. Величина водородного показателя (рН) и вид активной реакции по шкале: рН=5,5-6,5 (слабокислая); рН=6,5-7,5 (нейтральная); рН=7,5-8,0 (слабощелочная); рН=8,0-8,5 (щелочная); рН=8,5-9,5 (сильнощелочная); рН>9,5 (очень сильно щелочная).

Для большинства сельскохозяйственных культур допустимые значения рН находятся в интервале от 5,0 до 8,5. При характеристике химического состава поливной воды сначала указывается степень её минерализации, затем состав по преобладающим анионам, потом – по катионам и в последнюю очередь – вид активной реакции. Например, слабосоленоватая, сульфатно-хлоридная, кальциево-магниевая, щелочная.

Почвенно-мелиоративная оценка качества поливных вод должна строиться на общих принципах комплексности с учётом свойств и режимов почв, мелиоративного состояния орошаемых земель и степени солеустойчивости сельскохозяйственных культур [1, 2, 5]. Основываясь на общепринятых шкалах почвенно-мелиоративной оценки качества воды для орошения [1, 2, 8, 9], нами разработана зональная шкала почвенно-гидрогеолого-мелиоративной оценки качества поливной воды (табл. 2). В ней выделены 4 класса качества воды (неопасный, малоопасный, умеренно опасный и опасный) для основных типов почв тяжёлого, среднего и лёгкого гранулометрического состава (чернозёмов, тёмно-каштановых, луговых, светло-каштановых, бурых полупустынных и др.),

Таблица 2 – Обобщённая шкала почвенно-гидрогеолого-мелиоративной оценки качества поливных вод применительно к условиям Калмыкии

Класс качества воды	Типы (подтипы) почв и их классы	Уровень содержания солей, %	Концентрация ионов в воде (мг-экв./л), вызывающая опасность развития негативных процессов в почвах				Уровень водородного показателя в воде (рН)	Уровень залегания грунтовых вод (м), в зависимости от их минерализации (г/л)		
			Хлоридное засоление (Cl)	Натриевое осолонцевание (Na ⁺ /Ca ²⁺)	Магниевое осолонцевание (Mg ²⁺ /Ca ²⁺)	Содообразование [(CO ₃ ²⁻ +HCO ₃ ⁻)(Ca ²⁺ +Mg ²⁺)]		1-3	3-5	>5
I (неопасный)	Почвы глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава (чернозём, тёмно-каштановые, каштановые, светло-каштановые, луговые и др.) с ППК >30 мг-экв./100 г	0,2-1,0	<2,0	0,1-0,3	0,5-1,0	0,5-0,8	7,2-7,5	>2,5	>3,0	>3,5
	Почвы средне- и лёгко суглинистые (каштановые, светло-каштановые, бурые полупустынные, луговые и др.) с ППК 15-30 мг-экв./100 г	1,0-1,2	<2,5	0,3-0,5	0,8-1,2	0,8-1,0	7,4-7,6	>2,2	>2,7	>3,3
	Почвы супесчаные и песчаные (бурые полупустынные луговато-бурые и др.) с ППК 10-15 мг-экв./100 г	1,2-1,5	<3,0	0,5-1,0	<1,4	<1,1	7,6-7,8	>2,0	>2,5	>3,0
	Открытые пески с ППК < 10 мг-экв./100 г	2,5-6,0	<3,5	<1,2	<1,5	<1,2	7,6-7,8	>1,5	>2,0	>2,5
II (малоопасный)	Почвы тяжёлые	1,0-1,2	2,0-2,5	0,3-0,8	1,0-1,2	0,8-1,2	7,5-7,8	2,2-2,5	2,7-3,0	3,2-3,5
	Почвы средние	1,2-1,5	2,5-3,0	0,5-1,0	1,2-1,4	1,0-1,4	7,4-7,9	2,0-2,2	2,5-2,7	3,0-3,3
	Почвы лёгкие	2,5-4,0	3,0-4,5	1,0-1,3	1,4-2,0	1,1-1,8	7,7-8,0	1,8-2,0	2,2-2,5	2,7-3,0
	Открытые пески	6,0-9,0	3,5-5,0	1,2-1,5	1,5-2,2	1,2-2,0	7,8-8,3	1,5-1,8	2,0-2,2	2,5-2,7
III (умеренно опасный)	Почвы тяжёлые	1,0-1,3	2,3-3,0	0,8-1,2	1,2-1,6	1,2-1,6	7,8-8,0	2,0-2,2	2,5-2,7	3,0-3,2
	Почвы средние	1,5-2,0	3,0-4,5	1,0-1,5	1,4-1,8	1,4-1,8	8,0-8,3	1,8-2,0	2,2-2,5	2,7-3,0
	Почвы лёгкие	4,0-8,0	4,5-8,0	1,3-1,8	2,0-2,2	2,0-2,2	8,1-8,6	1,5-1,8	2,0-2,2	2,5-2,7
	Открытые пески	9,0-13,0	8,0-10,0	1,5-2,0	2,2-2,5	2,2-2,5	8,3-8,8	1,2-1,5	1,8-2,0	2,2-2,5
IV (опасный)	Почвы тяжёлые	>1,3	>3,0	>1,2	>1,6	>1,6	>8,0	>2,0	>2,5	>3,0
	Почвы средние	>2,0	>4,5	>1,5	>1,8	>1,8	>8,3	>1,8	>2,2	>2,7
	Почвы лёгкие	>8,0	>8,0	>1,8	>2,2	>2,2	>8,6	>1,5	>2,0	>2,5
	Открытые пески	>13,0	>10,0	>2,0	>2,5	>2,5	>8,8	>1,2	>1,8	>2,2

а также открытых песков. Учитываются уровень минерализации воды; концентрация определённых ионов, вызывающих опасность развития негативных процессов в почвах (хлоридного засоления натриевого и магниевого осолонцевания, содообразования); водородный показатель (рН) и допустимые глубины залегания грунтовых вод с учётом степени их минерализации. В более расширенном варианте, данная шкала позволяет производить качественную оценку поливных вод по вышеуказанным показателям с учётом уровня засоления почв.

Также разработана шкала градаций допустимых уровней минерализации поливной воды (г/л) для групп растений с различной степенью солеустойчивости (слабой и очень слабой, средней, сильной и очень сильной) и в зависимости от гранулометрического состава почв.

Таким образом, предлагаемая зональная шкала оценки качества поливных вод применительно к условиям Калмыкии позволяет определить химический состав по макрокомпонентам (ионам HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), их количественное содержание и активную реакцию (рН), а затем осуществить оценку степени пригодности поливной воды для обеспечения экологической безопасности агроландшафта и высокой продуктивности при возделывании конкретного вида сельскохозяйственных культур в реально сложившейся почвенно-гидрогеолого-мелиоративной обстановке.

Список использованных источников

1. Безднина С.Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки [Текст] – М.: Изд-во «РОМА», 1997. – 185 с.
2. Безднина С.Я. Экологические основы водопользования [Текст], М.: Изд. ВНИИА, 2005. – 224 с.
3. Временные рекомендации по технологии орошения морской водой сельскохозяйственных культур и древесно-кустарниковых насаждений в Дагестане [Текст]. – М.: ВНИИ-ГиМ, 1979. – 17 с.
4. Грамматикати О.Г. Условия применения для полива вод повышенной минерализации [Текст] // Повышение качества оросительной воды: сб. науч.тр. ВАСХНИЛ – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 62-68.
5. Зимовец Б.А. Проблемы почвенно-мелиоративной оценки качества поливной воды / Б.А. Зимовец, Н.Б. Хитров [Текст] // Повышение качества оросительной воды: сб. науч.тр. ВАСХНИЛ. – М.: Агропромиздат, 1990. – С.100-107.
6. Ковда В.А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых почв [Текст]. – М.: Колос, 1984. – 304 с.
7. Комплексное использование водных ресурсов Республики Калмыкия / Сост. Ред. С.Б. Адьяева, Э.Б. Дедовой, М.А. Сазанова [Текст]– Элиста: ЗАО «НПП «Джангар», 2006. – 200 с.
8. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: Справочник / Под общ. ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.
9. Методическое руководство по критериям оценки мелиоративного состояния орошаемых земель Поволжья. – Саратов: НПО ВолжНИИГиМ», 1991. – 46 с.
10. Справочное руководство гидрогеолога. Т.1 – Изд. 3-е, перераб. И доп. / Под ред. проф. В.М. Максимова [Текст] – Л.: Недра, 1979. – 512 с.
11. Фондовые материалы КФ ГНУ ВНИИГиМ – Элиста, 1973-2014.
12. Шумаков Б.Б. Перспективы морской ирригации / Б.Б. Шумаков, Г.Г. Шиллер, Е.В. Ашихмина [Текст] //Вестник с.-х. науки. – 1975 - № 12.- С. 67-78.

ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД С ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНЫЕ ВОДОЕМЫ**Е.Б. Стрельбицкая, А.П. Соломина**

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

Характер и интенсивность изменений объемов и показателей гидрохимического состава, формирующегося в пределах мелиорируемой территории и отводимого в природные воды дренажного и поверхностного стока, зависит от ряда природных и антропогенных факторов. На интенсивность процесса выноса химических веществ дренажно-сбросными водами (ДСВ) мелиоративных систем в природные водоемы Нечерноземной зоны России главным образом влияют: климатические условия, рельеф местности и тип водного питания территории, механический состав почв и наличие в них питательных веществ, конструктивные особенности и техническое состояние осушительных систем, а также характер сельскохозяйственного использования мелиорируемых почв.

Изменение качества природных вод наблюдается в отдельные периоды эксплуатации осушительных систем. С дренажным стоком в природные водные объекты попадает большое количество минеральных и органических соединений (часто превышающие ПДК), негативные последствия этого проявляются, наряду с ухудшением показателей качества воды водоемов, в увеличении уровня их продукционно-биологических процессов в результате возрастающего поступления питательных для водных организмов веществ (в первую очередь фосфора и азота). Это изменяет ряд режимных характеристик водных объектов и оказывает существенное влияние на структуру и функционирование водных экосистем, выражающееся в возрастании биомассы фитопланктона вплоть до «цветения» синезелеными и другими водорослями, чрезмерном зарастании водоемов, усилении в них процессов осадконакопления и заиления. Кроме того, в водоемах происходит ухудшение кислородного режима вследствие использования значительной части растворенного в воде кислорода на минерализацию поступающего с водосбора, а также избыточного образования в самом водоеме, органического вещества.

Согласно ст. 43 Федерального закона № 7 «Об охране окружающей среды» [13], при осуществлении мелиорации земель, проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем должны приниматься меры по охране, а также предупреждению негативного воздействия на окружающую среду, в том числе на природные водные объекты. Мелиорация земель не должна приводить к ухудшению состояния окружающей среды, нарушать устойчивое функционирование естественных экологических систем.

На федеральном балансе остались только крупные гидротехнические сооружения, магистральные каналы и межхозяйственные системы, а мелиоративные системы общего и индивидуального пользования перешли в пользование субъектов РФ и сельскохозяйственных товаропроизводителей, которые оказались не готовыми к эффективному использованию мелиорированных земель и квалифицированной эксплуатации мелиоративных систем [5].

При определении требований к безопасному уровню воздействия мелиоративных систем следует устанавливать лимитирующие с точки зрения экологии факторы и их предельные значения. Оценка изменений качества природных вод, находящихся под действием осушительных мелиораций и факторов, обуславливающих эти изменения, становится важным составляющим звеном при разработке мероприятий по предотвращению их загрязнения. При этом необходим комплексный подход, то есть систематизация и классификация тех факторов, которые в результате осушения переувлажненных массивов являются определяющими в формировании и изменении состава дренажных и поверхностных вод осушительной сети. Воздействием на эти факторы представляется возможным управление объемами и качеством дренажно-сбросных вод с целью снижения негативного воздействия на природные водные объекты, являющиеся их водоприемниками.

Любая оценка техногенного воздействия на окружающую среду, в том числе на водные объекты, имеет смысл лишь в контексте изменений их качества, влияющего на биосферу в целом и возможность использования для разных категорий водопользователей. Правильная оценка воздействия является первым шагом в разработке адекватных мер предотвращения или уменьшения его нежелательного уровня. Экологическая оценка основана на простом принципе: легче выявить и предотвратить негативные для окружающей среды последствия деятельности на стадии ее планирования, чем обнаружить и исправлять их на стадии осуществления этой деятельности. Она позволяет учитывать экологические факторы, изменения в компонентах окружающей среды уже на стадии планирования и принятия решений об осуществлении той или иной деятельности. Для возможности анализа источников и факторов воздействия, применения на практике его результатов, экологическая оценка должна быть сконцентрирована на наиболее важных, ключевых воздействиях [3].

Основу российской системы экологической оценки составляют экологическая экспертиза (организуемая государственными природоохранными органами) и оценка воздействия на окружающую среду или ОВОС (проводимая заказчиками документации, подлежащей экспертизе). ОВОС представляет собой процедуру в системе принятия экологически ориентированного управленческого решения о реализации намечаемой хозяйственной деятельности посредством определения возможных неблагоприятных воздействий, оценки экологических последствий, разработки мер по уменьшению и предотвращению воздействий [8].

Помимо «Положения об оценке воздействия» существует ряд других нормативных документов, регулирующих проведение оценки воздействия на окружающую среду. Наиболее значительными из них являются документы Госстроя России (строительные нормы и правила, своды правил), в требованиях которых к проектной документации находят отражение экологические характеристики намечаемой деятельности.

ОВОС производится для всех видов деятельности, документация которой подлежит направлению на ГЭЭ (государственную экологическую экспертизу). Мелиоративные системы площадью более 1000 га, магистральные каналы числятся в Перечне видов и объектов хозяйственной деятельности на территории РФ, для которых разработка ОВОС проводится в обязательном порядке.

Процесс экологической экспертизы гидромелиоративных систем требует для своего проведения большого количества материалов, в том числе сведений и данных из различных областей знаний, таких объемных как естественнонаучные, инженерно-технические, социально-экономические. В этой связи, становится необходимым упорядочить и синтезировать информацию по процессам, происходящим в природной среде при гидромелиорации сельскохозяйственных земель до такой формы, которая позволила бы облегчить трудоемкий процесс экологического экспертирования при одновременном повышении его объективности и функциональной эффективности [6].

В общем случае, основным результатом ОВОС является информация о характере и масштабах воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности, оценке экологических последствий этого воздействия и их значимости, возможности минимизации воздействий. В перечень основных задач, которые должны быть решены в процессе оценки воздействия, входят следующие [3]:

1. Оценка состояния окружающей среды, т.е. определение ее исходных (фоновых) характеристик и параметров компонентов, которые могут быть затронуты в процессе хозяйственной деятельности. Основным методом получения оценки является проведение геоэкологических и инженерно-экологических изысканий и комплекса лабораторных исследований. Полученные фоновые характеристики являются фактографической базой экологического контроля и мониторинга деятельности.

2. Выявление основных факторов и видов вредного воздействия в связи с реализацией деятельности: загрязнение подземных и поверхностных вод, почв; определение лимитирующих экологических факторов устойчивости и уязвимых звеньев геосистемы и пр.

