

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

**МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО:
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

Материалы международной
научно-практической конференции
(Костяковские чтения)

29-30 марта 2016 г.

Том I

Москва 2016

УДК 631.6
ББК 40.6

Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. Материалы международной научной конференции. **Том I.** – М.: Изд. ВНИИА, 2016.- 452 с.
ISBN 978-5-9238-0213-9

В настоящем сборнике публикуются материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти основоположника мелиоративной науки Алексея Николаевича Костякова. Рассмотрен широкий круг вопросов, включающий стратегию развития мелиорации на современном этапе, вопросы водообеспеченности в АПК, гидротехническое строительство и гидротехнические сооружения, современные технологии производства мелиоративных работ. Значительная часть работ посвящена вопросам проведения и экологического обоснования комплексных мелиораций в различных регионах России и странах СНГ, использованию мелиорируемых земель в сельскохозяйственном производстве.

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
ББК 40.6

ISBN 978-5-9238-0213-9

© ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2016
© ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2016

Б.М. Кизяев

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

16 марта 2016 года исполнилось 129 лет со дня рождения Алексея Николаевича Костякова – выдающегося ученого, педагога и организатора мелиоративной науки, члена-корреспондента АН СССР, академика ВАСХНИЛ, заслуженного деятеля науки и техники, профессора, доктора технических и сельскохозяйственных наук.

Алексей Николаевич Костяков окончил инженерное отделение Московского сельскохозяйственного института в 1912 г. и был оставлен в нем для научной работы. Организовал гидромодульные, а затем опытно-мелиоративные исследования в Средней Азии, Закавказье, на Северном Кавказе, в Поволжье. Эти работы стали началом создания сети опытных мелиоративных станций на территории страны.

Для научно-методологического объединения опытно-мелиоративных работ под руководством А.Н. Костякова была организована и построена первая в стране крупная мелиоративная лаборатория, на базе которой в 1923 г. был основан Государственный НИИ сельскохозяйственных мелиораций, преобразованный в дальнейшем во ВНИИГиМ, научным руководителем которого он был вплоть до конца жизни.

Алексей Николаевич Костяков впервые сформулировал и разработал основы науки о мелиорации земель, входящей ранее прикладной частью в сельскохозяйственную гидротехнику. Разработал метод расчета режима орошения сельскохозяйственных культур на основе водного баланса, методы расчета оросительных и осушительных систем, дренажа и промывок, систему мер по борьбе с засолением и заболачиванием орошаемых земель, теорию самотечного орошения по бороздам и полосам, ввел понятие гидромодуля.

Параллельно с большой творческой научной деятельностью профессор А.Н. Костяков вел педагогическую работу на кафедре сельскохозяйственной мелиорации Московского СХИ (позднее Петровская, затем Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева), организованной им в 1919 году. Создал первую научную школу в области мелиорации земель в МГМИ и ВНИИГиМ. Подготовил тысячи инженеров-гидромелиораторов, десятки кандидатов наук.

А.Н. Костяковым опубликовано более 150 научных работ, среди них фундаментальный труд «Основы мелиораций» (переиздан шесть раз) - основное пособие и по сей день для студентов, научных работников и специалистов в области мелиорации и водного хозяйства. В этой книге ученый сформулировал основные положения мелиоративной науки, изложил способы и методы эффективного использования водного режима почв и территорий, конструкции и методы расчета гидромелиоративных систем для всех природно-хозяйственных зон страны. По широте постановки вопросов и глубине их разработки труд "Основы мелиораций" не имеет аналогов в мире.

В 1952 году за этот труд автору была присуждена Государственная премия первой степени.

А.Н. Костяков – участник разработки плана ГОЭЛРО; автор перспективного плана развития мелиорации в СССР. Он возглавлял ряд правительственных комиссий по приемке крупнейших оросительных объектов, таких как Ферганский и Невинномысский каналы, Катта-Курганское водохранилище и др., участвовал в экспертизе проектов орошения в Заволжье, на юге Украины, Северном Кавказе, в Закавказье, Средней Азии и др.

Заслуги А.Н. Костякова были высоко оценены страной: он награжден двумя орденами Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени, дважды ему присуждалась Государственная премия.

В память о великом ученом и педагоге его имя присвоено ВНИИГиМ, а перед зданием Московского гидромелиоративного института (ныне Московский государственный институт природообустройства им. А.Н. Костякова) установлен бюст ученого. Одна из улиц Тимирязевского района Москвы названа именем А.Н. Костякова. Учреждена Золотая медаль имени А.Н. Костякова, которая с 1972 года вручается ученым за выдающиеся успехи в гидротехнике и мелиорации. Среди ее лауреатов С.Ф. Аверьянов, Б.А. Шумаков, В.М. Зубец, Ц.Е. Мирцхулава, К.Ф. Артамонов, А.И. Мурашко, Б.Б. Шумаков, Б.С. Маслов, И.П. Айдаров, Н.И. Парфенова.

В 1986 году принято правительственное постановление о проведении Чтений им. А.Н. Костякова (Костяковских чтений).

Среди выдающихся его учеников-мелиораторов были: Астапов С.В., Брудастров А.Д., Замарин Е.А., Розов Л.П., Шаров И.А., Царевский А.М., а в последствии Бобченко В.И., Кац Д.М., Маламут Д.Л. 100-летие со дня рождения в 2015 г. мы отметили, а сегодня на конференции отметим вклад их учеников в развитие науки.

УДК 631

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В РОССИИ

Л.В. Кирейчева

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

Рост населения в мире и спрос на продовольствие в обозримом будущем будет резко возрастать. Россия потенциально может стать значительным экспортером сельскохозяйственной продукции на мировом рынке, так как обладает достаточными земельными и водными ресурсами. Однако, сложившиеся в настоящее время макроэкономические условия и введение санкций представляют определенные риски и угрозы для обеспечения продовольственной безопасности России. Для эффективного развития страны требуется увеличение производства мяса скота и птицы (в живой массе) до 14,1 млн. т, молока до 38,2 млн. т, зерна 100-110 млн. т, кормов, не менее 90 млн. т к.е. (кормовых единиц). Учитывая, что по природно-климатическим условиям Россия находится в зоне рискованного земледелия: дефицит осадков наблюдается на 80 % пахотных земель в стране, а избыточное переувлажнение характерно для 10 % пашни, при этом значительные площади сельскохозяйственных угодий подвержены засолению, подкислению и другим видам деградации. Это еще более осложняется аридизацией климата. По данным наблюдений российских метеостанций среднегодовая температура воздуха в России за последние 100 лет выросла на 1°C (что значительно выше, чем в среднем в мире), из них на 0,4 °C – только за последнее десятилетие 20 века. Рост среднегодовой температуры воздуха в большей степени проявляется в Европейской части России и в Восточной Сибири. Изменение климата прямым образом влияет на сельское хозяйство и является одним из самых серьезных рисков для сельского хозяйства. Учащающиеся случаи экстремальных погодных явлений, изменение количества осадков и температурных показателей ведет к снижению урожайности и роли аграрного сектора в ВВП. В обеспечении устойчивости сельского хозяйства при изменении влагообеспеченности территории значительную роль играет мелиорация.

В Российской Федерации в конце 80-х годов прошлого века с мелиорированных земель, занимавших 7,9 % пашни, получали продукцию в стоимостном эквиваленте равную 15...17 % валовой продукции растениеводства.

В 2015 году из имеющихся в России 4,26 млн га орошаемых земель в сельскохозяйственном производстве фактически использовалось 3,27 млн га, а из 4,78 осушенных земель в сельскохозяйственном обороте использовано 3,38 млн га, было фактически полито 1,35 млн га при объеме водозабора на орошение 7,2 км³. Площадь используемых мелиорируемых земель в настоящее время составляет 5,8% от площади пашни. На мелиорированных землях в настоящее время производят до 70 % овощей, более 20 % грубых и сочных кормов, 100% риса, значительное количество другой продукции растениеводства. В Европейской части РФ размещается 62,4 % всех мелиорируемых угодий. Учитывая, что основные объекты водохозяйственного мелиоративного комплекса, созданные в 60-е годы XX столетия, практически исчерпали свой ресурс и в значительной степени работоспособность, их дальнейшая эксплуатация связана с риском повышения количества чрезвычайных ситуаций, отказами оборудования, ухудшением мелиоративного состояния как орошаемых, так и осушаемых сельхозугодий, а также прилегающих к ним земель. Так как значительного эффекта от мелиорации ожидать не приходится, необходимо обеспечить не только восстановление всего имеющегося в стране мелиоративного фонда, но и стимулировать дальнейшее инновационное развитие мелиоративного сектора.

В составе Госпрограммы-20 [1] с 2014 г. начала функционировать разработанная Минсельхозом России и утвержденная Правительством Российской Федерации 12 октября 2013 г. Федеральная целевая программа "Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на 2014-2020 годы" (далее Программа мелиорации) [2]. Ее выполнение должно обеспечить к 2020 г. рост продукции растениеводства на 128 %, ввод в эксплуатацию 840,96 тыс. га мелиорированных земель, освоение вышедших из оборота 343,13 тыс. га сельскохозяйственных угодий, защиту от ветровой эрозии и опустынивания 1 млн га.

На финансирование мероприятий Программы до 2020 года за счет средств федерального бюджета, консолидированных бюджетов субъектов Российской Федерации и средств внебюджетных источников было предусмотрено 163,06 млрд рублей, в том числе:

- из федерального бюджета – 74,53 млрд рублей, из них на капитальные вложения – 46,88 млрд рублей, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы – 0,08 млрд рублей, прочие нужды – 27,56 млрд рублей;
- из бюджетов субъектов Российской Федерации и муниципальных образований – 24,77 млрд рублей, из них на капитальные вложения – 7,0 млрд рублей, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы – 0,12 млрд рублей, прочие нужды – 17,65 млрд рублей;
- из внебюджетных источников – 63,76 млрд рублей, из них на капитальные вложения – 56,0 млрд рублей и прочие нужды – 7,76 млрд рублей.

В 2015 году ресурсное обеспечение мероприятий Программы за счет средств всех источников финансирования предусматривалось в объеме 19,05 млрд рублей, в том числе из федерального бюджета - 7,82 млрд рублей, бюджетов субъектов Российской Федерации - 2,88 млрд рублей, внебюджетных источников - 8,31 млрд рублей.

Фактически объем выделенных средств на выполнение всего комплекса мероприятий Программы в 2015 году составил 15,59 млрд рублей или 80,9% от планового значения, из которых 7,85 млрд рублей – федеральный бюджет,

1,53 млрд рублей – региональные и местные бюджеты и 6,23 млрд рублей – внебюджетные источники.

Выполнение программы мелиорации должно способствовать и решению экологических задач, связанных с повышением надежности гидротехнических сооружений, обеспечением безаварийного пропуска противопаводковых вод, предотвращением процессов затопления и подтопления, защитой земель от водной эрозии.

Вместе с тем, действующая программа из-за недостаточного объема финансирования не обеспечит к 2020 г. необходимое производство высокобелковых кормов на мелиорируемых землях и не решит проблему продовольственной безопасности страны. По экспертным оценкам создание гарантированной кормовой базы потребует получения кормов с мелиорированных земель в объеме не менее 36 млн т корм. ед. В утвержденной Программе производство кормов, с учетом мероприятий по развитию гидромелиоративных систем, планируется в объеме 4,13 млн т корм. ед., что менее 5 % общей потребности. Запланированное к 2020 г. производство продукции по Программе мелиорации составляет от общего полученного объема в 2013 г.: кормов – 26 %, в пересчете на мясо крупного рогатого скота и птицы в убойном весе - 3,5, молока - 5,7, риса – 100, овощей – 35 %. Недостаточная роль программы мелиорации в общем объеме производства сельскохозяйственной продукции и импортозамещении требует ее корректировки путем максимального привлечения инвестиций и дальнейшего инновационного развития мелиоративной отрасли до 2030 г.

Для обоснования необходимой стратегии развития мелиорации была проанализирована реализация выполнения программы за 2014 и 2015 гг.

По данным Департамента мелиорации Минсельхоза России так же, как и в 2014 году, успешно выполнены мероприятия по защите земель от водной эрозии, предотвращение затопления и подтопления территорий за счет проведения противопаводковых мероприятий на 177,6%, от ветровой эрозии и опустынивания путем проведения агролесомелиоративных и фитомелиоративных мероприятий на 157,3%. При реализации Программы перевыполнен показатель «вовлечение в оборот выбывших сельскохозяйственных угодий за счет проведения культуртехнических работ». При плане 150 тыс. га было введено 185,88 тыс. га или 123,9 %.

Реализация мероприятий по строительству, реконструкции, техническому перевооружению мелиоративных систем общего и индивидуального пользования, обеспечила ввод в эксплуатацию 89,69 тыс. га мелиорированных площадей сельскохозяйственных угодий. Это явно недостаточно для дальнейшего эффективного развития, учитывая, что мелиоративные фонды вырабатывают свои сроки службы. Для того, чтобы ощутить эффект от мелиорации, необходимо опережающими темпами вводить новые площади. Наши исследования показали, что при техническом перевооружении гидромелиоративной системы продуктивность орошаемого гектара может увеличиться до 5,0 т корм. ед./га или в 1,8 раз, осушаемого до 3,5 или в 1,6 раза по сравнению с фактической. Реконструкция морально устаревших и физически изношенных мелиоративных систем и объектов с применением новых технологий, средств механизации полива, материалов позволит довести продуктивность орошаемого гектара до 7 т корм. ед./га, осушаемого - до 5 т корм. ед./га. Новое строительство с использованием современных достижений науки позволит внедрить ресурсосберегающие технологии в мелиорации и сельхозпроизводстве на мелиорируемых землях, ускорить строительство и обеспечить продуктивность земель до 9 т к.е./га на орошении и 7 т к.е./га на осушении [3]. Достижение планируемой урожайности может быть обеспечено, помимо внедрения инновационных технологий, разработкой специальных мелиоративных

севооборотов для возделывания сельскохозяйственных культур, формирующих высокобелковые, многокомпонентные кормовые смеси.

Таким образом, реализацию мероприятий Программы мелиорации до 2020 г. следует считать подготовительным этапом дальнейшего эффективного развития мелиоративного комплекса [4].

Стратегическое направление развитие мелиорации связано со строительством мелиоративных систем нового поколения. С целью обоснования развития и размещения мелиоративных систем нового поколения нами предложена новая методология обоснования продукционного потенциала сельскохозяйственных угодий комплексными мелиорациями на основе энергетической оценки мелиоративной деятельности, состояния почв и растительного покрова. В качестве основного показателя для энергетической оценки мелиоративной деятельности разработан новый показатель – *турбулентная энергоотдача*, представляющий собой разницу между радиационным балансом, энергией почвообразования и энергией, аккумулированной в почвенном гумусе и растениеводческой продукции. Это позволяет прогнозировать продукционный потенциал сельскохозяйственных угодий в зависимости от количества вкладываемой энергии при проведении мелиораций и перейти от вещественной оценки сельскохозяйственной деятельности к более унифицированной энергетической.

Для оценки эффективности проведения сценариев развития мелиораций в различных природно-сельскохозяйственных зонах были рассмотрены основные зонально-провинциальные типы почв Европейской территории России (ЕТР), для которых был выполнен расчет продуктивности в естественных условиях и при проведении оросительных мелиораций [5].

Исследования показали, что при коэффициенте увлажнения $K_u = 1,1$ создаются условия, соответствующие оптимальному водно-воздушному режиму почв и максимальной продуктивности до 8 т з.ед./га в естественных условиях. При этом незначительное переувлажнение при $K_u = 1,2$ будет являться существенным резервом для увеличения урожайности до 10,2 т з.ед./га.

Выполненный расчет энергетического состояния почвы в естественных условиях и при проведении гидромелиорации показал, что значения изменения энергетического состояния почв в естественных условиях закономерно увеличиваются в направлении от гумидной зоны к засушливой зоне - от $35,65 \cdot 10^2$ КДж/га (в дерново-подзолистых почвах) до $145,14 \cdot 10^2$ КДж/га (в бурых пустынно-степных почвах). При проведении оросительных мелиораций происходит увеличение изменения энергетического состояния почв - от $78,96 \cdot 10^2$ КДж/га (в дерново-подзолистых почвах) до $164,90 \cdot 10^2$ (в бурых пустынно-степных почвах).

Оценку энергоэффективности проведения комплекса мелиоративных воздействий в различных природных зонах Европейской территории России представляется возможным выполнить по работе, которую производит система, связанная с почвообразованием, гумусообразованием и производством растениеводческой продукции.

Коэффициент энергоэффективности (полезного действия оросительных мелиораций) можно определить как:

$$K_{\varepsilon} = 1 - dW_e/dW_m \quad (1)$$

Результаты расчета изменения энергетического состояния почв в естественных условиях и при проведении оросительных мелиораций и коэффициентов энергоэффективности для зональных почв Европейской части России приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Расчеты по оценке изменения энергетического состояния почв в естественных условиях и при проведении оросительных мелиораций и расчет коэффициентов энергоэффективности [5]

Вещественно-энергетические характеристики по изменению энергетического состояния почв, КДж/га·год	Наименование почв							
	Дерново-подзолистые суглинистые	Серые лесные тяжелосуглинистые	Черноземы выщелоченные тяжелосуглинистые и легкосуглинистые	Черноземы типичные тяжелосуглинистые и легкосуглинистые	Черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые и легкосуглинистые	Черноземы южные тяжелосуглинистые и легкосуглинистые	Каштановые тяжелосуглинистые	Бурые пустынно-степные суглинистые
В естественных условиях								
Приходные составляющие: R	$120 \cdot 10^2$	$138 \cdot 10^2$	$155 \cdot 10^2$	$166 \cdot 10^2$	$176 \cdot 10^2$	$194 \cdot 10^2$	$201 \cdot 10^2$	$203 \cdot 10^2$
Расходные составляющие W_e : - Q_{Π} - ($Q_{\nu} + Q_{\Gamma}$)	$84,30 \cdot 10^2$ 5,8 $\Sigma = 84,36 \cdot 10^2$	$93,06 \cdot 10^2$ 7,8 $\Sigma = 93,14 \cdot 10^2$	$100,13 \cdot 10^2$ 19,2 $\Sigma = 100,32 \cdot 10^2$	$104,85 \cdot 10^2$ 38,4 $\Sigma = 105,23$	$102,49 \cdot 10^2$ 36,9 $\Sigma = 102,76 \cdot 10^2$	$98,58 \cdot 10^2$ 21,6 $\Sigma = 98,80 \cdot 10^2$	$82,38 \cdot 10^2$ 16,2 $\Sigma = 82,54 \cdot 10^2$	$57,81 \cdot 10^2$ 5,3 $\Sigma = 57,86 \cdot 10^2$
Изменение энергетического состояния $dU = R - (Q_{\Pi} + Q_{\nu} + Q_{\Gamma})$	$35,65 \cdot 10^2$	$44,85 \cdot 10^2$	$54,68 \cdot 10^2$	$60,79 \cdot 10^2$	$73,24 \cdot 10^2$	$95,20 \cdot 10^2$	$118,46 \cdot 10^2$	$145,14 \cdot 10^2$
При проведении оросительных мелиораций								
Приходные составляющие: - R - H_A	$125 \cdot 10^2$ $44,93 \cdot 10^2$ $\Sigma = 169,93 \cdot 10^2$	$145 \cdot 10^2$ $46,43 \cdot 10^2$ $\Sigma = 191,43 \cdot 10^2$	$159 \cdot 10^2$ $48,13 \cdot 10^2$ $\Sigma = 207,13 \cdot 10^2$	$170 \cdot 10^2$ $50,22 \cdot 10^2$ $\Sigma = 220,22 \cdot 10^2$	$181 \cdot 10^2$ $52,43 \cdot 10^2$ $\Sigma = 233,43 \cdot 10^2$	$199 \cdot 10^2$ $66,88 \cdot 10^2$ $\Sigma = 265,88 \cdot 10^2$	$212 \cdot 10^2$ $81,33 \cdot 10^2$ $\Sigma = 293,33 \cdot 10^2$	$220 \cdot 10^2$ $101,93 \cdot 10^2$ $\Sigma = 321,93 \cdot 10^2$
Расходные составляющие W_M : - Q_{Π} - ($Q_{\nu} + Q_{\Gamma}$)	$90,68 \cdot 10^2$ 29,8 $\Sigma = 90,98 \cdot 10^2$	$102,18 \cdot 10^2$ 31,7 $\Sigma = 102,50 \cdot 10^2$	$110,39 \cdot 10^2$ 39,4 $\Sigma = 110,78 \cdot 10^2$	$116,59 \cdot 10^2$ 49,0 $\Sigma = 117,08 \cdot 10^2$	$122,79 \cdot 10^2$ 46,6 $\Sigma = 123,26 \cdot 10^2$	$135,14 \cdot 10^2$ 44,2 $\Sigma = 135,58 \cdot 10^2$	$151,35 \cdot 10^2$ 39,4 $\Sigma = 151,74 \cdot 10^2$	$156,75 \cdot 10^2$ 27,8 $\Sigma = 157,03 \cdot 10^2$
Изменение энергетического состояния $dU = (R + H_A) - (Q_{\Pi} + Q_{\nu} + Q_{\Gamma})$	$78,96 \cdot 10^2$	$88,93 \cdot 10^2$	$96,35 \cdot 10^2$	$103,14 \cdot 10^2$	$110,18 \cdot 10^2$	$130,31 \cdot 10^2$	$141,60 \cdot 10^2$	$164,90 \cdot 10^2$
$K_{\mathcal{E}} = 1 - \frac{dW_e}{dW_M}$	0,08	0,10	0,10	0,10	0,17	0,27	0,46	0,63

Анализ показывает, что наиболее эффективно проводить оросительные мелиорации в острозасушливой зоне, где по сравнению со степной и лесостепной зон коэффициент энергоэффективности K , повышается до 0,63. В гумидной и степной зоне энергоэффективность проведения оросительных мелиораций невысокая и составляет 0,10...0,17. Наши исследования по энергетическому состоянию черноземов подтверждают мнения многих авторов, которые не рекомендуют широкомасштабное развитие оросительных мелиораций в черноземной зоне Европейской части России.

Следует также учитывать, что при изменении климата по ариднему сценарию в южном регионе коэффициент увлажнения (K_u) может уменьшиться на 6% и возрастет вероятность увеличения оросительной площади на 23-30%. При этом можно ожидать, что понизится водообеспеченность территории в целом и, как следствие, усилится дефицит оросительной воды, который в южных регионах наблюдается уже сейчас при поливе только 40% от используемых орошаемых земель.

Возможными направлениями адаптации орошаемого земледелия к изменению климатических условий должны стать:

- последовательное внедрение технологий малообъемного (в том числе капельного) орошения, повторное использование подготовленного дренажного стока и сточных вод на орошение, что позволит на 15-17% сократить оросительные нормы;
- выполнение работ по сокращению непроизводительных потерь воды на фильтрацию в оросительных каналах путем проведения работ по облицовке, что позволит увеличить КПД до 0,96-0,98 и сэкономить до 20-25% водных ресурсов;
- максимально возможное использование местного стока на орошение, включая строительство артезианских скважин, водонакопительных прудов для целей орошения сельскохозяйственных культур.
- территориальное перераспределение водных ресурсов и местного стока, что позволит повысить водообеспеченность южных территорий, предотвратить процессы опустынивания в Прикаспийской низменности и Калмыкии, оптимизировать водный режим в гумидной зоне.

Список использованных источников

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы: Минсельхоз РФ, М. 2012
2. ФЦП Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на 2014-2020 годы: Минсельхоз РФ, М. 2013
3. Концепция федеральной целевой программы «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель России на период до 2020 года. Одобрена Президиумом Россельхозакадемии 11.11.2010г.
4. Кирейчева Л.В. Мелиорация земель в России: планы и реальность// Мелиорация и водное хозяйство, 2013 №2
5. Кирейчева Л.В., Карпенко Н.П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение, 2015 № 5 с.587-596

УДК 556.18

К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ В УСЛОВИЯХ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА

Б. М. Кизяев, С. Д. Исаева

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

Гарантированное обеспечение населения качественной питьевой водой становится одной из приоритетных проблем государственной политики, направленной на сохранение здоровья и улучшение условий проживания россиян. Важной задачей является и обеспечение экономики водой требуемого качества и в необходимых объе-

мах. На решение этой проблемы направлен ряд законодательных документов, целевых программ на перспективу до 2020 г. [1- 6], а также нормативных документов.

Возобновляемые ресурсы поверхностных вод оцениваются объемом годового стока, который в 2014 году в РФ составил 4614,6 км³, превысив среднее многолетнее значение на 8,3%. Большая часть этого объёма – 4330,8 км³ – сформировалась в пределах России, и 283,8 км³ воды поступило с территорий сопредельных государств [7]. Водопользование в России осуществляется в подавляющей степени за счет забора пресной воды. Структура водозабора и водопользования в последние 10–15 лет практически не изменилась: примерно 80% в многолетнем разрезе изымается из поверхностных водных источников и 12-13% - из подземных; морские воды составляют 8%. Из общего объема водных ресурсов на производственные нужды использовано порядка 60%, на хозяйственно-питьевые – 16%, на орошение - 13%, сельскохозяйственное водоснабжение - 0,5%, прочие нужды – 10% [8].

При обилии водных ресурсов в стране существует комплекс проблем, связанных с их использованием: экологические, экономические, технические, социальные и др. Значительную часть проблем составляют общесистемные, существующие и в странах ближнего зарубежья. Но есть и ключевая особенность: неравномерное распределение водных ресурсов по территории России. Прежде всего, это касается речного стока: к экономически наиболее развитым и густонаселенным регионам страны приурочено только 10% стока. В ряде регионов ощущается дефицит водных ресурсов. При этом в вододефицитных районах речной сток характеризуется наибольшей многолетней изменчивостью и в отдельные годы сокращается на величину до 60%. Минимальный меженный сток, обеспечивающий устойчивое водоснабжение объектов экономики и населения, может составлять только 19% от среднегодового, в том числе для таких рек, как Волга, Дон, Кубань, Урал, а также Иртыш, Тобол. Эти объемы меньше потребностей экономики и населения в данных бассейнах. Удельная водообеспеченность населения, например, в бассейне р. Северский Донец составляет в средние по водности годы всего 0,87 тыс.м³/чел. при необходимом объеме, в соответствии с нормой Европейской Экономической комиссии ООН, более 1,7 тыс.м³/чел. В целом, по экспертной оценке, водные ресурсы большинства рек Европейской части территории страны – Дона, Кубани, Самура, Волги, Урала и др. – практически полностью исчерпаны, а таких рек, как Сулак, Терек, в Азиатской части – Иртыш – освоены на три четверти и более. Всего в районах возникновения локальных вододефицитов проживает порядка 6,3 млн. человек. Для относительной нормализации ситуации значительная часть стока основных крупных рек страны аккумулируется в водохранилищах сезонного или многолетнего регулирования. Но за годы эксплуатации значительно возросла заиленность водохранилищ, что, наряду с другими причинами, снижает эффективность их использования.

Неравномерность территориального распределения характерна и для ресурсов подземных вод. По состоянию на 01.01.2015 г. [8] запасы питьевых и технических подземных вод на территории РФ составили 86,93 млн.м³/сут. Наибольшее количество запасов оценено в пределах Центрального федерального округа, наименьшее - в пределах Крымского, Северо-Западного и Уральского. По субъектам Российской Федерации максимальная величина оцененных запасов подземных вод отмечена в Москве и Московской области (3744,6 млн.м³/год), минимальная - в республиках Карелия (38,7 млн.м³/год) и Калмыкия (41,1 млн.м³/год) [8]. В центральных регионах европейской части России из-за интенсивного использования подземных вод развиты процессы их истощения: сформировались региональные воронки депрессии, площа-

дью до сотен квадратных километров и глубинной до 70-100 м, произошли неблагоприятные изменения химического состава. Однако в целом по стране степень освоения запасов остается низкой: в среднем на 01.01.2015 г. составляет порядка 15%.

Экологические проблемы связаны с ухудшением качества поверхностных водных объектов, а в последнее время и подземных, и сохраняются на протяжении десятилетий. Сокращение, начиная с 1990-х гг. техногенной нагрузки на водные объекты не определило возврат качества поверхностных вод к исходному. В настоящее время объем водоотведения составляет порядка 45 км³, из них в разной степени загрязненных вод поступает в водные объекты до 15 км³. В то же время, по данным Госдоклада о состоянии и использовании водных ресурсов в РФ в 2014 г. [8] удалось почти на 32% за период с 2001 г. сократить сброс в водные объекты загрязненных сточных вод, не прошедших очистки, и на 20% недостаточно очищенных стоков. Однако по-прежнему большая часть рек относятся по оценке экологического состояния к категориям "загрязненные" и "сильно загрязненные" [7].

На территории России широко развито природное "загрязнение" подземных вод, связанное с химическим составом водовмещающих пород и процессами ионного обмена в системе "вода-порода". Не обеспечен кондиционными пресными подземными водами по этой причине целый ряд крупных административных регионов России: Новгородская, Ярославская, Астраханская, Волгоградская, Курганская, Омская, Тюменская области, большая часть Ростовской области, Ставропольского края, республики Адыгея и др. [7, 8]. По данным Государственного мониторинга водных объектов 16% сельского населения используют для хозяйственно-питьевых нужд без соответствующей подготовки подземные воды с минерализацией от 1 до 5 г/л и жесткостью от 7 до 15 и выше мг-экв/л, а 19% используют для хозяйственно-питьевых целей подземные воды с превышением предельно-допустимых концентраций (ПДК) по железу и марганцу. В целом по РФ не соответствовало в 2014 г. санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам 16,4% подземных и 36,8 % поверхностных источников питьевого водоснабжения [8].

Технические проблемы определены износом и старением основных производственных фондов, включая основные фонды по охране и рациональному использованию водных ресурсов. По данным Доклада [8] общая стоимость водоохраных и водосберегающих фондов в целом по России в настоящее время составляет свыше 500 млрд. руб. (менее 1% от стоимости всех основных фондов страны). Общая степень их износа практически неизвестна (статистика отсутствует), но по оценкам составляет порядка 50%. Водохозяйственный комплекс характеризуется несовершенством водохозяйственных систем, непроизводительными потерями и расходами воды, несовершенством технологии водосбережения, водоподготовки, очистки и регулирования качества воды в подсистемах водопотребления и водоотведения, отсутствием системы учета количества и качества потребляемой и отводимой воды. Технический уровень водохозяйственного комплекса не отвечает современным требованиям. Особенно хорошо это видно на мелиоративных системах, где износ основных фондов выше, чем в целом по стране, и составляет 50-60%, кроме того, преобладают каналы в земляных руслах без антифильтрационных покрытий и непроизводительные потери воды достигают до 70% от водоподачи.

В ближайшей перспективе часть означенных проблем предстоит решить в процессе реализации соответствующих целевых программ. Однако можно предположить, что для решения потребуется больший, чем предполагалось срок, связанный с текущим состоянием экономики: слабостью экономической базы водного хозяйства, низ-

кой эффективностью управления, вяло текущей модернизацией объектов экономики, нестабильностью рынка и цен. Ущерб качеству водохозяйственных мероприятий и исследований возникает и в связи с недостаточным финансированием НИОКР, а также и с принятой системой проведения торгов по водохозяйственным заказам. В 2014 г. финансирование мероприятий в рамках ФЦП "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 – 2020 годах" по плану и по факту составило около 10 млрд.руб., из которых на обеспечение НИОКР было выделено всего 0,5% от общего объема [9].