3. Обоснование показателей предельно допустимого воздействия и правил природопользования, исходя из лимитирующих экологических факторов намечаемого вида деятельности. Нормативы и правила должны обеспечить устойчивое развитие биogeоценозов в рамках природных или природно-технических систем.

4. Создание условий для поиска оптимальных инженерных, технических, технологических решений, способствующих минимизации неблагоприятных воздействий на окружающую среду, и разработка мер компенсации вероятных неблагоприятных последствий деятельности.

5. Разработка рекомендаций и мероприятий по ограничению или нейтрализации основных видов воздействий, включая мероприятия с учетом лучших мировых достижений в этой области, использования малоотходных технологий, оборотных систем водоснабжения, систем защиты окружающей среды (прежде всего очистки сбросов). Эти меры должны учитывать специфику технологических циклов и свойства загрязняющих веществ, образующихся в процессе реализации деятельности.

Существующая система нормативного обеспечения и стандартизации в мелиорации отличается преобладанием строительных норм и правил (СНиП) с сопутствующими нормативно-методическими документами (ведомственные строительные нормы (ВСН), пособия к СНиП, методические указания (МУ) и т.п.), на основе которых выполняются основные виды проектных и строительных работ. Вопросы эксплуатации мелиоративных объектов не отражаются в полном объеме,

должным образом не регламентируются и не детализируются [11]. До сих пор не приняты предусмотренные Федеральным законом «О мелиорации земель» нормативные акты и требования, предъявляемые к осуществлению деятельности на мелиорируемых землях. Правила эксплуатации мелиоративных систем требуют актуализации, поскольку не соответствуют нормам Федерального закона «О техническом регулировании». Кроме того, до сих пор не определен уполномоченный государственный контрольно-надзорный орган в области мелиорации земель [2].

Для оценки возможности загрязнения водоприемников дренажно-сбросными водами необходимо устанавливать периоды, в которые создаются наиболее неблагоприятные условия для водного объекта, и возникает наибольшая вероятность его загрязнения. Основными периодами для оценки влияния мелиоративных систем на качество природных вод являются: спад весеннего половодья (предпосевной период), периоды летне-осенних дождевых паводков и летне-осенней межени.

По результатам многолетних исследований ВНИИГиМ установлено, что наиболее опасными в экологическом отношении для р. Яхромы (перегноиторфяные почвы поймы) являются периоды конца зимы, начала весеннего половодья и летней межени, которые следует включать в расчетные периоды при прогнозе влияния дренажного стока на качество воды водоприемника. С точки зрения параметров загрязнения реки наибольшую опасность представляет вынос дренажными водами ионов $Fe_{\text{общ.}}$, NH_4^+ , SO_4^{2-} и органического вещества. Концентрации аммонийного азота превышали предельно-допустимые концентрации (ПДК) в среднем в 2 - 4 раза, а в отдельные периоды до 10 - 21 раз. Допустимые концентрации содержания органического вещества (по значениям перманганатной и бихроматной окисляемости) в водах осушительной сети были превышены по средним значениям более чем в 2 - 3 раза, в летние периоды – более чем в 5 раз.

Для торфяных почв наиболее вероятно превышение ПДК аммиачным азотом, калием, магнием, сульфатами, хлоридами, натрием и органическим веществом – летом; железом и кальцием – осенью. Для дерново-подзолистых почв характерны максимальные концентрации фактически всех ингредиентов дренажного стока для периода осень - зима (за исключением фосфора и органического вещества), что объясняется недостатками агротехники выращивания сельскохозяйственных культур: осенняя вспашка, внесение в этот период основной дозы минеральных удобрений, отсутствие защитного действия растений. Концентрация же веществ в весеннем стоке с дерново-подзолистых почв минимальная. Содержание таких составляющих стока, как нитраты, кальций, магний на минеральных почвах выше, чем на торфяных, остальных химических элементов, как правило, ниже.

Для оценки влияния ДСВ на качество воды в водоприемнике при функционировании мелиоративной системы и при сельскохозяйственном производстве на осушаемой территории следует определять объем дренажного стока и концентрацию химических веществ в устье осушительной системы, а также концентрацию химических веществ в природном водоеме выше и ниже впадения магистрального канала (дрены) на расстоянии 1 км от устья. Для принятия решений о возможности сброса дренажно-сбросных вод в водоприемники с учетом предотвращения отрицательных воздействий на природную среду следует выполнять сравнение концентраций загрязняющих компонентов с их предельно допустимыми концентра-

циями, которые по своей сути являются основными показателями в системе управления качеством воды.

Отбор проб воды на химический анализ и определение концентрации и количественных показателей выноса химических веществ с осушаемого объекта следует производить в расчетные гидрологические периоды в зависимости от способа мелиорации, типа почв, степени их окультуренности, а также сельскохозяйственного использования земель. Определение концентраций и расчеты выноса компонентов состава сбросных вод необходимо выполнять для осушаемого объекта и примыкающей к нему территории в пределах площади водосбора устьевого створа магистрального канала на основе Руководства [1], практических рекомендаций [9], «Методики расчета выноса...» [7,10], а также пособия по проектированию [4].

Условия отведения дренажных и поверхностных вод с мелиорируемых земель не должны приводить к превышению ПДК загрязняющих веществ в воде водных объектов с учетом разных категорий водопользования (питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение, рыбное хозяйство).

Основными показателями при оценке качества воды в водоприемнике осушительных систем являются: прозрачность, цвет, запах, концентрация взвешенных веществ, кислотность (рН), растворенный в воде кислород, гуминовые вещества, органические и минеральные азот и фосфор, калий, натрий, кальций и железо. В воде водоприемников указанные вещества должны быть в границах ПДК, а приведенная концентрация всех загрязняющих веществ (по группам одинакового лимитирующего показателя вредности) не должна превышать единицы, даже если в сбросной воде концентрация отдельных элементов может быть выше ПДК, то есть должно выполняться нормативное условие:

$$\sum C_i / \sum \text{ПДК}_i < 1, (1)$$

где C_i – концентрация вещества i в водном объекте, мг/дм³; ПДК_i – предельно-допустимая концентрация этого вещества, мг/дм³.

Проведение контроля за выносом биогенных веществ с осушаемых почв на конкретном объекте осушения, а также прогноз выноса и его влияние на природные воды с целью снижения негативного воздействия включает:

- определение местоположения и площади водосбора осушительной системы;
- оценку конструктивных особенностей системы;
- характеристику почвенно-климатических условий объекта;
- проведение наблюдений за атмосферными осадками, поверхностным и дренажным стоком;
- оценку сельскохозяйственного использования земель;
- сведения по нормам, срокам и способам внесения удобрений и пестицидов, применяемых при различных севооборотах;
- проведение наблюдений на осушительной сети и естественных водотоках, используя единую методику по измерению выходных параметров, основными из которых являются концентрации вещества и объема стока;
- обработку и оценку результатов наблюдений;
- обобщение данных, выведение теоретических зависимостей, описывающих процесс выноса;
- определение расчетных параметров для составления прогноза;

- назначение на этой основе целенаправленных водоохраных мероприятий с учетом основных факторов, влияющих на размеры выноса.

Полученные в ходе исследований удельные показатели (количество загрязняющих примесей, формирующихся и поступающих с единицы площади в кг/га или кг/км² в водоприемник) позволяют оценить степень неравномерности формирования загрязнений на водосборе, что должно приниматься во внимание при разработке водоохраных мероприятий и очередности их ввода. Система показателей для оценки воздействия дренажно-сбросных вод гидромелиоративных систем (ГМС) на природные воды и выявления элементов системы, с помощью которых представляется возможным управление объемами и качеством ДСВ с целью снижения их негативного воздействия на водоприемники, приведена в таблице 1.

Показатели оценки экологической безопасности мелиоративных систем для окружающей среды (в том числе водной), методы сбора и анализа информации, требования к детальности и формам представления результатов анализа существенно зависят от стадии, масштаба мелиоративного проекта, природных условий, предполагаемого использования мелиорируемых земель. Выбор показателей должен быть ориентирован на решение следующих задач [12]:

- оценка экологического состояния действующих мелиоративных систем и прилегающих к ним территорий;

- мониторинг экологически неблагоприятных изменений на мелиорируемых и прилегающих к ним территориях;

- разработка мероприятий по предотвращению развития неблагоприятных, экологически опасных процессов на прилегающих территориях (в том числе изменения параметров действующих мелиоративных систем путем их реконструкции и изменения режимов функционирования);

- проведение экологической и эколого-экономической экспертизы при обосновании создания и реконструкции мелиоративных систем;

- выбор рационального варианта природопользования;

- совершенствование функционирования мелиоративной системы;

- предотвращение необратимых изменений экосистем;

- оперативное принятие решений при возникновении аварийных ситуаций на мелиоративных системах;

- создание нормативной базы для оценки экологической безопасности мелиоративных систем.

Общие требования к выбору показателей (параметров) состоят в получении их значений по стандартной информации, имеющейся в проектных и эксплуатационных организациях и в использовании современных и перспективных методов получения, обработки и хранения информации; возможности анализа динамики экологических процессов и построения комплексных оценок экологической обстановки по выбранным показателям; возможности их использования в системах принятия решений по управлению мелиоративными системами.

Таблица 1 – Система показателей для оценки воздействия дренажно-сбросных вод ГМС на природные воды и выявления элементов системы для управления объемами и качеством ДСВ

Сокращения: ДСВ – дренажно-сбросные воды; ГМС – гидромелиоративная система; ОУС – осушительно-увлажнительная система; УГВ – уровень грунтовых вод; ПВ – полная влагоемкость; с.х. – сельскохозяйственные; S – площадь

Факторы, определяющие объемы и качество ДСВ		Состав показателей оценки	Примы регулирования объемов и качества ДСВ
1	2	3	4
Природные условия водосборной территории	Климатические	Количество выпадающих осадков (мм) и их распределение по сезонам; химический состав атмосферных осадков (мг/л)	Рациональные конструкции и параметры ОУС (на стадии проектирования и строительства)
	Гидрогеологические условия и геологическое строение	Глубина залегания поглощающего горизонта, его мощность (м); наличие перекрывающих и подстилающих горизонтов водоупоров, их мощность (м); коэффициент фильтрации поглощающего слоя, водоупоров, м/сут; водопроницаемость поглощающего горизонта, м ² /сут; направленность потока грунтовых вод, глубина УГВ (м); минерализация и химический состав грунтовых вод (мг/дм ³)	Поддержание нормативных значений УГВ и влажности почв
	Геоморфологические, рельеф местности	Площадь водосбора (га), средний уклон водосбора (град); формы рельефа (водораздельные пространства, склоны, долины); морфометрические показатели рельефа: длина склонов (м), высота (м), крутизна (град), густота и глубина расчленения (м)	Соблюдение режимов осушения и полива, приемов обработки почвы для снижения эрозионных процессов
	Почвенные (изменение почвообразовательных процессов)	Тип почв, их механический состав, водно-физические и агрохимические свойства почв; масса органического вещества (т/га); мощность торфяного слоя (см, % к исходной); объемная масса органогенного слоя (г/см ³); влагоемкость (%) и влагозапасы (мм); влажность почвы (% от веса сухой почвы; % от ПВ); запасы почвенного воздуха (% от объема почвы); содержание подвижных форм фосфора и калия (мг/100 г почвы); запасы питательных веществ (т/га); их вынос (кг/га); степень разложения, зольность органогенного слоя (%); осадка и сработка торфа, разрушение гумусового горизонта минеральных почв (см/год)	Окультуривание (добавки минерального грунта для торфяных, известкование кислых) почв Обеспечение оптимальных показателей водного и питательного режима почв, предотвращающих вынос биогенных веществ

1	2	3	4
Инженерно-конструктивные особенности гидромелиоративной системы	Вид конструкции осушительной системы и ее техническое состояние	Осушительная, осушительно-увлажнительная, водооборотная; открытая сеть каналов, закрытый дренаж; параметры дренажа: глубина дренажа, расстояние между дренами	Рациональные конструкции и параметры (на стадии проектирования и строительства)
	Управление режимами осушения и увлажнения почв	Нормы осушения (м) и увлажнения (мм, м ³ /га) в зависимости от типов почв (торфяные, минеральные); влажность почвы (% от веса сухой почвы; % от ПВ); запасы почвенного воздуха (% от объема почвы); допустимые сроки затопления поверхности; сроки освобождения пахотного горизонта от гравитационной воды (сут.)	Поддержание нормативных значений УГВ и влажности почв. Соблюдение осушительных и поливных норм в зависимости от типов почв и сроков вегетации с.х. культур
	Наличие природоохранных устройств и сооружений	Концентрация основных загрязняющих компонентов (качественный состав) дренажно-сбросных вод (мг/л)	Очистка дренажного и поверхностного стока: применение отстойников, аэрации, фильтрующих устройств и др.
Эксплуатационные (организационно-хозяйственные) условия	Внесение удобрений	Виды, формы и дозы минеральных (кг/га д.в.) и органических (т/га) удобрений; сроки внесения; способы внесения	Соблюдение научных основ агрономической технологии применения удобрений в севообороте и под отдельные культуры Дозированное внесение; увязка со сроками вегетации с.х. культур и уровнем плодородия почв
	Агротехника возделывания с.х. культур	Приемы обработки почвы и посева с.х. культур	Минимизация системы обработки почвы
	Севообороты	Подбор и оптимизация севооборотов Структура посевных площадей (соотношение площадей, занятых под чистый пар, пропашные культуры, травы)	Рациональная структура посевных площадей Введение луго-пастбищных севооборотов
	Проведение наблюдений (измерений) за объемами и качеством ДСВ	Система (сеть) точек наблюдения: места, устройства и способы отбора представительных проб, методы их анализа, частота отбора в расчетные периоды; объемы ДСВ (л/с, м ³ /с, м ³ /га (за месяц, год и т.д.)); общая минерализация и концентрация основных загрязняющих компонентов ДСВ (мг/л)	Мониторинг качества и объемов дренажно-сбросных вод для проверки соответствия параметров установленным требованиям (нормативам)

Результатом оценки изменений качества природных вод, находящихся под действием осушительных мелиораций и факторов, обуславливающих эти изменения, является возможность разработки приемов регулирования и управления выносом загрязняющих компонентов мероприятиями на мелиорируемом объекте, как на этапе проектирования и строительства ГМС, так и при их эксплуатации и сельскохозяйственном использовании осушаемых земель. А реализация комплекса инженерно-технических, организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий, направленных на минимизацию объемов ДСВ и повышение их качества позволит снизить негативное воздействие на природные воды.

Список использованных источников

1. ВТР-П-30-81. Руководство по определению расчетных концентраций минеральных, органических веществ и пестицидов в дренажном и поверхностном стоке с мелиорируемых земель. – М., 1982. – 44 с.
2. Герасимов, А.А. Правовое обеспечение мелиорации земель [текст] / А.А. Герасимов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 3(11), 2013. – С.1-21.
3. Донченко, В.К. Экологическая экспертиза [текст] / В.К. Донченко, В.М. Питулько, В.В. Растоскуев и др.; под ред. В.М. Питулько. – М: Изд. Центр «Академия», 2004. – 480 с.
4. Дунаев, А.И. Оценка воздействия и природоохранные мероприятия при осушении сельскохозяйственных земель [текст] / А.И. Дунаев // Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. — Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2013. – 132 с.
5. Концепция федеральной целевой программы "Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2020 годы" (утв. распоряжением Правительства РФ от 22.01. 2013 г. № 37-р) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70204250>
6. Коренева, И.Б. Концепция подхода для разработки метода синтеза данных экспертной оценки состояния природной среды района размещения гидромелиоративной системы / И.Б. Коренева, 1992 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.koreneva.com/1212527262.php>
7. Методика расчета выноса биогенных веществ и оценка перспективного состояния загрязненности малых рек. 0212.19-99 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.levonevski.net/pravo/norm2013/num54/d54494.html>
8. Положение об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации: Приказ Госкомэкологии РФ от 16.05.2000 № 372.
9. Практические рекомендации для расчета качества сбросных вод мелиоративных систем Нечерноземной зоны РСФСР и вод водоприемников. – Л.: Ленгипроводхоз, 1986. – 91 с.
10. Расчет поступления биогенных элементов в водоемы для прогноза их эвтрофирования и выбора водоохраных мероприятий" – М, 1989. – 48 с.
11. Сенчуков, Г.А. Состояние и тенденции развития системы стандартизации в области мелиорации [текст] / Г.А. Сенчуков, В.В. Слабунов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В.Н. Щедрина. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2010. – Вып. 44. – С. 6-14.
12. Слабунов, В.В. Обеспечение экологической безопасности мелиоративных систем [текст] / В.В. Слабунов, О.В. Воеводин, А.Л. Кожанов, С.Л. Жук // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2010. – Вып. 44. – С. 39-45.
13. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/okrsred/>

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ИВАНЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Г.Ю. Толкачёв

Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

В настоящей работе на примере Иваньковского водохранилища показана специфика формирования качества вод в поверхностных источниках водоснабжения и перечислены проблемы, возникающие при перспективном планировании водоохраных мероприятий.

Сосредоточие сброса сточных вод промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий поддается контролю и регулируемому воздействию. Талые и ливневые стоки с городских территорий и промышленных площадок, животноводческих комплексов контролируются и поддаются регулируемому воздействию только в случае их канализования и стопроцентной очистки. Рассредоточенные или диффузные источники загрязняющих веществ, характерные для сельхозугодий, отличаются большим динамизмом функционирования и существенной нестационарностью воздействия.

Исследования, проводимые ИВП РАН на водосборной территории Иваньковского водохранилища, показали значительную роль как сосредоточенных, так и диффузных источников в загрязнении волжских вод.

Сбросы загрязняющих веществ с городских станций очистки в значительной степени определяют уровень загрязнения незарегулированного участка Верхней Волги и Иваньковского водохранилища. Вопреки широко распространённому мнению, поверхностный сток с городских территорий и промплощадок, который практически не ощущается, незначительно влияет на поступление в водный объект общего фосфора, общего азота и тяжёлых металлов (ТМ). Исключение составляют нефтепродукты, чей вклад в общий баланс поступления в воду доминирует. Сельхозугодья более значимо загрязняют воды азотом, фосфором, железом, ТМ. Особенно интенсивно протекает вынос этих загрязняющих веществ в весенний период с поверхностным стоком.

Индивидуальные системы очистки хозяйственно-фекальных стоков коттеджных установок не выдерживает никакой критики и контроль их работы практически невозможен. Даже высокотехнологичные системы очистки сточных вод, производимые зарубежными фирмами, не могут решить проблему неконтролируемых сбросов хозяйственно-фекальных стоков из-за трудностей эксплуатации (частые поломки и сложный ремонт, дефицит расходных материалов и фильтрационной загрузки, их высокая стоимость, ненадёжная подача электроэнергии и т.д.). Чаще всего используются подземные трубопроводы, с помощью которых неочищенные стоки тайно сбрасываются в водоём. Диффузные смывы с территорий садовых товариществ и коттеджей также участвуют в бесконтрольном загрязнении источника питьевого водоснабжения столицы. Интенсив-

ное коттеджное и дачное строительство, широкое использование берега при организации отдыха привели к уничтожению прибрежных лесов. Барьерные функции водоохраной зоны и прибрежной защитной полосы на значительной части побережья водохранилища практически утрачены.

Новый Водный кодекс РФ существенно сузил границы водоохранных зон для озёр и водохранилищ с 500 до 50 м. Исключены ограничения на размещение объектов, исходя из требуемой удалённости строений и обрабатываемых земельных участков от уреза воды в зависимости от уклона местности. Отменены именно те нормативы, которые регулируют дачно-коттеджную застройку побережий. Имеющиеся противоречия с новым Водным кодексом, интенсивное дачно-коттеджное строительство, чрезмерная рекреационная нагрузка практически уничтожили водоохранную зону и превратили её в серьёзный источник неконтролируемого загрязнения водных объектов.

Все источники диффузного загрязнения являются источниками периодического действия и непосредственно влияют на процесс формирования качества воды в весенне-летне-осенний период. Большинство их находится на площади водосбора и состояние водосбора в значительной степени определяет процессы формирования качества воды в водном объекте, т.к. неравномерно поступающие с водосбора вещества принимают участие во всех протекающих в водохранилище внутриводоёмных процессах, определяя их направленность и масштабность. Именно сочетание процессов, протекающих на водосборе и в водоёме, формирует гидрохимический режим Иваньковского водохранилища.

Характерной особенностью Иваньковского водохранилища, существенно влияющей на химический состав его вод, является зарастание мелководий высшей водной растительностью. В настоящее время площадь заросших мелководий составляет около 26% от площади акватории и 54,3% от площади мелководий. При этом не происходит увеличение площадей зарастания, наблюдается уплотнение растительных ассоциаций. Изменения наблюдаются в распределении растительности в пределах зоны зарастания. Результатом перераспределения видов растений в пользу болотных явилось сплавинообразование, зачатки которого уже отмечались в начале 60-х годов прошлого столетия. Сплавины возникают, как правило, в группировках воздушно-водных растений – наиболее продуктивных гидрофильных растительных сообществах (500-1600 г/м² воздушно-сухого веса) при слабой гидродинамической активности на глубине 60-80 см.

Водная растительность играет важную роль в биологическом режиме, биотическом балансе и процессах формирования качества воды. Значение её разнообразно и неоднозначно. Поглощая минеральные вещества, в том числе и биогенные элементы, и развиваясь на границе раздела вода-суша, сообщества гидрофильных растений образуют естественный фильтр между водосбором и водоёмом. Кроме того, роль растительного покрова как естественного биофильтра определяется способностью осаждать в воде частицы, извлекать из воды и разлагать или усваивать фенолы, нефть, тяжёлые металлы, радионуклиды,

пестициды, некоторые экзогенные органические соединения. Влияние растительности на качество воды мелководной зоны не ограничивается положительными процессами изъятия ряда веществ. При чрезмерном развитии растительности характер процесса может быть отрицательным.

Водохранилище характеризуется удовлетворительным кислородным режимом. Максимальные концентрации растворённого кислорода отмечаются летом во время цветения воды и осенью в период осенней гомотермии в пределах 12,7-17,7 мг/л. Минимальные концентрации наблюдаются в основном в зимний период и составляют 4,5-5,1 мг/л, изредка могут достигать и 2,5 мг/л. Среднегодовые значения составляют 8,5-9,3 мг/л. Средние концентрации по сезонам: зимний – 3,8; весенний – 9,5; летний – 7,7; осенний – 9,2 мг/л.

Наблюдаемый в настоящее время процесс заболачивания в местах активного сплавинообразования приводит к появлению растворённого сероводорода. Содержание сероводорода в сплавинном комплексе достигает значительных величин, что в целом влияет на гидрохимический режим данного района. Наиболее неблагоприятные условия складываются на участках сплавинообразования в закрытых заливах в районе о. Низовка, в верховьях Шошинского плёса, в заливах Иваньковского плёса.

Наибольшие концентрации органического вещества в водах водохранилища, измеренные в единицах ХПК, характерны для летнего периода, причём на верхних участках водохранилища его концентрация в основном определяется аллохтонной органикой и хорошо коррелирует с показателем цветности вод, а в нижних участках Иваньковского плёса усиливается роль автохтонной органики. Преобладающее количество органического вещества в водах водохранилища приходится на гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК), представляющие собой биохимически устойчивые, преимущественно высокомолекулярные полифункциональные соединения, обладающие свойствами слабых кислот. Соотношение СФК/СГК изменяется от сезона к сезону. Для летне-осеннего сезона среднее значение этого содержания равно 0,4, в зимний период – 0,12, в весенний – 0,14-0,16.

Легкоокисляемые органические соединения, измеряемые в единицах БПК₅, в основном представлены низкомолекулярными ациклическими органическими кислотами, углеводами, аминокислотами, пептидами, спиртами и т.д. Их содержание не превышает 3,0 мгО/л в летне-осенний период, что соответствует нормативным требованиям и свидетельствует о достаточной самоочищающей способности легкоокисляемой органики в водохранилище. Высокое содержание растворённых в воде аллохтонных органических веществ гумусовой природы создаёт проблемы с водоподготовкой, особенно в зимний период. Образующиеся после обработки воды активным хлором соединения, такие как хлороформ, трихлорэтилен, тетрахлорметан, дихлорметан, бензол, обладают определёнными канцерогенными свойствами даже при концентрациях в питьевой воде ниже принятых в России ПДК.

Наибольшие концентрации нитратов наблюдаются в зимнюю межень, ко-

гда в водохранилище поступает значительное количество обогащённых нитратами подземных вод, а потребление этой формы азота экосистемой минимально. В летне-осенний сезон потребление нитратов экосистемой происходит особенно интенсивно, что резко снижает концентрацию нитратов в воде. Увеличение концентрации аммонийного азота весной по сравнению с зимней меженью объясняется его смывом поверхностным талым стоком с водосбора. В летнее время концентрации аммонийных форм азота сопоставимы с весенними, но уровень его содержания в водах на порядок ниже чем содержание нитратов.

Содержание фосфат-иона также меняется по сезонам: максимальные концентрации наблюдаются в зимний и осенний период и не превышают 0,25 мг/л. В летний период фосфат-ион активно потребляется экосистемой с очень высокой степенью оборота. Поскольку биогенные элементы вызывают интенсивное развитие сине-зелёных водорослей, очень важно оценить верхний уровень их содержания, при котором массовое развитие микроводорослей не произойдёт. Выполненные расчёты показали, что предельно-допустимая концентрация (ПДК) по фосфору, при которой биомасса фитопланктона не превышает своего фонового значения (0,81 мг/л), составляет 0,07 мг/л, а азота 1,5 мг/л.

Концентрация общего железа в водах водохранилища обычно превышает ПДК (от 3 до 8 раз) во все сезоны года, что объясняется его интенсивным выносом с водосбора. Высокие концентрации в водах водохранилища во все сезоны характерны и для марганца. Во всех створах наблюдалось повышение концентрации нефтепродуктов в водах, в особенности в зимнюю межень (до 10 ПДК). Весной содержание нефтепродуктов ниже, чем в зимний период, но также превышает ПДК (в створе Конаково до 4,5 ПДК). Каких-либо закономерностей в распределении нефтепродуктов по длине водохранилища не выявлено. На приплотинном участке водохранилища в зимний период диапазон концентраций колеблется от 0,01 до 0,3 мг/л, средняя концентрация – 0,12 мг/л; в осенний период – от 0,06 до 0,5 мг/л, средняя – 0,17 мг/л. Приоритетными загрязняющими веществами водохранилища являются: железо общее, марганец, нефтепродукты, ион аммония. Для водохранилища характерны высокая цветность воды и высокие значения перманганатной окисляемости.

Ранее существовало мнение, что донные отложения (ДО) Иваньковского водохранилища сильно загрязнены тяжёлыми металлами (ТМ) и был возможен их переход в водную толщу. При проведении исследований ДО в 2001-2002 годах было установлено, что уровень загрязнения в последние годы значительно снизился. Однако вынос ТМ в воду зависит не только от их количества, но в большей степени от форм их существования в твёрдой фазе ДО.

Данные свидетельствуют, что масса подвижных форм ТМ в 10-см слое ДО в плёсах водохранилища весьма значительна. Максимальная масса в Волжском плёсе наблюдаются для Zn, Cr, Cu, Mn, Fe; в Шошинском плёсе для Zn, Cr, Mn, Fe; в Иваньковском для Zn, Cr, Cu, Mn, Fe. Масса Cd во всех плёсах невелика. Закономерности распределения элементов по различным формам их существования по сезонам соответствуют закономерностям, выявленным на стан-

циях наблюдения. По суммам подвижных форм наибольшие показатели отмечены у замыкающего Шошинского плёса.

В ДО идёт накопление Fe, Pb, Co на всех плёсах водохранилища в формах, связанных с взвешенным веществом, детритом, сорбированных поверхностным слоем ДО. Такие элементы, как Zn, Cu, Cr, Ni, Cd преимущественно выносятся из ДО в водную массу в виде растворённых соединений. Наиболее масштабный вынос наблюдается у Zn, Cr, Cu в Волжском и Ивановском плёсах, отличающихся значительной проточностью. Однако в настоящее время вынос данных элементов из ДО не оказывает существенного влияния на качество воды Ивановского водохранилища.

Проведенный анализ характеристик качества вод Ивановского водохранилища позволяет сделать вывод о следующих основных негативных факторах:

- загрязнение воды и донных отложений контролируемые и неконтролируемые источниками антропогенного загрязнения, находящимися не на его водосборной территории;

- высокая цветность природных вод;

- несанкционированная застройка водоохраной зоны, её деградация и фактическая ликвидация;

- заболачивание мелководий и замор рыбы на них;

- неорганизованная рекреация в пределах водоохраной зоны;

- наличие затопленных скотомогильников;

- фактическое отсутствие контроля за источниками антропогенного загрязнения;

- недостаточная изученность процессов самоочищения и вторичного загрязнения воды.

Эти проблемы характерны для подавляющего числа поверхностных источников водоснабжения населённых пунктов Российской Федерации.

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАЦИИ

УДК 633.2:631.67

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Бородычев, М.Н. Лытов

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

Общее состояние отрасли животноводства в Волгоградской области и, в целом, по России можно уверенно охарактеризовать как кризисное. В соответствии с утвержденной Доктриной продовольственной безопасности России до-

ля импорта продуктов питания не должна быть более 10 %. Современные объемы производства продукции животноводства в России в денежном эквиваленте составляют 789,1 млрд. руб., в то время как импортируется – на сумму 187,5 млрд. руб. Это составляет почти четверть от стоимости продукции животноводства производимой в России [1, 2]. Как видно, превышение допустимого уровня импортозамещения более чем двукратное. Безусловно, необходимо учитывать прямую зависимость состояния отрасли животноводства от уровня развития кормопроизводства. Объемы производства и себестоимость кормов непосредственно определяют цену продукции животноводства, а, следовательно, и ее конкурентоспособность в условиях рыночной экономики. Создание стимулов для развития кормопроизводства в стране является главным условием увеличения объемов производства продукции животноводства и должно стать первым шагом для решения проблемы продовольственной безопасности России.