В структуре водопользования есть и положительные тенденции с точки зрения сохранения водных ресурсов. Для периода с 2000 г. характерен спад объемов забора пресной воды из природных источников на величину около 17%. Использование питьевой воды на производственные нужды сократилось на 17–20%, сократилась водоёмкость производства и использование воды на 1 единицу ВВП. За эти годы произошло увеличение повторного и оборотного водопотребления. Определенную роль в этом сыграли платежи за водопользование и за негативное воздействие на водные объекты. Потери воды с 2010 по 2013 гг. сократились с 6612 до 5990 млн. м³, что составляет 10,55% от забранных для использования вод.

К существующим проблемам, затрудняющим рациональное водопользование, постепенно добавляются и связанные с потеплением климата. Прежде всего, это аридизация климата на юге Европейской части страны и Западной Сибири, что сделает проблему водообеспечения регионов, особенно питьевого водоснабжения, очень острой. Россия, по данным пятого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата, остается регионом мира, где потепление в течение XXI в. будет существенно превышать средние глобальные показатели [10]. В течение текущего века ожидается увеличение количества осадков в зимний период на территории России, а в летний - их сокращение на 25% в пределах южных регионов. В результате в густонаселенных регионах Центрального федерального округа, Южного и Северо-Кавказского можно ожидать уменьшение водообеспеченности в результате изменений климата, а также за счет увеличения водопотребления и роста населения. Такая ситуация ведет к обострению социальных и экологических проблем.

Таким образом, в условиях динамичного изменения климатических условий необходима адаптация экономики, прежде всего сельскохозяйственного производства (для гидроэнергетики и судоходства прогнозы, связанные с потеплением климата в принципе, относительно благоприятны) к новым условиям. Это относится и к решению стратегических и тактических вопросов развития и управления водохозяйственной отраслью. Во всех случаях необходимо максимально использовать позитивные моменты в изменениях климата и смягчить последствия отрицательных климатических тенденций.

Адаптация сельскохозяйственного производства предполагает увеличение посевных площадей в центральной и северо-западной части европейской территории России, совершенствование систем земледелия и структуры севооборотов применительно к новым климатическим условиям, мелиоративных мероприятий, а также расширение использования осушительно-увлажнительных систем. Развитие орошения необходимо осуществлять в комплексе с совершенствованием техники и технологии поливов и с акцентом на водосбережение, требуется разработка системы мероприятий для борьбы с вредителями и болезнями растений, вызываемых повышением температурного режима.

Надо отметить, что, несмотря на то, что с 2000 г. в стране значительно сократились орошаемые площади (с 10 млн. га до 4,5, а фактически поливаемые – это порядка 2,5 млн. га), по доле сельскохозяйственных угодий, приходящихся на душу населения Россия занимает одно из ведущих мест в мире [8]. В то же время РФ значительно уступает ряду стран по удельным объемам воды на 1 га орошаемых земель - в 2-9 раз. Возможное сокращение водных ресурсов для орошения в связи с климатическими изменениями не улучшит ситуацию с производством продуктов питания в России. Очевидно, что ключевым моментом благоприятного экономического, социального и экологического развития регионов становится решение вопросов обеспечения водными ресурсами в необходимых объемах и требуемого качества.

Учитывая существующую ситуацию и прогнозы, связанные с глобальным изменением климата, можно констатировать, что водные ресурсы постепенно занимают одно из центральных мест в системе планирования и управления развитием страны и регионов, в решении социальных и экологических проблем. К 2070 г. дефицит водных ресурсов будет ощущаться также в Центральной и Южной Европе и коснется 44 миллионов человек, что ставит вопрос об эффективном управлении водными ресурсами во главу угла решения всех вопросов экономики, социальной сферы и политики в регионах мира.

Поиск решений повышения водообеспеченности необходимо вести в разных направлениях. Одним из основных является водосбережение, рациональное использование имеющейся воды, совершенствование систем водоподдачи и водоотведения, мелиоративных систем, переход на замкнутые циклы водопользования, переход на закрытые трубопроводы для поддачи питьевой воды, разделение водоподдачи питьевых вод и технических и другие. Меры очевидно необходимые и, несомненно, основополагающие в обеспечении рационального водопользования.

Дополнительные объемы водных ресурсов, как показывают исследования, в зависимости от природных условий могут быть получены за счет использования поверхностных вод в комплексе с подземными, опреснения морских или подземных минерализованных вод, а также за счет перераспределения части речного стока внутри бассейна, в особых случаях - межбассейнового.

Во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова было разработано обоснование стратегии развития водохозяйственного комплекса АПК на перспективу до 2020 г., где рассмотрен вариант повышения водообеспеченности за счет расширения использования подземных вод в комплексе с поверхностными. Предположительно к 2020 г. общая потребность агропромышленного комплекса в воде составит порядка 40 км³ в год [11]. При этом, с учетом прогнозируемой динамики сельского населения и действующих норм водопотребления, общая потребность в воде для хозяйственно-питьевого водоснабжения составит 2,8 км³/год, из которых 2,4 км³/год может быть обеспечено подземными водами. На орошение по прогнозу потребуется 29 км³/год, для обводнения пастбищ - более 0,8 км³/год; на водоснабжение животноводства и птицеводства – 0,2 км³/год, предприятий, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию – 0,38 [11]. Оценки выполнены по федеральным округам. Приведенные цифры не учитывают потребности республики Крым, которая, по данным департамента Государственной политики и регулирования в области водных ресурсов Минприроды России, составляет до 2 км³/год.

Опреснение минерализованных, морских вод является стратегическим направлением развития водообеспечения во многих странах мира. Самые мощные опреснительные установки расположены в странах Ближнего Востока [12]. За счет опресне-

ния воды осуществляется все водоснабжение Кувейта (порядка 2,1 млн.м³/сут), интенсивно используются такие установки в Саудовской Аравии (более 7,4 млн.м³/сут), на долю которой приходится 18% всей опресненной воды в мире, в Объединенных Арабских Эмиратах (7,3 млн.м³/сут) а также в Испании (3,4 млн.м³/сут), Алжире (1,1 млн.м³/сут), Израиле, где опресненная вода покрывает 10% годового потребления пресной воды, и в других странах. Рынок технологий опреснения морской воды в России активно развивается, индивидуальные опреснительные установки уже находят свое применение и в Крыму. Недостатком процесса опреснения является большое потребление электроэнергии и, преимущественно поэтому, высокая себестоимость получаемой воды. Самая низкая в мире стоимость опресненной воды - в Израиле, где она составляет 0,5 \$ США за 1 м³ [12].

Среди путей решения проблемы водообеспечения регионов при дефиците водных ресурсов может быть рассмотрено и рациональное перераспределение речного стока. Общий объем существующих и предлагаемых перебросок в мире составляет примерно 595 млрд. м³/год в 35 странах мира. Весьма вероятно, что необходимость подобных мер возникнет в связи с уже **существующим дефицитом воды**, прежде всего **питьевого качества**, в южных регионах европейской части России (Ростовская область, республика Калмыкия, Астраханская область и т.д.), а также в Кемеровской, Челябинской, Свердловской областях и других регионах Западной Сибири, Урала, усугублением проблемы в условиях прогнозирования аридизации климата, развития производства, роста населения в экономически развитых регионах. Без детальной и заблаговременной проработки вопроса нельзя однозначно утверждать, исходя только из прошлого неудачного опыта работ, что перераспределение стока нецелесообразно, учитывая, что гарантированное обеспечение населения качественной питьевой водой является одной из приоритетных проблем государственной политики. Оценивая возможность перераспределения части стока северных рек страны, ее социальную, экономическую и экологическую состоятельность, прежде всего, необходимо учитывать изменения, произошедшие в экономике страны с 1970-1980 гг., реальную ситуацию, сложившуюся в водном хозяйстве, особенности прогнозируемой динамики климатических изменений для территории России и сопредельных стран, развития водного хозяйства, промышленности, изменения численности населения и, несомненно, обратить особое внимание на преодоление стратегических ошибок и фактических недочетов, которые имели место при разработке проектной документации и обосновании перераспределения части стока северных и сибирских рек в тот период.

Отправной точкой является обязательное **всестороннее интегральное обоснование потребностей в водных ресурсах** в вододефицитных регионах России с учетом их социально-экономического развития, глобальных изменений климата на перспективу до 2050 г. и с преференцией хозяйственно-питьевого водоснабжения. Очевидно, что изначально **должны быть рассмотрены все возможные альтернативные варианты обеспечения водными ресурсами** вододефицитных регионов страны.

Обоснование перераспределения части стока северных рек, если иных источников ресурсов недостаточно, обязательно базируется на **экосистемном подходе**, предполагающем, прежде всего, обеспечение экологической устойчивости речного бассейна исходя из обоснования величины допустимого объема изъятия стока рек-доноров. При этом надо иметь в виду, что отнюдь не всегда, когда речь касается природной или социальной среды, затраты на компенсацию ущерба могут ликвидировать его последствия. Опыт показывает необратимость экологических катастроф. Для сохранения водных ресурсов, гидрологического режима, гидрохимических, гидробио-

логических условий реки-донора, необходимо определить баланс между водохозяйственными потребностями и природоохранными ограничениями.

Работы, выполненные во ВНИИГиМ показали, что экологически безопасным для речного стока можно считать его отбор и использование в объеме, не превышающем 25 - 30% от средней многолетней величины [13]. С такой нагрузкой геосистема речного бассейна справится за счет восстановления стока в многоводные годы в течение 60-80 -летнего цикла колебаний речного стока. Обоснование мест допустимого изъятия части стока, экологически и экономически рационального объема, и способа транспортировки, как и многие другие вопросы, во всех случаях требуют детальной проработки.

Особое внимание необходимо уделить в перспективе изысканиям, повышению их достоверности и надежности. Объем изысканий должен не только формально соответствовать стадии обоснования или проектирования, но и обеспечивать требуемую достоверность выполняемых прогнозов.

Важное значение имеет обоснование технических решений, связанных с транспортировкой воды. Прогнозы, выполняемые в процессе обоснования переброски части стока северных рек на европейской территории показали, что зона развития подпора достигнет от 70 до 180-200 км от трассы переброски. Фактическим подтверждением особенностей развития этого процесса является подпор от Куйбышевского водохранилища, построенного в 1957 г., развивающийся более 60 лет и достигавший в начале 2000-х гг. 200 км вглубь береговой территории. Более 50 лет подпор развивался от действия Рыбинского водохранилищ. Очевидно, что такая ситуация приводит к кардинальным изменениям природной среды и вызывает отрицательные последствия в условиях природопользования, социальных условиях, в развитии экономики в зоне подпора и подтопления. Необходимо обоснование и применение современных конструкций и технологий строительства при закладке трассы переброски.

Для обоснования частичного перераспределения речного стока необходимо **создание постоянно действующих гидролого-геофильтрационных моделей геосистем речных бассейнов**, которые будут пополняться и уточняться по мере накопления исходной информации. Такие модели позволят прогнозировать гидродинамическую, гидрохимическую, гидрологическую ситуацию как основу для выполнения комплексных прогнозов. Модели могут быть использованы и для обоснования решений по управлению водохозяйственной ситуацией.

Прогнозы и модели управления должны быть комплексными. Во-первых, это означает прогноз динамики всех затронутых компонентов природной среды под воздействием антропогенных факторов, глобальных и циклических изменений климата. В комплексе рассматриваются изменения гидрологических условий, биотических, а также геофильтрационных, переработки береговой линии, изменения ландшафтов, динамика почвенных условий, динамика геобиоценозов на прилегающей территории, возможное развитие неблагоприятных процессов по трассе переброски и пр. Прогнозы динамики природной среды, изменения экологических условий комплексуются с прогнозами социальных подвижек, развития промышленности, лесного, сельского хозяйства, рыбоводства. Оцениваются экологические, социальные, экономические ущербы и позитивные изменения в экологических, социальных, экономических условиях регионов.

Прогнозы необходимо основывать на сценарных исследованиях, учитывающих различные варианты антропогенного воздействия и природных факторов, вклю-

чать оценки возможных эколого-экономических и социальных рисков и давать основу для планирования мероприятий по предотвращению или снижению последствий их реализации.

Обязательно усиление научного обоснования перераспределения стока и привлечения научной общественности на всех этапах определения путей решения проблемы, сопряженных с ней задач охраны окружающей среды, социальных и экономических. Очевидно, что приступать к решению необходимо только при условии **совершенствования технического состояния и управления водохозяйственными системами** (хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения, мелиоративных систем и пр.) для сокращения непроизводительных потерь и обеспечения рационального водопользования в регионах-реципиентах. Соответственно, актуальной проблемой является **совершенствование системы экологического мониторинга**, прежде всего, развитие и модернизация наблюдательной сети для комплексных наблюдений за водохозяйственными системами, водными объектами (поверхностными и подземными водами), и состоянием прилегающей территории, опасными инженерно-геологическими процессами, а на землях сельскохозяйственного назначения – и за мелиоративным состоянием орошаемых и осушенных земель, и плодородием почв, разработка систем комплексных прогнозов состояния природной среды при воздействии водохозяйственных систем и др.

На всех этапах работ необходимо **обоснование фактически требуемого** (а не заведомо заниженного, как это принято) **объема финансирования и последующее его обеспечение** за счет как государственных средств, так и частных инвестиций на всех стадиях обоснования, проектировании, и реализации (при доказательстве целесообразности) переброски части стока рек.

Представляется весьма важным для определения принципиальных направлений развития водного хозяйства страны и ее регионов вновь вернуться к **разработке Генеральных схем комплексного использования и охраны вод для страны в целом на основе разрабатываемых бассейновых схем (СКИОВО)**.

На международном уровне необходимо определить формы сотрудничества в сфере использования трансграничных речных бассейнов, синхронизировать нормативно-правовые аспекты водопользования, обеспечить интегральное управление водными ресурсами, исходя из имеющегося в этой сфере опыта в регионах Центральной Азии и других.

Таким образом, можно заключить, что проблемы обеспечения водными ресурсами регионов юга европейской территории России, Западной Сибири, учитывая уже существующий дефицит воды и аридизацию климата в ближайшей временной перспективе, требуют комплексного и надежно обоснованного решения. Повышение водообеспеченности вододефицитных регионов целесообразно начинать с совершенствования принципов управления водными ресурсами существующих водохранилищ для создания оптимальных условий регулирования стока с учетом потребностей всех водопользователей: хозяйственно-питьевого водоснабжения, сельского хозяйства, энергетики, транспорта, рыбоводства. Необходимо рассмотреть условия дополнительного использования подземных вод в комплексе с поверхностными на основе увеличения доли использования подземных вод в народном хозяйстве. В определенных случаях, несомненно, имеют право на рассмотрение и вопросы опреснения морских вод, несмотря на высокую себестоимость получаемой пресной воды, и перераспределения части стока северных рек для нормализации, прежде всего, хозяйственно-питьевого водоснабжения населения. Однако, при всех возможных решениях проблем

водобеспечения и, в том числе, перераспределения речного стока, водохозяйственные системы (водопотребления, водоотведения, мелиоративные и пр.) прежде всего, южных регионов Европейской части России, Западной Сибири, должны отвечать современным техническим и технологическим требованиям на уровне лучших мировых достижений для сохранения водных ресурсов, получаемых не благодаря, а вопреки существующим природно-климатическим условиям.

Список использованных источников

1. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года. Утв. Правительством РФ 27 августа 2009 г. N 1235-р. Информационный ресурс: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128717>
2. Федеральная целевая программа "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 - 2020 годах". Утв. постановлением Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350. Информационный ресурс: <http://fcp.economy.gov.ru/cgibin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2013/403>
3. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. Утв. Правительством РФ 17.11.2008 г. №1662-р (в ред. от 08.08.2009). Информационный ресурс: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/593274/>
4. Концепция устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2020 года. Утв. Правительством РФ 30 ноября 2010 г. №2136-р). Информационный ресурс: <http://www.mcx.ru/documents/document/show/14914.77.htm>
5. Водный кодекс РФ (в ред. 28.07.2012 г. №133-ФЗ). Информационный ресурс: http://www.consultant.ru/popular/waternew/78_1.html#p23
6. Закон РФ «О недрах» №2395-1 от 21.02.1992 (с изм. от 30.12.2012 №323-ФЗ). Информационный ресурс: <http://www.consultant.ru/popular/nedr/>
7. Госдоклад "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 г." Информационный ресурс: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/b27/gosdoklad_2015.pdf
8. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2014 году». – М.: НИА-Природа, 2015. – 270 с.
9. Об основных итогах работы за 2014 год и задачах на 2015 год. Заседание коллегии ФАВР 23 марта 2015 г. Информационный ресурс: <http://voda.mnr.gov.ru/activitie>
10. Второй оценочный доклад РОСГИДРОМЕТА об изменениях климата и их последствиях на территории Российской федерации / Информационный ресурс: **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.**
11. Водная стратегия агропромышленного комплекса России на период до 2020 года. - М.: Изд. ВНИИА, 2009. 72 с.
12. Кизяев Б.М., Исаева С.Д. Проблемы водоснабжения на Крымском полуострове и поиск их решения // Журн. "Мелиорация и водное хозяйство". 2014. № 3. С. 2-6
13. Парфенова Н.И. Энергия химических связей веществ и ее роль в формировании экологической устойчивости агроландшафтов. М.: Изд. Россельхозакадемия, 2007. 125 с.

УДК 631.6

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ДАВИДА ЛАЗАРЕВИЧА МЕЛАМУТА (1915-1987 гг.)

Г.Х. Бедретдинов

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

10 марта 2015 года исполнилось 100 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора Давида Лазаревича Меламута.

Давид Лазаревич родился в селе Чернятин Жмеринского района Винницкой области. Трудовую деятельность начал в 15 лет, работал слесарем в г. Кривой Рог, затем токарем на заводе в г. Москве. Работу совмещал с учебой на вечернем рабфаке.

С 1935 по 1941 гг. обучался в Московском Гидромелиоративном институте. После окончания института в предвоенном 1941 году работал старшим инженером в организации «Военпроект» Харьковского военного округа.



Доктор технических наук, профессор Меламут Давид Лазаревич

С первых дней войны по 1943 гг. участвовал в боях, командовал взводом 55 стрелковой дивизии Северо-Западного фронта. Был трижды ранен, награжден медалями «За отвагу» и «За Победу над Германией». В 1943 г. получил тяжелое ранение и год находился на излечении в г. Казани.

После окончания войны работал на строительстве ряда ГЭС, в г. Сатка Челябинской области, начальником конторы Гидромеханизации в г. Коломне, главным инженером Управления Гидромеханизации в г. Жуковском Московской области. Работа в послевоенные годы в основном и определила выбор направления дальнейшей деятельности.

В 1951 г. Давид Лазаревич поступил в аспирантуру ВНИИГиМ. Направлением исследований была выбрана гидромеханизация, а в качестве предмета исследований – процесс намыва грунта в текущую воду. Научным руководителем исследований был назначен лауреат Сталинской премии Алексей Михайлович Царевский. Напомню, что в 1933 году после окончания института особой аспирантуры при ВАСХНИЛ Алексей Михайлович защитил диссертацию по гидравлическому транспортированию грунта. С 1937 по 1962 год был директором института, а с 1962 по 1969 год – заведующим лабораторией гидромеханизации ВНИИГиМ.

В 1954 г. Давид Лазаревич Меламут защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по теме «Перекрытие русел рек способом гидромеханизации». В основу диссертационной работы был положен способ перекрытия русел рек намывом грунта в текущую воду. Сущность предложенного способа заключалась в непрерывном насыщении грунтом потока сверх его транспортирующей способности. Насыщение потока предложено производить подачей грунта землесосными снарядами, обеспечивающими намыв преграждающей перемычки при одновременном отводе потока по новому тракту. Способ защищен авторским свидетельством,

полученным совместно с профессором Н.Д. Холиным. Его применение исключало необходимость устройства дорогостоящих banquetов из каменной наброски и сопутствующих сооружений.

В процессе исследований автором были установлены закономерности и предложены технологические приемы интенсификации формирования подводной насыпи при намыве. Получены аналитические зависимости для расчета технологических параметров формирования плотины на различных стадиях ее возведения. Установлена область применения рекомендуемого способа в зависимости от расхода реки, высоты подпора при пропуске воды и механического состава карьерного грунта.

На основании проведенных исследований разработан метод расчета транспортирующей способности потока, величины создаваемого его насыщения, динамики отложения и размыва грунта. По установленным параметрам назначается схема перекрытия, необходимая интенсивность подачи грунта и рассчитывается потребное количество земснарядов для производства работ.

Проверка разработанного способа перекрытия была проведена в производственных условиях на малых реках Рузе, Оке, Риони, Днестре.

После защиты кандидатской диссертации в лаборатории гидромеханизации вместе с Д.Л. Меламутом работали ученики А.М. Царевского: Леонид Георгиевич Жилков занимался гидравлическим сепарированием грунтов в 1953 г.; Самуил Израилевич Шойхет - измерением консистенции пульпы в 1955 г.; Евгений Дмитриевич Томин - намывом сапропелей и торфов на поля в 1960 г.; Леонид Владимирович Казанский - автоматизацией режимов рабочих органов земснарядов в 1963 г.

С 1954 по 1969 гг. молодой ученый углубляет исследования процесса намыва грунта в текущую воду и расширяет исследования по намыву земляных плотин. В этот период последовательно защищают диссертации первые ученики Давида Лазаревича:

- В.П. Ментюков. Намыв плотин из гравелистых грунтов, 1964 г.;
- Е.Л. Введенский. Исследование технологии намыва сооружений из лессовых грунтов, 1967 г.;
- Ю.Н. Лысов. Исследование намыва грунта в текущую воду при возведении регулирующих сооружений, 1969 г.;
- П.С. Беспалый. Исследование и разработка методов контроля и прогноза качества намыва гидротехнических сооружений.

Результаты исследований этого периода изложены в докторской диссертации Д.Л. Меламута «Намыв земляных сооружений в ирригационном строительстве», защищенной автором в 1969 г. во ВНИИВОДГЕО.

В диссертационной работе всесторонне рассмотрены условия и особенности намыва сооружений. На основании обширного практического материала разработаны классификации намывных сооружений и способов их возведения. Установлено, что конструктивные и качественные особенности намывных сооружений в значительной степени зависят от технологических факторов намыва, характеризующихся удельным расходом потока пульпы и ее консистенцией. Разработаны методы расчета основных параметров процесса намыва – уклона поверхности, плотности и коэффициента фильтрации намывных грунтов. Получены аналитические зависимости для расчета предельно допустимой интенсивности намыва грунтов в зависимости от их фильтрационных свойств, технологических факторов и температурного режима. Разработана методика расчета основных параметров намыва грунта в текущую воду. Установлены величины насыщения, транспортирующей способности потока, необходимой интен-

сивности намыва грунта, величины перепада потока в створе намываемой дамбы. Практически решена задача использования для намыва сооружений мелкозернистых и пылеватых песчаных грунтов. Разработаны способы одностороннего намыва плотин обжатого профиля с волноустойчивым откосом и намыва узкопрофильных сооружений. Техническая новизна разработанных способов подтверждена 8 авторскими свидетельствами на изобретения.

Разработанные способы намыва сооружений нашли применение в ирригационном строительстве. Способ одностороннего намыва сооружений с ограничением свободного откоса был использован на строительстве ряда крупных водохранилищных плотин на реках Теджен, Мургаб и Каракумском канале. Способ намыва узкопрофильных сооружений был применен на строительстве контурных, разделительных дамб и плотин в Литовской ССР, Московской области и на р. Терек.

К моменту защиты докторской диссертации Д.Л. Меламутом были опубликованы три монографии:

1. Гидромеханизация в ирригационном и сельскохозяйственном строительстве, 1967 г.;

2. Намыв узкопрофильных дамб и малых плотин в сельском строительстве, 1963 г. в соавторстве с В.М. Николаевым;

3. Перекрытие рек способом гидромеханизации, 1955 г.

В 1969 г. Давид Лазаревич Меламут назначается заведующим лабораторией гидромеханизации и возглавляет исследования по соответствующей тематике института. В следующем 1970 г. защищают диссертации сразу два соискателя, которые начинали работать под научным руководством А.М. Царевского, а проводили и заканчивали исследования под руководством Д.Л. Меламута.

Работа М.С. Триандафилова посвящена исследованию гидравлической разработки пород гидромониторами большой производительности. В работе установлены зависимости потерь напора и динамических параметров струи от конструкции проточного канала гидромонитора. Найдена зависимость для определения осевого динамического давления в сечении струи на произвольном расстоянии от насадки. Получено уравнение для определения оптимального диаметра насадки в зависимости от величины напора. В результате разработана методика выбора оптимальных параметров работы гидромониторного и насосного оборудования, обеспечивающих максимальную производительность при гидравлической разработке пород.

Работа Л.И. Бадаева посвящена исследованию процесса грунтозабора при землесосной очистке оросительных каналов. В результате проведенных исследований установлена взаимосвязь совместного действия щелевого всасывающего наконечника и гидрорыхлителя встречного размыва при грунтозаборе. Получены уравнения, решение которых позволяет определять при каждом виде грунта и заданном слое очистки рациональные значения технологических и конструктивных параметров грунтозаборного устройства. Экспериментальные исследования позволили получить значения коэффициентов, входящих в полученные уравнения, и зависимости соотношения предельных и промежуточных значений продолжительности действия струи и длины зоны размыва. Установлен диапазон оптимальных соотношений, обеспечивающих максимальную производительность размыва грунта и наименьшие затраты мощности. В результате исследований разработана оригинальная конструкция грунтозаборного устройства для очистки оросительных каналов.

В более поздний период исследования по совершенствованию конструкций грунтозаборных устройств были проведены И.П. Прохоровым. В 1977 г. им была за-

щищена диссертационная работа по очистке облицованных оросительных каналов. В работе обоснованы параметры зоны размыва грунта затопленными экранированными струями. Выявлена транспортирующая способность потока пульпы, всасываемой щелевидным наконечником. Установлена рациональная зона подводного забоя при совместном воздействии на слой наносов размывающего и всасывающего потоков. В результате была разработана новая конструкция рабочего органа, защищенного двумя авторскими свидетельствами на изобретения. Работа выполнена под совместным научным руководством Д.Л. Меламута и Л.И. Бадаева.

С 1966 г. тематику института определила принятая программа широкого развития мелиорации в СССР. С этого периода в лаборатории гидромеханизации расширяются исследования по строительству различных сооружений. В 1972 г. под научным руководством Д.Л. Меламута Н.К. Голубев защищает диссертационную работу по разработке грунта безнапорным потоком воды при строительстве земляных сооружений. В работе установлено, что технология разработки грунта определяется недогрузкой потока, при которой «свободная» мощность затрачивается на отрыв частиц грунта и его насыщение до критической мутности. Основным технологическим параметром разработки грунта является размывающая способность потока, которая количественно характеризует процесс размыва при заданных гидравлических элементах и свойствах грунта. Получены: аналитическая зависимость для определения размывающей способности потока и уравнение, характеризующее динамику насыщения потока грунтом с учетом расширения выемки. Получена расчетная зависимость для определения удельного расхода воды, необходимого для разработки 1 м³ грунта. Экспериментальными исследованиями получены значения коэффициентов, входящих в рекомендуемые формулы. Исследованы стадии осаждения и размыва грунта. В результате разработана методика расчета для проектирования разработки выемок гидравлическим способом.

Развитие исследований по разработке грунта безнапорным потоком проведено Н.Р. Стеценко 1975 г. Автором была усовершенствована методика расчета транспортирующей способности потока, интенсивности намыва грунта и насыщение потока по длине применительно к процессу защиты берегов р. Амударьи от размыва. Был предложен способ спрямления русла, включающий устройство прорези, пропуск воды и перехват наносов. Получены зависимости расчета длины участков для расстановки земснарядов, выполняющих перехват наносов.

В этот период под руководством Д.Л. Меламута проводились широкие исследования в Средней Азии. Здесь исследовались процессы намыва плотин из супесчаных пылеватых грунтов (Л.Г. Бородулина, 1972 г.), плотин на просадочном основании (И.И. Перевезенцева, 1975 г.).

В процессе исследований Л.Г. Бородулиной выявлены закономерности уплотнения грунтовой массы. Установлено, что намыв пылеватых грунтов целесообразно проводить слоями с консолидацией каждого слоя за счет водоотдачи и испарения (на участке водоупорной призмы), и за счет впитывания сухим грунтом при чередовании намыва с отсыпкой на участке верхового клина плотины. Получены аналитические зависимости, устанавливающие взаимосвязь времени и слоя консолидации намываемого грунта и зависимости для расчета оптимального слоя насыпного грунта.

И.И. Перевезенцевой выявлены закономерности изменения коэффициента фильтрации и связанного с ним коэффициента водоотдачи от крупности и неоднородности грунтов. Выявлена закономерность динамики предварительной замочки просадочного

основания в процессе намыва и влияние нагрузки от намываемого грунта на процесс просадочных деформаций.

В 1974 г. доктор технических наук Д.Л. Меламут был утвержден в звании профессора и в этом же году за разработку и внедрение технологий строительства водохранилищных плотин был удостоен звания Лауреата Государственной премии Туркменской ССР.

В период с 1974 по 1981 гг. по мере накопления опыта безбанкетного перекрытия малых рек (рис. 1) и уточнения методов расчета он начал применяться на более крупных реках: Белой, Амударье, Днепре. Наиболее существенное достижение связано с опытом перекрытия реки Волги, который не имел аналогов в мире. Безбанкетный способ перекрытия позволил значительно сократить сроки строительства и получить экономический эффект порядка 20 миллионов рублей. В 1981 г. за разработку намывного безбанкетного способа перекрытия русел рек и широкое внедрение его на 30 объектах Д.Л. Меламут удостоен звания Лауреата премии Совета Министров СССР по науке и технике.

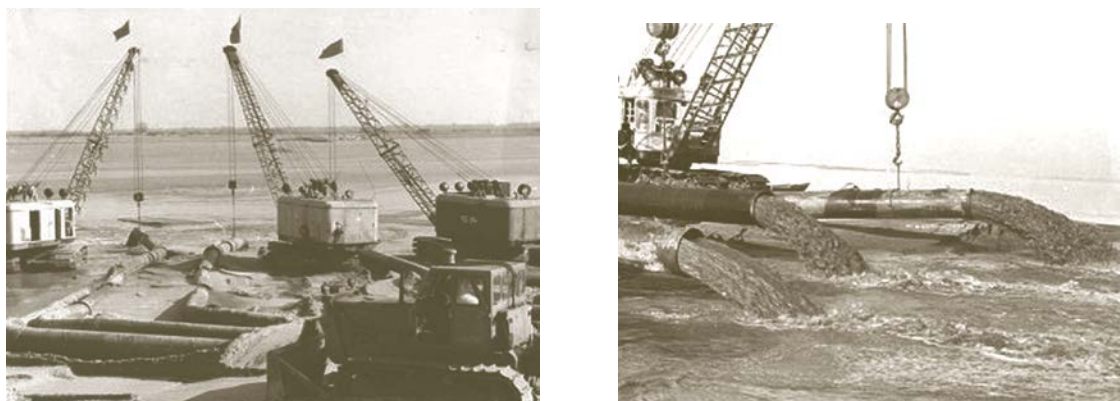


Рисунок 1 - Перекрытие русла реки безбанкетным способом

В этот период под руководством Д.Л. Меламута проводятся исследования по разработке технологий очистки водоемов и намыву сапропелей на поля. В 1973 г. В.А. Белов защищает диссертацию по процессу обезвоживания намывных сапропелей. В работе исследуются пути интенсификации обезвоживания, установлена эффективность постадийного намыва сапропелей слоями 20...25 см с последующим промораживанием и укладкой сапропеля наклонными слоями с механическим перемешиванием в процессе обезвоживания. Получены аналитические зависимости для расчета объема воды, испаряемой с поверхности карты намыва и за счет фильтрации в нижележащие слои. Получены значения коэффициентов, входящих в расчетные формулы. На основании полученных зависимостей разработана методика расчета оптимальных конструктивных размеров отстойников, обеспечивающих максимальную водоотдачу при обезвоживании сапропелей.

Следующая работа по данной тематике защищена А.В. Голуб в 1979 году. Работа посвящена исследованию технологии намыва сапропелей передвижными установками и установками дождевального типа. По результатам исследований установлены основные технологические параметры намыва сапропеля: расстояние между сливными патрубками, шаг передвижения распределительной установки, время распределения сапропеля с одной стоянки дождевальной машины. Установлено влияние уклонов поверхности поля на форму растекания сапропелевой массы при торцевом намыве. Разработана методика расчета оптимальных параметров торцевого намыва сапропеля

слоем до 1 м плавучим агрегатом с распределительным устройством и намыва малыми слоями дождевальными машинами типа ДДН-70.

Дальнейшие исследования по тематике намыва сапропелей на поля проведены А.А. Цюнисом. В 1981 г. им защищена работа по намыву сапропеля на малопродуктивные земли. На основании исследований разработана технология намыва сапропеля поперек борозд. Определены технологические параметры растекания сапропелевой пульпы по склону при переливе через валики борозд. Получено аналитическое выражение изменения кинетической энергии пульпы при заполнении борозд. Установлены величины расходов и неразмывающих скоростей, обеспечивающих намыв сапропеля на поля с различными уклонами. Установлены рациональные размеры карт, глубина борозд и расстояние между ними, обеспечивающие равномерный намыв сапропеля.

В 1982 г. И.В. Лазаревым была защищена работа по намыву минерального грунта на осушаемые торфяные почвы. В результате исследований разработана технология намыва минерального грунта на торфяные почвы равномерным слоем мощностью от 2 до 10 см. Определены удельный расход пульпы, скорость передвижения распределительного устройства, интенсивность намыва минерального грунта. Установлены зависимости изменения водно-физических и физико-механических свойств почв от доз внесения в них минерального грунта.

В следующем 1983 г. В.И. Сметаниным была защищена работа по гидротранспорту сапропеля. В результате исследований разработана модель работы землесосно-гидротранспортного комплекса, позволяющая установить рациональные параметры гидросмеси и системы гидротранспорта. Установлены зависимости потерь напора при движении сапропелевых гидросмесей по пульповодам. Предложены новые технологические приемы повышения эффективности использования землесосно-гидротранспортных комплексов при очистке водоемов и подаче сапропеля на поля. В частности, предложены новые конструкции грунтозаборного устройства земснаряда и система сгущения пульпы в промежуточном отстойнике.

В 1983 г. за заслуги в научной и педагогической деятельности Д.Л. Меламут был удостоен почетного звания Заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

В этот период наряду с тематикой по сапропелям в лаборатории гидромеханизации выполнялись работы по строительству коллекторов и каналов, а также были существенно расширены исследования по намыву сооружений.

В 1983 г. Н.Ш. Гараевым защищена работа по строительству открытых коллекторов земснарядами в засоленных грунтах. В процессе исследований установлены параметры равнопрочных откосов коллекторов параболического профиля, разрабатываемого земснарядами, в зависимости от типа грунта и слоя воды в коллекторе. Получено уравнение для проверки устойчивости откосов, подверженных гидродинамическому давлению выклинивающихся грунтовых вод. Установлена аналитическая зависимость для оценки эффекта расселения земель, при распределении на них пульпы. Разработаны рациональные технологические схемы намыва грунта на прилегающие земли.

В 1982 г. Ю.П. Быковым была защищена работа по намыву сооружений из суглинистых грунтов. Сущность работы заключалась в намыве сооружений распластанного профиля с интенсификацией процесса обезвоживания суглинистых грунтов и их уплотнения путем послонной нарезки борозд. В процессе исследований установлены зависимости для прогнозирования уклонов поверхности намыва и раскладки намываемых грунтов. Зависимости изменения влажности и плотности в процессе обезвоживания с учетом климатических условий. Зависимости для определения времени технологиче-

ских перерывов для уплотнения намывных слоев грунта. Установлены рациональные конструктивные параметры борозд, их размеры и расстояния между ними.

В 1984 г. Р.С. Утягановым была защищена работа по намыву сооружений из лесовидных суглинистых грунтов. По существу, работа является продолжением исследований Ю.П. Быкова. В процессе исследований получено приближенное решение дифференциального уравнения двумерного движения влаги для расчета влажности намывного грунта в процессе его обезвоживания. Для прогноза влажности намывного грунта усовершенствована программа расчета влагопереноса и получено уравнение движения контура увлажнения при намыве грунта между отвалами. Разработана методика расчета плотности намывного грунта при интенсификации его обезвоживания и уплотнения применительно к предлагаемым способам намыва.

В 1986 г. О.В. Мерзляковым защищена работа по намыву земляных сооружений с устройством гравийного покрытия напорного откоса. В процессе исследований установлены технологические параметры кольматации гравийного покрытия намывом. Установлены время заполнения пор, толщина закольматированного покрытия и его физико-механические свойства. Установлена зависимость для расчета коэффициента заложения напорного откоса, укрепленного гравийным покрытием. Определены размывающие скорости волнового потока в зависимости от плотности покрытия и степени кольматации.

В лаборатории гидромеханизации наиболее преданным и достойным продолжателем дела своего учителя был ведущий научный сотрудник к.т.н. Н.К. Голубев. При совместном научном руководстве Д.Л. Меламута и Н.К. Голубева были продолжены исследования и защищены две диссертации.

В 1988 г. С.А. Кубышкин развил исследования Н.Ш. Гараева и защитил диссертацию по строительству каналов землесосными снарядами с формированием устойчивых откосов. В результате исследований разработаны методы формирования откосов земснарядом со свайно-леерным папильонированием. Обоснованы глубины подрезов временных откосов в зависимости от скорости снижения уровня воды при размыве временных перемычек. Получены аналитические зависимости для прогнозирования кривой депрессии на откосе при его водонасыщении, времени водонасыщения грунта временных откосов, суммарных потерь воды на строящемся участке, времени работы насосной станции.

В 1995 г. А.А. Ищук развил исследования О.В. Мерзлякова и защитил диссертацию по технологии возведения плотин из гравелистых грунтов. В результате исследований установлены рациональные параметры толщины слоя намыва сооружений, расстояния между торцами пульповодов, длины карт намыва. Разработана методика расчета параметров намыва плотин и дамб из гравелистых грунтов.

Всего под научным руководством Д.Л. Меламута защитили кандидатские диссертации 28 аспирантов. По результатам исследований им опубликовано более 170 научных трудов и получено более 50 авторских свидетельств на изобретения. Среди публикаций наиболее существенна монография «Гидромеханизация в мелиоративном и сельскохозяйственном строительстве» (1981 г.), по которой обучается второе поколение инженеров гидротехников.

Научное наследие Д.Л. Меламута охватывает широкий спектр исследований вопросов гидромеханизации: совершенствования конструкций грунтозаборных устройств землесосных снарядов и гидромониторов, технологий перекрытия русел рек, намыва различных земляных сооружений дамб, плотин, устройства профильных выемок каналов и коллекторов, намыва сапропелей на поля. По глубине и широте

охвата проведенные исследования ставят его в один ряд с ведущими учеными гидромеханизаторами страны - А.П. Юфиным, В.В. Дегтяревым, Д.В. Рощупкиным, Б.А. Волниным, А.М. Царевским, Б.М. Шкундиным и другими исследователями.

Созданная Д.Л. Меламутом научная школа позволила углубить исследования и получить новые знания в области гидромеханизированной разработки грунта, как в нашей стране, так и за рубежом.

Среди его учеников следует отметить успехи профессора В.И. Сметанина, который работает зав. кафедрой в РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева. В Казахском национальном университете работает ректором профессор Т.И. Есполов - ученик Л.И. Бадаева и Д.Л. Меламута. В Нижнем Новгороде в ННГУ работает профессор А.В. Согин - ученик В.И. Сметанина. Они создали свои научные школы и продолжают дело своего учителя.

Работа над статьей позволила установить связь работ основателя мелиоративной науки А.Н. Костякова и последующими исследованиями по гидромеханизации. Последняя глава его книги «Основы мелиораций» посвящена предупреждению размыва почв на склонах. Им получена зависимость массы смываемой почвы от величин снежного покрова, уклона и атмосферных осадков. Последующие работы А.М. Царевского посвящены гидравлическому транспортированию грунта. Развитие исследований А.М. Царевского проведено под руководством Д.Л. Меламута его учениками Н.К. Голубевым и В.И. Сметаниным. Кроме того, развитие исследований по гидротранспорту в институте проводились профессором Х.Ш. Шапиро и доктором технических наук С.С. Медведевым.

Профессор Д.Л. Меламут оставил глубокий след в мелиоративной науке, проведенные им исследования позволили взрастить новое поколение гидромеханизаторов, а возведенные по его научным рекомендациям земляные сооружения являются достойным памятником выдающемуся ученому.

УДК 631.6

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Д.М. КАЦА

С.Д. Исаева, Б.М. Кизяев

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

12 марта 2015 года исполнилось 100 лет со дня рождения Давида Моисеевича Каца - выдающегося ученого-мелиоратора, одного из основоположников нового научного направления - мелиоративной гидрогеологии, доктора геолого-минералогических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Узбекской ССР.

100 лет. Это не много не только с позиций исторического времени, но и человеческой жизни. Еще прекрасно помнят сотрудники, по разным поводам в институте звучит фамилия Давида Моисеевича, еще на столе лежат написанные Д.М. Кацем учебники и книги.

Творческий путь Давид Моисеевич Кац начал в сложный период 1920-1930-х гг., окончив Ростовский–на-Дону гидрометеорологический техникум. Специальность - техник-гидролог. В 1940 г. окончил Новочеркасский индустриальный институт им. Серго Орджоникидзе (ныне – Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова), получив диплом с отличием по специальности инженер-гидрогеолог.

Становление Д.М. Каца как ученого и практика в области мелиоративной гидрогеологии происходило в Узбекистане, где он прошел прекрасную школу в среде среднеазиатских гидрогеологов и мелиораторов. Давид Моисеевич начинал свою деятельность, работая рядом с такими выдающимися учеными, как Владимир А.Г., Крылов М.М., Шмидт М.А., Георгиевский Б.М., Ланге О.К. и др.



Доктор геолого-минералогических наук, профессор Давид Моисеевич Кац
(12.03.1915 – 07.12.1987)

Среднеазиатский период деятельности – это время научных исследований и практики. С 1941 по 1959 гг. Давид Моисеевич работал в производственных, научных и учебных организациях Узбекистана - в Самаркандской проектно-изыскательской конторе треста Узводпроизстрой, Узбекском Геологическом Управлении, Средазводпроекте, Средазгипроводхлопе, Узбекской гидрогеологической экспедиции, затем – в ТИИМСХ. Д.М. Кац участвовал в многочисленных экспедициях и полевых работах.

В этот период Давид Моисеевич участвовал в работах по изучению гидрогеологических условий районов Узбекистана, по наблюдениям за режимом подземных вод и его анализу в естественных условиях и при орошении, в условиях развития вторичного засоления земель, принимал участие в научном обосновании крупных ирригационно-мелиоративных проектов в дельте р. Аму-Дарьи, в Голодной и Каршинской степи, Бухарском и Хорезмском оазисах, в Кара-Калпакской АССР и других районах Узбекистана и Южного Казахстана.

По инициативе Д.М. Каца в 1944 г. были развернуты широкие натурные исследования по изучению режима и баланса грунтовых вод, продолжены работы Б.М. Георгиевского по организации региональной сети наблюдательных гидрогеологических скважин в разных районах Узбекистана - в Хорезмской и Бухарской областях, в Голодной степи и Центральной Фергане. В 1944-1945 гг. Д.М. Кац принял активное участие в создании мелиоративной службы в системе Минводхоза УзССР.

По результатам изучения режима и баланса грунтовых вод в орошаемых районах Узбекистана Д.М. Кац подготовил первый крупный доклад «Опыт постановки стационарных наблюдений за режимом грунтовых вод в орошаемых районах Узбекистана и задачи дальнейших исследований», сделанный на Пленуме секции гидротехники и мелиорации ВАСХНИЛ в феврале 1946 г., а в 1947 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Гидрогеологические условия орошаемых дельт пустынной зоны Южного Хорезма в связи с мелиорацией и организацией мелиоративной службы».

Не оставляя производственной деятельности, с 1948 г. Д.М. Кац приступил к работе в Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИМСХ, с 2004 г. – Ташкентский институт ирригации и мелиорации) сначала в должности ассистента, затем доцента кафедры сельхозмелиораций, гидрогеологии и водоснабжения, заведующего кафедрой гидрогеологии, с 1954 г. – декана гидромелиоративного факультета ТИИМСХ. Давид Моисеевич был прекрасным лектором, проводил большую учебно-методическую, организационную работу, много сил и времени отдавал подготовке студентов, проведению учебных и научно-производственных практик, одновременно проводил научные исследования и готовил докторскую диссертацию.

Большое влияние на исследования Д.М. Каца в этот период, как и в последующем, оказали работы отечественной классической школы естествоиспытателей: Берга Л.С., Вернадского В.И., Докучаева В.В., Архангельского А.Д., Костякова А.Н., Игнатовича Н.К., Личкова Б.Л., Каменского Г.Н., Овчинникова А.М., Приклонского В.А., Саваренского Ф. П., Вильямса В.Р., Ковды В.А., Розанова А.Н., Антипова-Каратаева И.Н. Большое значение сыграли работы среднеазиатской школы гидрогеологов – Владимирова А.Г., Крылова М.М., Шмидта М.А., Георгиевского Б.М., Ланге О.К. и др.

Тема диссертации Д.М. Каца на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук – «Закономерности режима грунтовых вод и принципы регулирования его в орошаемых районах Узбекистана». Научными консультантами были член-корреспондент АН СССР В.А. Ковда и доктор геолого-минералогических наук, профессор О.К. Ланге. Диссертация была защищена в 1958 г. в совете геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Диссертационная работа Д.М. Каца стала фундаментальным научным трудом, написанным в лучших традициях работ по естествознанию и включала целый комплекс теоретических и методологических исследований на стыке разных областей знаний: географии, геологии, геохимии, гидрогеологии, мелиорации, почвоведения.

В последующем, следуя принципам А.Н. Костякова, изложенным в его фундаментальном и основополагающем труде «Комплексные мелиорации» все исследования Д.М. Каца были направлены на определение и обеспечение условий "при которых в различной гидрогеологической обстановке возможно формирование режима грунтовых вод, благоприятного для плодородия почв и получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур". Это направление и составило основную область исследований мелиоративной гидрогеологии.

Начало мелиоративной гидрогеологии было положено исследованиями отдела земельных отношений и Переселенческого управления в самом конце XIX века. Значительный вклад в развитие мелиоративной гидрогеологии как науки внесены исследованиями, проведенными в орошаемых районах Закавказья Саваренским Ф.П. и Приклонским В.А., в оазисах Средней Азии – Ланге О.К., Шмидтом М.А., Решетки-

ным М.М., Толстихиным Н.И., Георгиевским Б.М., Крыловым М.И. и другими. Особенно большую роль сыграл М.А. Шмидт, впервые применивший термин «мелиоративная гидрогеология» и убедительно показавший жизненно важное значение для Узбекистана этой прикладной отрасли гидрогеологии.

Д.М. Кац, понимая значение мелиоративной гидрогеологии не только для зоны оросительных мелиораций, но и зоны избыточного увлажнения, учитывая рост мелиорированных земель, дополнил определения мелиоративной гидрогеологии, данные М.М. Крыловым (1951 г.) и А.Г. Владимировым (1957 г.) и предложил «...основным содержанием мелиоративной гидрогеологии рассматривать изучение формирования подземных, главным образом грунтовых вод в районах оросительных и осушительных мелиораций в целях поддержания или создания режима грунтовых вод благоприятного для сельского хозяйства, а также использования подземных вод для орошения и с.х. водоснабжения».

Основной задачей мелиоративной гидрогеологии, исходя из фундаментальных принципов комплексной мелиорации А.Н. Костякова, Давид Моисеевич Кац считал обоснование мероприятий "... не только по коренному улучшению мелиоративного состояния староорошаемых земель, но и по предупреждению отрицательных последствий роста использования земель и водоподачи, а также по предупреждению подъема грунтовых вод на тех целинных землях, которые в настоящее время благополучны в мелиоративном отношении".

Учитывая определяющее значение влияния глубины залегания грунтовых вод на состояние почв и растительности, Д.М. Кац развил содержательную часть понятия "критическая глубина грунтовых вод", выдвинутое в аспекте вторичного засоления почв Б.Б. Польшовым (1930) и развитого в работах Ковды В.А. (1947), Антипова - Каратаева И.Н. (1940), Владимирова А.Г. (1957). А.Н. Костяков (1951) писал, что критическая глубина грунтовых вод зависит от степени минерализации, механического состава почв и их структурности, с улучшением которой критические глубины уменьшаются. Д.М. Кац, анализируя материалы, пришел к выводу, что вопросы критического режима грунтовых вод требуют комплексных исследований: не только почвенно-мелиоративных, дающих представление об элементах водно-солевого баланса почвы, но и гидрогеологических – направленных на изучении режима грунтовых вод и его влияния на водно-солевой баланс почв в разных хозяйственных условиях в зависимости от типа химического состава и общей минерализации. И поскольку критическая глубина различна для территорий с разным типом режима грунтовых вод, окончательный выбор критической глубины должен принадлежать мелиораторам с учетом всего комплекса мелиоративных мероприятий.

С 1959 г. начался новый период в жизни Давида Моисеевича Каца - он был приглашен на работу во ВСЕГИНГЕО и прошел по конкурсу на должность старшего научного сотрудника. Со временем им была организована лаборатория мелиоративной гидрогеологии. Коллегами и близкими друзьями Д.М. Каца стали директор института Маринов Н.А., Коноплянцев А.А., Лебедев А.А., под его руководством росли молодые гидрогеологи – Маслов Б.С., Парфенова Н.И., Семенов С.М., Челидзе Ю.Б. и другие. В годы работы в институте Д.М. Кацем были поставлены исследования на Северном Кавказе, под его руководством разработана методика по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства. Большую работу в этот период Д.М. Кац вел в Министерстве геологии СССР, Госкомводхозе и геологических управлениях по организации гидрогеологических исследований на мелиорированных землях. Его усилиями работы по ме-

лиоративной гидрогеологии были включены в задачи всех гидрогеологических станций и режимных партий.

Постепенно работы по мелиоративной гидрогеологии вышли за пределы регионов Средней Азии и Закавказья. Исследования в этом направлении проводились в Поволжье, на Украине, Северном Кавказе, в Хабаровском крае, Иркутской и Читинской областях, в Белоруссии и республиках Прибалтики. Д.М. Кац проводил огромную работу как научный куратор этих исследований. Регулярно дважды в год под руководством Д.М. Каца заслушивались отчеты гидрогеологических станций и гидрорежимных партий, корректировались и совершенствовались проводимые ими наблюдения, методы обработки материалов, формировались предложения для производства. С целью помощи специалистам на местах в эти годы Д.М. Кац посетил практически все мелиоративные системы, где проводились режимные наблюдения. Результаты работ в этом направлении давали обширный материал для монографий, но, прежде всего, для понимания фактической ситуации, складывающейся на мелиорируемых землях, разработки методологии, методов мелиоративной гидрогеологии. Важной вехой в развитии всей мелиорации в стране и мелиоративной гидрогеологии стало Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР от 16 июля 1966 г. "О широком развитии мелиорации земель". К этому моменту опыт работ позволил Д.М. Кацу определить четкую программу теоретических и экспериментальных работ по мелиоративной гидрогеологии в связи с новыми задачами по мелиорации земель в аридной и гумидной зонах страны. По предложению Д.М. Каца для повышения методического уровня работ, усиления связей между Мингео СССР и Минводхозом СССР был создан Межведомственный совет по мелиоративной гидрогеологии.

В период работы во ВСЕГИНГЕО Д.М. Кацем были написаны две монографии, по инициативе и под руководством Д.М. Каца с привлечением широкого круга специалистов разрабатывается "Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства". Руководство определило состав работ на разных стадиях проектирования мелиораций в зависимости от степени сложности гидрогеологических условий, методику режимных наблюдений и водно-балансовых исследований.

В 1970 г. Д.М. Кац перешел на работу во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. Понимая большое значение комплексного обоснования мелиораций, он организовал отдел мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративного почвоведения. Под руководством Д.М. Каца были проведены комплексные полевые исследования в Поволжье, Ростовской области, в Азербайджане, Южном Казахстане, Таджикистане, получены натурные данные, позволившие решить теоретические и научно-методические задачи, связанные с прогнозом режима грунтовых вод, водно-солевого режима почв и зоны аэрации, необходимые для проектирования мелиоративных объектов в разных регионах страны. Исследовались условия работы дренажа, проводились экспериментальные работы по оценке фильтрационных параметров насыщенной зоны и параметров зоны аэрации, анализу физико-химических свойств почв и их динамики. Составлен ряд методических руководств и нормативных материалов по вопросам научного гидрогеологического обоснования проектирования и эксплуатации мелиоративных объектов и мелиоративного контроля земель при орошении. Вместе с Д.М. Кацем в исследованиях принимали участие такие видные ученые ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова как Балаев Л.Г., Бобченко В.И., Решеткина Н.М., Беляков В.М., Парфенова Н.И., Райнин В.Е., Виноградова Г.Н., Лялин Ю.С., Макарычева Е.А., Рыбина Н.Н., Пере-

веденцев В.А., Галактионова О.В., Сапожников Н.Г. и многие другие. Одновременно в комплексных исследованиях по мелиорации земель принимали участие сотрудники зональных институтов Минводхоза СССР, Почвенного института им. В.В. Докучаева, научных отделов ряда проектных институтов и Геологические управления Мингео СССР, Гидромета, Минсельхоза СССР, а также кафедры многих крупных вузов страны – МГУ, МГРИ, КГУ и др. и других организаций.

Были выполнены широкомасштабные исследования режима и баланса подземных вод на орошаемых землях и обобщены закономерности режима грунтовых вод в различных орошаемых районах страны. Д.М. Кацем разработаны принципы оценки естественной дренированности земель (или гидродинамической зональности грунтовых вод) в различных природных зонах на основе потенциальной количественной величины подземного оттока. Исходя из принципа сочетания климатической и гидродинамической зональности грунтовых вод, на основе обобщения материалов по гидрогеологическим условиям страны была предложена схема гидрогеологического районирования территории СССР для планирования водных мелиораций. Районирование впоследствии использовалось проектными и эксплуатационными водохозяйственными организациями для проведения мероприятий по улучшению мелиоративного состояния земель, развитию орошения.

По инициативе Д.М. Каца в Министерстве мелиорации и водного хозяйства СССР была создана служба гидрогеолого-мелиоративного контроля, образована сеть гидрогеолого-мелиоративных экспедиций и партий в республиках СССР и областях Российской Федерации. Под его руководством выполнено методическое обеспечение работ службы, включая основные методы проводимых наблюдений, контроля и оценки мелиоративного состояния орошаемых земель. Под его руководством в 1979г. было подготовлено и утверждено Минводхозом СССР "Методическое руководство по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. ВТР-Э-1-79". На основе данных наблюдений службы гидрогеолого-мелиоративного контроля стал ежегодно выходить «Кадастр мелиоративного состояния орошаемых и осушенных земель». В 1981 г. Д.М. Кацем была разработана "Программа обследования подтопленных земель на орошаемых и прилегающих к ним территориях", направленная на выявление причин подтопления и разработку мероприятий по борьбе с подтоплением земель и населенных пунктов.

Д.М. Кац стал инициатором создания сети водно-балансовых станций в стране, руководил разработкой методического руководства по определению задач, направлений и содержания исследований водного и солевого баланса на мелиорируемых землях. Институтом Союзводпроект были разработаны проекты сети водно-балансовых станций, ряд станций был построен.

Д.М. Кац участвовал в экспертизе проектов водохозяйственного строительства, постоянно координировал исследования в области мелиоративной гидрогеологии и консультировал все зональные и республиканские институты гидротехники и мелиорации. Он был инициатором и организатором систематически проводимых межведомственных совещаний по мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративному почвоведению, состоявшихся в 1969, 1973, 1976, 1980, 1984 гг.

Параллельно с 1964 по 1986 г. Д.М. Кац вел педагогическую работу в МГУ им. М.В. Ломоносова, читая на геологическом факультете курс "Мелиоративная гидрогеология" студентам-гидрогеологам. Он был прекрасным лектором и докладчиком. Блестящий педагог, Д.М. Кац имел большую школу учеников в области мелиоративной гидрогеологии. Им опубликованы три монографии, четыре учебни-

ка по гидрогеологии для мелиоративных вузов, пять методических рекомендаций и более 120 статей. Большое значение имеют работы "Режим грунтовых вод орошаемых районов и его регулирование"(1963), "Контроль режима грунтовых вод на орошаемых землях" (1967 г.), "Влияние орошения на грунтовые воды" (1976 г.), учебники и учебные пособия "Гидрогеология" (1969), "Основы геологии и гидрогеологии"(1972,1981), "Мелиоративная гидрогеология" (в соавторстве с В.М. Шестаковым, 1981, 1992 гг. и в соавторстве с И.С. Пашковским,1988). Изложенный в монографиях детальный анализ изменений режима грунтовых вод в разных регионах страны в условиях орошения, типизация гидрогеологических условий мелиорируемых земель в предгорных и платформенных орошаемых районах, определяющая дифференциацию мелиоративных мероприятий при проектировании и эксплуатации мелиоративных систем, принципы оценки мелиоративного состояния земель широко использовались в научных и проектных проработках, при составлении кадастра мелиоративного состояния орошаемых и осушенных земель. Д.М. Кац был членом ученого совета ВНИИГиМ, ВСЕГИНГЕО, МГУ и научно-технического совета Минводхоза СССР.

Опираясь на классическую школу отечественных исследователей - В.И. Вернадского, А.И. Воейкова, А.Н. Костякова, Ф.П. Саваренского, Г.Н. Каменского, А.В. Ковды, С.Ф. Аверьянова и других ученых, - Д.М. Кац посвятил свою жизнь изучению закономерностей и генетических особенностей формирования режима и баланса подземных вод, их изменений под мелиоративным воздействием с целью обоснования мелиоративных мероприятий, а также разработке научных методических основ для развития мелиорации в различных регионах страны. Он умел осуществлять стратегическую постановку и решение проблем в государственном масштабе. Его научные разработки по мелиоративной гидрогеологии явились базой для последующего развития во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова экологического направления в обосновании мелиораций.

Талантливый ученый, организатор и педагог, глубокий исследователь, отличавшийся широтой научных взглядов, требовательный руководитель, душевный, добрый и отзывчивый человек, всегда готовый оказать помощь, - таким помнят Давида Моисеевича Каца все его ученики, сотрудники, друзья и близкие.

УДК 631.6

ВКЛАД В.И. БОБЧЕНКО В РАЗВИТИЕ ИДЕЙ О МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ

(К 100-летию со дня рождения)

В. П. Максименко

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

Творческие идеи Владимира Ивановича остаются востребованными и сегодня. Его научный путь начал формироваться в послевоенные годы, когда необходимо было восстанавливать народное хозяйство, повышать эффективность пашни путем применения орошения, введения в оборот новых земель.

В творческой деятельности Владимира Ивановича можно выделить четыре основных периода: первый посвящен разработке технологий кротового регулирования влажности почвы – регион исследований Черноземная зона, второй относится к периоду освоения земель Голодной степи, третий связан с изучением мелиоративных технологий в Поволжье и четвертый носит обобщающий характер, когда в наибольшей степени уже делались более общие выводы на основе ранее полученных результатов исследований и накопленного опыта.

С 1950 по 1960 гг. В. И. Бобченко работает над вопросами применения подпочвенного, кротового орошения, внутрпочвенного, подземного, подпахотного способов регулирования влажности почвы в Центрально-Черноземных областях (Курская, Ростовская). При совершенствовании подпочвенного кротового орошения до трубчатого, обеспечивающего повышение производительности труда на поливах, изучает устойчивость и влияние кротовин на почву и растение, влияние предварительного увлажнения на набухание и водопрочность почвогрунтов.

В это время выходит совместная работа профессора С.В. Астапова и инженера В.И. Бобченко «Подпочвенно-кротовый способ полива в Центрально-Черноземных областях» [1], в которой скрупулезнейшим образом делается анализ достоинств внутрпочвенного увлажнения, к числу которых нужно отнести: обеспечение наиболее благоприятного для растений распределения поливной воды в почве, эффективное ее использование культурой, сохранение структуры почвы, исключение образования корки на поверхности почвы, создание благоприятного воздушного режима почвы, определяющего интенсификацию микробиологических процессов, создающих предпосылки к улучшению доступности растению влаги и биофильных веществ. В конечном итоге перечисленные достоинства подпочвенного орошения определяют эффективное воздействие на повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Первые опыты по совершенствованию способа были начаты на Курской зональной опытно-мелиоративной станции ВНИИГиМ в 1948 году. Основными направлениями исследований стали работы по созданию устойчивых кротовин при небольшой стоимости работ. По результатам первых же опытов выяснилось, что самым узким местом в технологии является устойчивость кротовин, которая зависит от способа их прокладки и влажности почвы, как факторов, определяющих условия их формирования и последующую сохранность их формы. Экспериментальным путем было установлено, что оптимальная влажность почв Курской зональной опытно-мелиоративной станции находится на уровне 28...30 % от массы сухой почвы. При этом была сделана ссылка на предыдущие работы вниигимовских ученых - Николай Дмитриевича Кременецкого и Владимира Романовича Ридигера, к этому времени уже получивших первые результаты по созданию кротовин с использованием дренов. Надо отметить, что В.Р. Ридигер как ученый имел большую популярность и признательность среди коллег и местных жителей на территории опытной станции. Памятуя о том, что «люди живы, пока о них помнят», они вышли с ходатайством назвать возникшую в Лунинецком районе на месте бывшей опытной станции деревню в честь глубокоуважаемого ученого его именем – Ридигерово.

Устройство кротовин с использованием дренов с двумя уширителями, последовательно устанавливаемыми с увеличивающимися диаметрами, обеспечивало существенную устойчивость кротовин к размыванию. Первые опыты показали, что кротовины дольше сохраняют свою форму при подаче воды с наполнением их на 1/3 от диаметра. Поэтому дальнейшие эксперименты были направлены на разработку бесподпорного подпочвенно-кротового способа полива. При таком подходе кротовины рассматривались ими как подпочвенные поливные борозды, закладка их производилась по уклону нормально к горизонталям. Вода по кротовинам протекала, не доставая свода кротовин, капиллярно увлажняя на своем пути почву.

Устойчивость кротовин, нарезаемых весной на посевах ржи, у которой была уже хорошо развита корневая система, была более высокой. Кротовины на озимой ржи работали в два-три раза продолжительнее, чем кротовины, нарезанные в почве без растительного покрова. При этом кротовины на ржи выходили из строя в большин-

стве случаев вследствие их заиливания, а не от обрушивания; кротовины же в почве без растений обрушивались в различной степени по достижению их свода водой. Эффект сохранения кротовин достигался за счет корневой системы ржи, которая пронизывала свод и стенки кротовины, создавая вокруг нее подобие дернины, которая укрепляла кротовину, предохраняя ее от значительных обвалов.

В значительной степени устойчивость кротовины зависела от организации полива. При пуске воды расходом 0,3 л/сек часто отмечались случаи «захлебывания» кротовины, создавался подпор воды в ней, который способствовал ускоренному разрушению свода и заилению кротовины. Наилучшие результаты устойчивости кротовины получились при предварительном пуске малой поливной струи (0,1...0,15 л/сек) с постепенным увеличением ее до умеренной поливной струи (0,20...0,25 л/сек). Было также выявлено, что избыточное пересыхание кротовин отрицательно отражается на их устойчивости при поливах. Так, например, в кротовинах, пересохших до влажности 15% к массе сухой почвы, при поливах струями умеренной величины имелись случаи остановок воды, в то время как кротовины с влажностью 19 %, несмотря на большее число испытаний, не имели подобных случаев. Следовательно, соблюдение своевременности поливов важно не только с агротехнической точки зрения, но и с позиции устойчивости кротовин при подпочвенно-кротовом способе полива.