Задача развития кормопроизводства, как в целом по России, так в регионах является одной из наиболее сложных и многоплановых задач аграрного сектора, которые необходимо решить в самые сжатые сроки. Развитие отрасли кормопроизводства видится возможным только при системном подходе, одновременной реализации федеральных, региональных целевых программ и конкретных проектов в субъектах хозяйственной деятельности. Любая целевая программа, да и любой проект ориентируются на значения целевых функций для каждого этапа реализации, которые в свою очередь должны быть научно обоснованы и определены с учетом современного состояния отрасли. При этом разница между значениями целевой функции и показателями состояния отрасли до начала реализации проекта (или программы) определяет общий объем работ и инвестиций. Объем работ, необходимый для достижения отраслью целевых значений по основным показателям, является главным фактором, определяющим выбор путей решения проблемы и, собственно, сущность проекта (программы). В качестве методологической основы научного обоснования перспективных направлений решения проблем кормопроизводства на региональном уровне приняты теория системного анализа, рисков и оптимизации целевых функций [3, 4]. Для обоснования количественных значений целевых функций использованы официальные статистические данные [5, 6, 7, 8].

В настоящее время в Волгоградской области производится порядка 136 тыс. тонн мяса и мясопродуктов, тогда как потребление составляет 181 тыс. тонн (рисунок 1).

Нормативная потребность населения Волгоградской области в мясе, с учетом средних физиологических норм потребления, составляет 182 тыс. т, что на 46 тыс. т больше, чем производится. Схожая ситуация наблюдается в регионе и по молоку: при нормативном уровне потребления около 858 тыс. т производство молока не превышает 482 тыс. т. Таким образом, только для удовлетворения потребностей местного населения региону необходимо увеличить производство мяса – на 46 тыс. т, и еще на 376 тыс. т – молока.

Нормативный уровень производства кормов в последние годы по региону несколько снизился пропорционально численности населения Волгоградской области и составляет, в настоящем, около 2,64 млн. т корм. ед. (рисунок 2).

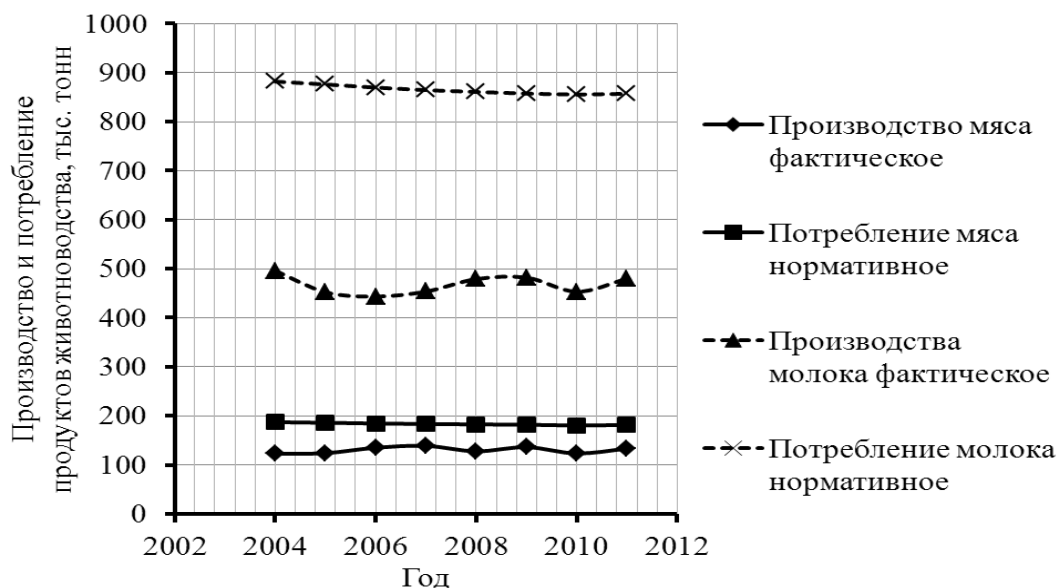


Рисунок 1 – Производство и потребление продуктов животноводства в Волгоградской области

Примечание: фактические объемы производства мяса и молока взяты из официальных источников Росстата [5]; нормативные объемы потребления мяса и молока определены исходя из значений физиологических норм потребления и численности населения региона

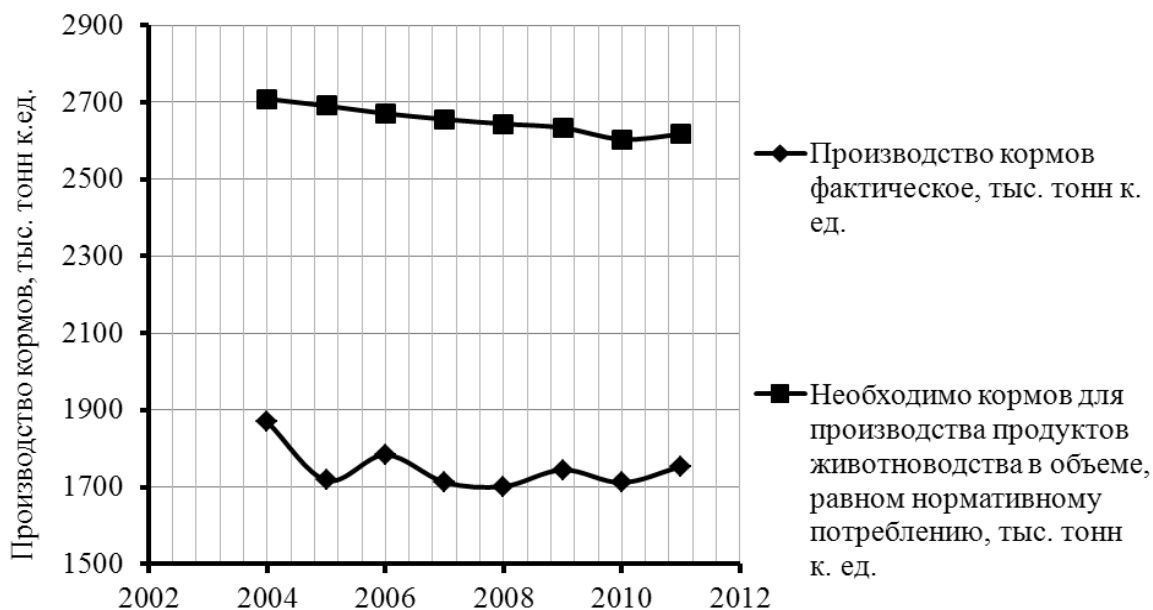


Рисунок 2 – Фактическое и нормативное производство кормов в Волгоградской области

Примечание: фактическое производство кормов в Волгоградской области определено по официальным данным Росстата [5]; нормативные объемы производства кормов определены с учетом необходимого увеличения производства продуктов животноводства для удовлетворения потребностей населения региона

Однако, сравнение с фактическим уровнем производства кормов, которое в Волгоградской области составляет около 1,75 млн. т корм. ед., дает реальную оценку дефицита кормопроизводства. Дефицит производства кормов в регионе с учетом необходимого увеличения производства продукции животноводства достигает 900 тыс. т корм. ед.

Следует признать, что ресурсы естественных кормовых угодий в регионе исчерпаны. Продуктивность кормовых угодий, определяемая природными условиями Волгоградской области, не обеспечивает развития отрасли животноводства даже для обеспечения потребностей местного населения. В этой ситуации возможен лишь экстенсивный путь развития кормопроизводства за счет вовлечения в отрасль дополнительных земельных ресурсов (таблица 1).

Таблица 1 - Оценка потребности в земельных ресурсах с учетом перспектив развития кормопроизводства в Волгоградской области

Земельные ресурсы	Площадь пашни, тыс. га [5,6,7]		Урожайность кормов, т к. ед. [9, 10, 11]	Требуется для производства кормов с учетом увеличения поголовья животных для удовлетворения потребностей населения региона		
	всего	в том числе на реконструкции		всего, тыс. га	в % от площади пашни	в % от площади орошаемых земель на реконструкции
Неорошаемые земли	5666	–	1,0-1,1	818	14,1	–
Орошаемые земли, всего	180,9	84,6	5,6-6,4	140	2,4	165
в том числе с ГМС нового поколения	0	–	10,5-11,5	80	1,3	94

Чтобы возместить дефицит производства кормов в области при фактическом уровне продуктивности кормовых культур на богаре (1,1 т корм. ед./га) необходимо перевести под кормовые 818 тыс. га пашни в ущерб другим полевым культурам. Это более 14 % всей площади пашни региона. При среднем уровне продуктивности [5] на этой площади может быть произведено до 1,7 млн. т озимой или около 1,2 млн. т яровой пшеницы, около 1,7 млн. т ржи, более 1,0 млн. т проса, до 654 тыс. т гречихи или около 1,0 млн. т маслосемян подсолнечника.

Другой путь развития кормопроизводства, - интенсивный, связан с необходимостью освоения под кормовые культуры орошаемых земель. Обширный

опыт производства кормов на орошаемых землях, накопленный в регионе показывает, что продуктивность кормовых культур при орошении возрастает до 5,5-6,4 т к. ед./га. Результаты последних исследований, выполненных с использованием дождевальной техники нового поколения, показал возможность получения свыше 11 т к. ед. с каждого орошаемого гектара [9, 10, 11]. При таком уровне продуктивности под кормовые достаточно отвести 80 тыс. га орошаемых земель.

Рассмотрим современное состояние мелиоративного фонда Волгоградской области. По данным департамента мелиорации Минсельхоза РФ на 01.01.2013 г. [7] в Волгоградской области 180,9 тыс. га орошаемых земель. Однако, из них в удовлетворительном состоянии находятся около 96,3 тыс. га земель, большая часть которых занята, преимущественно, овощными культурами. Еще более 84 тыс. га орошаемых земель в настоящее время подлежат реконструкции. Проведение реконструкции части *неиспользуемого* в настоящее время мелиоративного фонда с внедрением гидромелиоративных систем нового поколения для целей кормопроизводства позволяет решить проблему своевременного и стабильного обеспечения кормами отрасли животноводства в области без изъятия уже задействованных в сельскохозяйственном производстве пахотных земель.

В сущности, вывод, сделанный в результате анализа современного состояния мелиоративного фонда региона, не является оригинальным. По сути, планируемая под реконструкцию часть мелиоративного фонда Волгоградской области, ранее и использовалась для производства кормов и обеспечения потребностей, прежде всего молочного стада. Однако, в современной ситуации орошаемое кормопроизводство сталкивается с объективными трудностями, обусловленными экономическим и технологическим кризисом отрасли. В области работает 1281 дождевальная машина, в том числе 23 установки "Кубань", 258 - "Фрегат", 150 – "Волжанка", 83 - машины ДДА-100МА (таблица 2).

Износ дождевальных машин отечественного производства достигает 70-100 %, что стимулирует замещение технологически и физически устаревших установок современной дождевальной техникой. В ближайшее время для сохранения функционирующего мелиоративного фонда необходимо будет приобрести около 514 единиц широкозахватной дождевальной техники. Для расширения орошаемого сектора кормопроизводства и обеспечения кормами отрасли животноводства с учетом целевых параметров развития парк дождевальной техники необходимо увеличить еще в 1,5 раза. Это, так сказать, «ресурсные» проблемы развития орошаемого кормопроизводства. В условиях рыночной экономики эти проблемы решаются за счет существенного увеличения инвестиций в отрасль, естественно, с условием их эффективного использования и окупаемости.

Таблица 2 – Количественная оценка состояния и перспектив развития мелиоративного фонда Волгоградской области

Показатель	Всего в наличии	Из них в удовлетворительном состоянии	Нуждается в замене, реконструкции	Необходимо с учетом расширения орошаемого сектора кормопроизводства	Материальные и технические ресурсы, необходимые для расширения орошаемого сектора кормопроизводства
Площадь орошаемых земель, тыс. га	180,9	96,3	84,6	169,0	80
Оросительная сеть, км, Всего	2471	–	–	–	–
В том числе трубопроводы:	1423	308	1115	–	1115
Дождевальная техника, ед.	1281	1281	514	1948	667+514

Примечание: таблица составлена с использованием материалов [5, 7, 8]

Однако, есть еще и проблемы технологического плана, связанные с необходимостью коренного переоснащения систем орошения с учетом современных требований к гидромелиоративным системам (ГМС) нового поколения. Из приведенных в таблице 1 данных видно, что использование устаревших моделей ГМС при проведении реконструкции мелиоративного фонда области не может обеспечить решение проблем кормопроизводства даже теоретически. Ведь при этом для увеличения объемов производства кормов на 900 тыс. к. ед. потребуется использовать около 140 тыс. га орошаемых земель, что почти вдвое больше, чем вся площадь орошаемых земель, отведенных под реконструкцию. Только использование ГМС нового поколения с увеличением продуктивности кормовых угодий до 10,5-11,5 т к. ед. позволит решить проблему кормопроизводства за счет ресурсов мелиоративного фонда области, находящихся на реконструкции.

В настоящее время гидромелиоративных систем, отвечающих всему комплексу требований к ГМС нового поколения, в Волгоградской области нет. Налицо серьезное технологическое отставание региона в области дождевания сельскохозяйственных и особенно, кормовых культур. Частично вопрос реша-

ется за счет приобретения импортной дождевальнoй техники, имеющей ряд преимуществ, среди которых:

- современная кинематика, включая возможность совмещения в одной машине фронтального и кругового движения с поливом; упрощенное перемещение машин с позиции на позицию; угловые машины позволяют поливать поля сложной формы;

- возможность комплектации дождевальных машин дождевальными аппаратами различной конструкции и с разной характеристикой дождя, что позволяет подобрать оптимальную комплектацию машины для данной почвенно-климатической зоны;

- возможность гибкого подбора линейных параметров машины с учетом геометрии конкретного орошаемого участка;

- возможность реализации дистанционных методов слежения и управления дождевальной машиной в режиме реального времени;

- возможность автоматической корректировки режима дождевания по показаниям датчиков.

Наряду с этим в регионе складывается парадоксальная ситуация, в которой фирмы – поставщики современной поливной техники не могут предложить, адаптированных к природным условиям Волгоградской области проектов орошения кормовых угодий, а отечественные модели орошения кормовых угодий, разработанные в нашей стране, не учитывают возможности современных дождевальных машин. Это снижает эффективность использования современной поливной техники для производства кормов, что сдерживает развитие орошаемой кормовой базы региона. Решение указанного противоречия сводится к научному обоснованию и разработке моделей орошения кормовых угодий в Волгоградской области с учетом возможностей новой поливной техники. Разработка и внедрение региональной технологии орошения кормовых угодий с учетом преимуществ новой поливной техники позволит повысить эффективность использования природных ресурсов региона и создавать рентабельные проекты производства кормов при орошении.