Рассматривая работы Владимира Ивановича по подпочвенно-кротовому способу полива необходимо отметить, что при имеющихся достоинствах способа регулирования влажности почвы и полученных положительных результатах этот способ оставался еще недостаточно разработанным для практического применения. Вместе с тем с развитием научно-технического прогресса и появлением возможностей замены кротовин пористыми материалами идея внутрипочвенного увлажнения получила новый импульс развития как в России, так и за рубежом, указывая на значимость и перспективность начатых в этом направлении работ в нашей стране. И в этом импульсе есть вклад Владимира Ивановича Бобченко. Учитывая исторически складывающийся положительный тренд развития идеи, не вызывает сомнения и тот факт, что общество, а точнее ученые, будут и в будущем искать пути адаптирования к природным процессам идеи в жизнь с максимально близким функционированием искусственно создаваемой системы. И к этому нас подводит Владимир Иванович своими последующими работами.

В 1960, 1961 годах в журнале «Почвоведение» выходит его новая работа, посвященная закреплению почвогрунтов производными акриловой кислоты [2; 3]. А уже с 1962 года он вплотную подходит к решению вопросов почвоведения. На обсуждение выносятся новые представления о водопрочности почвенной структуры [4].

Большой отрезок научного творчества В.И. Бобченко посвящен вопросам промывок засоленных земель. Результаты его исследований отражены в работах - опыт промывки засоленных земель при культуре риса (1965 год); опыт коренной промывки засоленных земель в Голодной степи (1965 год); опыт по рассолению в Голодной степи (1967 год); результаты научно-исследовательских работ ВНИИГиМ по промывкам засоленных земель (1967); способ рассоления орошаемых земель (1969) [5; 6; 7; 8; 9].

И в этой области мелиораций им получены интересные данные. В частности, Владимиром Ивановичем с коллегами [5] было замечено, что в начальный период промывок вымываются в основном только токсичные соли NaCl, Na₂SO₄ и MgSO₄ и промываемая засоленная почва не обедняется в значительной мере питательными веществами. Этот казался бы парадоксальный вывод согласовывался с результатами работ С. Э. Варунцяна в Азербайджанской ССР. И тогда было сделано предположе-

ние, что вследствие подавления солями жизнедеятельности почвенных микроорганизмов засоленная почва почти не содержит фосфора и азота в усвояемых формах. Не было обнаружено этих веществ в дренажном стоке и во время промывок. При этом после промывок влажная почва способна быстро накапливать питательные вещества [5].

Отмеченное Владимиром Ивановичем с коллегами [5] преимущество в накоплении питательных веществ на участках, занятых рисом, объясняется внесением удобрений и деятельностью корневой системы риса, которая выделяет углекислоту, способствующую растворению фосфорсодержащих веществ, а также жизнедеятельностью водорослей, фиксирующих азот воздуха. Выявленные при этом процессы окончательно сняли вопрос о целесообразности применения технологии возделывания затопляемого риса на участках, нуждающихся в рассолении почв. Такая технология обеспечивает не только вымыв токсичных солей из почвенного профиля, но и создает предпосылки к повышению плодородия мелиорируемых почв. Положительный достигаемый эффект был подтвержден в производственных условиях на землях совхоза № 4 Голодной степи, когда в первый же год после промывок с использованием технологии затопления риса были получены урожаи хлопка-сырца более 1,0 т/га [5].

В.И. Бобченко исследованы вопросы интенсификации процесса промывок осолонцованных почв с использованием химических мелиорантов. Вопрос о целесообразности применения химмелиорантов в то время носил двойное трактование в связи с одновременным вымывом токсичных солей и элементов минерального питания растений при проведении влагозарядковых, опреснительных и вегетационных поливов в условиях осолонцованных каштановых почв Поволжья.

Исследованы В.И. Бобченко и вопросы применения мелиорантов и влияние их на питательный режим в осолонцованных почвах (1984). В качестве мелиорантов использовались азотные и фосфорные удобрения и фосфогипс. Постановка таких исследований была обусловлена тем, что при промывке осолонцованной каштановой почвы Поволжья только чистой водой происходит значительное увеличение содержания хлорида натрия и сульфатов натрия и кальция в дренажной воде. При этом в почве увеличивается количество карбонатов кальция и образуется карбонат натрия. Последующее внесение NP-удобрений и орошение способствует увеличению содержания в почве NaHCO_3 и CaSO_4 соответственно в 2 и 3 раза [10].

Промывка водой, насыщенной раствором гипса (2,1 г/л), при последующем внесении NP и орошением, а также использование удобрений, как химмелиорантов без предварительной промывки с последующим орошением, хлорид натрия вымывается практически полностью, карбонат натрия не образуется, содержание сульфата кальция снижается. Наибольший эффект по его снижению наблюдается в условиях применения удобрений как химмелиорантов. При этом количество карбоната кальция остается неизменным.

В этих опытах было установлено не только положительное влияние на почву промывки раствором гипса, но и при внесении 10-ти кратных доз удобрений. При использовании удобрений как химмелиорантов достигался не меньший эффект рассоления почвы без затрат воды на осуществление промывки. При этом улучшался пищевой режим почвы, благодаря увеличению содержания в ней азота и калия.

В этих опытах был установлен еще один интересный факт - при внесении удобрений в форме аммиачной селитры и суперфосфата как химмелиорантов, в почве увеличивалось содержание подвижных форм калия (в отдельных вариантах вдвое) по

сравнению с исходным содержанием. При этом вынос его не превышал 0,01 г на полный объем фильтрата.

Владимиром Ивановичем (1987) сделан научный вклад в развитие мелкодисперсного дождевания (на начальном этапе оно характеризовалось как микрокапельное дождевание), направленное на совершенствование технологий регулирования гидротермического режима почвы и приземного слоя воздуха при орошении черноземов [11]. Он утверждал: «... в первую очередь целесообразно соблюдать принцип ограничения поливных и оросительных норм, дополняя лишь недостаток естественных осадков ...». Развивая эту идею, он писал: «Исследуемая во ВНИИГиМе техника микрокапельного дождевания близка к выполнению этого условия, но она не в состоянии капиллярно увлажнять весь активный корнеобитаемый слой или хотя бы верхний полуметровый слой почвы». Ссылаясь на опыты в Куйбышевском Заволжье (Бобченко В.И., [и др.], 1983) на обыкновенных тяжелосуглинистых черноземах, он отмечал, что при проведении микрокапельных поливов с интенсивностью дождя 0,02...0,04 мм/мин соблюдались условия по сохранению почвы от переувлажнения и коркообразования, при этом глубина промачивания почвы за несколько поливов в сутки не превышала 5 см [12]. При имеющем место снижении затрат воды и приросте урожайности яровых зерновых, который был значительно ниже, чем при необходимом увлажнении на расчетную глубину, при которой обеспечивались значительно больший прирост урожайности.

В последующих рассуждениях он отмечает, что нельзя недооценивать роль микрокапельного увлажнения, особенно в период всходов и кущения пшеницы, то есть на фоне достаточных влагозапасов в почве. Таким образом Владимир Иванович уже тогда говорил о необходимости применения комбинированных технологий регулирования гидротермического режима почвы и приземного слоя воздуха. С учетом накопленного им опыта орошения черноземов он предлагает придерживаться принципов правильного послойного регулирования влажности черноземных почв в активном корнеобитаемом слое.

В наибольшей степени этому отвечает дифференцированное увлажнение двумя способами при сочетании внутрпочвенных поливов и дождевания. В качестве доказательства использует биологические особенности сельскохозяйственных культур, когда для получения дружных всходов достаточно увлажнить только поверхностный слой почвы. По мере развития корневой системы растений осуществлять внутрпочвенный полив, не допуская переувлажнения почвы более наименьшей влагоемкости (НВ). К великому огорчению, несовершенство способов, получивших в последнее время наибольшее применение, спустя 30 лет эти рекомендации в большинстве случаев не выполняются. При увлажнении почвы влажность почвы доводится до ее предельно-допустимого значения или полной влагоемкости, что сопровождается травмированием корневой системы растений, вымывом питательных веществ вглубь и, в конечном итоге, снижением урожайности сельскохозяйственных культур.

Особое внимание Владимир Иванович уделял водопрочности структуры черноземных почв. Проведенными исследованиями было установлено, что на типичных черноземных с содержанием гумуса 5,8 %, исходной влажности 14 % с увеличением температуры от 3 до 75 °С скорость размокания комковатой структуры увеличивается в 19 раз; на каштановых почвах с содержанием гумуса 3 % - в 11 раз; на дерново-подзолистых с содержанием гумуса менее 1 % - только в 2 раза [11]. Поэтому поливы черноземов дождеванием нецелесообразно проводить по прогретой поверхности поля. Существенно влияние увлажнения на устойчивость агрегатов и комочков к размо-

канию, разрушение зависит от исходной влажности почвы. Показана зависимость устойчивости структуры черноземов от способа увлажнения почвы. Медленное капиллярное увлажнение сухой почвы значительно повышает ее устойчивость к размыванию при последующем быстром увлажнении.

Одно из направлений, на которое обращал внимание Владимир Иванович и которое существенно влияет на плодородие почв (в данном случае черноземов), связано с качеством поливной воды. В своих работах он указывал на тот факт, что подаваемая на поле вода должна быть сбалансирована по ионному составу. Пресная вода, как и минерализованная, негативно сказывается на почвенных процессах. Полив пресной водой более интенсивно выщелачивает кальций из почвенного поглощающего комплекса, чем полив водой, содержащей 1 г/л солей в уравновешенных ионных соотношениях. Ориентируясь на возникающие процессы в черноземах при орошении Владимир Иванович рекомендует при поливах даже дождевой водой вносить для профилактических целей кальцийсодержащие вещества. Казалось бы, не столь значимый элемент технологии орошения для практики, пренебрежение которым в итоге сопровождается существенной деградацией почвенного плодородия, восстановление которого требует значительных затрат антропогенной энергии.

Решение проблемы орошения черноземов он видел в необходимости развития циклического орошения в этом регионе. Более того, в степной и лесостепной зонах водные ресурсы ограничены, а для отдельных культур и в отдельные годы необходимости в их орошении нет, было бы целесообразным применять циклическое орошение черноземов, как на больших оросительных системах, так и на местном стоке при наличии воды благоприятного качества.

Много внимания уделено Владимиром Ивановичем такому мелиоративному приему как глубокое рыхление почвы. При этом он говорил, что глубокое рыхление целесообразно применять периодически по принципу циклических почвенных мелиораций с одновременным внесением в разрыхляемый слой почвы химических мелиорантов и фосфорных удобрений.

Сегодня, по прошествии времени, можно с уверенностью сказать, что многие вопросы земледелия (включая орошение), которым посвятил свой талант Владимир Иванович, остаются актуальными и сегодня. Их решение видится в разработке более совершенных мелиоративных систем на основе научно-технического прогресса в смежных областях, в наибольшей степени адаптированных к природным процессам. Можно с уверенностью утверждать, что его научный вклад, его результаты исследований, будут ориентиром в вопросах мелиораций еще не для одного поколения. То, что представлено в этой работе составляет ничтожно малую величину по сравнению с его разносторонним вкладом в развитие мелиоративных идей.

Говоря о востребованности идей Владимира Ивановича нельзя пройти мимо одной работы, выполненной ФГБНУ «РосНИИПМ» по заданию Министерства АПК РФ при подготовке «Методических указаний по выбору комплекса мероприятий, сохраняющих и восстанавливающих почвенное плодородие земель при циклическом орошении», в которой использованы идеи В.И. Бобченко со ссылкой на опубликованные им работы в 1987 и 1989 годах [13; 14]. Это говорит о том, что зерна его таланта легли на благодатную почву востребованности обществом.

Подводя итоги анализа публикаций В.И. Бобченко, необходимо отметить, что это был ученый от природы и развитие его идей о мелиорации шло в гармонии с природой. Только с таким подходом к решению мелиоративных задач в земледелии должны работать ученые–мелиораторы.

Список использованных источников

1. Астапов, С. В. Подпочвенно-котовый способ полива в Центрально-Черноземных областях / С. В. Астапов, В. И. Бобченко // Гидротехника и мелиорация. – 1950. - № 9. – С. 41 – 52.
2. Бобченко, В. И. Закрепление почво-грунтов производными акриловой кислоты / В. И. Бобченко // Почвоведение. – 1960. - № 6. – С. 70 – 74.
3. Бобченко, В. И. Закрепление почвогрунтов производными акриловой кислоты / В. И. Бобченко // Почвоведение. – 1961. - № 10. – С. 70 - 74.
4. Бобченко, В. И. О водопрочности грунтов / В. И. Бобченко // Почвоведение. – 1962. - № 12.
5. Петров, Е. Г. Опыт промывки засоленных земель при культуре риса / Е. Г. Петров, В. И. Бобченко, А. А. Сидько, В. С. Макарова, С. И. Мясищев // Гидротехника и мелиорация. – 1965. - № 10. – С. 1 – 14.
6. Бобченко, В. И. Опыт коренной промывки засоленных земель в Голодной степи / В. И. Бобченко // Гидротехника и мелиорация. – 1965. - № 3.
7. Бобченко, В. И. Результаты испытания полиэтиленового бестраншейного дренажа в Голодной степи / В. И. Бобченко // Полимеры в водном и сельском хозяйстве: тезисы докладов семинара-совещания; Латгипроводхоз. – Рига, 1967.
8. Бобченко, В. И. Опыт по рассолению земель в Голодной степи / В. И. Бобченко // Хлопководство. – 1967. - № 11.
9. Бобченко, В. И. Способ рассоления орошаемых земель. Бюллетень по изобретениям № 36, 1969.
10. Бобченко, В. И. Химические мелиоранты и влияние их на питательный режим в осолонцованных почвах / В. И. Бобченко, А. Н. Алпатова // Перспективные способы и техника орошения земель: сб. научных трудов ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова. - М., 1984. – С. 67 – 71.
11. Бобченко, В. И. Усовершенствование технологии орошения черноземов / В. И. Бобченко // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1987. - № 8. – С. 116 - 121.
12. Бобченко, В. И. Влияние глубокого объемного рыхления на водно-физические свойства почв Высоких Сыртов / В. И. Бобченко, В. С. Казаков, В. С. Макарова // Вопросы обоснования мелиораций и охраны природы: сб. научных трудов ВНИИГиМ. - М.: ВНИИГИМ, 1983.
13. Бобченко, В. И. Особенности формирования плодородия черноземов и перспективы циклического передвижного орошения с почвенными мелиорациями / В. И. Бобченко // Эффективность орошения черноземов: сб. трудов ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова. - М., 1988. – С. 67 – 80.
- Бобченко, В. И. Циклическое передвижное орошение – вариант для черноземов / В. И. Бобченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. - № 11. – С. 50 - 51.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 626.8:628.1

ДВУХПРОДУКТОВЫЕ И МНОГОПРОДУКТОВЫЕ ГИДРОЦИКЛОННЫЕ НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ

М. Абдиров, А.А. Абдураманов, А. Ташенова, Д.А. Исаева, А.А. Байдешев
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Известные гидроциклонные установки считаются двухпродуктовыми, они в основном очищают жидкость от твердых примесей. Но исследования последнего времени показали, что гидроциклоны, в результате их усовершенствования, вполне могут быть многопродуктовыми (трехпродуктовыми, четырехпродуктовыми и т.д.). Ниже приведем эти инновационные предложения.

Вакуумгидроциклонная насосная установка (ВГЦНУ) изначально была предназначена для всасывания и нагнетания воды, очищенной от твердых взвесей на всасывающей линии насоса [1...5]. При этом наносы из пескового патрубка гидроциклона отводились гидроэлеватором в другую сторону установки, защищая базовый насос от абразивного изнашивания. Но технологические процессы, происходящие в гидроциклонной камере, улучшаются, когда работа гидроэлеватора способствует устойчивости осесимметричного движения периферийного и приосевого закрученных потоков. Особенно это важно в устье конической части гидроциклонной камеры, так как именно в этой области периферийный - нисходящий поток преобразуется в приосевой – восходящий, не изменяя свое первоначальное направление вращения. Поэтому устье конической части гидроциклонной камеры должно снабжаться такой конструкцией гидроэлеватора, которая должна поддерживать интенсивность технологического процесса стратификации наносов в циклонной камере. То есть, в приемных камерах гидроэлеватора направление вращения как приосевой, так и периферийной подсосываемых циклонных потоков должны быть одинаковыми. Именно такому условию отвечает предложенная ВГЦНУ [1].

К научной новизне можно отнести и то, что в качестве рабочей струи гидроэлеватора используется прямоточный поток, обладающий всасывающей способностью с двух сторон: внутри и снаружи.

На практике бывает так, что в очищенной от наносов (шламов) воде содержатся легкие примеси в виде жиронепфтепродуктов, удалить их вместе с твердой фазой из гидроциклона долгое время никому не удавалось. Легкая фаза концентрировалась в приосевой зоне гидроциклонной камеры и вместе с центральным восходящим циклонным потоком всасывалась насосом и далее под давлением нагнеталась до потребителя. В результате качество очищенной воды не достигало желаемого уровня. Вода очищалась только от твердой фазы. Раньше такая технологическая проблема решалась путем применения различных типов громоздких нефтеловушек, работающих на основе теории гравитации. Они устанавливались в технологической схеме после напорной гидроциклонной установки, что требовало дополнительной производственной площади и капиталовложений. Надо было решить этот вопрос инновационно, с использованием интенсивной технологии, основанной на теории разделения компонентов гидросмеси в поле центробежных сил инерционно-гидроциклонным способом. Так родилась идея - приосевой циклонный поток, где концентрируется легкая фаза

(жиронефтепродукты), вовлечь в центральную трубу через перфорации и всасывать его далее струйным аппаратом [2]. Этим же аппаратом подсасывает и твердую фазу, сосредоточенной в устье конической части циклонной камеры.

Насос нагнетает воду, очищенную как от твердой, так и от легкой фаз, содержащихся в исходной гидросмеси. В свою очередь, рабочая струя подается через кольцевое сопло в приемную камеру, которая способна всасывать пассивные потоки: с наружной (твердой фазы) и внутренней (легкой фазы) сторон.

Таким образом, гидроциклонная насосная установка, состоящая из центробежного насоса, гидроциклона и струйного аппарата, в которой загнутый шламовый патрубок гидроциклона и не заглушенный кончик перфорированной жиронефтеотводящей трубы совместно с рабочим соплом выполнены коаксиально, в виде двухповерхностного кольцевого струйного аппарата.

Гидроциклонная насосная установка очень компактна, экономна в отношении расхода рабочей жидкости струйного аппарата. Во многих практических приложениях гидроциклонная насосная установка должна очищать воду от инородных веществ и одновременно транспортировать для утилизации легкую фазу исходной гидросмеси и твердую в отдельности, то есть процессы эжектирования легкой фазы и элевация твердой должны осуществляться параллельной работой эжектора и гидроэлеватора. То есть, поставлена задача разработки гидроциклонной насосной установки, способной классифицировать трехкомпонентную исходную гидросмесь на три отдельные компоненты [3]. Гидроциклонная насосная установка, включающая в себя центробежный насос и вакуумгидроциклон, в которой вакуумгидроциклон выполнен в виде цилиндроконической камеры с вихревым гидроэлеватором, соосно вдоль камеры расположена труба с перфорацией, заглушенная со стороны центробежного насоса, другим концом в загнутом виде установлена соосно вдоль приемной камеры эжектора, в качестве всасывающей трубы пассивной легкой фазы.

В эжекторе рабочая струя - кольцевая, а всасываемый поток - приосевой, в то время как в гидроэлеваторе рабочая струя - тангенциальная к приемной камере и гидросмесь (шлам) из циклона вовлекается в закрученном виде. Научность технологических процессов, происходящих в данной гидроциклонной насосной установке, обеспечивает возможный прорыв в разработке уникальных многопродуктовых установок циклонного типа.

Мечтой всех исследователей ГЦНУ, специалистов разных отраслей является создание гидроциклонных насосных установок, обладающих противоабразивными и противокавитационными качествами, что значительно удлиняет срок их службы, улучшает дизайн, занимает незначительные производственные площади. В результате проведенных теоретических и экспериментальных работ выяснено, что шнек, надежный на втулку насоса, способствует уменьшению кавитационного износа насоса, но он не может ликвидировать отрицательное влияние наличия газа и пара воды на развитие кавитационных процессов. А это может только цилиндрическая труба с перфорацией, переходящая на другом конце в эжектор. Так появилась на свет новая, более совершенная трехпродуктовая гидроциклонная насосная установка Абдураманова [4]. В мировой практике пока нет насоса, способного всасывать из водоисточника чистую воду, поскольку водоисточник загрязнен шламами (наносами) и инородной легкой фазой. Кроме того, такой насос защищен от кавитационной эрозии. Наличие шнека и цилиндрической трубы в приосевой области не дает возможности образования в циклонной камере разреженной воздушной полости. Очищенная от твердых и жидких примесей вода входит в рабочую полость насоса через шнек, значительно повысив

свой кавитационный запас. Одна такая гидроциклонная насосная установка успешно заменяет насос, отстойник и жиронефтеловушку. ГЦНУ Абдураманова относится к интенсивной технологии и имеет большую перспективу применения в экономике.

На практике желательнее через сливной патрубок гидроциклона получить воду, которая была бы пригодна для использования ее в качестве технической воды. Поставлена задача – разделить сложную исходную гидросмесь на четыре компонента так, чтобы через наружный сливной патрубок получить техническую воду, хорошо очищенную как от твердой, так и от легкой фаз гидросмеси. Гидроциклон, содержащий цилиндрикоконический корпус, входной патрубок, два сливных патрубка, перфорированную цилиндрическую трубу, шламовый патрубок, отличается от обычных коаксиально расположенными относительно оси сливными патрубками, выполненными таким образом, что плоскость среза наружного сливного патрубка расположена ниже плоскости среза внутреннего сливного патрубка [5]. Практическим результатом является получение в наружном сливном патрубке технической воды лучшего качества, чем во внутреннем, если для производства не допустимо наличие жиронефтепродуктов (легкой фазы). Наоборот, если для производства не допустимо наличие твердых частиц крупнее, чем размеры граничных зерен и жиронефтепродукты не наносят ущерба, то техническую воду лучшего качества дает внутренняя сливная труба. Универсальность данного гидроциклона по сравнению с существующими очевидно. Гидроциклон рекомендован для применения во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства. Разработка трехпродуктовых и многопродуктовых гидроциклонных установок значительно расширили сферу их использования в экономике Республики Казахстан [6].

Список использованных источников

1. Предварительный патент №20245 KZ. Вакуумгидроциклонная насосная установка. Бюл. №11, 2008 г. // Абдураманов А.
2. Инновационный патент №20824 KZ. Гидроциклонная насосная установка. Бюл. №2, 2009 г. // Абдураманов А., Джумабеков А.А., Алиев И.Ж., Джумабеков А.А.
3. Инновационный патент №21024 KZ. Гидроциклонная насосная установка. Бюл. №3, 2009 г. // Абдураманов А., Абдиров М., Онласбеков Н., Жоламанов Н.Ж., Ташенова А.
4. Инновационный патент №21103 KZ. Гидроциклон Абдураманова. Бюл. №4, 2009 г.
5. Инновационный патент №21596 KZ. Гидроциклонная насосная установка Абдураманова. Бюл. №8, 2009 г.
6. Джумабеков А.А., Абдураманов А., Жангужинов Е.М., Ибраева Н.А. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: т. XIII. Комунально-бытовое и промышленное водоснабжение Казахстана, кн.2 Обратные и замкнутые системы водоснабжения промышленных предприятий Казахстана: оценка, совершенствование, прогноз. – Алматы, 2012. -324с.

УДК.626.816

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН

Н.А. Абдураманов

ТОО «Казахский НИИ водного хозяйства», г. Тараз, Казахстан

Насыпные плотины возводят обычно из однородного материала, то есть выполнение ее из одного вида слабопроницаемого грунта. Водопроницаемость плотины увеличивается по направлению от верхнего бьефа к нижнему, по направлению уменьшения гидростатического давления. Иногда более непроницаемый грунт укладывают в центральной части профиля плотины [1].

В результате капиллярного поднятия воды в грунте, в теле плотины создается поверхность менисков, которая насыщена капиллярной водой и находится под постоянным воздействием фильтрационного потока.

Есть множество конструктивных типов земляных насыпных плотин с различными методами укрепления надежности, поэтому и кривая депрессии для каждой конструкции будет своеобразной.

Для улучшения нормальной работы и безопасности окружающей среды, фильтрационный поток плотины нужно снизить до минимума.

Нами предлагается конструкция [2] дренажного устройства земляной плотины (рис. 1), состоящая из однотипных утилизированных автопокрышек, связанных между собой проволокой и установленных на коллекторе с водоотводом, при этом полости с фильтрующим материалом выполнены вертикальными рядами по всей ее высоте.

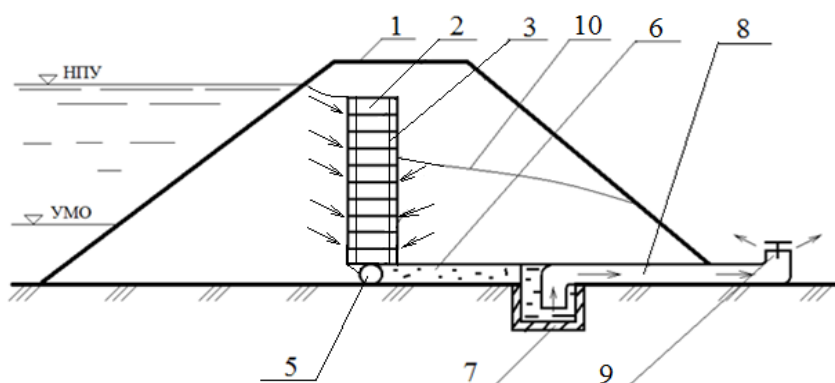


Рисунок 1 - Дренажное устройство земляной плотины:

1 - земляная плотина; 2 - утилизированные автопокрышки; 3 - проволока; 4 - фильтрующий материал; 5 - коллектор; 6 - фильтрационный трубопровод; 7 - водоприемник; 8 - водоотвод; 9 - обратный клапан; 10 - положение депрессионной кривой в теле плотины

Дренажное устройство земляной плотины работает следующим образом. При нормальном подпертом уровне (НПУ) вода, просачиваясь сквозь тело плотины 1, проходит через щели между утилизированными автопокрышками 2, связанными между собой проволокой 3, и через полости автопокрышек, заполненные фильтрующим материалом 4, попадает в коллектор 5. Далее жидкость с грунтовыми отложениями по фильтрационной трубе 6 собирается в водоприемнике 7, где частицы оседают на его дно. Осветленная вода отводится водоотводом 8, оснащенный обратным клапаном 9. А положение депрессионной поверхности в теле плотины 10 показывает уровень фильтрации и достаточность надежности работы плотины.

Ряды однотипных утилизированных автопокрышек 3 должны располагаться на расстоянии ширины одной автопокрышки.

Автопокрышки используются в комплексе, как дополнительный противофильтрационный элемент, как емкость для основного противофильтрационного элемента и как его арматура, что повысит уровень надежности в работе плотины и удешевит дренажное устройство за счет использования армированного утилизированного сырья.

Список использованных источников

1. Чугаев Р.Р./Гидротехнические сооружения, часть I. М.: Агропромиздат, 1985. 318 с.
2. Инновационный патент 30362 KZ. Дренажное устройство земляной плотины / Абдураманов Н.А., Ибраев Т.Т., Бакбергенов Н.Н., Кермалиев У.Т.; опубл. Бюл. № 9, 2015.

МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ КОРРОЗИИ В ЭЛЕМЕНТАХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Б.А. Алимбаева, Б.Ж. Манапбаева, Е. Аманбаев

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

Долговечность стальных конструкций гидротехнических сооружений в значительной мере зависит от коррозионной агрессивности воды. Хотя причины недостаточной надежности и долговечности многочисленны и не ограничиваются коррозионным износом, есть большая группа сооружений, где фактор агрессивности среды определяет долговечность стальных конструкций. К ним относятся стальные конструкции гидротехнических сооружений.

Причины коррозии стальных конструкций в водной среде пока не получили достаточно полного освещения. До сих пор еще не выработана общепринятая теория зарождения и развития коррозии под напряжением в водной среде. Также не полностью учтены и рассмотрены силы, влияющие на процесс коррозии. Ни в одном из рассмотренных нами источников не установлено место в процессе коррозии магнитных свойств ферромагнитных изделий, к которым относятся основные корродирующие элементы стальных конструкций гидротехнических сооружений. Поэтому исследования в этом направлении представляют большой теоретический и практический интерес.

Предложенные до этого времени механизмы развития коррозии [1-4], хотя и были обоснованы на высоком техническом уровне и описаны с учетом основных факторов развития коррозии, не являются совершенными и не смогут полностью раскрыть механизм развития коррозии. Недостатком всех предложенных механизмов является не учет того факта, что элементы стальных конструкций являются ферромагнитными материалами. Это указывает на то, что до этого времени, никто не учитывал ферромагнитные свойства сталей при изучении коррозии, и это было недоработкой исследователей.

В отличие от существующих механизмов развития коррозии нами [5] предложен один из вариантов механизма развития коррозии в элементах стальных конструкций, с учетом их ферромагнитных свойств.

Адсорбция коррозионно-активных веществ из водной среды влияет на уменьшение сродства поверхностных атомов поверхностей стальных конструкций. Под действием различных нагрузок и ударов на ослабленных адсорбцией поверхностях стальных конструкций появляются трещины.

Элементы стальных конструкций являются ферромагнитными материалами, состоящими из доменных структур [6]. В свою очередь, появившиеся трещины и дефекты повреждают доменные структуры в ферромагнитных материалах, в которых при повреждении изменяются магнитные характеристики.

При нарушении доменной структуры стали, происходит разделение доменов на части (рис. 1), из-за этого в концах трещин начинают создаваться магнитные полюса [7], а между ними действовать магнитное поле.

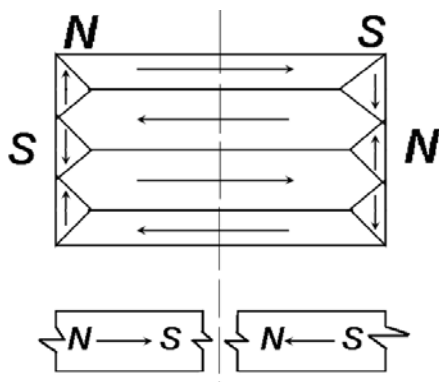


Рисунок 1 - Схема разрушения доменной структуры

Как известно [8], на заряды движущиеся в магнитном поле, созданном от нарушенных структур ферромагнитных доменов, то есть между краями трещин, действует сила Лоренца (рис. 2), описываемая формулой

$$\vec{F}_L = q \cdot [\vec{v} \cdot \vec{B}], \quad (1)$$

В коррозионной среде (вода, влага) присутствуют молекулы воды H_2O , ионы гидроксония H_3O^+ и гидроксила OH^- . Перемещение ионов в среде происходит по особому, так называемому эстафетному механизму [9], который состоит в том, что между ионами гидроксония H_3O^+ и молекулами воды, а также между молекулами воды и ионами OH^- непрерывно происходит обмен ионами водорода H^+ . Под действием силы Лоренца [10] происходит разделение ионов с разными знаками, это способствует дополнительному появлению между краями трещин ионов водорода H^+ и гидроксил-ионов OH^- , то есть диссоциации воды (влаги).

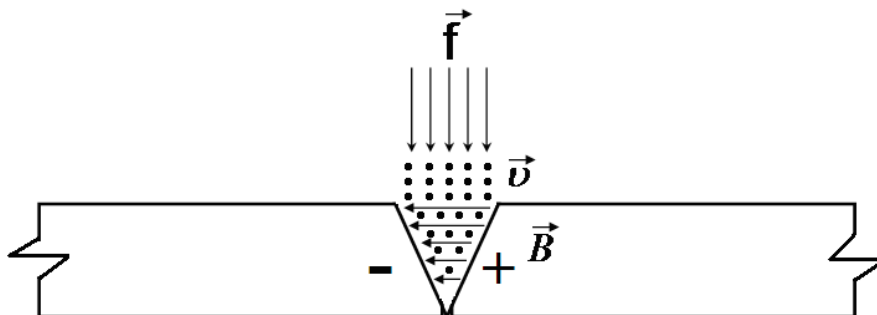
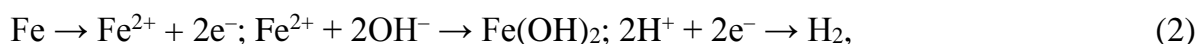


Рисунок 2 - Направление силы Лоренца, скорости движения ионов и магнитного поля, касательно трещины в доменной структуре

Кроме этого, сила Лоренца играет важную роль при абсорбции частиц из коррозионной среды. Особенно, интенсивно будут поглощаться трещинами положительные ионы по направлению силы Лоренца. На ионы q , движущиеся с определенной скоростью v , в магнитном поле B действует сила Лоренца F_L , которая старается повернуть ионы в перпендикулярном направлении (рис. 2). За счет силы Лоренца, действующей в этом магнитном поле, ионы водорода H^+ и гидроксил-ионы OH^- будут притягиваться к краям трещины как к полюсам магнита (рис. 3).

После прохождения физического процесса начинается химический процесс, т. е. реализуется этап развития трещин – их коррозионное зарождение. В трещине из-за недостатка кислорода активно протекает реакция



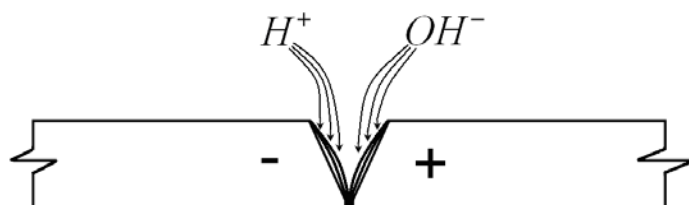


Рисунок 3 - Наполнение трещины доменной структуры ионами H^+ и OH^-

В результате химической реакции образуется гидроксид железа (II), который создает пленку. Она наполняет образовавшиеся трещины (рис. 4), что приводит к замедлению или завершению выше приведенных физических и химических процессов, то есть к пассивации стали. Также в данном случае активно восстанавливается и абсорбируется водород. За счет силы Лоренца к вершине трещины сильно притягиваются и абсорбируются только ионы водорода H^+ , так как они имеют положительный заряд q ионов.

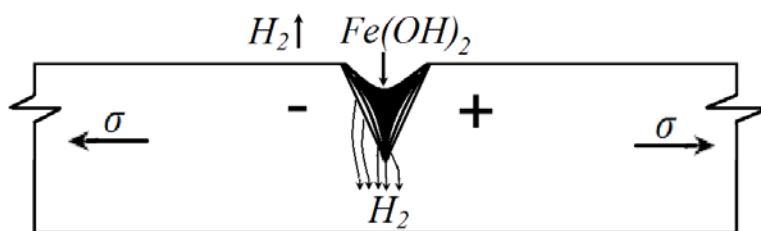


Рисунок 4 - Образовавшаяся пленка из гидроксида железа (II) в трещине и восстановление ионов водорода

В трещине ионы водорода H^+ восстанавливаются, и по двум схемам удаляются из трещины, то есть часть абсорбируется в структуру стали через вершину трещины, а остальная часть удаляется как газ в атмосферу:



Часть водорода, попавшая в сталь, диффундирует по ее объему в зону максимальных трехосных напряжений, которая находится перед вершиной трещины. Поступивший в эту зону водород, ускоряет процесс коррозионного разрастания трещины, так как «наводороживание» стали существенно снижает его коррозионную стойкость (рис. 4). Стальные конструкции эксплуатируются, как правило, в условиях переменных нагрузок (напряжений). Малейшее механическое воздействие – увеличение величин механических напряжений или простое механическое воздействие на элементы стальных конструкций - приводит к раскрытию ранее отмеченных трещин, тем самым возобновляется процесс коррозии.

В общем, данные исследования показывают, что ферромагнитные свойства сталей играют немаловажную роль при развитии коррозии в водной среде и требуется учитывать эти свойства при дальнейших исследованиях с целью более ясного понятия механизма развития коррозии, который, в конечном счете, будет использован при разработке новых способов и методов защиты от коррозии металлов.

Список использованных источников

1. Улиг Г.Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику [Текст] / Улиг Г.Г., Ревин Р.У. - Л.: Химия, 1989. - 456 с.

2. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защита металлов [Текст] / Томашов Н.Д. - М.: Изд. АН СССР, 1959. - 592 с.
 3. Карпенко Г.В. Физико-химическая механика конструкционных материалов [Текст] / Карпенко Г.В. - Киев: Наук.думка, 1985. - Т. 1. - 228 с.
 4. Эванс Ю.Р. Коррозия, защита и пассивность металла [Текст] / Эванс Ю.Р. - М.: Metallurgizdat, 1941. - 124 с.
 5. Алимбаев Б.А. Развитие коррозии в элементах металлических конструкций в водной среде [Текст] / Алимбаев Б.А., Манапбаев Б.Ж. – Тараз: Тараз университети, 2012. - 136 с.
 6. Акулов Н.С. Ферромагнетизм [Текст] / Акулов Н.С. - М.-Л.: Госиздат. технической и теоретической литературы, 1939. - 226 с.
 7. Гораздовский Т.Я. Неразрушающий контроль [Текст] / Гораздовский Т.Я. - М.: Знание, 1977. - 64 с.
 8. Савельев И.В. Курс общей физики. Электричество [Текст] / Савельев И.В. - М.: Наука, 1970. – Т.2. - 432 с.
 9. Стромберг А.Г. Физическая химия [Текст] / Стромберг А.Г., Семченко Д.П. - М.: Высшая школа, 2001. - 527 с.
- Брановер Г.Г. Магнитная гидродинамика несжимаемых сред [Текст] / Брановер Г.Г., Цинобер А.Б. - М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1970. - 380 с.

УДК: 626.823

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ

О. А. Баев

ФГБНУ «РосНИИПМ», г. Новочеркасск, Россия

В настоящее время при проектировании и строительстве противофильтрационных покрытий оросительных каналов, водоемов и накопителей отходов возникает необходимость выбора материалов и конструкций, обеспечивающих высокую степень надежности, безопасности и безаварийной работы сооружения в течение длительного срока эксплуатации. Особенно это касается накопителей отходов, где согласно целевой Программе [1] для обеспечения устойчивого развития водохозяйственного комплекса необходима надлежащая защита от негативного воздействия вод.

Для этих целей в качестве защитных противофильтрационных элементов на сооружения применяются облицовки, покрытия и экраны, которые по своему назначению являются основными конструктивными элементами, обеспечивающими не только снижение потерь воды на фильтрацию, но и природоохранную функцию (защиту грунта и грунтовых вод от загрязнения, исключение подтопления и заболачивания прилегающих территорий).

Борьба с потерями воды на фильтрацию из оросительных каналов и водоемов состоит из эксплуатационных и инженерных мероприятий [2], которые включают также устройство противофильтрационных покрытий из бетона, железобетона, пленок и материалов нового поколения – геокомпозитных.

Начиная с 1958-1960 гг. ВНИИГиМ первым в стране проводит обширные исследования по обоснованию применения пленочных противофильтрационных экранов на каналах (В.В. Сокольская и А.В. Миронов под руководством акад. ВАСХНИЛ, д.т.н. В.В. Пославского) [3]. В дальнейшем были разработаны средства механизации для строительства противофильтрационных облицовок оросительных каналов (К.Г. Науман, под руководством акад. РАН, д.т.н. Б.М. Кизяева) [4].

Большой вклад в развитие данного направления внесли также многие ученые, в том числе В.Д. Глебов, И.Е. Кричевский, В.П. Лысенко, И.М. Елшин и другие. Осо-

бенно необходимо отметить фундаментальные работы Ю.М. Косиченко [5], многие из которых нашли широкое применение в нашей стране и были внедрены более чем на 100 водохозяйственных объектах.

Имеющийся большой опыт применения пленочных экранов в конструкциях противofильтрационных покрытий показал, что данные материалы из-за небольшой толщины сильно повреждаются в процессе укладки, устройстве защитного покрытия, а также в процессе эксплуатации. Полиэтиленовая пленка также довольно быстро разрушается под действием солнечных лучей и практически не применима на накопителях отходов.

Спустя несколько лет в России находят все большее применение полимерные геомембраны (толщиной более 1,0 мм), обладающие более высокими показателями долговечности и надежности по сравнению с полимерными пленочными материалами. На такие геосинтетические материалы уже разработаны различные технические условия (ТУ) и другие нормативные документы [6], регламентирующие требования к геомембранам и их испытаниям. Наиболее полная классификация геосинтетических материалов, применяемых в гидротехническом строительстве для противofильтрационных и дренажных систем, представлена в работе [7].

Позже во ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева были проведены исследования по применению геосинтетических материалов для противofильтрационных устройств и дренажных элементов грунтовых плотин, а также для защитных дамб [8].

За рубежом также накоплен немалый опыт гидроизоляции гидротехнических сооружений с использованием полимерных геомембран, где данные материалы нашли применение более чем на 170 сооружениях. R.W.I. Brachman провел исследования по изучению вопроса контактов геомембраны с частицами грунта защитных и подстилающих слоев. Методика проведения исследований и результаты опытов представлены в его работе [9].

Кроме того, на оросительных каналах и водоемах в конструкциях противofильтрационных облицовок при соответствующем обосновании могут применяться разработанные в ФГБНУ РосНИИПМ композиционные материалы и усовершенствованные конструкции облицовок из вторичного (утилизированного) сырья (переработанных отходов полиэтилена, утилизированных автопокрышек и других) [10]. Такие покрытия могут устраиваться из рулонных, листовых и крупнотоннажных материалов (плит толщиной 3-5 см), которые могут использоваться без дополнительных защитных прокладок. Облицовки, выполненные с противofильтрационными покрытиями из утилизированного сырья, являются более экономичными за счет меньшей стоимости утилизированного сырья и снижения затрат на их устройство без защитных слоев.

В последние годы, кроме однокомпонентных геосинтетических материалов, например, геомембран, геотекстилей и других, стали применяться двух- и трехкомпонентные материалы, соединенные в заводских условиях в единую композицию, которые получили название «геокомпозиаты». Такие геокомпозиционные материалы открывают возможности для разработки новых конструкций противofильтрационных покрытий, в том числе с заданной памятью. Эффект памяти формы – явление возврата к первоначальной форме конструкции покрытия после какой-либо деформации (например, при просадках основания), что является новым перспективным направлением и требует проведения соответствующих исследований.

Выбор типа конструкции противofильтрационного покрытия должен производиться в зависимости от назначения и класса объекта, условий эксплуатации (клима-

тических, гидрологических и др.), характеристик грунта основания, а также согласно разработанным техническим условиям (ТУ) и рекомендациям.

Противофильтрационные покрытия могут выполняться открытыми, однослойными, двухслойными, комбинированными. Предпочтение отдается двухслойным и комбинированным конструкциям покрытий, как более надежным и долговечным. Так на рисунке 1 приведена разработанная автором конструкция комбинированного геокомпозитного покрытия, включающая противофильтрационный элемент из геокомпозита в виде геомембраны, термоскрепленной с двумя защитными полотнищами тканого геотекстиля, защитные и подстилающие слои.

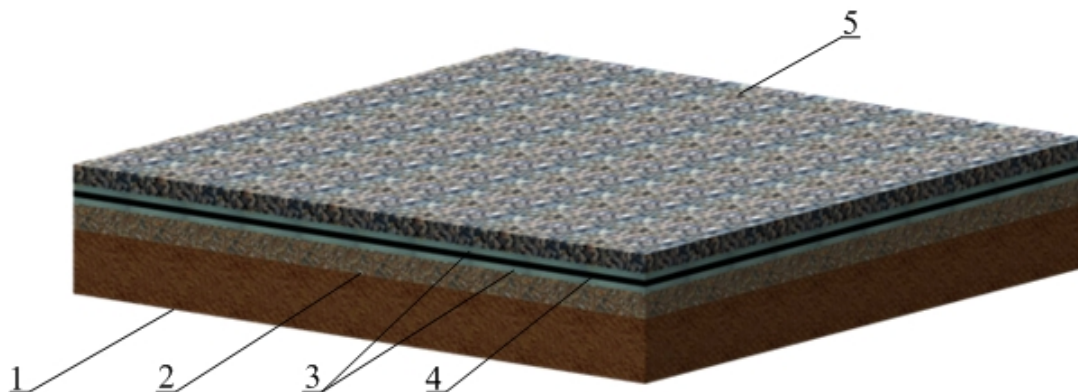


Рисунок 1 – Комбинированное геокомпозитное покрытие:

1 – грунтовое основание; 2 – подстилающее покрытие из песка; 3 – тканый геотекстиль; 4 – полимерная геомембрана; 5 – защитный слой

Конструкцию геокомпозитного противофильтрационного покрытия рекомендуется применять на накопителях отходов и оросительных каналах, выполняемых на непросадочных грунтах. Толщину защитного слоя рекомендуется принимать на накопителях отходов – из каменной наброски или щебня, толщиной 0,3-0,4 м; на оросительных каналах – из бетона, толщиной 0,1-0,15 м; на водоемах – из грунта, толщиной 0,5 м. В качестве противофильтрационного элемента на накопителях отходов могут также применяться геокомпозитные бентонитовые маты, включающие бентонитовый порошок, защитный и армирующий слои из тканого и нетканого геотекстиля.

Для оценки прогнозного срока службы разработанной конструкции геокомпозитного покрытия, произведем расчет по следующей зависимости:

$$\tau\{P\} = \frac{(-\ln P_{\text{гм}})}{\bar{V}_{\Pi}} \exp \left[\frac{[\Pi_{\text{доп}} - (\Pi_{\tau} / K_{\varepsilon})]^2}{2m_{\Pi\tau}^2} \right], \quad (1)$$

где $K_{\varepsilon} = \varepsilon_{\tau} / \varepsilon_0$ – коэффициент старения геокомпозита; ε_0 – относительное удлинение геокомпозита при разрыве в начальный период; ε_{τ} – относительное удлинение геокомпозита после эксплуатации в период наблюдений τ ; \bar{V}_{Π} – средняя частота выбросов за средний уровень допустимой поврежденности покрытия ($\bar{V}_{\Pi} = \frac{N_0}{\tau_0}$); N_0 – число повреждений, превышающее допустимое значение за время эксплуатации τ ; $P_{\text{гм}}$ – вероятность безотказной работы геокомпозита; $\Pi_{\text{доп}}$, Π_{τ} – повреждаемость геокомпозита допустимая и по данным наблюдений за время эксплуатации τ ; $m_{\Pi\tau}$ – среднеквадратическое отклонение поврежденности геокомпозита; K_{ε} – коэффициент старения геокомпозита.

Расчет прогнозного срока службы геокомпозитного покрытия проведем задаваясь следующими исходными данными (табл. 1).

Таблица 1 – Исходные данные для расчета прогнозного срока службы

Параметр	Значение
Период эксплуатации, τ , лет	25,0
Поврежденность покрытия по данным наблюдений, P_t	$3,1 \cdot 10^{-10}$
Допускаемое значение (из условия 2 повреждения диаметром 2 мм на площади 10000 м ²), $P_{\text{доп}}$	$6,28 \cdot 10^{-10}$
Коэффициент старения геокомпозита, K_ϵ	0,833
Средняя частота повреждений, \bar{v}_n	0,04
Среднеквадратическое отклонение поврежденности, $m_{\text{ит}}$	0,10
Вероятность безотказной работы покрытия из геокомпозита, $P_{\text{ГК}}$	0,99

Подставляя исходные данные в зависимость (1), найдем прогнозный срок службы геокомпозитного покрытия при $P = 0,99$, который составит $\tau\{P\} = 75,8$ лет.

Таким образом, исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что прогнозный срок службы противofильтрационного геокомпозитного покрытия при заданных значениях (табл. 1) составит более 75 лет.

Рассмотренную конструкцию противofильтрационного покрытия можно отнести к высоконадежным [11], поскольку прогнозный срок службы по результатам расчетов составляет 75 лет и более, а осредненный коэффициент фильтрации не превышает не более 10^{-8} - 10^{-10} см/с.

Перспективы дальнейших исследований в области создания надежной и долговечной противofильтрационной защиты на оросительных каналах, водоемах и накопителях отходов заключаются в исследовании новых геокомпозитных материалов и разработке конструкций на их основе с заданными свойствами и эффектом памяти формы.

Список использованных источников

1. Постановление Правительство Российской Федерации от 19.04.2012 № 350 о федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса РФ в 2012-2020 годах».
2. Ольгаренко, В.И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем. / В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, В.Н. Рыбкин. – Коломна, 2006. – С. 202-207.
3. Сокольская, В.В. Полимерные пленочные материалы в водном хозяйстве / В.В. Сокольская. М.: Россельхозиздат, 1972. – 72 с.
4. Науман, К.Г. Новые синтетические пленки, применяемые в зарубежной практике ирригационного строительства / К.Г. Науман, А.А. Миронов // Экспресс-информация. Серия 7. – Вып. 5. – М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1981.
5. Косиченко, Ю.М. Каналы переброски стока России / Ю.М. Косиченко. Новочеркасск: НГМА, 2004. – 240 с.
6. ГОСТ Р 56586-2015. Геомембраны гидроизоляционные полиэтиленовые рулонные. Технические условия. Введ. 2016-01-01. М.: Изд-во Стандартиформ, 2016 – 14 с.
7. Косиченко, Ю.М. Классификация геосинтетических материалов и их применение для противofильтрационных устройств / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев // Актуальные вопросы гидротехники и мелиорации на юге России: сборник научных трудов / Новочерк. гос. мелиор. акад. – Новочеркасск: Лик, 2013. – С. 108-116.

8. Глаговский, В.Б. Геосинтетические материалы в гидротехническом строительстве / В.Б. Глаговский, С.В. Сольский, М.Г. Лопатина, Н.В. Добровская, Н.Л. Орлова // Гидротехническое строительство. – 2014. – № 9. – С. 23-27.

9. Gudina, S. Physical response of geomembrane wrinkles overlying compacted clay / S. Gudina, R. W. I. Brachman // ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – 2006. – № 132 (10) – P. 1346-1353.

10. Щедрин, В.Н. Усовершенствованные конструкции облицовок оросительных каналов и водоемов с использованием новых противофильтрационных материалов / В.Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Вестник сельскохозяйственного консультирования. – 2015. – № 4. – С. 99-105.

11. Косиченко, Ю.М. Высоконадежные конструкции противофильтрационных покрытий каналов и водоемов, критерии их эффективности и надежности / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев // Гидротехническое строительство. – 2014. – № 8. – С. 18-25.

УДК 627.133

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАСХОДА ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ ПОТОКАХ

М.Р. Барамыков

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

Гидрологические изыскания на реках включают, в том числе, определение расхода воды, для вычисления которого чаще всего используется метод «скорость-площадь». Согласно нормативной документации (МИ 1759-87), использование этого метода подразумевает вычисление средней скорости по отдельным вертикалям. С этой целью по линии гидрометрического створа равномерно располагают 8-10 (12-15) скоростных вертикалей на определенном расстоянии от постоянного начала. Для увеличения точности определения расхода в зависимости от изменчивости глубин в поперечном сечении русла рекомендуется увеличить число вертикалей в точках перепада глубин. Измерения скорости производятся в нескольких точках на вертикали по глубине (точечный способ) или плавным перемещением по вертикали гидрометрической вертушки (интегральный способ).

При выборе количества скоростных вертикалей и их распределения по ширине русла в нормативной документации указаны некоторые условия:

- число скоростных вертикалей в створе N_v должно составлять от 8 до 15, в зависимости от особенностей скоростного поля потока. При одномодальной плановой эпюре поверхностных скоростей $N_v = 8 - 10$; при многомодальной форме эпюры скоростей $N_v = 12 - 15$ (МИ 1759-87 п.7.1.1.);

- в основной части потока скоростные вертикали должны назначаться таким образом, чтобы отсеки живого сечения, ограниченные соседними скоростными вертикалями, пропускали одинаковые частичные расходы (МИ 1759-87 п.7.1.3);

Возникает противоречие: знание конечного результата работы (эпюры скоростей и расходы) является предварительным условием для начала проведения измерений.

В некоторых случаях при относительно равномерных глубинах по поперечному сечению русла стандартное распределение скоростных вертикалей по линии гидроствора не позволяет учесть влияние того, что общий поток может состоять из нескольких течений, сформировавшихся выше от места расположения гидроствора и имеющих различные скоростные характеристики. А данные измерений скоростей, по которым можно было бы сделать подобные выводы до расстановки скоростных вертикалей, отсутствуют.

Предварительное определение существования подобных течений и положение их границ в общем потоке позволит точнее определить требуемое количество и распределение скоростных вертикалей с учетом данной специфики для повышения точности вычисления расхода.

Предположительно, в качестве предварительной оценки потока могут являться данные, отражающие явление, совмещающее в себе взаимодействие течений с грунтом дна. Таким явлением может быть образование гряд, форма и длина которых зависят, в том числе и от скорости этих течений. Соответственно, течения с различными скоростями будут формировать гряды, отличающиеся по форме и длине, визуальный анализ которых позволит определить границы этих течений.

Такие данные могут быть получены при батиметрической съемке эхолотом, которая может проводиться до измерения скоростей. Современные эхолоты можно разделить на две основные группы: однолучевые и многолучевые. Однолучевые эхолоты, производя «точечную» съемку, способны получить грядовость дна с определенными упущениями. Для более детальной картины рельефа необходимо увеличить количество продольных и поперечных галсов на участке гидроствора и проходить эти галсы с минимальной скоростью судна. Многолучевые эхолоты, имеющие «площадную» съемку, позволяют получить более детальную картину рельефа дна (рис. 1).

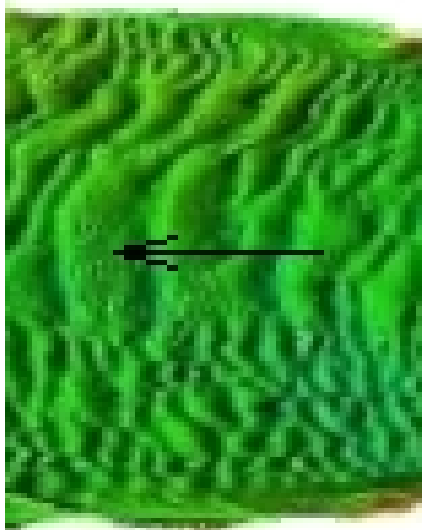


Рисунок 1 - Пример результатов батиметрической съемки дна реки многолучевым эхолотом

Визуальный анализ подобных данных позволяет различить области гряд с различной длиной и формой. Определение границ таких областей позволяет точнее установить количество и положение скоростных вертикалей на гидростворе.

На рисунке 2 показаны установленные границы областей с различными формами гряд (вертикальные линии) по визуальному анализу батиметрической съемки. Для наглядного сравнения выбранных границ с реальным распределением скоростей в потоке на графике показана кривая, демонстрирующая распределение средних скоростей 83 вертикалей на гидростворе. Кривая построена по данным измерений акустического доплеровского профилографа (ADP). Таким образом было определено 4 границы течений.

Для определения различий между двумя способами выбора количества и распределения скоростных вертикалей (равномерного и неравномерного) проведем сравнение данных измерений, которые будут получены при использовании этих способов.

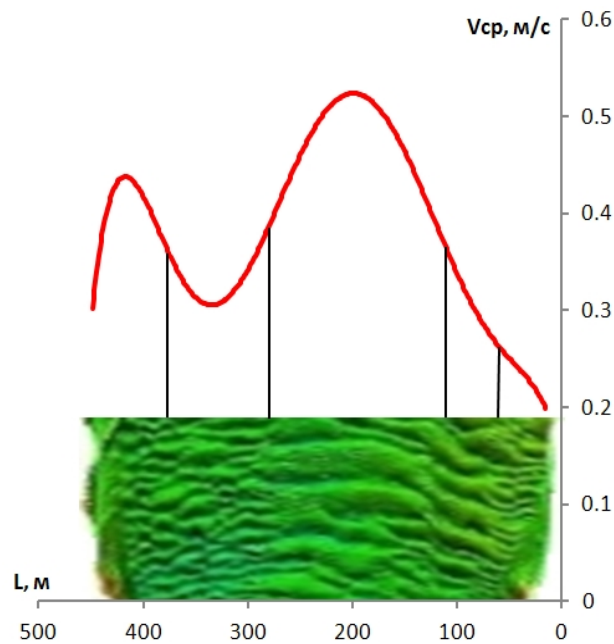


Рисунок 2 - Определение положения границ течений по визуальному анализу гряд

На рисунках 3 и 4 обозначены скоростные вертикали (окружности), значения средних скоростей (пунктирные линии), участки гидроствора, по ширине которых скорость принимается равной полученной на вертикали (прямоугольники). При равномерном способе (рис. 3) скоростные вертикали распределены на равных расстояниях друг от друга. По данным батиметрической съемки, указывающей на отсутствие значительных перепадов в глубинах, количество вертикалей выбрано равным 12.

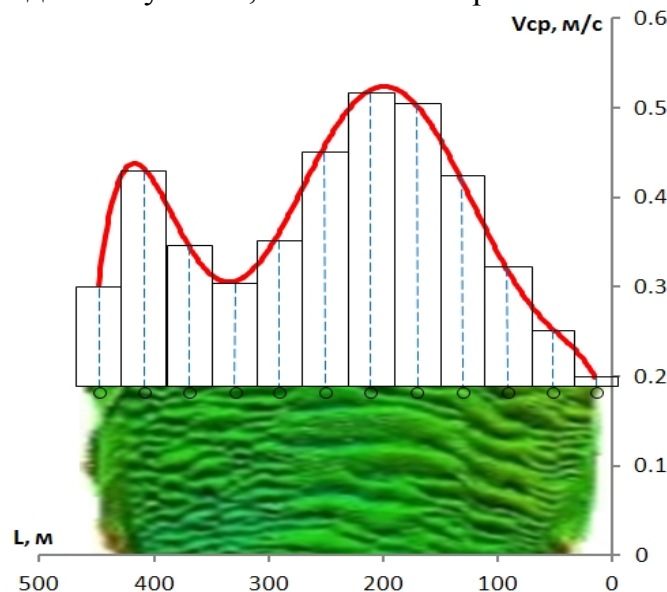


Рисунок 3 - Распределение скоростных вертикалей по гидроствору равномерным способом

Анализ графика показывает, что при таком способе могут быть не учтены максимальные или минимальные значения средних скоростей. Также возникают области значений скоростей, которые не будут учтены и компенсированы осреднением при вычислении расхода.

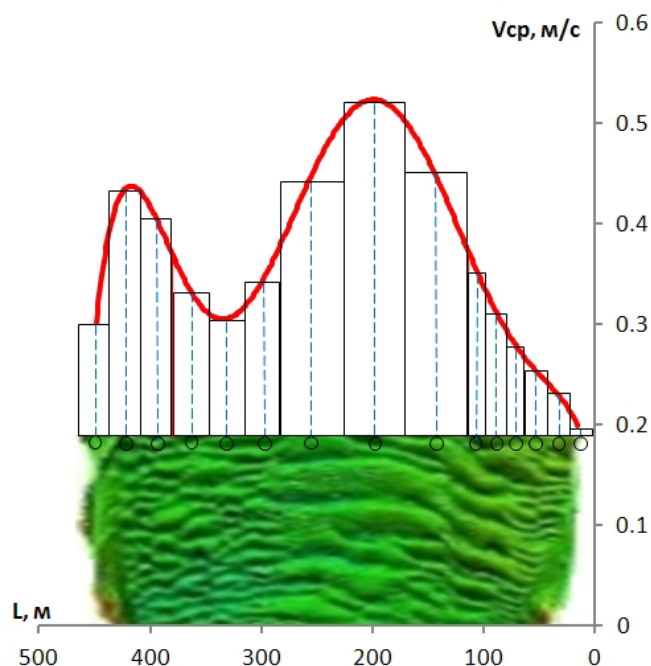


Рисунок 4 - Распределение скоростных вертикалей по гидроствору неравномерным способом

При неравномерном способе (рис. 4) последовательность действий следующая:

- после анализа батиметрической съемки, по различиям формы и длины гребней определяют границы течений;
- в пределах каждой области течений располагается нечетное количество вертикалей, минимум 3;
- каждая область делится на секции по количеству вертикалей, в центре каждой секции располагается скоростная вертикаль.

Вертикаль, расположенная в середине области течения, вероятнее всего позволит определить максимальные или минимальные значения средних скоростей в данной секции, а в итоге и во всем потоке.

При таком способе распределения скоростных вертикалей полученные данные будут полнее, хотя частично проблема не учтенных скоростей сохраняется, хотя и в меньшей степени.

Средняя скорость по общему потоку:

- при равномерном способе ~ 0.37 м/с;
- при неравномерном способе ~ 0.34 м/с;

Удельный расход на единицу ширины русла по общему потоку:

- при равномерном способе ~ 176 м²/с;
- при неравномерном способе ~ 179.56 м²/с;

Значения средних скоростей по общему потоку при равномерном способе превышает значение этой же скорости при неравномерном способе на $\sim 8\%$. Однако удельные расходы отличаются в обратную сторону на $\sim 2\%$. Учитывая разницу в ширине секций в обоих случаях можно предположить, что разница между полными расходами будет больше.

В качестве сравнения в таблице 1 приведены значения средних скоростей и удельных расходов по вертикалям на единицу ширины русла.

Таблица 1 - Скорости и удельные расходы по вертикалям на единицу ширины русла

Номера скоростных вертикалей	Значения $V_{ср}$ и Q_y при двух способах расположения вертикалей			
	равномерный		неравномерный	
	$V_{ср}$, м/с	Q_y , м ² /с	$V_{ср}$, м/с	Q_y , м ² /с
1	0.3	12	0.3	9
2	0.43	17.2	0.43	12.9
3	0.35	14	0.41	12.3
4	0.31	12.4	0.33	11.22
5	0.35	14	0.31	10.54
6	0.45	18	0.34	11.56
7	0.52	20.8	0.44	25.52
8	0.5	20	0.52	30.16
9	0.42	16.8	0.45	26.1
10	0.32	12.8	0.35	5.95
11	0.25	10	0.31	5.27
12	0.2	8	0.28	4.76
13			0.25	5.25
14			0.23	4.83
15			0.2	4.2

Заключение

Изложенный в данной статье способ неравномерного распределения скоростных вертикалей при определении расхода воды в открытом потоке, основывающийся на анализе последствий реальных физических процессов с учетом неравномерного распределения скоростей потока по живому сечению, позволяет более детально провести изыскания (исследования) и, как следствие, повысить точность определения общего расхода. Развитие такого способа требует дополнительных исследований, учитывая, что он имеет ряд технических и ситуационных ограничений.

УДК 532.526.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОДОЗАБОРА И ФИЛЬТРУЮЩЕГО ПОТОКА

К.Р. Бейсембин

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

Для разработки эффективных методов борьбы с илом, можно использовать расположенные на берегах водного потока и водопадах цедильные решетки, изготовленные в виде каменных плотин, сделанные из местных строительных материалов. В этих условиях ставится задача определения закономерности гидравлических процессов, происходящих в русле потока боковых плотин.