Таким образом, проведение реконструкции части мелиоративного фонда с учетом современных требований к ГМС нового поколения, внедрение новейшей дождевальной техники и разработка адаптированных моделей и технологий орошения кормовых угодий позволяет эффективно решать проблему кормопроизводства в Волгоградской области за счет расширения орошаемого сектора.

Выводы. Развитие кормовой базы региона представляется наиболее перспективным за счет расширения орошаемого сектора кормопроизводства. Это масштабная, ресурсоемкая задача, учитывая, что потребность только в широкозахватной дождевальной технике составляет порядка 667 единиц. Адаптация моделей орошения кормовых угодий с учетом возможностей современной поливной техники и перспективных конструкций гидромелиоративных систем нового поколения обеспечит возможность эффективного использования инве-

стируемых ресурсов и создаст условия для рационального решения проблемы кормопроизводства в регионе.

Список использованных источников

1. Корпоративная база статистических данных ФАО. Продукция животноводства. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QP/E> (дата обращения 15.01.2014)
2. Корпоративная база статистических данных ФАО. Торговля. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/T/TA/E> (дата обращения 15.01.2014)
3. Чернышов В.Н., Чернышов А.В. Теория систем и системный анализ – Тамбов: Изд-во Тамбовского ГТУ, 2008. – 96 с.
4. Воцинин А.П., Сотиров Г.Р. Оптимизация в условиях неопределенности. – М.: изд. МЭИ, 1989. – 224 с.
5. Федеральная служба государственной статистики. База данных показателей муниципальных образований. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1> (дата обращения 22.01.2014)
6. Статистический сборник Волгоградская область 2011: стат. сборник / Волгоградстат. – Волгоград, 2012. – 849 с.
7. Отраслевая информация Департамента мелиорации МСХ. Наличие орошаемых и осушенных сельхозугодий на 01.01.2013 г. по Российской Федерации. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mcx.ru/documents/document/v7_show/20985.133.htm (Дата обращения 22.01.2014)
8. Отраслевая информация Департамента мелиорации МСХ. Сведения о технических характеристиках и состоянии государственных мелиоративных систем и отнесенные к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений на 01.01.2012. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mcx.ru/documents/document/v7_show/20985.133.htm (Дата обращения 22.01.2014)
9. Аньшакова О.А., Кружилин И.П. Сравнительная оценка продуктивности одновидовых и смешанных посевов кормовых культур при орошении. // Совершенствование научного обеспечения сельскохозяйственного производства Волгоградской области. - Волгоград, 1999. - С. 168-170
10. Бородычев В.В., Лытов М.Н., Моисеев М.Ю. Эффективность орошения сои в условиях Нижнего Поволжья // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 36.
11. Кирейчева Л.В., Носов А.К., Носов К.Н., Юрченко И.Ф. Развитие орошения в южном федеральном округе для обеспечения гарантированной кормовой базы животноводства. – М., 2009. – 152 с.

УДК 339.13

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

И.В. Куприянов, Н.С. Быстрицкая, Е.В. Овчинникова
ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

В соответствии с действующим природоохранным законодательством предприятия системы агропромышленного комплекса (АПК) обязаны соблюдать требования в области охраны окружающей природной среды, а также осу-

ществлять необходимые мероприятия по обеспечению своей экологической безопасности [1, 2]. В первую очередь это относится к собственникам и пользователям природных водных объектов и гидротехнических сооружений (ГТС), которые законодательно относятся к опасным производственным объектам [3]. Любые нарушения установленных требований к ГТС чреваты серьезными негативными последствиями в виде причинения вреда окружающей природной среде и, как следствие, природопользователям.

За нарушением предприятием АПК экологического (в том числе водного) законодательства предусматривается имущественная, дисциплинарная, административная и уголовная ответственности [1]. Схема формирования ответственности представлена на Блок-схеме (рисунок 1).



Рисунок 1 - Формирование ответственности за экологические правонарушения

Имущественная ответственность, по своему содержанию представляющая экономические санкции по отношению к предприятию-нарушителю. Юридическое лицо, допустившее экологическое правонарушение и причинение вреда окружающей природной среде, обязано возместить его в полном размере.

Размер вреда складывается из величины вреда, причиненного непосредственно окружающей природной среде и величины экономического ущерба, причиненного другим природопользователям. Развернутое определение вреда, причиненного природопользователям, закреплено в статье 15 Гражданского Кодекса РФ [4].

Вред природной среде определяется объемом потерь материальных и финансовых ресурсов, связанных с необходимостью ликвидации и компенсации последствий экологических правонарушений. Количественная величина этого вреда выражается фактической суммой компенсационных затрат на санацию нарушенного фрагмента природной среды или же определяется расчетным путем на базе утвержденного в установленном порядке методического документа [1].

Введенная в действие 05.06.2009 г. "Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства" [4], является одним из первых легитимных документов, позволяющих определять величину вреда расчетным методом, а не по фактическим затратам на восстановление природы. Методика предназначена для исчисления вреда, причиненного водным объектам видами и формами, указанными в Главе 5 Водного Кодекса РФ [4]. Исчисление размера вреда в Методике производится с учетом факторов, влияющих на его величину: водохозяйственная ситуация и значимость состояния водных объектов, природно-климатические условия, длительность и интенсивность воздействия загрязняющих веществ на водных объект и т.п. Наиболее распространенными случаями экологических правонарушений в форме негативного воздействия на водные объекты являются:

1. Сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод с превышением их концентрации относительно разрешенного уровня;
2. Аварийный сброс загрязняющих веществ;
3. Истощение водного объекта в результате забора воды с нарушениями условий водопользования.

По первому случаю, при превышении установленной договором или лицензией уровня концентрации сбрасываемых загрязняющих веществ, масса противоправно сброшенных загрязняющих веществ, по каждому ингредиенту загрязнения определяется по формуле:

$$M_i = Q \cdot (C_{\Phi_i} - C_{Д_i}) \cdot T \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

где: M_i – масса неправомерно сброшенного i -го ингредиента, т;

Q – расход сточных вод, м³/час;

C_{Φ_i} – фактическая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/дм³;

$C_{Д_i}$ – разрешенная концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/дм³;

T – продолжительность экологического правонарушения, час;

10^{-6} – переводной коэффициент.

Вред природной среде по всем загрязняющим веществам:

$$Y = K_{ВГ} \cdot K_{Э} \cdot K_{ИН} \cdot \sum_{i=1}^n H_i \cdot M_i \cdot K_{ИЗ} \quad (2)$$

где: Y – размер вреда, тыс. руб.;
 Q – расход сточных вод, м³/час;
 $K_{ВГ}$ – коэффициент, учитывающий время года;
 $K_{Э}$ – коэффициент, учитывающий экологические факторы;
 $K_{ИН}$ – коэффициент индексации, учитывающий инфляционные процессы.

Принимается по данным МПР России;

N_i – таксы для исчисления размера вреда;
 M_i – масса неправомерно сброшенного i -го ингредиента, т;
 $K_{Э}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность воздействия на водный объект. Принимается по данным МПР России.

По второму случаю, при аварийном сбросе, вся масса сброшенных загрязняющих веществ относится к неправомерному сбросу и рассматривается как экологическое правонарушение. Вред определяется по формуле:

$$Y = K_{ВГ} \cdot K_{Э} \cdot K_{ИН} \cdot K_{ДЛ} \cdot \sum_{i=1}^n N_i \quad (3)$$

где: Y – размер вреда, млн. руб.;

Q – расход сточных вод, м³/час;
 $K_{ВГ}$, $K_{Э}$, $K_{ИН}$ – коэффициенты, значения которых те же, что и в формуле (2);
 $K_{ДЛ}$ – коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия;
 N_i – такса для исчисления размера вреда i -м вредным веществом в зависимости от его массы (M_i), млн.руб.

По третьему случаю размер вреда, причиненного водному объекту при его полном или частичном истощении в результате чрезмерного забора воды с нарушениями условий водопользования или без наличия документов, производится по формуле:

$$Y_{и} = K_{Э} \cdot K_{ИН} \cdot N_{и} \cdot Q_{в}, \quad (4)$$

где: $Y_{и}$ – размер вреда, тыс. руб.;

$K_{Э}$, $K_{ИН}$ – коэффициенты, значения которых те же, что и в формуле (2);
 $N_{и}$ – такса для исчисления размера вреда;
 $Q_{в}$ – объем воды, необходимый для восстановления водного объекта от истощения. Принимается равным двойному объему воды, забранной из водного объекта с нарушением условий водопользования.

Гидротехнические сооружения относятся к опасным производственным объектам и, в соответствии с этим, эксплуатирующие их предприятия системы агропромышленного комплекса обязаны организовывать и осуществлять производственный контроль соблюдения требований по их экологической безопасности [3].

Федеральный контроль соблюдения указанных требований осуществляется Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

К объектам экологического контроля ГТС относятся:

- линейные и нелинейные гидротехнические сооружения;
- источники сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду и в системы канализации (водоотвода);
- системы очистки сточных вод;
- системы повторного и оборотного водоснабжения.

На уровне предприятия АПК контроль экологической безопасности водных объектов осуществляется в составе экологического менеджмента и включает в себя:

- экологический мониторинг – регулярное и комплексное наблюдение за состоянием природной среды в зоне влияния водохозяйственной деятельности предприятия АПК;
- актуализацию комплекса разрешительных документов на осуществление водохозяйственной деятельности;
- обеспечение соответствия фактических показателей водопользования, показателям, указанным в разрешительных документах;
- аудит технического состояния ГТС;
- разработку и выполнение мероприятий, направленных на повышение экологической безопасности водных объектов.

Список использованных источников

1. Федеральный Закон от 10.01.2002 №7-ФЗ "Об охране окружающей среды".
2. Водный Кодекс Российской Федерации от 31.12.2005 №199-ФЗ.
3. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 02.07.2013. №115-ФЗ.
4. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства. Утверждена МПР России 13.04.1999 г. № 87.

УДК 631.61:631.171:631.23

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

В.Н. Сельмен

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

Сейчас, с присоединённым Крымом, наша страна занимает 12,7 % территории государств Земли и заселена только 2 % населения. По среднемировой плотности населения в России сейчас могло бы проживать 919 млн. человек, а живёт 146 млн., или в 6,3 раза меньше. При этом природных ресурсов и полезных ископаемых у нас в изобилии, что является привлекательным поводом для более сильных стран поучаствовать в «справедливом» перераспределении ресурсов. Для устранения этого риска стране необходим значительный рост населения и более равномерное распределение его по территории, что невозможно сделать без надёжной продовольственной базы и повышения уровня продовольственной безопасности. Однако в России и благоприятные условия для растениеводства, обеспечивающие должную конкурентоспособность, имеются

только на 1/4 территории, расположенной южнее Москвы, сужающейся к востоку в полосу вдоль границы с Казахстаном, Монголией и Китаем. На оставшихся территориях севера и востока - тайга, тундра, болота, вечная мерзлота. Чтобы сохранить государство нашему народу наряду с решением сложнейших политических, экономических, военных, социальных, демографических вопросов и всемерного развития традиционного сельского хозяйства нужно разработать принципиально новые экологически безопасные способы получения продовольствия, достаточные для снабжения на своей территории в будущем 1 – 1,5 млрд. населения.

Для определения возможных путей нетрадиционного получения продовольствия и приведения сельскохозяйственных и энергетических показателей к одной сопоставимой физической единице нами произведен их пересчет в *джоули*, с учетом калорийности всех видов продукции растениеводства, теплоты сгорания угля, нефти, газа и соотношения киловатт-часов и джоулей в электроэнергии, произведённой гидравлическими и атомными электростанциями. Продукция животноводства в учёт не бралась, так как является вторичным производным от растениеводства. Также не учитывалась электроэнергия, произведённая на тепловых станциях, она - вторичное производное от углеводородов. Производство основной и побочной (солома) продукции растениеводства и энергетики в Российской Федерации в 2011 году в сопоставимых единицах представлено в таблице 1, из которой видно, что ежегодная добыча углеводородов в 14 раз превосходит всю производимую в стране (товарную и побочную) продукцию растениеводства. Общий объём экспорта энергоносителей составляет 46 % от годового объёма производства и превышает в 6 раз всю основную и побочную продукцию растениеводства в энергетическом выражении. На нужды сельского хозяйства используется менее одного процента объёма производимых в стране энергоносителей. У государства есть ресурсы и возможности спасти и поддержать сельское хозяйство, но правила капиталистического рынка тому препятствуют.

Сопоставление объёмов продукции растениеводства и объёмов приобретенных для нужд сельского хозяйства энергоносителей проведено для Рязанской области в целом и для СПК «Красный маяк» Спасского района, являющегося одним из лучших хозяйств Рязанской области. Основной энергоноситель Рязанской области – дизельное топливо, на его долю в энергетическом плане в 2013 году приходилось 56 % приобретённых энергоносителей, далее следует газ – 24 %, затем электроэнергия и бензин – по 10 %. На одну использованную энергетическую единицу в Рязанской области по годам производится 9,3...14,3 энергетических единиц товарной и побочной растениеводческой продукции. Теоретически сельскому хозяйству области для обеспечения своей энергетической потребности понадобится продукция, выращенная на 11 % посевных площадей. Эти данные в точности совпадают с данными СПК «Красный маяк».

Для энергообеспечения сельского хозяйства в первую очередь надо найти замену дизельному топливу, но при этом не потерять в производстве продовольствия и кормов для животноводства. На втором месте вопросы изыскания

средств теплообеспечения взамен природного газа. Нужна новая, простая, высокоурожайная, энергонасыщенная культура. В это смысле представляют интерес энергонасыщенные маслические культуры. Теплота сгорания 1 кг растительного масла – 37681 кДж близка к теплоте сгорания дизельного топлива – 42704 кДж. Имеется положительный опыт использования растительного масла вместо солярки в дизельных двигателях.

Таблица 1 - Производство продукции растениеводства и энергетики Российской Федерацией в 2013 году в сопоставимых единицах

Виды произведённой и добытой продукции	Производство в традиционных единицах измерения	Энергетический объём произведённой продукции, ТДж ¹	В % к производству энергии в стране
Производство растениеводства		4067479	7,25
в т. ч. зерновые	94,2 млн. т	1774822	3,16
солома зерновых культур	94,2 млн. т	1309380	2,33
соя	1,8 млн. т	33914	0,06
подсолнечник	9,7 млн. т	229813	0,41
рапс озимый и яровой	1,1 млн. т	25019	0,04
сахарная свёкла	47,6 млн. т	228480	0,41
картофель	32,7 млн. т	113469	0,20
овощи	14,7 млн. т	18919	0,03
плоды, ягоды, виноград	2,9 млн. т	5803	0,01
кукуруза на силос, зелёный корм и сенаж	23,0 млн. т	93127	0,17
кормовые корнеплоды	1,3 млн. т	5720	0,01
сено многолетних трав	9,9 млн. т	95416	0,17
сено однолетних трав	1,6 млн. т	15050	0,03
сено естеств. сенокосов	12,3 млн. т	118547	0,21
Энергетика		56123677	100
в т.ч. электроэнергия ГЭС и АЭС	338 млрд. кВт.ч	1216800	2,17
уголь	334 млн. т	9789540	17,44
нефть	509 млн. т	21310303	37,97
природный газ	669 млрд. м ³	23807034	42,42
Общий энергетический объём продукции растениеводства и энергетики		59143456	107,25

* кормовые культуры по данным 2011 года

Из маслических культур для нашей зоны наиболее интересен маслический лён, имеющий ряд преимуществ перед выращиваемым для производства масла рапсом. Энергетический выход продукции растениеводства составляет в среднем по стране 53 гигаджоулей с гектара, по Рязанской области 55 гДж/га, для маслического льна при урожае семян 25 ц/га энергетический выход 175 гДж/га.

¹ ТДж – тераджоуль (1 ТДж = 10¹² Дж)

После отжима масла из льняных семян остаётся жмых, в точности соответствующий по содержанию белков, жиров и углеводов сое, который можно использовать на корм скоту. Солома масличного льна (соотношение солома : зерно = 3 : 1) годится для текстильной промышленности.

Льняная солома, вместе с соломой зерновых культур может использоваться для вермикультуры - разведения дождевых червей на корм скоту и птице, получения биогумуса; организации производства гриба-вешенки с использованием соломы льна, а остающийся после съёма грибов высокобелковый мицелий можно пустить на кормовые цели. Биотехнологические способы переработки углеводного растительного сырья (соломы и др.) вермикультурой и производством грибов на продовольственный и кормовой белок эффективней традиционного животноводства.

Следует задуматься, что энергетический объём производимой в области соломы зерновых культур по годам в 3 - 5 раз превосходит общий объём всех использованных в сельском хозяйстве энергоносителей. Хозяйствам не составит труда выделить нужное количество соломы для производства собственной энергии. Технология производства из соломы и других растительных остатков гранулированного топлива – пеллет – хорошо отработана.

Собственное энергообеспечение сельскохозяйственных предприятий может стать решающим фактором выживания нашего народа в условиях военного конфликта, глобальной природной или техногенной катастрофы, мирового экономического или энергетического кризиса, разрушения или поражения компьютерных сетей, что сорвёт централизованные поставки энергоносителей.

Вторым важным выводом из данных таблицы 1 является целесообразность поисковых научно-исследовательских работ по выращиванию растениеводческой продукции в условиях искусственного освещения в местах, совмещённых с жилыми и производственными помещениями, на основе круглогодичного, многоярусного, конвейерного производства. В течение 21 века будут освоены новые способы получения энергии и в первую очередь, до массового потребителя к середине века должна прийти термоядерная энергия. До конца века ожидают шестикратный рост энергопроизводства. Новые земли для увеличения производства продуктов питания отыскать и освоить будет трудно, а вот энергии будет достаточно. Поэтому производство продуктов питания надо будет переносить с поля к себе домой, получать там основное количество продовольствия и увеличить численность населения в северных и восточных районах, где сельское хозяйство невозможно.

Для установки конвейерного многоярусного производства растительной продукции существует термин – фитодром, от слов фито – растение и дромос – место для бега, бег (аналогии - ипподром и аэродром), что означает место, где бегут растения. В связи с появлением светодиодных ламп, со сроком службы до 100000 часов (11 лет непрерывного горения), существенной экономией электроэнергии и минимальным выделением тепла вопрос о создании фитодромов приобрёл практическое значение.

Имеется ряд авторских свидетельств и патентов на различные варианты конструкции фитодрома. Однако все они технически сложны. Для упрощения конструкции и создания гибкого производственного процесса нами (Сельмен В.Н., Поляков А. В., Пыленок П.И., Сидоров И.В.) получен патент RU № 2258352 на многоярусную светоустановку.

Средняя потребность человека в питании 3000 ккал в сутки. По расчётам на примере потенциального урожая пшеницы и использовании побочной биомассы для производства гриба вешенки одному человеку потребуется 0,42 м² световой площади в сутки или 42 м² за 100 дней вегетации, что в 333 раза меньше 1,4 га сельхозугодий приходящихся на его долю в России.

Внедрение фитодрома позволит перенести большой биологический цикл круговорота углерода (*растение* → *животное* → *человек* → *микроорганизмы* → *растение*) из окружающей среды непосредственно в своё жилище или производственные помещения, и тем самым радикально снизить антропогенную нагрузку от сельскохозяйственного производства на природную среду.

Считаем, что работы по собственному энергообеспечению сельскохозяйственных предприятий и разработке конвейерных многоярусных технологий выращивания растительной продукции в закрытых помещениях под искусственным освещением соответствуют главной задаче мелиорации – организации производства сельхозпродукции в местах, где производить ее ранее было невозможно.

Список использованных источников

1. Патент RU № 2258352 С1 МПК⁷ А 01 G 31/02. Многоярусная светоустановка для выращивания предбазисного оздоровленного семенного картофеля и другой сельскохозяйственной продукции. /В.Н. Сельмен, А.В. Поляков, П.И. Пыленок, И.В. Сидоров. Оpubл. 20.08.2005, Бюл. № 23.
2. Россия в цифрах. 2013: Крат. стат. сб./ Росстат – М., 2014. – 523 с.
3. Сельмен В.Н. Перспективы использования масличного льна для энергосбережения сельского хозяйства / Материалы междунар. научно-практической конференции «Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур», Рязань, 2013. – с. 284 – 290.

УДК 332.2:631.16:658.155

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ ФОРМЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

¹**И. Ф. Юрченко,** ²**А. К. Носов**

¹ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия;

²ОАО "Севкавгипроводхоз", г. Пятигорск, Россия

Множественность организационно-правовых форм землепользования, сложившаяся на мелиорируемых землях в результате последних реформ хозяйственного механизма в Российской Федерации обусловила актуальность вопросов изучения существующих и разработки перспективных подходов к их учету

при выборе объектов нового строительства и реконструкции ранее построенных мелиоративных систем, во многом определяющих успешность земледелия.

Оценка эффективности использования мелиорируемых земель и приоритетов развития мелиоративных фондов в хозяйствах различных организационно-правовых форм и форм собственности на землю выполнялась путем информационно-аналитических исследований: на основе изучения исторического опыта землевладения и землепользования в сельском хозяйстве России [1,2,3]; анализа статистических данных сельскохозяйственного производства по категориям хозяйств [4] и теоретического обоснования возможного пути реформирования и ранжирования имеющихся организационно – правовых форм хозяйств (организаций) аграрного сектора по эффективности решения социально-экономических задач АПК [5].

Первые скудные сведения о практических мелиоративных мероприятиях (подсушивание, выжигание леса и подъем целины) в гумидной зоне связаны с периодом родового землевладения (вотчины) в XIII-XIV веках. С завершением в XVII столетии перехода от родового быта к государственному и формированием сословной (феодалной) системы землевладения и землепользования образцом земледелия на мелиорируемых землях становятся монастыри. Регулярное орошение применялось на Северном Кавказе, в Заволжских степях, Калмыкии, Дагестане, Хакасии, Бурятии, Тыве, на Алтае и в других регионах недостаточного увлажнения. Оросительные системы, в основном, были простейшими лиманами и предназначались для орошения лугов, сенокосов и пастбищ.

Активизировавшиеся со второй половины XVIII века рост товаризации сельского хозяйства и становление зернового рынка обусловили реформы императора Петра I, направленные на совершенствование учета земельных угодий и формирование новых разрядов землевладельцев, развитие строительства гидротехнических сооружений, обеспечивающих водные транспортные пути и энергетические установки, водоснабжение и водоотведение. Процесс формирования капитализма способствовал замене сословного феодального землевладения буржуазным, что потребовало от государства очередного реформирования организационно-правовых форм использования сельскохозяйственных земель, осуществленного в 1861 г. Реформа 1861 г. сохранила общинную форму крестьянского землевладения, исторически сложившуюся на большей части территории России. Основные проблемы мелиорации, связанные с организационно-правовыми формами земледелия и ценовой политикой указанного периода - это непостоянство и дробность участка и существующая чересполосица, что наряду с отсутствием средств и возможности получения кредита и/или субсидий не побуждало собственника земли к занятиям мелиорацией. Безуспешность выполнения мероприятий по повышению производства сельскохозяйственной продукции и борьбе с неурожаем на основе частной инициативы заставляло правительство заняться вопросами мелиорации. В качестве организационно-правовой формы реализации государственных работ по осушению и орошению земель практиковалось создание специализированных экспедиций.

В начале XX века царским правительством проводится, так называемая столыпинская аграрная реформа, направленная на индивидуализацию крестьянского землевладения и разрушение общины. Последнее, вкупе с укреплением наделов и переходом на отруба, усложнило мелиоративную деятельность из-за необходимости согласования работ по орошению и осушению со многими владельцами, через земли которых должны были проходить каналы. Столыпинская реформа была прервана первой мировой войной, в условиях которой обострились недостатки мелкотоварного сельскохозяйственного производства.

С провозглашением Декрета о земле 1917 г., отменяющего частную собственность на землю без какого-либо выкупа, связаны последующие важнейшие реформы организационно-правовых форм землепользования России. Решение проблемы выхода сельского хозяйства из кризиса потребовало, несмотря на тяжелейший для страны период с 1917 по 1929 гг., характеризующийся разрухой и голодом, обратиться к вопросам развития мелиорации.

Крупнейший за всю историю России земельный передел произошел в связи со сплошной коллективизацией деревни путем массового колхозного «строительства», начатого в 30 годах. Новое землеустройство, обусловленное повсеместной коллективизацией сельскохозяйственного производства, требовало разработки новых конструкций и систем мелиорации, отвечающих колхозному землепользованию и широкому внедрению механизации работ. После Великой Отечественной войны на территории РСФСР основными организационно-правовыми формами использования земель были колхозы. В это же время набирает темп развитие мелиорации, в особенности, после майского (1966 г.) и октябрьского (1984 г.) Пленумов ЦК КПСС, что определило эффективность результатов сельскохозяйственного производства. В целом программа реализации серьезных преобразований в сельском хозяйстве, обеспечившая на первых порах положительные результаты, оказалась незавершенной. Вновь отмечается усиление командно-административных приемов управления колхозно-совхозной системой. Непрекращающаяся государственная опека сверху не позволила колхозам и совхозам, среди которых было много развитых хозяйств с высокими показателями, раскрыть свой подлинный потенциал. Их уровень находился в прямой зависимости от квалификации и профессионализма руководителей.

Основной задачей аграрной реформы в России, проводимой с 1991 года, стала приватизация земли и реорганизация совхозов и колхозов с целью формирования эффективного сельскохозяйственного производства на основе частной собственности на землю и личной предприимчивости производителей сельскохозяйственной продукции. Реформирование аграрного сектора этого периода вызвало изменения структуры форм собственности мелиоративных систем. Образовалась собственность мелиоративных фондов: государственная, муниципальная и частная. При этом было нарушено требование неделимости технологических и административно-территориальных границ управления гидромелиоративными системами, что способствовало практическому прекращению технической эксплуатации оросительных и осушительных систем. В на-

стоящее время износ основных фондов оросительных систем в целом по Российской Федерации достигает 69,1 %, осушительных - 57,6 %, продолжая неуклонно увеличиваться.

Исторический опыт землепользования в России, свидетельствуя о безуспешности его реформирования за последние 150 лет, оставляет открытым вопрос о судьбе последней реформы. Вместе с тем прослеживается безусловная зависимость организационно-правовых форм сельского хозяйства от уровня экономического развития страны, характера отношений собственности и, в первую очередь, от государственной политики в аграрном секторе экономики. Землепользование орошаемых и осушаемых земель подтверждает, что степень их развития - важнейший показатель потенциала сельского хозяйства в решении продовольственной проблемы государства, а специфические свойства гидромелиоративных систем требуют, по возможности, компактного расположения мелиорируемых земель и использования значительной части мелиоративных фондов в форме коллективной собственности.

Современное состояние сельскохозяйственного производства в России по хозяйствам различных организационно-правовых форм и форм собственности на землю охарактеризовано далее по данным статистического учета (рис. 1,2). В 2012 г. посевные площади сельхозпредприятий занимают 56,1млн. га из общей площади посевов 75,2 млн. га, хозяйства населения - 3,5млн. га, крестьянские (фермерские) хозяйства - 15,6 млн. га.

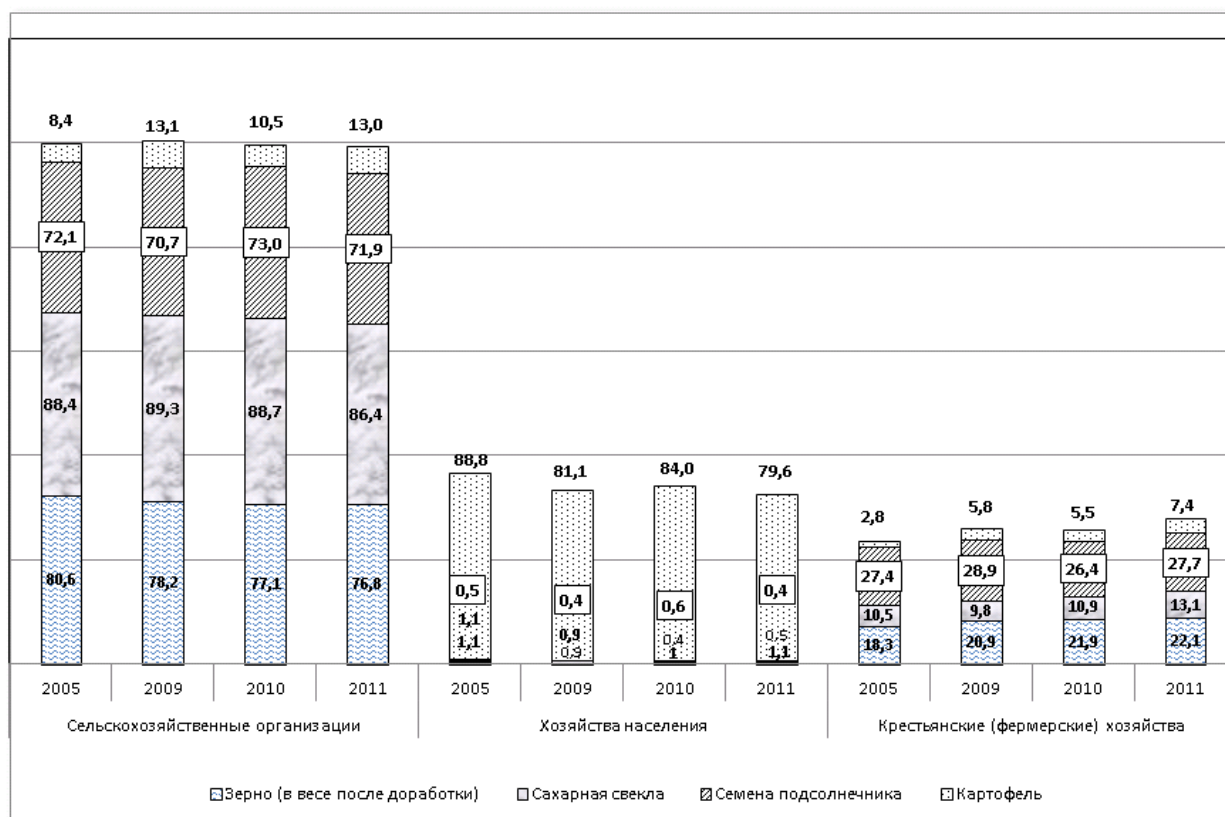


Рисунок 1 - Структура производства основных продуктов растениеводства (в % от объема производства в хозяйствах всех категорий) [3]