Данная статья предназначена для определения коэффициента водозабора (или выхода из цедильной решетки) при помощи учета предлагаемой гидродинамической схемы распределения потока в боковых каналах плотины.

Имеется расположенный в прямолинейной части русла водного потока бокового водозабора продольный разрез - четырехугольник $OABC$, рассматриваем ширину L водного потока. Размеры плотины показаны на рисунке 1, а эквивалентные диаметры каменных частей равны d . Сравнительная шероховатость канала плотины в части OC больше природной сравнительной шероховатости берегов канала. Этот случай приво-

дит к динамической оси потока, связанной с появлением приграничного слоя OD , повторного перераспределения из-за воздействия скоростей водного потока в части OC . Такое изменение становится больше, чем в приграничном слое русла водного потока (в части KL).

Мы предлагаем простую схему распределения потока в части бокового водозабора. Пусть в некотором сечении 1-1, находящемся вне зоны влияния бокового водозабора, эпюра скоростей характеризуется симметричной фигурой со средней скоростью U_0 . По мере приближения к створу водозабора некоторая часть расхода, равная $Q_{\text{фил}}$, перемещается в сторону берега с боковым отводом. Остальная часть расхода $Q_0 - Q_{\text{фил}}$ перемещается вдоль русла, минуя сооружение, где Q_0 - общий расход русла. Наличие боковой вертикальной пористой стенки OC со сравнительно большей шероховатостью приводит к появлению пограничного слоя OD .

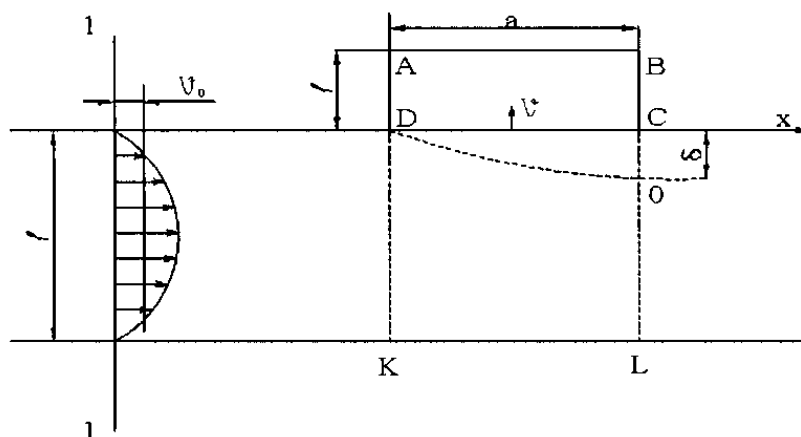


Рисунок 1 - Схема к расчету водозабора и фильтрующего потока

Толщина $\delta(x)$ пограничного слоя растет с ростом координаты x и достигает своего максимального значения δ в точке C на грани BC бокового сооружения. За счет отбора расхода $Q_{\text{фил}}$ боковой плотиной в русле образуется зона влияния фильтрующей плотины, которая схематично изображена линией DE . Наличие зоны влияния объясняется структурой перераспределения поля скоростей на некотором участке до и перед фронтом сооружения. На участке достаточно удаленном от плотины считается, что скорости частиц жидкости направлены параллельно руслу по оси x и поперечные их составляющие в направлении от Oy равны нулю. По мере приближения к плотине и на участке боковой плотины появляются нулевые поперечные составляющие скорости, увеличивающиеся по мере приближения к границе OC . Иначе говоря, на участке, расположенном ближе к водозаборному сооружению от линии зоны влияния, естественно поперечные составляющие скорости больше нуля. Таким образом расход, поступающий через сечение CK , делится на две части: одна часть, пересекая линию CD поступает в пограничный слой, другая часть, перемещаясь по руслу, пересекает линию DL .

Назовем линией зоны влияния такую линию ED , где все части жидкости ODE , обязательно пересекают границу пограничного слоя OD . Часть общего расхода, поступающая через сечение CE , шириной b^1 , попадает в пограничный слой. В свою очередь расход, проходящий через OD , делится на две части: одна часть забирается боковой плотиной через границу OC , другая через сечение CD направляется в нижний бьеф русла. Предположим сначала, что максимальная ширина зоны влияния b^1 на

участке бокового водозабора меньше ширины водотока ℓ , т.е. $\ell^1 < l$. По определению зоны влияния:

$$Q_1 = Q_2, \quad (1)$$

где Q_1 - расход, поступающий через OE , а Q_2 - расход, проходящий через границу пограничного слоя OD .

Обозначим через H_0 среднюю глубину воды на сечении OK . Тогда, очевидно, вследствие перераспределения расхода, средняя глубина на сечении CL будет меньше, чем H_0 . Для сравнительно небольшого значения ширины боковой плотины при $\ell^1 < l$, изменение глубин воды на участке плотины незначительны. Поэтому, пренебрегая этими изменениями, положим среднюю глубину потока на рассматриваемом участке равным H_0 .

Представим расход Q_2 в виде суммы двух слагаемых:

$$Q_2 = Q_{2y} + Q_{2x} \quad (2)$$

где Q_{2y} - количество воды, протекающее через границу пограничного слоя OD в направлении оси Oy ;

Q_{2x} - количество воды, протекающее через границу пограничного слоя в направлении оси Ox .

Тогда

$$Q_{2y} = v \cdot H_0 \cdot b, \quad Q_{2x} = \bar{b} H_0 \cdot u_{ср}. \quad (3)$$

где v - средняя поперечная скорость на границе пограничного слоя;

$u_{ср}$ - средняя продольная скорость на границе пограничного слоя;

\bar{b} - максимальная ширина пограничного слоя.

С учетом (2), (3) уравнение (1) можно переписать в виде

$$(4)$$

Продольные скорости в точках пограничного слоя возрастают до своего максимального значения в точке D , поэтому приближенно в качестве $u_{ср}$ примем половину максимального значения продольных скоростей.

$$u_{ср} = \varphi \frac{0.09945}{\sqrt{R_{\text{эк}}}} \cdot \left(5.75 \ell g \cdot \frac{\delta}{d} + 8.48 \right) \cdot U_0. \quad (5)$$

а максимальная ширина пограничного слоя \bar{b} по формуле (4) равна:

$$\bar{b} = K_{\text{ж}} \cdot d^{\frac{1}{7}} \cdot \beta^{\frac{1}{7}} \quad (6)$$

Тогда из формул (5) - (6) следует:

$$\frac{\ell^1}{\beta} U_0 - \delta U_{ср} = \frac{\ell^1}{\beta} U_0 - \varphi \cdot \partial \ell d^{\frac{1}{7}} \cdot U_0 \cdot K_{\text{ж}} \beta^{\frac{6}{7}} = \frac{\ell^1 - \varphi \cdot K_{\text{ж}} \cdot \partial \ell \cdot d^{\frac{1}{7}} \cdot \beta^{\frac{6}{7}}}{\beta} \cdot U_0 \quad (7)$$

$$\text{где } \partial \ell = \frac{0,09945}{\sqrt{R_{\ell}}} \left(5.75 \ell g \frac{\delta}{d} + 8.48 \right). \quad (8)$$

Обозначим через z безразмерную величину:

$$(9)$$

которая зависит от пористости плотины и т.д.

Величина ℓ^1 также зависит от многих факторов: скорости потока в канале, размеров, формы и структуры расположения частиц, слагающих плотину, от шероховатости стенки, от ширины плотины, от пористости плотины и т.д. Представим ℓ^1 в виде такой зависимости:

$$\ell^1 = \tau \cdot z^1 \cdot \delta, \quad (10)$$

где δ - максимальная ширина пограничного слоя; z^1 - коэффициент, зависящий от вышеперечисленных факторов. Коэффициент τ зависит от совокупности следующих факторов:

$$\tau = \tau(v, H_0, U_0, d, g) \quad (11)$$

Как видно из формулы (11), τ является безразмерной величиной. Окончательно из формулы (10) имеем:

$$(12)$$

где z и τ определены соответственно в (9) и (11).

Ранее было показано, что с увеличением ширины зоны влияния ℓ^1 растет, с увеличением U_0 - убывает. Рост d также приводит к росту ℓ^1 . Исходя из этих закономерностей составим для определения τ следующую безразмерную величину из указанных в (11) факторов, исключая H_0

$$(13)$$

где α, β, γ, t - некоторые положительные числа.

Выпишем размерности входящих в формулу (13) величин:

$$v \sim [L], d \sim [L], g \sim \left[\frac{L}{T^2}\right], U_0 \sim \left[\frac{L}{T}\right].$$

где L - размерность длины;

T - размерность времени.

Из условия безразмерности получим:

$$\begin{aligned} \alpha + \beta + \gamma &= t, & 2\gamma &= t. \\ \gamma &= \alpha + \beta, & t &= 2(\alpha + \beta). \end{aligned}$$

Следовательно,

$$\text{Окончательно,} \quad \text{-----} \quad (14)$$

Из формулы (12) имеем:

$$(15)$$

Подставляя формулы (10) и (13) в (8) для определения средней поперечной скорости на границе пограничного слоя, получим:

$$(16)$$

Ввиду достаточной малости толщины пограничного слоя можно считать, что средняя поперечная скорость жидкости на границе OC также равна v . Тогда средняя скорость фильтрации на входе в плотину

$$\text{Следовательно,} \quad (17)$$

$$\text{Общий расход водотока } Q_0 = H_0 \cdot \ell \cdot U_0.$$

Тогда основную формулу

можно переписать в виде:

$$W = \frac{H_0 v \cdot n \cdot \vartheta}{H_0 \cdot \ell U_0} = \frac{n \cdot v \vartheta}{\ell \cdot U_0}.$$

Найдем значение из формулы (16) и подставим последнюю формулу:

(18)

где τ определяется из зависимостями (14).

Более подробно формула имеет вид

Список использованных источников

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М., Наука, 1976, 140 с.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М. Наука, 1976, 280 с.
3. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. М., Наука, 1972, 25 с.
4. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. М., Энергоатомиздат, 1984, 292 с.

УДК 627.886

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Бекмуратов М.М., Джолдасов С.К., Даркенбаев Е.Д.

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

Ниже приводим новые конструкции гидротехнических сооружений, на которых получены инновационные патенты Республики Казахстан. Это сифонный водосброс и акведук.

Сифонный водосброс относится к области гидротехнических сооружений, строительства и коммунально-бытового хозяйства.

Известна сифонная труба [1], которая в большей своей части находится под разрежением. Достоинство сифонной трубы, заключается в том, что прокладка ее ведется открыто и не требует большого количества земляных работ. Ее недостаток - при низких уровнях воды в водоисточнике она всасывает воду с наносами.

Известен сифонный водосброс [2], состоящий из нескольких ниток металлических, асбестоцементных или железобетонных труб. Число ниток зависит от сбрасываемого расхода и диаметра труб. На отметке НПУ у сифона устраивается воздухопроводная труба, обеспечивающий плавное включение и выключение сифона. Как только уровень воды в водохранилище поднимется выше НПУ и затопит входное отверстие воздухопроводной трубы, сифон включается в работу. Недостатком таких сифонов является то, что при больших скоростях движения жидкости на выходе раструба, размывается грунт за сифоном, образуют глубокие и широкие воронки размыва и устройство быстро приходит в негодность, для этого надо будет делать раструб значительной длины, а это в свою очередь требует больших материальных и трудовых затрат. Поставлена задача: продлить срок службы сифонного водосброса.

Технический результат достигается путем расширения выходного раструба сифонного водосброса в плане для уменьшения величины воронки в виде раструба с углом роспуска, не превышающим 12° .

Сущность предполагаемого изобретения заключается в том, что выходной раструб сифонного водосброса выполняется в плане слегка расширенным для уменьшение скорости при выходе и величины воронки в виде раструба с углом роспуска, не превышающим 12° . Расширение в плане выходного раструба уменьшает размываю-

щую скорость воды при выходе, предотвращает появление воронок и тем самым способствует продлению срока службы сифонного водосброса.

Сифонный водосброс [3] состоящий из входного оголовка, воздухопроводной трубы, напорного трубопровода, колени сифона и выходного раструба отличается тем, что выходной раструб выполнен слегка расширенным с углом роспуска, не превышающим 12° .

Ниже приведено детальное изложение сущности изобретения.

Предлагаемое устройство состоит из входного оголовка, воздухопроводной трубы, напорного трубопровода, колени сифона и выходного раструба, выполненного слегка расширенным с углом роспуска, не превышающим 12° .

Сифонный водосброс работает следующим образом. Подводящий поток заходит через входной раструб. Входной раструб делают намного короче и с большим углом роспуска для быстрого входа воды в напорный трубопровод. На отметке НПУ у сифона устраивается воздухопроводная труба, обеспечивающая плавное включение и выключение сифона. Как только уровень воды в водохранилище поднимется выше НПУ и затопит входное отверстие воздухопроводной трубы, сифон включается в работу. Выполнение выходного раструба слегка расширенным с углом роспуска, не превышающим 12° , дает возможность уменьшить скорость воды на выходе и размыв грунта за сифонным водосбросом. Благодаря малым скоростям воды на выходе, предотвращается появление воронок и продлевается срок службы сифонного водосброса.

Изготовление предлагаемого устройства вполне возможно с использованием имеющихся технических средств, т.к. его конструкция довольно проста. В предлагаемом изобретении увеличится срок службы сифонного водосброса.

Акведук относится к области гидротехнических сооружений и строительства, а именно, водопроводящим сооружениям для подачи воды к местам ее потребления, устраиваемым для транспорта воды на участках пересечения каналов с естественными и искусственными препятствиями, встречающимися по трассе канала.

Известен акведук, включающий входную и выходную части и водопроводящий лоток [4], работающий как канал с равномерным движением.

Акведук прост по конструкции, но у него есть небольшой недостаток. Если акведук работает при малом напоре, наносы постепенно оседают в водопроводящем лотке. Из-за этого площадь живого сечения лотка уменьшаться, уменьшается и пропускная способность акведука, он даже может выйти из строя.

Известен акведук [5], состоящий из входной и выходной частей, водопроводящего лотка. Их устраивают, если габарит дороги, уровень воды пересекаемого канала или реки ниже пролетного строения акведука. Опоры акведуков делают аналогично опорам, применяемым в мостостроении. По существу это мосты, у которых пролетным строением служит лоток, заполненной текущей водой. Конструкция акведука должна обеспечивать плавное сопряжение входной части его с каналом как в плане, так и в вертикальной плоскости. Скорость воды в акведукке назначают несколько большую, чем в примыкающих к нему каналах, чтобы не допускать осаждение в лотке наносов. Недостатком таких акведуков является то, что при малых разностях напоров в верхнем и нижнем бьефах сооружений наносы, поступающие в лоток, оседают на водопроводящей части, что уменьшает поперечное сечение лотка и, в конечном счете, расход акведука. Поставлена задача: обеспечить (при равномерном движении) незаиляемость и пропускной расход водопроводящего лотка акведука при малой разности напоров в верхнем и нижнем бьефах сооружениях.

Технический результат достигается путем выполнения продольных шероховатостей в виде глухих бетонных труб в три ряда (один по оси лотка) на дне по всей длине водопроводящего лотка акведука.

Сущность предлагаемого изобретения заключается в том, что водопроводящий лоток выполняется в виде продольных шероховатостей, состоящих из глухих бетонных труб на дне по всей длине лотка. Из-за стеснения потока воды с двух сторон в лотке будет незаметное вихревое движение на дне, при котором равномерное движение соблюдается, а скорость воды может увеличиться по сравнению с прямоточным потоком, это устраняет нежелательное оседание наносов.

Акведук, состоящий из входной и выходной части и водопроводящего лотка [6], отличается тем, что водопроводящий лоток выполняется в виде продольных шероховатостей из глухих бетонных труб на дне по всей длине лотка.

Для детального изложения сущности изобретения ниже приведено описание предполагаемого акведука.

Предлагаемое устройство состоит из входящей части, водопроводящего лотка, продольных шероховатостей в виде глухих бетонных труб на дне по всей длине лотка, выходящей части.

Акведук работает следующим образом. Входящий поток воды заходит к входной части. Вода подводящаяся входит в водопроводящий лоток, где расположены продольные шероховатости в виде глухих бетонных труб на дне по всей длине лотка. Из-за стеснения потока воды с двух сторон в каждом из отсеков, на дне лотка будет незаметное вихревое движение, при котором равномерное движение соблюдается на поверхности течения, а скорость воды может увеличиться из-за стеснения по сравнению с прямоточным потоком, это устраняет нежелательное оседание наносов на водопроводящем лотке. В водопроводящем лотке вода с наносами закручивается под действием разности напоров и наличия продольно расположенных шероховатостей в виде глухих бетонных труб. Известно, что при малых напорах расход закрученного потока больше, чем прямоточного потока. Благодаря закрученности потока на дне лотка, накопление наносов не возникает. Увеличивается пропускная способность акведука и в целом водопроводящий лоток не заиливается. Это позволяет обеспечить незаиляемость акведука при пропуске малых расходов.

Изготовление предлагаемого устройства вполне возможно с использованием имеющихся технических средств, т.к. его конструкция довольно проста, а реализация подобных устройств давно и хорошо освоена соответствующими предприятиями различных уровней. В предлагаемом изобретении обеспечивается (при равномерном движении) незаиляемость и пропускной расход водопроводящего лотка акведука при малой разности напоров в верхнем и нижнем бьефах сооружений.

Список использованных источников

1. Конторович Б.В., Кузнецов Н.К. Гидравлика, водоснабжение и гидросиловые установки. – М., изд-во с.-х.л-ры, 1961, С.83.
2. И.А.Васильева. Водохранилища на местном стоке. – М., изд-во сельхозгиз, 1959, С.98.
3. Сифонный водосброс. Инновационный патент РК №85459 от 09.04.2013. Авторы: Джолдасов С.К., Бекмуратов М.М. и др.
4. Волков И.М., Кононенко В.П., Федичкин И.К. Гидротехнические сооружения. – М., изд-во «Колос», 1968, С.79-81.
5. Гидротехнические сооружения под ред. Н.П.Розанова – М., изд-во «Агропромиздат», 1985, С.243-244.
6. Акведук. Инновационный патент РК №85454 от 09.04.2013. Авторы: Джолдасов С.К., Жангужинов Е.М. и др.

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПОДКОМПЛЕКСОМ АПК РОССИИ

М.А. Волынов, В.Б. Жезмер

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

Водные ресурсы играют определяющую роль в развитии производства сельскохозяйственной продукции, производственной и социальной инфраструктуры сельских территорий, а также обеспечении продовольственной безопасности России. В отличие от инженерной инфраструктуры водохозяйственного подкомплекса АПК, которая полностью находится в ведении субъектов АПК, водные ресурсы, как общенациональное достояние, относятся к сфере компетенции Министерства природных ресурсов России (МПР) в лице Росводресурсов и его бассейновых подразделений.

Все вопросы, связанные с использованием и охраной водных ресурсов, решаются в схемах комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), разрабатываемых под управлением Росводресурсов; схемы разрабатываются в разрезе речных бассейнов и должны регулярно обновляться с учётом реальной обстановки и новых задач.

На федеральном уровне взаимодействие с МПР и планирование деятельности водохозяйственных организаций отрасли осуществляется Департаментом мелиорации (Депмелиорации) Министерства сельского хозяйства (МСХ) России.

Можно чётко различить три уровня управления в водохозяйственном подкомплексе АПК [1]:

1. деятельность по прогнозированию и планированию развития подкомплекса или его частей. Этот вид деятельности – **управление развитием** – осуществляется при значительном участии научно-исследовательских и проектно-изыскательских организаций и имеет существенную инвестиционную составляющую;

2. повседневная деятельность по планированию, контролю выполнения планов, учёту и подготовке отчётности – **оперативное управление** – осуществляется органами управления элементами подкомплекса в рамках должностных обязанностей персонала хозяйствующих организаций.

3. **регулирование режимов работы водохозяйственных систем** - непосредственное маневрирование рабочими органами (затворы, насосы и т.д.) сооружений инженерной инфраструктуры водохозяйственных объектов АПК осуществляется линейным персоналом для обеспечения требуемых режимов работы.

Технологические процессы управления, сложившиеся за время существования водохозяйственного подкомплекса АПК, к настоящему времени нуждаются в существенной модернизации. Модернизация преследует цели повышения эффективности, а именно достижения более высокой степени обоснованности управленческих решений и сокращения издержек на выработку этих решений.

В настоящее время единственным современным подходом к обоснованию решений по развитию водохозяйственных систем является компьютерное моделирование. Управление водохозяйственными системами связано с воздействием и улучшением взаимодействия трех независимых подсистем:

- естественной речной подсистемы, в которой происходят гидрологические, химические и биологические процессы;

- социально-экономической подсистемы, включающей в себя человеческую деятельность, связанную с использованием естественной речной системы;
- административной и институциональной подсистемы, в которой происходят процессы планирования и управления.

В открытом доступе имеется целый ряд коммерческих программных комплексов, предназначенных для моделирования водохозяйственных систем с охватом совокупности всех или большинства вышеназванных аспектов, естественно, с упором на физические процессы. Социально-экономические вопросы в этих моделях представляются на сценарном уровне, а административно-институциональные вопросы практически не отражаются, поскольку они целиком связаны с национальной спецификой.

Из отечественных комплексов можно отметить следующие:

Система моделирования водохозяйственных балансов (РосНИИВХ). Система предназначена для автоматизации расчета водохозяйственных балансов и является информационно-технологической основой для подготовки и реализации бассейновых соглашений. Она позволяет формировать топологию водохозяйственной системы, описывать структуру водохозяйственного комплекса, создавать и изменять информационную базу расчетов.

Географическая информационная система «Геолинк» (ЗАО "Геолинк Консалтинг") является полнофункциональной географической информационной системой, позволяющей решать как типовые для современных ГИС задачи, так и специфические задачи в сфере природопользования и изучения геологической среды. Обеспечивает ведение картографических баз данных.

Информационно-моделирующий комплекс ECOMAG (Центр регистра и кадастра) предназначен для моделирования речных бассейнов и включает в себя математическую модель, специализированную ГИС, базы оперативных гидрометеорологических данных и информации о характеристиках территории. Модель ECOMAG - версия пространственно-распределенной модели гидрологического цикла, формирования стока, переноса и трансформации загрязняющих веществ в речных бассейнах.

Внедрение зарубежных программных продуктов можно осуществлять по мере развития работ в этом направлении, прежде всего накопления достоверной и актуальной информации об объектах моделирования.

Наиболее значительными зарубежными продуктами, относящимися к отдельным аспектам проблемы, являются:

Комплекс программ MIKE SHE (Дания) - интегрированная система моделирования потоков поверхностных и грунтовых вод, транспорта растворов и взвесей во всей земной фазе гидрологического цикла. В модели осуществляется определение водного баланса системы поверхностных/грунтовых вод, включающее описание динамики их взаимодействия, содержания воды в ненасыщенной зоне, процессов испарения и транспирации.

Комплекс программ WATERLOO HYDROGEOLOGIC 3D (Канада) позволяет рассчитывать трехмерные потоки подземных вод (движение воды в пористых средах) и перенос загрязняющих веществ. Ядром комплекса является пакет **Visual MODFLOW Pro**, объединяющий современный компьютерный инструментарий, позволяющий моделировать движение подземных вод и транспортирование загрязняющих веществ. В комплекс входят пакеты тарирования (**WinPest**), трехмерной визуализации и анимационных эффектов (**MODFLOW 3D-Explorer**) и др.

Комплекс программ FEFLOW (Германия) – аналогичная предыдущей по назначению система имитационного моделирования двух- и трехмерных подземных пото-

ков, а также переноса в них загрязняющих веществ и тепла, способная решать 3D и 2D проблемы. FEFLOW является интерактивной, полностью основанной на графике, программной системой. Система поддерживает широкий класс подземных потоков, проблемы переноса массы загрязняющих веществ и тепла. Основанный на GIS интерфейс данных поддерживается при подготовке карт и баз данных в различных форматах.

Комплекс программ MIKE BASIN (Дания) представляет широкие возможности для адекватного математического описания речного бассейна и схем распределения воды между потребителями и пользователями. Программа является компьютерной средой для разработки математического представления бассейна реки, дает возможность моделировать конфигурацию главных рек и их притоков, гидрологию бассейна в пространстве и времени.

Пакеты программ планирования и управления использованием водными ресурсами RIBASIM, WEAP, WBALMO – (Голландия, Германия)

Эти пакеты дают возможности адекватно отражать существенные свойства бассейна в условиях настоящего и перспективного водопотребления и широкого спектра инженерных мероприятий и стратегий управления. Обеспечиваются широкие возможности манипуляции входными и выходными данными и представления результатов в виде, удобном для оценки альтернатив мероприятий и стратегий управления.

Приведенный краткий обзор имеющихся информационных технологий показывает, что имеется обширный набор программных средств для реализации поддержки управленческих решений по развитию водохозяйственного подкомплекса АПК.

При разработке конкретной программы мероприятий по достижению установленных целевых показателей количества и качества воды водных объектов и уменьшения последствий негативного воздействия вод на перспективу размещения объектов АПК в рассматриваемом речном бассейне на базе имеющихся программных средств может быть построена сквозная автоматизированная технология.

Такая технология может быть реально задействована только при наличии системы сбора и регулярной актуализации исходных данных, то есть мониторинга.

Для комплексной оценки состояния гидромелиоративных систем (ГМС) необходимо создание многоуровневой системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС. В идеале такая система должна представлять собой базу данных, охватывающую гидротехнические сооружения мелиоративного комплекса, по крайней мере, Европейской части РФ, совместимую с базой данных Российского регистра ГТС [2].

Информация, полученная в результате функционирования многоуровневой системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС мелиоративного комплекса, может быть использована для решения насущных производственных вопросов, планирования производства на перспективу, определения потребностей в водных ресурсах.

Аппарат по обслуживанию интегрированной автоматизированной системы управления базой данных ГТС мелиоративного комплекса (СУБД), может быть создан в составе Департамента мелиорации министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

При создании СУБД необходимо обеспечить многопользовательский режим работы, включая децентрализованное использование, что даст возможность заинтересованным организациям использовать базу данных для решения своих специфических вопросов [3, 4].

Список использованных источников

1. Волинов М.А., Панфилов В.С., Голубкова В.А., Сидорова С.А., Брайнин А.Л. Рекомендации по восстановлению, комплексному использованию и охране ресурсов водных объектов АПК, М., 2010 г., 134 с.

2. Федеральное агентство водных ресурсов. Российский регистр гидротехнических сооружений. e-mail: registr@rosvo.org.ru

3. Волинов М.А., Жезмер В.Б. Сидорова С.А. Алгоритм формирования региональных схем обеспечения водными ресурсами оросительных мелиораций «Мелиорация и водное хозяйство», № 5-6, 2014 г., с. 47-50.

4. Волинов М.А., Жезмер В.Б. Сидорова С.А. Некоторые аспекты оценки обеспеченности водными ресурсами объектов АПК. «Природообустройство», № 4, 2014 г., с. 53-60.

УДК 556.08

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И СКОРОСТИ ВОДНОГО ПОТОКА

Е.Э. Головинов, Д.А. Аминев

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

Рассмотрены подходы к определению русловых деформаций. Предложена автоматизированная система мониторинга деформаций русла и скорости водного потока, основанная на использовании средств электроники, вычислительной техники и телекоммуникаций. Раскрыты функционал, структура и конструкция устройства для определения русловых деформаций и скорости водного потока. Проведен подбор элементной базы для реализации устройства.

Введение

Гидрологические и геодезические изыскания представляют собой комплекс достаточно дорогостоящих мероприятий. Определение степени русловых деформаций предполагает регулярную русловую съёмку. Определение скорости и направления потока воды подразумевает сложные полевые изыскания. И при этом гидрологические и геодезические изыскания являются самыми распространёнными при проектировании и при мониторинге гидротехнических объектов.

Следует отметить, что изучение русловых процессов во время прохождения паводков представляет огромный практический и научный интерес. Так во время прохождения паводка дно русла может размываться, а при спаде паводка - заполняться наносами, и определение максимальной глубины размыва становится невозможным [1, 2]. Особый интерес представляет изучение скорости потока [3, 4] во время прохождения паводка. Основная сложность изысканий заключается в том, что во время прохождения паводков и ледохода проведение работ опасно для жизни. На данном этапе развития измерительной техники невозможно получить характеристики потока и русловых деформаций в тяжёлых гидрологических условиях.

Предлагаемое решение будет особенно актуальным при мониторинге подводных переходов магистральных трубопроводов. По существующим регламентам на подводных переходах необходимо регулярно осуществлять топографическую съёмку русла по всей ширине технического коридора перехода и, частично, его охранной зоны. Целью топографических изысканий является определение отметок дна и заглубления трубопровода, а, следовательно, надёжность подводного перехода [5, 6].

Было принято решение разработать недорогое электронное устройство, позволяющее упростить, ускорить, а в некоторых случаях предоставить возможность проводить гидрологические изыскания. Для решения этой задачи целесообразно приме-

нить систему гироскопов, акселерометров и спутниковой навигации, которая позволит достаточно точно определить траекторию, скорость турбулентных течений и мгновенные скорости. То есть появляется возможность создания такой системы мониторинга, с помощью которой можно упростить и ускорить изыскания. Для этого, на исследуемый участок реки необходимо доставить одно или несколько устройств. Доставку можно осуществлять с помощью беспилотного летательного аппарата, катапульты, сбросить с моста, лодки или берега. Также устройство можно заложить на стадии производства работ или при регулярных обследованиях.

Технология мониторинга русловых деформаций и скорости водного потока

В общем виде технология определения русловых деформаций и скорости водного потока, основанная на использовании средств электроники, вычислительной техники и телекоммуникаций представлена на рисунке 1.

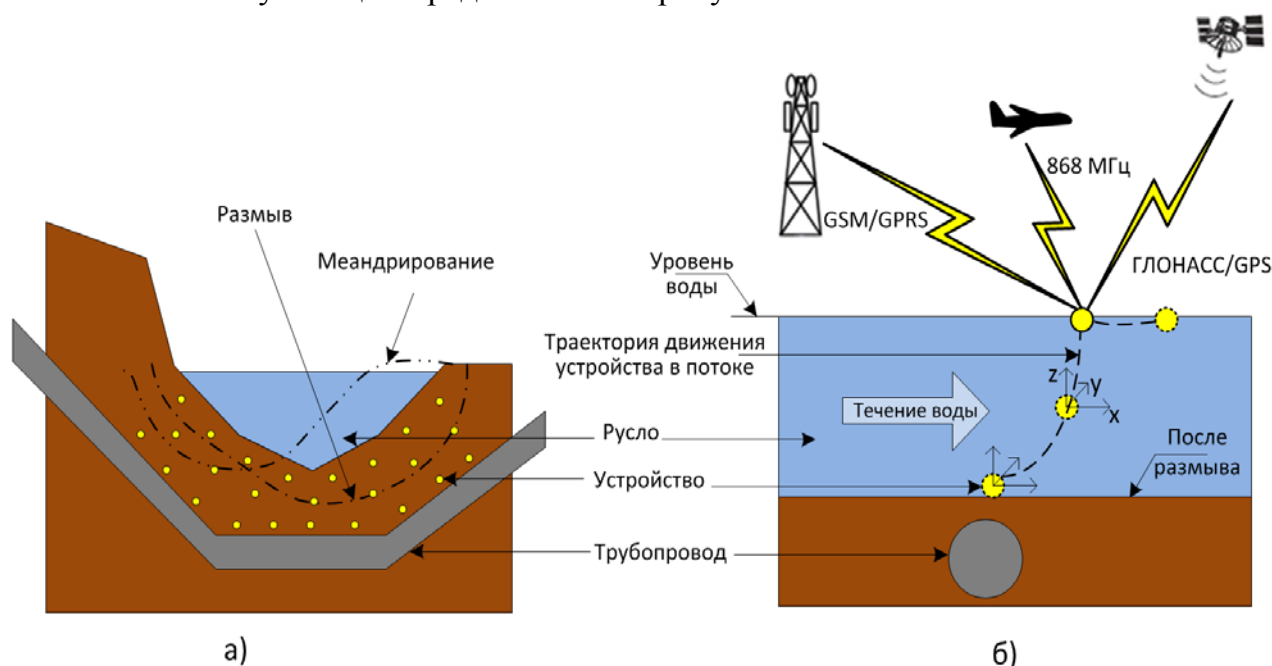


Рисунок 1 - Технология определения русловых деформаций и скорости водного потока – расположение устройств в грунте (а), всплытие устройства при размыве русла (б)

Над проложенным под руслом реки трубопроводом размещаются телекоммуникационные устройства в один или несколько рядов на различной глубине. По мере снижения отметки дна при образовании размыва устройство всплывает на поверхность. При этом под действием ударной нагрузки или при изменении положения устройства механический выключатель активизирует блок питания от аккумуляторной батареи (АКБ). Далее осуществляется запуск основных модулей: акселерометр, гироскоп, магнитометр, термометр, навигация и передача данных. Акселерометр и гироскоп отслеживают скорость водного потока. Микроконтроллер координирует работу остальных элементов схемы, т.е. реализует алгоритмы управления.