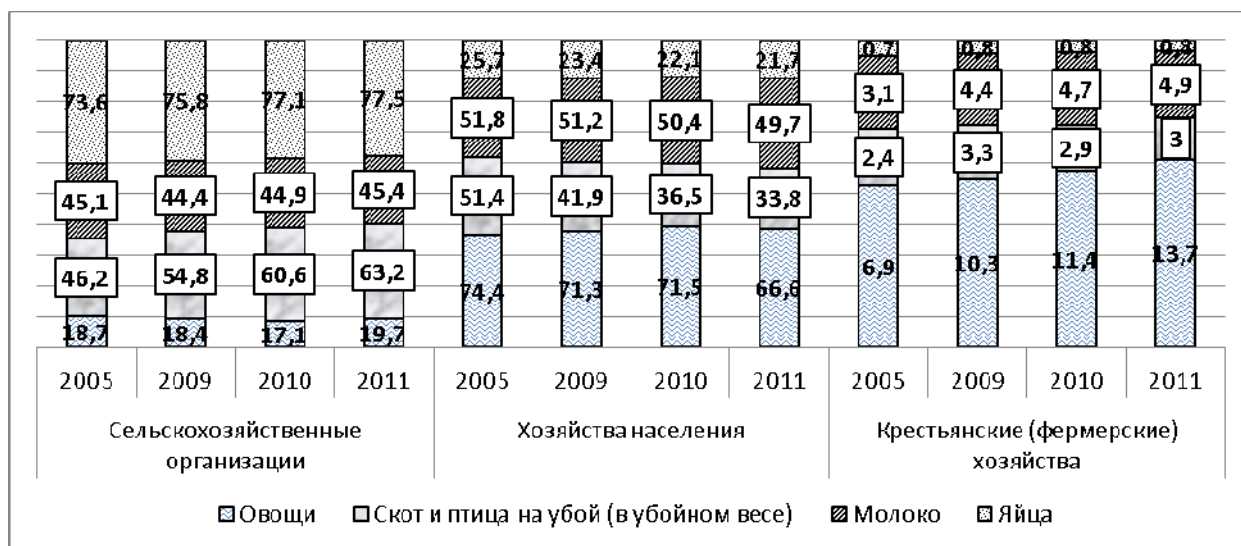


Рисунок 2 - Структура производства основных продуктов животноводства (в % от объема производства в хозяйствах всех категорий) по данным Росстата [4]

Фермерские хозяйства, включая индивидуальных предпринимателей, производят 8,9 % от общего объема производства сельскохозяйственной продукции в хозяйствах всех категорий, в том числе 7,4 % картофеля, 13,7 % овощей, 3,0 % и 4,9 % мяса и молока соответственно. Вместе с тем производство фермерами подсолнечника приближается к 28 % от объема его производства в хозяйствах всех форм собственности, что свидетельствует о преобладании у них экономических стимулов и ориентации на прибыль в ущерб агроэкологическому и фитосанитарному состоянию земель. Очевидно, что снижение почвенного плодородия не оправдывается необходимостью в производстве из семян подсолнечника шротов – важной составляющей белка в кормовом балансе животных.

Чрезмерные ожидания от абсолютизации курса на крестьянское (фермерское) хозяйство также не оправдались, как и ожидания, что с развитием фермерства на селе сформируется ответственный хозяин-собственник, обеспечивающий бережное отношение к земле, и появится важный источник создания рабочих мест на селе. Аграрный кризис, обусловленный институциональными преобразованиями на начальных стадиях реформирования сельского хозяйства, повысил роль семейного хозяйствования в мотивации экономической активности российских крестьян.

Личные подсобные хозяйства, для которых явления «самоэксплуатации», «семейной сети», инстинктов самосохранения и продолжения рода, инициативы, традиций и культуры (коллективизм, индивидуализм и т.п.) выше, чем в коллективном хозяйстве, лидируют в производстве картофеля и овощей, отличающихся насыщенностью технологической карты производства и требующих больших затрат ручного труда (рис. 1).

Существенен вклад этих хозяйств в формирование российского рынка мясных и молочных продуктов питания (рис. 2). В определенной мере рост долевого участия семейного хозяйства в объемах производства сельскохозяйственной продукции связан с сокращением производства сельскохозяйственными

предприятиями. Вместе с тем присущая мелкотоварному производству разобщенность, осложненная отсутствием господдержки, не позволяет мелкотоварным сельхозпроизводителям получить доступ к современным технологиям и полный пакет «бизнес-услуг». Это – и отсутствие соответствующих кредитных систем и рынков сбыта, чрезвычайно низкие субсидии и дотации на сельскохозяйственную продукцию, а также отсутствие инфраструктуры сельскохозяйственной кооперации, призванной содействовать мелкотоварным производителям, включая ЛПХ.

В указанной ситуации более правильным представляется, чтобы мелкое семейное подсобное хозяйство, соответствуя своему определению, оставалось подсобным, сохраняя присущий ему потребительский характер, не обретая статуса товарного, так как экономические и физические возможности хозяйств населения чрезвычайно разнятся и не каждому из них под силу решение последней задачи. Не стоит забывать и о демографической проблеме, проявляющейся в том, что лучшие образованные молодые люди не стремятся работать в личном хозяйстве, что делает сложившуюся в России структуру производства важнейших сельскохозяйственных продуктов достаточно неустойчивой.

Изменение индекса производства продукции сельскохозяйственными организациями по годам в ряду наблюдений 1992...2009 гг., по большей части составляет 3-5 %, т.е. находится в пределах статистической погрешности. Последнее свидетельствует об устойчивости этих организационных структур в условиях кризиса, острого дефицита материально-технических ресурсов, диспаритета цен и пр. факторов неблагоприятной экономической среды, связанных с реализацией реформы аграрного сектора, ориентированной на мелкотоварное производство. К преимуществам крупнотоварного производства относятся: возможность концентрации капитала, позволяющей снижать уровень постоянных затрат в расчете на единицу продукции, делая производство более эффективным; снижение издержек за счет оптимального использования современных технологий; расширение ассортимента производимой продукции, обеспечивающее противостояние неблагоприятным экономическим и природным факторам, решение вопросов социального развития. Крупные сельскохозяйственные предприятия обеспечивают для мелкотоварного производства, включая фермерство, и формирование широкой инфраструктуры (предприятий по переработке сельхозпродукции, по ремонту техники, сбыта овощей, мяса, молока, масла, заправочных станций ГСМ и т.п.).

Отсутствие Государственной статистической отчетности затрудняет доступ к данным о наличии, состоянии и использовании мелиорируемых земель в условиях изменившихся собственности на землю и мелиоративные системы. Согласно материалам территориальных ФГУ по мелиорации земель, собранным и систематизированным в составе исследований ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, государственная форма собственности (федеральная и собственность субъектов федерации) мелиоративных систем обеспечивает более высокую эффективность использования мелиорируемых земель. Урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях коллективного землепользо-

вания крупнотоварных хозяйств, обслуживаемых системами государственной формы собственности, превышает урожайность тех же культур на землях, обслуживаемых системами, находящимися в собственности граждан и юридических лиц, на 30 %, 13 % и 16% соответственно для кормовых культур, однолетних трав и зерновых. И это при том, что доля площадей с неудовлетворительным состоянием на системах государственной формы собственности на 11 % выше доли таких площадей на системах, находящихся в собственности граждан и юридических лиц. Урожайность на осушаемых землях, обслуживаемых системами государственной формы собственности, на 13 % выше для зерновых культур, на 48 % - для технических культур, на 8 % - для многолетних трав по сравнению с урожайностью земель, обслуживаемых системами, находящимися в собственности граждан.

Полученный результат совпадает с результатами исследований исторического опыта землевладения и землепользования мелиорируемых земель в сельском хозяйстве России, свидетельствующего о предпочтительности коллективного землепользования орошаемых и осушаемых земель. В этой связи представляется правильным при решении вопросов восстановления, реконструкции и нового строительства мелиоративных систем в качестве приоритетного рассматривать развитие мелиорации в сельхозпредприятиях, на площадях крупных землевладельцев, а также в составе инвестиционных мелиоративных проектов, имеющих важное социально-экономическое и экологическое значение для региона.

В целом результаты исследований статистических данных показали, что в сельском хозяйстве современной России действуют два противоречивых фактора. С одной стороны - личные интересы крестьян-домохозяев, ведущие к укреплению семейных хозяйств, как основного источника продовольствия и доходов сельской семьи, с другой - интересы большинства работников сельхозпредприятий, желающих сохранить свою занятость и профессию по узкой специализации, способствующие сохранению крупных форм производства. Оценить однозначно влияние этих организационных форм и формы собственности в ряду статистических данных и исторического опыта на эффективность производства сельскохозяйственной продукции не представилось возможным, и приверженцы каждого направления имеют право оставаться при своем мнении. Этим обусловлена потребность в изучении эффективного пути преобразования организационных структур на селе еще и по данным теоретических исследований в области организационного поведения хозяйственных структур.

Это направление, не отличающееся многочисленностью исследований, получило серьезное развитие, в основном, в трудах ученых Тверского государственного университета [5], создавших методику оценки эффективности российских аграрных предприятий различных форм собственности. Решалась задача по выявлению организационных структур, присущих российскому аграрному сектору, позволяющих не повторяя пути зарубежных конкурентов, выйти вперед. Показателем эффективности принята производительность труда, которая может быть достигнута при оптимальной организации в предприятии, ис-

пользовании новых достижений науки и техники и учете взаимодействия персонала и предприятия (отношение персонала к организации, взаимоотношение между собой, стремлением к достижению цели и т. п.). Рассматривалась не реально существующая степень реализации функций предприятия в настоящий период, а потенциально возможная, присущая данной организационной структуре.

Согласно выполненным исследованиям для личных подсобных хозяйств, где работник выполняет все операции по производству продукции, применима лишь, так называемая, до тейлоровская система менеджмента, характеризуемая минимальной производительностью труда. Крестьянские фермерские хозяйства, сельхозпредприятия с коллективной формой собственности, аграрные компании могут быть отнесены к классу предприятий, для которых возможна реализация тейлоровской концепции менеджмента с директивно-принудительной формой развития. В такой организации отношение к работнику определяется формулой «заставляй и контролируй», взаимодействие предприятия и работника осуществляется на уровне определения алгоритмов выполнения работы. При этой системе управления производительность труда может быть повышена в 2...2,3 раза по сравнению с до тейлоровской системой за счет ужесточения контроля и задания напряженных нормативов.

Дальнейшее повышение производительности возможно за счет совершенствования технической и технологической оснащенности организации и изменения отношения к работнику. В первую очередь в части учета таких важнейших психологических факторов, как степень удовлетворения эгоистических и социальных потребностей работника, что позволяет преодолеть присущие тейлоровской системе недостатки и перейти к концепции менеджмента следующего более высокого уровня в иерархической структуре управления. При этом работники взаимодействуют с организацией уже на уровне производственных задач, а не алгоритмов. Повышение эффективности предприятия при переходе от тейлоровской системы менеджмента к рассматриваемой концепции менеджмента возможно в 1,4 раза.

Очевидно, что в современных реалиях повышение производительности труда в агропредприятиях страны возможно, в основном, за счет роста технико-технологической оснащенности хозяйства, так как механизм повышения производительности труда в указанных предприятиях за счет удовлетворения социальных потребностей работников, по существу, ликвидирован. Так, основополагающей целью функционирования фермерских хозяйств является удовлетворение эгоистических потребностей самого собственника – фермера, а не работника, у которого удовлетворяются первичные потребности и потребности в безопасности. Создание на селе клубов, спортивных комплексов, детских садов и т.п. на средства таких хозяйств не практикуется в настоящее время и маловероятно в ближайшем будущем. Аграрные компании могут взяться за удовлетворение каких-то социальных потребностей работника только с целью избежать социальной напряженности.

Вместе с тем класс предприятий, подходящих для реализации рассматриваемой концепции управления имеется и за рубежом. Зарубежные фермеры и

аграрные компании также могут повышать производительность труда за счет роста технико-технологической оснащенности хозяйства. Следовательно, ориентация на развитие класса предприятий с директивным развитием и элементами индивидуального и коллективного творчества в рамках указанной теории позволяет российскому аграрному сектору, в условиях адаптации к «местным» условиям лучших мировых достижений, выйти только на примерно равные потенциальные возможности с зарубежным сельским хозяйством, оставаясь при этом в статусе вечного догоняющего.

Следующий уровень роста производительности труда в предприятии обеспечивает реализация концепции управления, базирующаяся на теории производственной демократии. Для организаций, придерживающихся этой теории, характерно творческое участие работников не только в решении производственных задач на уровне своего рабочего места, но и задач управления предприятием в целом. В результате создается атмосфера соучастия каждого работника в развитии своего предприятия и в наибольшей степени проявляется социальная направленность организации. Такие предприятия находятся в состоянии коллективного творческого саморазвития. Одним из наиболее перспективных способов перевода предприятий в более эффективное состояние является обобщение индивидуальных знаний и выработка коллективного решения. Психология соучастия и коллективного творчества сказывается и на качестве управления. В результате эффективность таких предприятий по сравнению с предыдущим классом повышается вдвое. Применительно к аграрному сектору экономики такую стратегию развития наиболее полно могут реализовать коллективные хозяйства, где каждый работник является собственником, а хозяйства расположены компактно, что стимулирует нацеленность работника на получение новых знаний, готовность к активному обмену знаниями и выработке коллективных решений.

Таким образом, по критерию потенциальной эффективности (производительности труда) организационные структуры в российском аграрном секторе располагаются следующим образом (от лучшего к худшему) – коллективные хозяйства, аграрные компании, крестьянские (фермерские) хозяйства. В этой структуре не рассматриваются агрохолдинги, набирающие все большую популярность в аграрном секторе экономики страны, которые при интеграции в своем составе коллективных хозяйств и стремлении к переводу в более высокий класс управления также могут быть конкурентоспособными.

Авторы методики акцентируют внимание на отсутствии за рубежом коллективных хозяйств, за исключением стран СНГ и, в определенной мере, Израиля, что позволит российскому аграрному сектору при переводе бывших колхозов в класс коллективов творческого саморазвития «срезать» дистанцию в конкурентной гонке производителей сельскохозяйственной продукции на международном уровне.

Подводя итоги выше изложенного, следует отметить:

1. Проблемы выбора форм землепользования и оценки эффективности организационных структур сельского хозяйства не являются новыми для России,

где реформы осуществлялись перманентно на протяжении, по крайней мере, последних 150 лет. Несмотря на многочисленное реформирование аграрного сектора только в XX веке – столыпинская реформа, "военный коммунизм", коллективизация, до сих пор отсутствует всесторонне разработанная стратегия аграрного развития адекватная интересам села и интересам всего общества, реализация которой могла бы стать приоритетным мероприятием текущей реформы, претворяемой в жизнь с 1991 г.