Достигнув поверхности, устройство начинает определять свои географические координаты и скорость по сигналу ГЛОНАСС/GPS и передавать их вместе со сведениями о скорости водного потока, телеметрией и другими данными в сеть GSM [7] или патрулирующему беспилотному летательному аппарату (БПЛА). В тёмное время суток включаются светодиоды для реализации возможности визуального обнаружения устройства со спутника посредством аэрофотосъёмки или другими средствами дистанционного зондирования Земли. Период включения светодиодов можно зада-

вать по таймеру в зависимости от времени прохождения спутника или БПЛА над устройством или в тёмное время суток по сигналу от фотоэлемента.

Каждое устройство имеет уникальный идентификационный номер, который передаётся с каждым пакетом данных телеметрии, что позволяет точно определить дату, место установки устройства и другие параметры [8]. Структурная схема устройства и эскиз его конструкции представлены на рисунке 2.

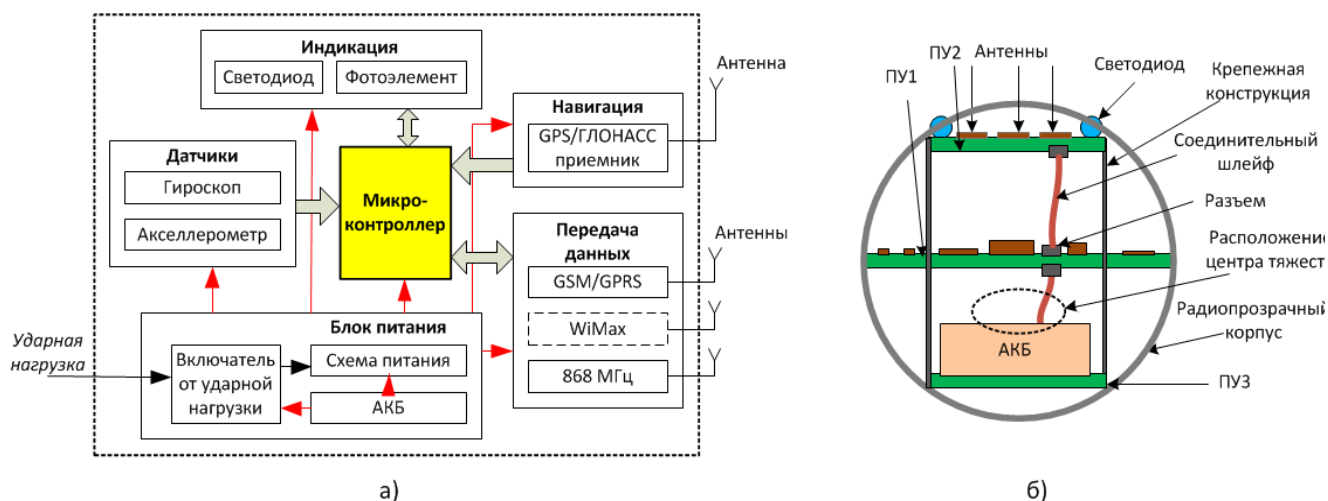


Рисунок 2 - Структура (а) и эскиз конструкции (б) устройства определения русловых деформаций и скорости водного потока

Эскиз конструкции показывает примерное размещение его составных элементов. В сферическом радиопрозрачном корпусе с положительной плавучестью, диаметром 7–15 см смонтированы посредством прочных крепежных конструкций несколько печатных узлов (ПУ), соединённых шлейфами. На ПУ1 размещены микросхемы контроллера, навигационного приемника и модема, и их обвязка. На ПУ2 расположены антенны. На ПУ3 закреплён аккумулятор и компоненты цепей питания. Поскольку аккумулятор имеет наибольший вес, центр тяжести конструкции смещён к низу (рис. 2б). Такое размещение центра тяжести позволяет после всплытия устройства на водную поверхность ориентировать антеннам и светодиодам вверх, что обеспечит прием-передачу навигационных и телеметрических данных от спутника и патрулирующего БПЛА, а также излучение световых сигналов светодиодами в темное время суток.

Для реализации такого устройства может быть использована доступная на рынке элементная база. Примерный перечень основных электронных компонентов и их характеристик приводится в таблице 1.

Планируемая стоимость одного устройства при мелкосерийном производстве около 10 000 – 15 000 рублей, а при крупных партиях возможно существенно снизить стоимость за счет эффекта масштаба. Срок службы устройства ограничивается сроком службы электробатареи, который составляет не менее 10 лет на настоящий момент. Модульный подход при компоновке устройства позволяет модернизировать, ремонтировать и предполагает многократное использование.

Выводы

1. Система мониторинга позволяет оперативно выявить аварийные и предаварийные ситуации, связанные с размывом русла.

2. Предложенная технология позволит существенно сократить временные и материальные расходы на гидрологические изыскания.

3. Применение 9-осевой навигационной системы позволяет проводить исследования водного потока не только в безнапорных водотоках, но и в напорных водотоках, например, в трубопроводе или водосбросе гидротехнического сооружения.

4. ГЛОНАСС/GPS приёмник и модуль передачи данных позволят проводить длительные исследования на больших реках и отслеживать скорости потока на значительной протяжённости.

5. Выбранная элементная база отличается низкими энергопотреблением и сравнительно невысокой стоимостью, малыми габаритами, и высокой надёжностью. Созданное на основе такой элементной базы устройство обеспечит заданный функционал и выполнение задач технологии определения русловых деформаций и скорости водного потока.

Таблица 1 - Характеристики основных электронных компонентов устройства

Наименование	Характеристики
Микроконтроллер SAM D20 компании Atmel	32-битный процессор ARM Cortex-M0+ частотой 48 МГц, 256 Кб флэш и 32 Кб статической памяти SRAM; 6 модулей SERCOM, конфигурируемых под интерфейсы UART/USART, SPI, I2C; 52xGPIO; 12-разрядный АЦП; 6 режимов энергосбережения
Навигационный приёмник ГеоС-3М фирмы ООО КБ «ГеоСтар навигация»	Сигналы L1 GPS C/A, L1 ГЛОНАСС СТ, WAAS, EGNOS; 32 канала; холодный/теплый/горячий старт – 28/25/2 с; чувствительность обнаружения/слежения - 143/-160 дБ мВт; потребление – активный режим 85 мВт, энергосберегающий 19 мВт; порты 2xRS-232; протоколы NMEA, бинарный; темп выдачи данных 1/2/5/10 Гц; габариты корпуса 14,3x13,7x2,6 мм
Трансивер CC1101 фирмы Texas Instruments	Частота 315/433/868/915 МГц; пониженного энергопотребления; модуляция 2-FSK, 4-FSK, GFSK, и MSK; скорость до 600 КБ/с; 64-битные FIFO для приема-передачи; интерфейс SPI
GSM модем M66 компании Quectel	диапазоны GSM850, GSM900, DCS1800, PCS1900; корпус LCC 15,8x17,7x2,3 мм; чипсет компании MTK; интерфейс UART
Детектор вибрации D7E-2 и наклона D7E-3 фирмы OMRON	Полностью механическая конструкция, не требуют питания, габариты 36,4x23,1мм; степень защиты корпуса IP67
Акселерометр, гироскоп, магнитометр LSM9DS1 фирмы STMicroelectronics.	9 осевой МЭМС, чувствительность 0,732 mg/LSB; ускорение 2, 4, 6, 8, 16 g; интерфейс I2C, SPI; разрешение 16 бит; питание 1,9 мА, 1,9...3,6 В; рабочая температура – 40...+85°C
АКБ DT6012 фирмы Delta Battery	Свинцовый, 6В-(1.2-1.5Ач), габариты 97x25x51мм, вес 0,3 кг, рабочая температура –40 ... +85°C

Список использованных источников

1. Нежиховский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды// Л., Гидрометеоздат, 1971, 476 с.

2. Савичев О.Г. Математическое моделирование и прогноз русловых деформаций р. Томи в черте г. Томска (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета, Вып. № 1 / том 311, -2007. - С. 118-122.

3. Потапов И. И., Щекачева М.А. Определение скорости размыва берегового склона в реках с песчаным дном // Вестник Удмуртского Университета. МЕХАНИКА -2011. Вып. 4

4. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. - М.: МГУ, 1988. - 264 с.

5. Белоцерковский М. Ю., Жаркова Ю. Г., Кирюхина З. П., Ларионов Г. А., Литвин Л. Ф., Пацкевич З.В. Эрозионноопасные земли Европейской части СССР// В сб.: Земельные и водные ресурсы. Противозерозионная защита и регулирование русел. М., Изд-во Моск.ун-та, 1990, с. 3-20

6. Ржаницын Н. А. Руслоформирующие процессы рек// Л., Гидрометеиздат, 1985, 263 с.

7. Аминев Д.А., Головинов Е.Э., Иванов И.А., Лышов С.М., Увайсов С.У. Устройство для передачи навигационных данных по каналу GSM (полезная модель). // Патент РФ № 142374, 22.05.2014г.

8. Головинов Е.Э., Аминев Д.А. Инновационный подход к проведению полевых экспериментов // Качество. Инновации. Образование. - М.: -2015 № 1. - С. 26-30.

УДК 532.5:626.83

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ АППАРАТОВ ГИДРОЦИКЛОННОГО ТИПА

С.К. Джолдасов, К.Р. Жабагиева, Н.Ж. Жоламанов, Г.Д. Койшыбаева

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

Гидроциклон относится к устройствам для очистки сточных вод и может найти применение в сельском хозяйстве для очистки животноводческих стоков, а также в пищевой, химической промышленности, в практике очистки бытовых сточных вод и ряде других технологических процессов со значительным содержанием загрязнений, имеющих удельный вес менее единицы, которые, находясь во взвешенном состоянии, выносятся из гидроциклона через сливную трубу.

Анализ причин, обуславливающих отрицательный эффект выноса, изучение достоинств и недостатков известных технических решений, а также проведенные исследования показали, что для интенсификации процесса разделения в гидроциклоне, надо объединить в одном компактном узле два процесса: *центробежное разделение* (для отделения оседающих примесей), и, учитывая эксплуатацию фильтрующего элемента в условиях нестационарного процесса со случайным характером загрязнения рабочей поверхности, зависящего от концентрации твердых наносов в сливе гидроциклона, необходимость повышения надежности работы аппарата путем предотвращения засорения фильтрующего элемента, облегчения доступа к последнему, обеспечив надежную регенерацию фильтрующей поверхности, беспрепятственный отвод уловленных загрязнений – *безнапорное фильтрование* (для отделения плавающих примесей).

Реализация этой положительной предпосылки в конструктивное решение позволила разработать на основе стандартных цилиндрических гидроциклонов применительно к механико-физическим особенностям скопа (совокупности частиц загрязнений, вынесенных в слив гидроциклона и задержанных фильтрующим элементом), новые конструкции гидроциклонов для очистки коллекторно-дренажных вод, снабженных камерой дополнительной очистки слива.

Предполагаемое изобретение относится к области сельского коммунального хозяйства, гидротехники и строительства.

Известен гидроциклон [2], имеющий цилиндрический корпус, шламовый патрубок, сливную камеру с патрубками отвода фильтрата и сгущенной фракции, сливной патрубком, вставленный в полость направляющего усеченного конуса прикреплен

большим основанием к крышке сливной камеры. Направляющий конус меньшим основанием опирается на струенаправляющие ребра фильтрующего элемента, прикрепленного к сливному патрубку разжимными болтами. Внутренняя полость цилиндра, крышка корпуса гидроциклона и фильтрующий элемент образуют камеру сбора фильтрата, а снаружи – круговой приемник, ограниченный внутренней поверхностью сливной камеры и ее дном, имеющим по периметру уклон в сторону патрубка отвода сгущенной фракции.

Недостаток конструкции – сложность, и очистка происходит в надкрышечном устройстве, а не внутри самой гидроциклонной камеры.

Известен фильтроциклон [3], состоящий из гидроциклонной камеры, входного, сливной и пескового патрубков. Вода с наносами и взвешенными частицами входит в гидроциклонную камеру и входный патрубок. Взвешенные частицы удерживаются фильтром, а очищенная вода выходит через сливной патрубок.

Технический результат достигается тем, что в гидроциклоне одновременно осуществляются процессы гидроциклонирования и фильтрования коллекторно-дренажных вод. Для этого сливной патрубок гидроциклона имеет затопленную и незатопленную части, причем затопленная часть выполнена в виде фильтра цилиндрико-конической формы, пропорционально повторяющей геометрические размеры гидроциклона малых размеров, и внутри фильтра установлен съемный тонкий прочный материал для удержания мелких и твердых частиц и солей, что способствует более рациональному фильтрованию коллекторно-дренажных сточных вод.

Для детального изложения сущности изобретения ниже приводим поперечный разрез фильтроциклона [4] для очистки коллекторно-дренажных вод (рис. 1).

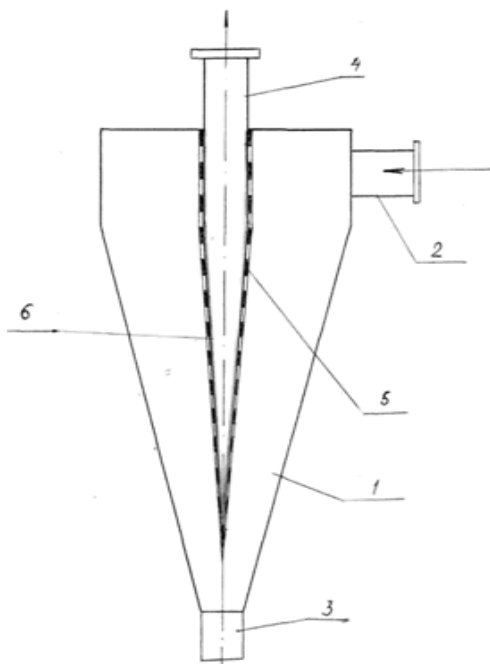


Рисунок 1 – Фильтроциклон

Фильтроциклон для очистки коллекторно-дренажных вод состоит из гидроциклонной камеры 1, входного 2, пескового 3 и сливного 4 патрубков, фильтра 5 и съемного тонкого прочного материала 6.

Фильтроциклон работает следующим образом.

Сточная вода коллекторно-дренажных систем с наносами и солесодержащими мелкими частицами входит гидроциклонную камеру 1 через входной патрубок 2. Крупные наносы в процессе гидроциклонирования направляются в песковой патрубок 3. Солесодержащие мелкие частицы удерживаются фильтром 5 и тонким прочным материалом 6 фильтруются до оптимального состояния, пригодного для орошения сельхозкультур, а очищенная вода выходит через сливной патрубок 4.

В комплексе мер по охране водоемов от загрязнения и одновременному повышению продуктивности кормовых угодий, все возрастающее значение имеет использование сточных вод коллекторно-дренажных систем для орошения сельхозугодий, сенокосов и пастбищ.

Оросительная система, работающая на сточных водах, отличается от обычной наличием сооружений по подготовке, накоплению и регулированию расходов сточных вод. При этом одним из направлений научного поиска, является исследование и разработка высокоэффективных компактных сооружений по подготовке сточных вод, которые позволяют расширить использование ирригационного оборудования при удобрительном орошении сельхозугодий.

Несомненный интерес для решения этих задач представляют напорные гидроциклоны. Кроме этого, как показали исследования отечественных и зарубежных ученых, исключительно широкие перспективы применения гидроциклонов связаны с технологией очистки коллекторно-дренажных вод. Однако, большинство работ посвященных гидроциклонной очистке, относится к области разделения двухкомпонентной жидкости, содержащей примеси с плотностью намного большей, чем плотность обрабатываемой среды. При этом отмечается высокая эффективность работы этих аппаратов. При разделении трехкомпонентных жидкостей, содержащих примеси с плотностью как большей, так и меньшей плотности обрабатываемой среды, 50 и более процентов общего содержания загрязнений, главным образом плавающих, выносятся из аппарата с осветленной водой.

Известны конструкции гидроциклонов с фильтрующими элементами, предназначенные для интенсификации процесса разделения. Однако работа фильтрующих элементов этих аппаратов предусмотрена в напорном режиме, что при значительных скоростях выхода жидкости из сливного патрубка гидроциклона и недостаточно эффективной их регенерации приводит к ряду существенных недостатков.

Недостаточная изученность особенностей разделения сточных вод, загрязненных примесями различной плотности в напорных гидроциклонах, приводящая к отрицательному эффекту выноса загрязнений в верхний слив гидроциклона, необходимость включения в технологические линии дополнительных сооружений для отделения плавающих примесей или применения многоступенных установок усложняет эксплуатацию технологических линий, требует повышенных энергозатрат, что, в конечном счете, сдерживает широкое использование гидроциклонов в области очистки сточных вод коллекторно-дренажных систем, а в некоторых случаях приводит к полной замене технологии очистки.

Известен гидроциклон [3] для очистки сточной воды, содержащий цилиндрический корпус, шламовый патрубок, сливную камеру с патрубками отвода фильтрата и сгущенной фракции, сливной патрубок, вставленный в полость направляющего усеченного конуса прикреплен большим основанием к крышке сливной камеры. Направляющий конус меньшим основанием опирается на струенаправляющие ребра фильтрующего элемента, прикрепленного к сливному патрубку разжимными болтами. Внутренняя полость цилиндра, крышка корпуса гидроциклона и фильтрующий элемент

образуют камеру сбора фильтрата, а снаружи – круговой приемник, ограниченный внутренней поверхностью сливной камеры и ее дном, имеющим по периметру уклон в сторону патрубка отвода сгущенной фракции.

Недостаток способа очистки в сложности конструкции и очистка происходит в надкрышечном устройстве, а не внутри самой гидроциклонной камеры.

Известен фильтроциклон [4], состоящий из гидроциклонной камеры, входного, сливной и пескового патрубков. Вода с наносами и взвешенными частицами входит в гидроциклонную камеру входный патрубок. Взвешенные частицы удерживаются фильтром, а очищенная вода выходит через сливной патрубок. Недостаток способа заключается в том, что фильтроциклоном удерживаются только взвешенные частицы, а коллекторно-дренажные воды в основном состоят из сильно засоленной воды. И почти все виды солей выходит вместе с очищенной водой.

И нами было поставлена задача в гидроциклонной камере очистить коллекторно-дренажные воды, содержащие большое количество разных солевых соединений. Технический результат достигается тем, что в гидроциклоне одновременно осуществляется процессы гидроциклонирования и фильтрования коллекторно-дренажных вод. Фильтроциклон для очистки коллекторно-дренажных вод [5], состоящий из гидроциклонной камеры, входного и сливного патрубков, съемной крышки, фильтра и пескового патрубка, закрытого заглушкой, верхняя крышка фильтроциклона выполнена съемной, для добавления к воде угольного сорбента с увеличением вихревого движения из-за пескового патрубка закрытой заглушкой.

Способ фильтроциклонной очистки коллекторно-дренажной воды выглядит так. Сточная вода коллекторно-дренажных систем с соледержащими мелкими частицами входит в гидроциклонную камеру через входной патрубок. Соледержащие мелкие частицы удерживаются фильтром, для этого через съемную крышку перед началом очистки к воде добавляется угольный сорбент. Угольный сорбент обеззараживает сточные воды с большим содержанием соли. Количество угольного сорбента определяется химическим составом коллекторно-дренажных вод. Так как очищаются только соледержащие мелкие частицы, песковый патрубок гидроциклона закрыт заглушкой, чтобы вода фильтровалась до оптимального состояния, пригодного для орошения сельхозкультур. Очищенная вода выходит через сливной патрубок. После каждой серии очистки, открывают съемную крышку фильтроциклона и снимают фильтр, очищают и ставят обратно для повторного использования.

Предлагаемая конструкция фильтроциклона для очистки коллекторно-дренажных вод проста в изготовлении и эффективно очищает сточные воды коллекторно-дренажных систем.

Вышеприведенные конструкции являются результатами усовершенствования и создания качественно новых конструкций гидроциклонных насосных установок. Поставленные задачи успешно решены путем применения эффекта центробежного разделения фаз при вращательном движении двух и трехфазной жидкостей в аппаратах гидроциклонного типа. Благодаря простоте конструкции, удобству компоновки в различных технологических системах (устройствах) они обязательно найдут широкое применение в различных отраслях народного хозяйства.

Список использованных источников

1. Абдураманов А. Гидравлика гидроциклонов и гидроциклонных установок. – Тараз: «Сенім», 2011. – 296 с.
2. А.с. 887000, СССР, МКИ 3В04С 5/12. Гидроциклон для очистки сточной воды //Абдураманов А.А., Жангужинов Е.М., Бюл. №45, 1981.

3. Предпатент №21102 KZ, Бюл.№4, 15.04.2009//Абдураманов А., Джолдасов С.К., Жоламанов Н.Ж.

4. Авторское свидетельство №76335, 24.02.2012. Фильтроциклон для очистки коллекторно-дренажных вод. Авторы: Джолдасов С.К., Даулетбаев Б.У., Жоламанов Н.Ж.

5. Авторское свидетельство №76997, 24.02.2012. Фильтроциклон для очистки коллекторно-дренажных вод. Авторы: Джолдасов С.К., Даулетбаев Б.У., Жакыпова Г.

УДК 627.834:532.533

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ТУННЕЛЬНЫХ ВОДОСБРОСОВ

Р.А. Джурумбаева, С.А. Сейткасымова

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

В Республике Казахстан гидротехнические сооружения являются наиболее распространенными типами сооружений с весьма важными функциями, оказывающими большое влияние на экономическую, экологическую и социальную сферы. Вопрос безопасной и надежной эксплуатации гидротехнических сооружений приобретает особую актуальность в современных условиях. К основным показателям эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений относится их безопасность.

На сегодняшний день многие гидротехнические сооружения в Казахстане находятся в коммунальной (49%) и частной (31%) собственности. В стране отсутствует специальное законодательство по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений. В настоящее время основной правовой базой в этой области является Водный кодекс Республики Казахстан. Министерством сельского хозяйства в 2008 году был подготовлен проект Закона «О безопасности гидротехнических сооружений». Правительство Республики Казахстан, с учетом рекомендаций межведомственной комиссии по законопроектной работе, приняло решение о нецелесообразности принятия отдельного закона и положения законопроекта были внесены в виде поправок в Водный кодекс, принятый в начале 2009 года. В то же время, чрезвычайные ситуации на гидротехнических объектах, произошедшие в последние годы, в частности, прорыв плотины в Алма-тинской области 2010 году, размыв плотины в Карагандинской области в 2015 году и др. показали, что положения существующего Кодекса не обеспечивают в полной мере решение как правовых, так и организационных вопросов безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на этих объектах.

Указанные чрезвычайные ситуации вызывают необходимость совершенствования нормативно-правовой базы в области обеспечения безопасности гидротехнических сооружений.

Безопасность гидротехнических сооружений невозможно измерить, но можно оценить уровень вероятности возникновения аварии методами математической статистики и теории вероятности, используя материалы проекта, качество выполненных строительно-монтажных работ и опыт эксплуатации, данные натурных наблюдений в период строительства и эксплуатации.

Среди характеристик безопасности гидротехнических сооружений различаются показатели состояния и критерии безопасности, определяющие в конечном итоге подходы к решению задачи безопасности гидротехнических сооружений [1].

Уже в период проектирования гидротехнических сооружений необходимо предусмотреть выполнение мероприятий, которые бы обеспечивали безопасность и надежность сооружений в период строительства и эксплуатации.

Ранее считалось достаточным обеспечить безопасность гидротехнических сооружений во время разработки проектов и последующего строительства сооружений. Строительные нормы и правила, система стандартов рассматривают только вопросы обеспечения качества разработки проектов и возведения гидротехнических сооружений, а вопросы обеспечения их безопасности отсутствуют. Причинами возникновения аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях могут быть ошибки, допущенные при разработке проектов, при выполнении строительных работ, а также в нарушении режимов эксплуатации.

Вопрос обеспечения водной безопасности в условиях ограниченности и уязвимости водных ресурсов является одним из основных компонентов национальной безопасности Казахстана. В связи с этим, в республике была разработана и утверждена Государственная программа управления водными ресурсами Казахстана на 2014-40 годы. Одним из основных направлений повышения эффективности управления водными ресурсами является регулирование внутренних водных ресурсов, и одним из пунктов плана мероприятий по реализации Государственной программы в целях устранения имеющегося дефицита водных ресурсов Казахстана следует принять комплекс мер по проектированию, строительству и реконструкции новых водохранилищ различной емкости в некоторых областях республики.

В Казахстане наибольшее распространение получили гидротехнические сооружения прудов и водохранилищ (91% от общего их числа): плотины и водосбросы [2]. При проектировании водосбросных сооружений особое место занимает задача оптимального сопряжения бьефов и гашения избыточной кинетической энергии сбросного потока. Как известно, последним конструктивным узлом любого туннельного водосброса является сопряжение сбросного потока с руслом реки и к нему предъявляются особые требования [4].

Важным критерием надежности водосбросных сооружений любого типа является состояние русла в нижнем бьефе. Образование значительных донных деформаций и недопустимых местных размывов может являться источником экологических катастроф прилегающего района. Поэтому в настоящее время одним из актуальных вопросов в рассмотрении гидравлических аспектов проблемы оценки и прогноза безопасности гидротехнического объекта является учет условий работы водосбросных сооружений и повышение уровня их безопасности за счет специальных инженерных и эксплуатационных решений, одним из которых является разработка и внедрение новых конструкций туннельных водосбросов с эффективным гашением энергии в отводящем туннеле, приводящем к безопасной и надежной работе всего водосбросного тракта и нижнего бьефа [3].

В лаборатории гидравлики гидротехнических сооружений Казахского научно-исследовательского института энергетики (КазНИИЭ, г. Алматы) в течение ряда лет выполнялись исследования по разработке новых конструкций вихревых шахтных водосбросов, причем только для объектов с малыми сбросными расходами. Однако исследования показали, что вихревые шахтные водосбросы можно применять и для пропуска больших расходов. В лаборатории КазНИИЭ были разработаны новые конструкции, позволяющие увеличить пропускную способность этих сооружений.

В разработанных конструкциях различных схем вихревого шахтного водосброса главным кинематическим элементом является закрученный поток. Одним из основных положительных эффектов его является образование поля давления на стенки шахты по всей ее высоте, что приводит к увеличению потерь энергии потока в шахте

и снижению возникновения кавитации. Эти положительные эффекты были использованы в других схемах гидротехнических сооружений.

Исследования показали, что вихревое движение водного потока в вертикальной шахте туннельного водосброса сопровождается образованием давления на стенки. В верхней части шахты имеется небольшой участок с отрицательным давлением на расстоянии $0,6 d$ (d – диаметр шахты), которое затем переходит в положительное. Давление будет положительным до точки отрыва потока от стенок шахты и, если в этой зоне дать расширение шахты, то произойдет «веерное» расширение потока. Экспериментальными исследованиями была выявлена одна особенность закрученного движения, а именно, в шахте после совершения одного полного поворота (первого витка) поток можно отводить в любую сторону относительно направления первоначального движения. Используя эти две характерные особенности закрученного потока, была разработана новая конструкция сооружения на выходе из отводящего туннеля шахтного водосброса [5]. Разработанное низконапорное сооружение, названное «вихревой перепад», можно применять для гашения энергии потока на выходе из туннельного водосброса, поворота его в нужном направлении и снижения удельных расходов.

Низконапорное сооружение (рис. 1) состоит из поводящего туннеля или открытого канала, спиральной камеры 5, короткой цилиндрической шахты 8 и камеры гашения 4, из которой сбросной поток отводится в реку. Получив закрутку в спиральной камере, поток попадает в камеру гашения, где образуется кольцевой гидравлический прыжок, затем происходит резкое расширение потока и гашение его энергии.

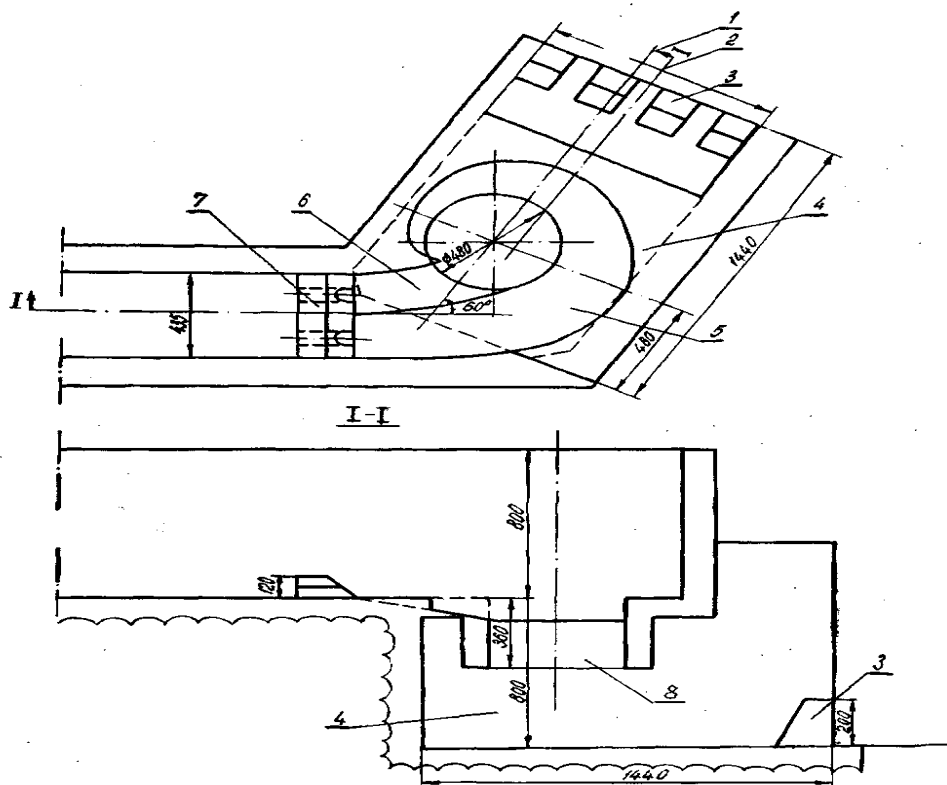


Рисунок 1 - Конструкция вихревого перепада на выходе из водосбросного туннеля:

- 1-ось шахты, 2-ось камеры гашения, 3-зубчатый гаситель, 4-камера гашения,
- 5-спиральная камера, 6-пониженный участок подводящего канала,
- 7-гаситель на входе в спиральную камеру,
- 8-шахта (размеры приняты для водосброса Бестюбинского водохранилища)

Длину шахты по вертикали принимаем $(0,6-1,2) d$, где d – диаметр шахты. На участке длиной равной диаметру шахты поток успеваеет совершить 1,5-2 оборота и это дает основание считать, что закрученное движение сформировавшееся и распределение потока по периметру шахты равномерное. Общая длина камеры гашения принимается $(3,5-4) d$, ширина – $2 d$ и высота - $1,5 d$. Расстояние от конца шахты до дна камеры гашения равна $(0,7-0,8) d$.