2. Анализ статистических показателей эффективности производства продукции в аграрных хозяйствах различной организационной структуры, а также социологических исследований выявил:

- повышение роли семейного хозяйствования в мотивации экономической активности российских крестьян; неоспоримое преимущество личные подсобные хозяйства имеют в производстве основных продуктов животноводства и сельскохозяйственной продукции, что требует больших затрат ручного труда;

- несостоятельность ориентации на курс абсолютизации крестьянских (фермерских) хозяйств, не выдержавшей испытания временем: индекс производства продукции сельского хозяйства крестьянских (фермерских) хозяйств, который в 1990...2000 гг. (в первое десятилетие их становления) повысился с 96,7 % до 136,3 % , достиг к 2009 г. 97 %, т. е практически, своего первоначального значения; учитывая многообразие задач, решаемых хозяйствующими субъектами на селе, крестьянские (фермерские) хозяйства должны найти свою «нишу», связанную со снижением социального напряжения в обществе, вызываемого безработицей;

- стабильность индексов производства продукции сельскохозяйственными организациями, изменение которых в ряду длительных наблюдений находится в пределах статистической погрешности; это свидетельствует о жизнеспособности бывших колхозов и совхозов, а также других коллективных хозяйств и акционерных сообществ и устойчивости указанной организационной производственной структуры в условиях очередного реформирования аграрного сектора, базирующегося на формировании сельскохозяйственного производства на основе частной собственности на землю и личной предприимчивости производителей сельскохозяйственной продукции;

- назревшую потребность в изменении методологических принципов реформирования агросектора России, преимущественно ориентированного на стратегию моноразвития и направленного на формирование производителя сельскохозяйственной продукции, а чаще всего агросырья. При кажущейся экономической эффективности указанный фактор играет негативную роль в социальном развитии сельских поселений, что обуславливает переход к стратегии комплексного развития сельских территорий, обеспечивающей, помимо производственной инфраструктуры, развитие туристической индустрии, бытовых, информационных, транспортных и иных услуг. Такой подход способствует замедлению миграционных процессов, позитивно сказывается на решении социально-экономических проблем и наилучшим образом сочетается с формирова-

нием на селе агропредприятий, обладающих потенциально высоким уровнем управления и эффективностью производства, что в сфере организационных структур российского села в наибольшей мере характерно для коллективной формы хозяйствования.

3. Степень развития землепользования орошаемых и осушаемых земель является важнейшим показателем потенциала сельского хозяйства в решении продовольственной проблемы государства, а специфические свойства гидромелиоративных систем требуют, по возможности, компактного расположения мелиорируемых земель и использования значительной части мелиоративных фондов в форме коллективной собственности.

При решении вопросов восстановления, реконструкции и нового строительства мелиоративных систем в качестве приоритетного следует рассматривать развитие мелиорации в сельхозпредприятиях, на площадях крупных землевладельцев, в составе инвестиционных мелиоративных проектов, имеющих важное социально-экономическое и экологическое значение для региона. Это связано с требованием высокой эффективности проводимых мероприятий, которое трудно обеспечить в условиях мелкотоварного производства на площади фермерских и тем более личных подсобных хозяйств.

Список использованных источников

1. История землепользования /<http://meget.kiev.ua/arenda-nedvizimosti/arenda-zemli/istoriya-zemlepolzovaniya/>.
2. Маслов Б.С., Колганов А.В., Гулюк Г.Г., Гусенков Е.П. История мелиорации в России. / Б.С. Маслов, А.В. Колганов, Г.Г. Гулюк, Е.П. Гусенков – М.: Росинформагротех, 2002. Т.1, Т.2, Т.3.
3. И.Ф. Юрченко, А.К. Носов Эффективность организационно-правовых форм использования мелиорируемых земель. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012 -№ 6.
4. www.gks.ru. Данные сайта Федеральной службы государственной статистики.
5. Яшник А. Аграрная реформа в России: прогноз возможных направлений / А. Яшник // АПК: экономика, управление. 2008.-№1.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Кизяев Б.М., Кирейчева Л.В. СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ МЕЛИОРАТИВНОЙ НАУКИ В ИНСТИТУТЕ	3
<i>КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ</i>	
Абдешев К.Б., Мустафаев Ж.С., Карлыханов Т.К. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ОСВОЕНИИ	9
Беленков А.И., Сабо У.М. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ НИГЕРИЯ ...	13
Бородычев В.В., Храбров М.Ю., Гуренко В.М., Майер А.В., Бородычев С.В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВЫ- РАЩИВАНИИ ЭЛИТНЫХ САЖЕНЦЕВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ ПОВОЛЖСКОГО РЕГИОНА	18
Головинов Е.Э., Лытов М.Н. ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ РАБОТЫ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИВОВ	23
Губер К.В. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЛИВА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ	28
Гуренко В.М., Майер А.В., Стешенко Е.С. ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ПЕРЦА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАННЕЙ ПРОДУКЦИИ В ТОННЕЛЬНЫХ УКРЫТИЯХ ...	35
Дедова Э.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ – ВАЖНЫЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АПК РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ	39
Дергачева И.В. Новиков А.А. Бородычев В.В., Гуренко В.М. ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ЮГЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	49
Добрачев Ю.П., Бубер А.Л., Кирейчева Л.В., Лурье М.В., Пыленок П.И. МЕТОДОЛОГИЯ ОБОСНОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ОБЪЕКТОВ ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СКИОВО	54
Евсенкин К.Н., Перегудов С.В., Нефедов А.В., Фомкин А.В., Иванникова Н.А. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРИТЕЛЬНОГО МЕЛИОРАНТА НА ПЛОДОРОДИЕ И УРОЖАЙ	62

Икромов И.И., Губер К.В. НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНОГО ОРОСИТЕЛЯ СИСТЕМЫ НИЗКОНАПОРНОГО МИКРОДОЖДЕВАНИЯ	66
Ильинский А.В., Перегудов С.В. ОБОСНОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ	69
Кирейчева Л.В., Ильинский А.В., Московкина Л.И. ИЗУЧЕНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ НОВОГО СПОСОБА ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕЛИОРАНТОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЁННОЙ МЫШЬЯКОМ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЫ	74
Кирейчева Л.В., Максименко В.П., Меньшикова С.А. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ-РАЗРЫХЛИТЕЛЕЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РУКОЛЫ (ИНДАУ) НА ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ	80
Кониева Г.Н., Пюрбеев Б.Г. ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО МЕЛИОРАНТА НА УРОЖАЙНОСТЬ РИСА В ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ	85
Конторович И.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ИСПАРЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД	89
Корягин В.А., Корягина Л.М. СЦЕНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТ СКЛОНОВОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРИ ИХ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В РЯДЕ РЕГИОНОВ РОССИИ	94
Кузнецова Е.И., Никифоров С.В., Доценко С.Г. ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПРИ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРА- ТИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	98
Ламскова М.И., Филимонов М.И., Новиков А.Е., Константинова Т.Г. К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАПЛИ НА ПОЧВЕННЫЕ АГРЕГАТЫ	102
Максименко В.П., Губин В.К., Кудрявцева Л.В. ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НО- ВЫХ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ	107
Молоканцева Е.И., Головатюк О.В. ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	111

Невежина А.Б. ЗАВИСИМОСТЬ ПЛАНИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ РИСА ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И ДОЗ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ОРОШЕНИИ	116
Николаенко А.Н., Максименко В.П. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ОСОЛОНЦЕВАНИЯ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ	119
Ольгаренко В.И. ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ ЛЕТНЕГО СРОКА ПОСАДКИ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ЮГЕ РОССИИ	128
Печенина В.С., Носова Е.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЦЕНТРА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ	133
Пуховская Т.Ю., Павлов В.Ю. ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НА- ПРАВЛЕНИЕ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫМ РЕЖИМОМ АГРОЛАНДШАФТОВ	143
Пуховская Т.Ю., Пуховский А.В. ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТ- НОГО СПЕКТРОМЕТРА СПЕКТРОСКАНА В АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ МОНИТОРИНГОВЫХ ОБСЛЕДОВАНИЯХ ПОЧВ	148
Пыленок П.И. НАУЧНО-ОБОСНОВАННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ОБЪЕКТА «ЗАВИДОВО»	152
Пюрвенов Ч.А., Шамсутдинов Н.З. КАМФОРΟΣМА ЛЕССИНГА (<i>SAMPHOROSMA LESSINGII</i>) – ЦЕННОЕ КОРМОВОЕ РАСТЕНИЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНО- СТИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПАСТБИЩ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ	158
Рябцев А.Д., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ПРЕДЕЛЬНО- ДОПУСТИМОГО УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КАЗАХСТАНА	162
Сазанов М.А. КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУК- ЦИЙ СИСТЕМ ЛИМАННОГО ОРОШЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛМЫКИИ	167
Санжеев В.В., Шамсутдинов Н.З., Нидюлин В.Н. ХАРАКТЕР РОСТА И ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОЛЯНКИ ВОСТОЧНОЙ (<i>SALSOLA ORIENTALIS</i>) И КОХИИ ПРОСТЕРТОЙ (<i>KOCHIA PROSTRATA</i>) В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ	174

Тарасьянц С.А., Дегтярева К.А., Вакуленко Ю.С. ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ И ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ДЛЯ УДОБРИТЕЛЬНЫХ ПОЛИВОВ СЕЛЬСКО- ХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	179
Храбров М.Ю., Губин В.К., Колесова Н.Г., Кудрявцева Л.В. СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ФИТОКЛИМАТА ОРОШАЕМОГО ПОЛЯ	183
Чапланова М.П., Бюрбеева Г.В. ВЫРАЩИВАНИЕ РИСА В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ КАЛМЫКИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОСТИМУЛЯТОРОВ РОСТА	189
Шамсутдинов Н.З. ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ КАК НАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ	194
Шевченко В.А., Новиков С.А. ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ	199
Яшин В.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОД НИЗКОГО КАЧЕСТВА ДЛЯ ОРОШЕНИЯ В ИНДИИ	207

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ: НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Вербицкий В.С. МАСШТАБИРОВАНИЕ НАТУРНЫХ ОТКРЫТЫХ ПОТОКОВ	214
Волынов М.А. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ МЕЛКОЙ ВЗВЕСИ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ	233
Гловацкий О.Я., Шомайрамов М.А. НОВЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИФОННЫХ ВОДОВЫПУСКОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ ДЛЯ СРЫВА ВАКУУМА ...	238
Кушер А.М. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ И ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ	243
Медведев С.С., Изиев Б.И. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ БЕРЕГОВ НА ПРЕДГОРНЫХ УЧАСТКАХ РЕК	248
Рустамов Ш.Р., Эргашев Р.Р., Насырова Н.Р. МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОДОПОДВОДЯЩИХ УСТРОЙСТВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ	252

Щербаков А.О., Медведев С.С. РАЗРАБОТКА НОВЫХ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТВЕРДОГО И ЖИДКОГО СТОКА НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ	256
---	-----

***ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
МЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ***

Абдулмажидов Х.А., Теловов Н.К. ПРИМЕНЕНИЕ КАНАЛООЧИСТИТЕЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДНА КАНАЛОВ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ	265
Бедретдинов Г.Х. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ УКЛАДКИ ДРЕНАЖА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	270
Ефремов А.Н. ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ НА РИСОВЫХ ЧЕКАХ	279
Кизяев Б.М., Мартынова Н.Б. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФЦП «РАЗВИТИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА 2014-2020 ГГ.»	289
Мартынова Н.Б. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ПОЧВЕННОЙ ЭРОЗИЕЙ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СНЕГОТАЯНИЯ	294
Новиков А.Е., Пындак В.И. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СРЕДСТВ ДЛЯ ДРЕНИРОВАНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ	299
Першина О.Ф. ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВКИ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ С МАЛОМОЩНЫМ ПЛОДОРОДНЫМ СЛОЕМ ПОЧВЫ	304
Пунинский В.С., Бедретдинов Г.Х. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ	313
Ревин Ю. Г., Насонов С. Ю. РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ВЫРОВНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЛАНИРОВЩИКОВ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ	321
Сметанин В.И., Насонов А.Н., ²Цветков И.В., Жогин И.М. ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАВОДКОВЫХ НАВОДНЕНИЙ И СПОСОБЫ ИХ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ	325
Теловов Н.К., Абдулмажидов Х.А., Шмонин В.А. КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ ПОЧВ	330

Хрипченко А.В. ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	333
---	-----

ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Акопян А.В., Слабунов В.В. ПОТЕНЦИАЛ КАСКАДА МАНЫЧСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ В РАЗРЕЗЕ РАЗВИТИЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА НИЖНЕМ ДОНУ	337
Дунаева Е.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА РЕЧНОЙ СТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ MWSWAT (НА ПРИМЕРЕ Р. САЛГИР)	342
Исаева С.Д., Овчинникова Е.В., Быстрицкая Н.С., Наумова Т.В., Бондарик И.Г. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВОДОПОЛЬЗОВА- НИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ	346
Камолидинов А.К., Гафаров Б.А. МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИСФАРА, РАЗВИТИЕ ВОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА	352
Камолидинов А. К., Гафаров Б. А. ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РОСТА	357
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А., Гетьман Е.Н. РОЛЬ МОРФОЛОГИИ СКЛОНОВ В ФОРМИРОВАНИИ СОВРЕМЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ	362
Кравцова Е.В., Карпенко Н.П. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ РЕДАКТОРА ДЛЯ УЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ВОДОСБОРАХ	367
Лентяева Е.А. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СПРАВОЧНИКОВ НДТ ПО ОЧИСТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД	372
Лялин Ю.С. МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ	379
Мажайский Ю.А., Гусева Т.М. ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА РЕКИ ОКИ	386

Макарычева Е.А. ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МОДЕЛИ НАПОРНОГО ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ	390
Макарычева Е.А. К ОБОСНОВАНИЮ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОРОШЕНИЯ	394
Мустафаев К.Ж. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОДОЕМКОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕН- НЫХ БАССЕЙНОВ КАЗАХСТАНА	399
Сазанов М.А., Дедова Э.Б., Очиров В.В. ПРИНЦИПЫ ЗОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЛИВНЫХ ВОД ДЛЯ УСЛОВИЙ КАЛМЫКИИ	403
Стрельбицкая Е.Б., Соломина А.П. ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД С ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНЫЕ ВОДОЕМЫ	409
Толкачѳв Г.Ю. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ИВАНЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ	418

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАЦИИ

Бородычев В.В., Лытов М.Н. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	422
Куприянов И.В., Быстрицкая Н.С., Овчинникова Е.В. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА	429
Сельмен В.Н. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ	433
Юрченко И. Ф., Носов А. К. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ ФОРМЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ	437

**КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ –
СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Материалы юбилейной международной
научно-практической конференции**

Компьютерный набор
Компьютерная верстка

- Е.Н. Гетьман
- Н.В. Бражникова

Тираж 300 экз.