Спиральная камера и шахта должны обеспечить равномерное распределение потока по периметру шахты. Поскольку спиральная камера с одним подводящим каналом не может обеспечить равномерного распределения потока, предлагается в подводящем канале на подходе к шахте разделить канал на две части. В левой части увеличивается уклон дна канала β , скорость потока возрастает, и он захватывает не только I-й, но и II-й квадрант периметра шахты. В правой части канала поток движется прямолинейно для того, чтобы большая часть воды попала в III-й и IV-й квадранты.

Новая конструкция вихревого перепада была построена на водосбросном туннеле Бестюбинского водохранилища (рис. 2), которое является головным узлом Мойнакской ГЭС на реке Чарын в Алматинской области (строительство ГЭС велось с 2005 по 2011 гг.). В состав водохранилища входит шахтный водосброс с кольцевым водосливом на входе (диаметр вертикальной шахты 3,5 м; диаметр кольцевой воронки 12 м).



Рисунок 2 - Вихревой перепад на выходе из шахтного водосброса Бестюбинского водохранилища (Казахстан)

Внедрение новой конструкции, обеспечивающей гашение энергии потока на выходе из туннельных водосбросов, позволит повысить надежность его работы, сократить длину сбросного туннеля, тем самым снизить капитальные затраты на проектирование и строительство гидроузлов.

Список использованных источников

1. Разработка и создание комплекса мероприятий по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений. Методическое пособие. Международный фонд спасения Арала, 2014.
2. Ибраев Т.Т. Безопасность гидротехнических сооружений Казахстана: современное состояние и перспективы развития. Тараз. 163с.
3. Розанова Н.Н. Водосбросные сооружения как фактор безопасности гидротехнических объектов. /Материалы международной научно-практической конференции, Москва, 2006.

4. Джурумбаева Р.А., Сейткасымова С.А. Гашение энергии сбросного потока на выходе из закрытых водосбросов. /Роснаука: Материалы международной научно-практической конференции. Прага 2011г. С.62-66.

5. Ахмедов Т.Х., Джартаева Д.К., Бельгибаев Б.К., Джурумбаева Р.А. «Вихревой перепад», Патент РК №8316, кл. E03B3/00, 1999.

УДК: 626/816; 626.43; 627.82

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ КРУПНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КАЗАХСТАНА

Т. И. Есполов, М. К. Баекенова., А. Т. Базарбаев

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Данная НИР была выполнена в 2015 году (1 этап) по бюджетной программе 055 «Научная и (или) научно-техническая деятельность», в 2015 году, подпрограмма 101 «Грантовое финансирование научных исследований», по приоритету «Проблемы экологии и рационального природопользования».

Все крупные подпорные ГТС в Казахстане в основном построены после 40-х и 60-х годов XIX столетия, то есть отслужили свой нормативный срок службы. Поэтому, возникает необходимость провести анализ риска аварий крупных подпорных ГТС эксплуатируемых в Казахстане. К выше сказанному неопровержимым доказательством служат катастрофические аварии на Кызылагашском в 2012 г. (Алматинская область) и Кокпектинском в 2013 г. (Карагандинская область) водохранилищах, в с. Жумабек Абайского района Карагандинской области 11.04.2015 г. из-за переполнения озера Кокзек. Эти водохранилища относятся по своей емкости к малым водохранилищам, однако, несмотря на это, прорыв Кызылагашского водохранилища сопровождался человеческими жертвами и был нанесен огромный материальный ущерб экономике района и самого населения. Трудно представить, какой ущерб будет нанесен экономике страны в случае аварий на плотинах Бартогайского и Куртинского водохранилищ, Капчагайском гидроузле.

Цель работы в 2015 году - идентификация опасностей – изучение процессов, протекающие в самих ГТС, разработка проектов деклараций безопасности плотин Бартогайского и Куртинского водохранилища и Капчагайской ГЭС в соответствии с нормативными актами Казахстана [1,2,3].

Для анализа и оценки риска аварий выполнены натурные экспериментальные исследования состояния плотин и бетонных сооружений Куртинского, Бартогайского и Капчагайского водохранилищных гидроузлов. В связи с тем, что исследуемые ГТС Бартогайского и Куртинского водохранилищ, Капчагайский ГЭС находятся на этапе эксплуатации, целью анализа риска являлись:

- оценка соответствия состояния ГТС и условия его эксплуатации к современным нормам и правилам;
- определение приоритетных мер по ремонту и реконструкции ГТС;
- обоснование эффективности затрат на ремонт и реконструкцию ГТС;
- разработка проекта Декларации безопасности эксплуатируемых и обследованных ГТС;

На этих сооружениях выполнены:

- визуальные обследования состояния земляных плотин водохранилищных гидроузлов,

- с помощью имеющихся наблюдательных скважин плотины, измерены положения депрессионной кривой на Бартогайском водохранилищном гидроузле, а также взяты данные измерений глубины воды в наблюдательных скважинах у эксплуатационников как на Бартогайском водохранилище, так и на Капшагайском ГЭС;

- обследованы состояния креплений верхового откоса и отмечены координаты участков, подлежащих ремонту и восстановлению;

- в процессе обследования низового откоса плотины выявлены участки с интенсивной фильтрацией, отмечены координаты с помощью GPS;

- установлена величина фильтрационного расхода;

- визуально обследовано сопряжения земляной (бетонной) плотины с берегами ущелья;

При выполнении работ обследованы инженерно-техническое состояние бетонных сооружений водохранилищного гидроузла:

- водовыпуска и катастрофического водосбросного сооружения;

- выявлена прочность бетонных элементов сооружений, наличие трещин и участков подверженных кавитации;

С помощью теодолитно-нивелирной съемки выявлено отклонение от проектной отметки высотного и планового положения основных сооружений.

Для анализа риска аварий ГТС использованы отработанные и апробированные методы, учитывающие весь спектр отличий ГТС от других систем [9]. В данном вопросе в последние годы (1997-2015 гг.) в значительной степени сформирована новая нормативно-правовая база по обеспечению безопасности ГТС в Казахстане и Российской Федерации [2,3,4,5,6,7,8].

Методы проведения анализа риска аварий подпорных ГТС приняты нами по следующим требованиям [1,9,10]. Для количественной оценки риска основных сценариев развития аварий А1, А2, А3, возможных на ГТС Бартогайского водохранилища, использован метод анализа «дерева отказов» (z9 «Fault Tree Analysis» - FTA), рекомендованный СТП ВНИИГ 230.2.001-00 [9] и последним национальным нормативным документом [3]. В качестве источников информации для получения сведений о среднегодовых частотах базовых отказов использовались справочные, нормативные, литературные публикации в сфере анализа риска и оценки уровня безопасности ГТС и их элементов, а также сведения банков.

Куртинское водохранилище состоит из следующих сооружений: водохранилище объемом 120 млн.м³, каменно-набросная плотина с суглинистым ядром с максимальной высотой 42 м, паводковый водосброс траншейного типа с пропускной способностью 176,8 м³/с, башенный водовыпуск из 2-х туннелей диаметром 2 м. Таскутанская водоподпорная плотина, расположенная в 9 км ниже водохранилища, имеющая три водосбросных пролета шириной по 5 м, и автоматический водослив шириной 35 м, общая пропускная способность водоподпорного сооружения 309 м³/с, подает воду в правобережный канал с расходом воды 2,5 м³/с, а в левобережный магистральный канал -12,5 м³/с.

Вид регулирования стока реки – сезонное. Территория Куртинского водохранилища находится в сейсмоопасной зоне (сейсмичность района 7-9 баллов). Наиболее опасными геодинамическими процессами, угрожающими целостности плотин, являются землетрясения, обвалы скальных массивов.

Анализ природно-климатических условий территории размещения ГТС Куртинского водохранилища, показателей природных и техногенных воздействий на ГТС, компоновки сооружений, их конструкций и опыта эксплуатации, выполненный

экспертной группой, позволяет считать, что на Куртинском водохранилище возможны следующие основные сценарии возникновения и развития аварий ГТС, способных привести к ЧС:

A1: перелив через гребень грунтовой плотины в паводок при снижении пропускной способности водосброса, возможном вследствие отказов механического оборудования водосбросных устройств, при потере внешнего электропитания. Следствием перелива будет размыв участка плотины, образование прорана в теле плотины, волна прорыва и затопление нижнего бьефа;

A2: локальное разрушение участка грунтовой плотины вследствие возможной потери статической устойчивости плотины или фильтрационной прочности грунтов тела и/или основания плотины, сверх расчетного землетрясения может привести к переливу в зоне локального понижения гребня на разрушенном участке плотины даже при НПУ. Следствием перелива будет дополнительный размыв разрушенного участка плотины, образование прорана, волна прорыва и затопление нижнего бьефа.

Иные сценарии аварий, возможных на ГТС Куртинского водохранилища, как показывает ПАО (предварительный анализ опасностей) и качественное ранжирование сценариев по уровню риска к чрезвычайным ситуациям привести не могут и поэтому далее не рассматриваются.

Бартогайское водохранилище (емкостью 320 млн.м³) включает: каменно-набросную плотину с суглинистым ядром (длина по гребню 325 м, высота 60 м), шахтный водосброс со строительным туннелем, рабочий водовыпуск (2 нитки туннеля диаметром 3 м). Район расположения ГТС характеризуется сложной структурно-тектонической обстановкой и интенсивными сейсмопроявлениями, с расчетной сейсмичностью 9 баллов. Основные сооружения гидроузла размещаются на едином тектоническом блоке. Среднемноголетняя полезная водоотдача из водохранилища равна 963 млн. м³, режим регулирования стока – сезонный. По результатам выполненных натуральных исследований в июне-июле 2015 г. на Бартогайском водохранилище (рис. 1) можно отметить, что ГТС водохранилищного гидроузла надежны и безопасны: на плотине отсутствует интенсивная фильтрация через тело плотины, катастрофический водосброс; затворная камера в удовлетворительном состоянии, хотя требует ремонта по выполнению противофильтрационной цементации и восстановления мест, подверженных кавитации, на левом конусном затворе порыв резиновых уплотнений, который требует ремонта; размыв в НБ водовыпуска в допустимых пределах.



Рисунок 1 - Водовыпуск с конусным затвором Бартогайского водохранилища в рабочем состоянии

Определение границ зон возможного затопления для рассматриваемых сценариев аварий на ГТС будет установлен в процессе выполнения гидравлических расчетов прорыва плотины для различных сценариев их разрушения в соответствии с техническим заданием в конце 2016 г. Основные сценарии возникновения и развития аварий ГТС, способных привести к ЧС, - *A1* и *A2* аналогичны сценариям Куртинского водохранилища, но нужно учесть и третий сценарий:

A3: разрушение участка канала, возможное вследствие нарушения целостности бетонной облицовки или разрушения насыпной части борта канала, может привести к разливу массы воды из канала на прилегающую территорию.

ГТС **Капшагайской ГЭС** состоят из: русловой плотины, логовой плотины, скального останца, эксплуатационных водосбросов, водоприемника, турбинных водоводов, зданий ГЭС, отводящего канала. Капшагайское водохранилище многлетнего регулирования. Обследование состояния русловой плотины выявило отсутствие провалов и оползней. Низовой откос закреплен посевом трав и на него нет выхода фильтрационных вод. Логовая плотина в хорошем состоянии, верховой откос плотины закреплен монолитными плитами, под которыми нет пустот и провалов. Температурно-осадочные швы в удовлетворительном состоянии. Низовой откос закреплен посевом трав, нет выхода фильтрационных вод на низовой откос плотины. Состояние гидротурбин удовлетворительно, проводится плановый ремонт, одновременно проводится обследование и ремонт их водовода. В дренажной штольне и дренажной галерее скального останца нет большой фильтрации воды и сосредоточенного выхода фильтрационных вод.

Бетонные элементы ГТС в удовлетворительном состоянии, нет мелких трещин и просадок бетонных элементов, не наблюдается отшелушивание бетона. Имеет место раскрытие трещины в береговом сопряжении правого крыла входного оголовка турбинного водовода и раскрытие температурно-осадочного шва, за ними ведется наблюдение (рис. 2). В целом состояние ГТС Капшагайской ГЭС можно оценить как удовлетворительное.



Рисунок 2 - Входной оголовок водосбросного сооружения Капшагайской ГЭС

Заключение: в результате натурных экспериментальных исследований впервые уточнена информация об основных опасностях аварий - оценено соответствие состояния ГТС и условия его эксплуатации современным нормам и правилам; определены приоритетные меры на ремонт и реконструкцию, разработаны проекты Декларации

безопасности плотин Бартогайского, Куртинского водохранилищных узлов и Капчагайской ГЭС.

Список использованных источников

1. Правила, определяющие критерии отнесения плотин к декларируемым. Постановление Правительства РК №115 от 10.03.2015 г.
2. Требования, предъявляемые к организациям, аттестуемым на право проведения в области безопасности плотин. Постановление Правительства РК №1449 от 31.12.2014 г.
3. Критерии безопасности водохозяйственных систем и сооружений, Постановлением Правительства РК от 12.01.2012 г. № 29.
4. Разработка и создание комплекса мероприятий по обеспечению безопасности ГТС Методическое пособие. ЕЭК ООН, МФСА, Алматы, 2014 г.
5. Разрешение на специальное водопользование в РК на регулирование стока р. Курты Куртинским водохранилищем, Таскутанской плотиной вторичным водопользователям, 2011-2014 гг., Балхаш-Алакольское бассейновое управление, г. Алматы.
6. Закон РК от 11.04.2014 г. №188 «О гражданской защите» и «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты РК по вопросам гражданской защиты».
7. «Правила обеспечения безопасности водохозяйственных систем и сооружений», утверждены Постановлением Правительства РК № 690 от 12.05.2009 г.
8. Федеральный Закон РФ «О безопасности ГТС» № 117-ФЗ от 21.07.1997 г.
9. Методические указания по проведению анализа риска аварий ГТС. СТП ВНИИГ 210.02. «ОАО ВНИИГ им. Веденеева». 2005 г.

УДК 502/504: 631.6.02

СИСТЕМА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОБЪЕКТОВ АПК

В.Б. Жезмер, М.А. Волинов

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

В настоящее время отмечается несоответствие между потребностью объектов АПК в водных ресурсах и возможностью их удовлетворения, что связано с изменениями в требованиях объектов АПК по объемам и режимам водоподачи и качеству воды, а также с тем обстоятельством, что большинство (около 70%) гидротехнических сооружений (ГТС) не в состоянии работать в проектом режиме.

Значительные площади орошаемых земель не поливаются из-за отсутствия оборудования, запасных частей к поливной технике, разрывов трубопроводов, ухудшения ремонтной базы в связи с нарушением устойчивых хозяйственных связей. Существенно увеличились потери водных ресурсов в сельском хозяйстве. Коэффициент полезного использования воды сократился вследствие непроизводительных потерь при транспортировке.

За последние 20-25 лет в Российской Федерации возникли проблемы, связанные с безопасностью ГТС, водообеспеченностью объектов АПК, защитой их от вредного воздействия вод. В настоящее время даже сооружения мелиоративных систем, относящиеся к федеральной собственности, не эксплуатируются должным образом из-за недостатка бюджетного финансирования. Перечисленные проблемы, без устранения которых невозможно возрождение сельского хозяйства, могут быть решены только при поддержке государства.

По данным ГНУ ВНИИГиМ [1], основными сооружениями и конструкциями, приводящими гидроузлы в предаварийное и аварийное состояние, чаще всего бывают: паводковые водосбросы (механическое оборудование, бетонные сооружения

нижнего бьефа), основное механическое оборудование, бетонные крепления откосов земляных плотин.

На существующих гидромелиоративных гидротехнических комплексах проблема вынужденной эксплуатации в условиях неудовлетворительного, опасного состояния отдельных сооружений решается понижением отметки поверхности вплоть до уровня мертвого объема, когда водохранилище работает на прямом токе воды. При этом не выполняются функции сезонного регулирования стока и противопаводковой защиты. Отсутствие постоянной службы эксплуатации приводит к тому, что сооружения гидроузлов в течение года практически находятся без охраны и наблюдения, за исключением паводкового периода. На большинстве гидроузлов с сооружениями IV класса отсутствуют подъездные дороги и проезды по гребню плотины, строительные материалы и строительная техника, необходимые для локализации последствий аварийных ситуаций.

Серьезная опасность в эксплуатации ГТС связана с отсутствием систем связи гидроузла с эксплуатирующей организацией, местной администрацией и штабом ГО и ЧС. В большинстве случаев на гидроузлах отсутствует необходимая техническая документация, как по эксплуатации, так и по безопасной работе сооружений. Практически на всех гидроузлах отсутствуют «Планы по локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций», согласованные с ГО и ЧС и «Декларация безопасности ГТС».

За период спада сельскохозяйственного производства оказались невостребованными и потеряли свое первоначальное хозяйственное значение сотни небольших водохранилищ и прудов со своими гидротехническими сооружениями. Многие из таких объектов лишились собственника и превратились в так называемые «бесхозные».

Решение вопроса о сохранении, перепрофилировании, консервации или ликвидации искусственного водного объекта требует проведения большого объема инженерно-технических и экономических изысканий для составления обосновывающих материалов.

В настоящее время в водоохранных зонах и прибрежных защитных полосах хозяйственная деятельность осуществляется с грубыми нарушениями требований Водного кодекса РФ. Практически на всех водохранилищах с сооружениями IV класса проекты по установлению водоохранных зон и прибрежных защитных полос отсутствуют, границы водоохранных зон (в натуре) не установлены. По отдельным территориям, где водохранилище вышло из строя по техническим причинам, наблюдается дефицит подачи воды на сельскохозяйственные нужды.

Важное значение для повышения водообеспеченности объектов АПК, главным образом оросительных систем, имеет величина специальных попусков из крупных водохранилищ в южных регионах страны, в частности, из Цимлянского, Краснодарского, Волгоградского. В настоящее время в связи с дефицитом водных ресурсов и противоречиями в требованиях к попускам со стороны рыбного хозяйства, сельского хозяйства, водного транспорта и энергетики невозможно удовлетворить требования всех водопользователей. В маловодные годы и даже в годы со средней водностью водохозяйственная обстановка в регионах обостряется в связи с ограниченностью водных ресурсов. Водообеспеченность зависит от рационального использования и экономии водных ресурсов водопользователями, улучшения качества подаваемой воды, регулирования и перераспределения поверхностного стока, увеличения использования подземных вод, повышением уровня ГТС.

Для системного решения проблемы водообеспеченности рекомендуется составление Схем водообеспечения объектов АПК на муниципальном, региональном, бас-

сейновом или окружном уровнях в зависимости от масштабов проекта. Для этого прежде всего необходимо провести оценку состояния всех оросительных и водно-транспортных систем водохозяйственного комплекса АПК, разработать систему мероприятий по их восстановлению, реконструкции, капитальному ремонту и новому строительству с выделением первоочередных объектов [2].

Важное значение для повышения водообеспеченности объектов АПК имеет урегулирование вопроса о величине и сроках специальных попусков из крупных водохранилищ на юге России, в частности, из Цимлянского, Краснодарского, Волгоградского. Улучшение водообеспечения сельскохозяйственного водоснабжения связано с сокращением удельного водопотребления и непроизводительных потерь и с повышением качества подаваемой воды.

Существенным условием повышения водообеспеченности объектов АПК может стать сокращение непроизводительных потерь при транспортировке воды, особенно в орошении. Для снижения этих потерь рекомендуется: принятие нормативных документов, направленных на экономное использование водных ресурсов; улучшение оперативного управления водопользованием, режимом забора и водоподачи, сокращение холостых сбросов из каналов; реализация инвестиционных проектов по сокращению фильтрационных потерь в магистральных каналах и оросительной сети, переход на водосберегающие технологии.

Необходимо обеспечить безопасность водоподпорных ГТС, для чего требуется проведение капитальных и текущих ремонтов паводковых водосбросов и креплений откосов земляных плотин, а также восстановление службы эксплуатации на 40-45% гидроузлов, где она полностью отсутствует.

Рекомендуется завершить разработку Деклараций безопасности ГТС по всем водоподпорным сооружениям.

Серьезной проблемой является требующее срочного решения определение бесхозяйных сооружений. В настоящее время бесхозяйные водоемы с сооружениями переданы условно муниципальным администрациям, на территории которых находятся эти объекты, без финансирования на их содержание и без прав на собственность. Рекомендуется создать соответствующую нормативную правовую базу, которая позволит оперативно решать вопросы, связанные с имущественными отношениями.

Для обеспечения качества воды и благоприятного экологического состояния необходимо для всех водных объектов-водоисточников АПК разработать и реализовать проекты по установлению водоохраных зон и прибрежных защитных полос.

Перспективы повышения водопотребления объектов АПК должны быть увязаны с государственными программами и национальными проектами в сфере развития сельского хозяйства на ближайший период.

Конкретные мероприятия по увеличению располагаемых для объектов АПК водных ресурсов рекомендуется обосновать в «Схемах водообеспеченности объектов АПК», согласованных с бассейновыми схемами комплексного использования и охраны водных объектов [3, 4].

Система мероприятий по повышению водообеспеченности объектов АПК должна включать следующие направления:

- разработка Схемы водообеспечения объектов АПК;
- разработка мероприятий по контролю и улучшению оперативного управления использованием водных ресурсов на объектах АПК;
- определение состава и объемов инвестиционных мероприятий (строительство, реконструкция и ремонт сооружений).

В составе Схемы следует провести следующие научно-исследовательские и предпроектные работы:

– оценить объемы водопотребления объектов АПК на современном уровне и на перспективу, определить источники водообеспечения и наметить комплекс мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов с учетом изменения климатических условий;

– обосновать мероприятия по реконструкции, капитальному ремонту, перепрофилированию, консервации или ликвидации существующих водохранилищ – источников объектов АПК;

– выполнить анализ состояния сельскохозяйственного водоснабжения, с выделением неблагоприятных регионов и научное обоснование мероприятий по повышению качества водоснабжения объектов АПК.

Схема разрабатывается по субъектам РФ и согласуется со схемами комплексного использования и охраны водных объектов Федерального агентства водных ресурсов. При разработке Схемы должны использоваться материалы инвентаризации и паспортизации гидромелиоративных систем, выполняемые Минсельхозом России.

Схема решает вопросы водохозяйственного обоснования планируемых мероприятий, определяет очередность разработки ТЭО и обоснования инвестиций. Рекомендации Схемы должны стать обоснованием включения мероприятий по увеличению располагаемых водных ресурсов в государственные программы развития АПК. Схема должна разрабатываться в детальной конкретности объектов с учетом локальных особенностей при участии территориальных научно-исследовательских и проектных организаций Минсельхоза России по единым методикам при координации и методическом руководстве ВНИИГиМ.

Список использованных источников

1. Волюнов М.А., Голубкова В.А., «Рекомендации и система мероприятий для повышения водообеспеченности объектов АПК», М., 2007 г., 33 с.

2. Волюнов М.А., Жезмер В.Б. Сидорова С.А. Алгоритм формирования региональных схем обеспечения водными ресурсами оросительных мелиораций «Мелиорация и водное хозяйство», № 5-6, 2014 г., с. 47-50.

3. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ.

4. Федеральное агентство водных ресурсов. Российский регистр гидротехнических сооружений. e-mail: registrgts@mail.ru

5. Волюнов М.А., Жезмер В.Б. Сидорова С.А. Некоторые аспекты оценки обеспеченности водными ресурсами объектов АПК. «Природообустройство», № 4, 2014 г., с. 53-60.

УДК 626.816

БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КАЗАХСТАНА

Т.Т. Ибраев, М.А. Ли

Казахский НИИ водного хозяйства, г. Тараз, Казахстан

Ограниченность доступных водных ресурсов, многолетняя и сезонная неравномерность поверхностного стока, сопровождающаяся наводнениями или маловодьем, рост потребности в воде обуславливают необходимость регулирования ее подачи при помощи гидротехнических сооружений (ГТС) - плотин, водохранилищ, каналов и т.д., позволяющих перераспределять водные ресурсы в течение года, обеспечить устойчивое и надежное водопользование, предотвращать наводнения и создавать запасы воды в засушливый период.

Распределение водных ресурсов по территории Казахстана крайне неравномерно, и поверхностный речной сток имеет большие сезонные и годовые колебания. В силу климатических факторов на весенний период приходится до 80-90% годового речного стока. Поскольку потребности в воде не совпадают с циклами формирования поверхностного стока, это вынуждает строить водохранилища, чтобы, аккумулируя сток, перераспределять его в течение года. Водоохранилища дают возможность обеспечить население, промышленность и сельское хозяйство электроэнергией, развивать водный транспорт, рыбное хозяйство, могут иметь туристическо-рекреационное назначение.

По данным Комитета по водным ресурсам (КВР) Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан в стране насчитывается 643 гидротехнических сооружения (ГТС), имеющих различную ведомственную принадлежность и форму собственности. На сегодняшний день многие ГТС в стране находятся в коммунальной (49%) и частной (31%) собственности. В их число входят 340 гидроузлов и ГТС, функционирующих в системе водного хозяйства. В настоящее время на территории республики имеется 270 водохранилищ с комплексом ГТС, из которых 62 водохранилища республиканского и 208 местного значения, общей емкостью более 95,5 км³, без учета прудов и малых водоемов.

Наличие большого количества напорных грунтовых ГТС (70%), аккумулирующих огромные запасы водной энергии, создает также различного рода риски: технические, социальные, экологические. Эти сооружения принадлежат к так называемым системам с потенциальной опасностью, и их разрушение может повлечь за собой крайне негативные последствия для экономики и окружающей природной среды, а ущерб может во много раз превысить затраты на ее строительство.

Всего подпорных ГТС различного назначения, находящихся в отраслях экономики страны (коммунальное, водное и сельское хозяйство, промышленность и т.д.) и имеющих различные формы собственности, насчитывается 1053, из них 157 относятся к республиканской, 658 - коммунальной и 228 – частной собственности.

В отношении инфраструктуры водного, сельского и коммунального хозяйства следует отметить, что большая часть ГТС в этих отраслях перейдет 50-летний рубеж. Старение ГТС без проведения восстановительных мероприятий может привести к значительному снижению уровня их надежности и высокой аварийности. Если учитывать, что со временем вероятность аварий на ГТС начинает резко повышаться, и при этом возрастает опасность их разрушения, сегодня они требуют незамедлительной реконструкции. Фактический износ большинства водохозяйственных объектов на сегодня уже составляет 60% и более. На названных и многих других объектах со времени ввода их в эксплуатацию не производились ремонтные и восстановительные работы, поэтому из года в год снижается их надежность и безопасность.

Наиболее частыми причинами аварий являются: нарушение правил проектирования, строительства и эксплуатации, низкая эффективность государственного надзора, недостаточное финансирование мероприятий по обеспечению безопасности ГТС. Недостаточно внимания, как исследователями, так и проектировщиками, уделяется системным мероприятиям по эксплуатации водохранилищ. К выполнению таких работ нередко допускаются не вполне квалифицированные организации. При управлении ГТС недостаточно учитываются изменения в методах их эксплуатации по срокам службы сооружений.

Комитетом по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства проведены обследования технического состояния водохозяйственных объектов республиканско-

го значения и определены необходимые средства на их восстановления и реконструкцию (рис. 1).

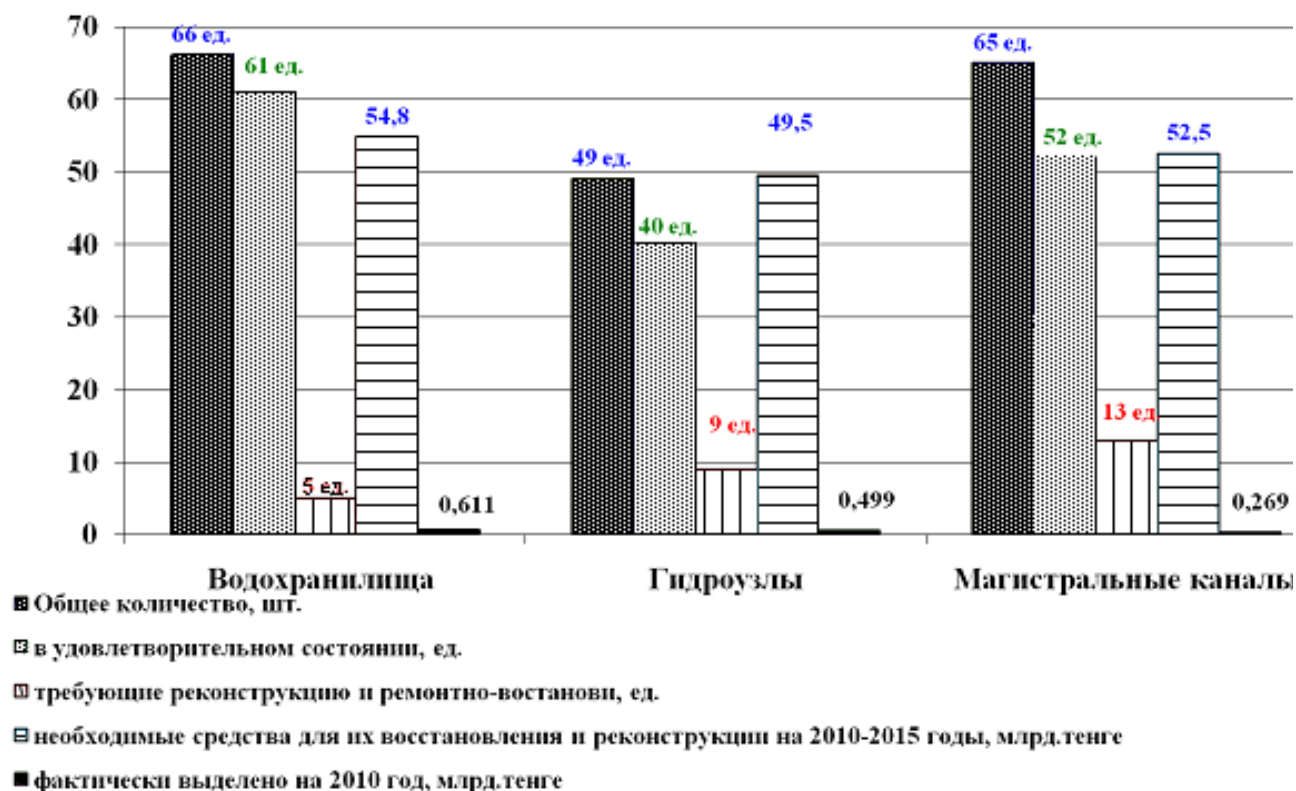


Рисунок 1-Техническое состояние водохозяйственных объектов и необходимые средства на их восстановление и реконструкцию

Анализ приведенных данных показывает, что объем финансовых средств, необходимых для восстановления и реконструкции ГТС, составляет за период 2010-2015 гг. порядка 5-10% от необходимого объема, что может привести со временем к непредсказуемым последствиям на водохозяйственных объектах страны. Мировой экономический кризис еще более обострил проблемы обеспечения безопасности ГТС.

По данным Комитета по чрезвычайным ситуациям Министерства внутренних дел в Казахстане из 643 имеющихся ГТС 268, в том числе 28 крупных, нуждаются в срочном ремонте. В республиканской собственности находится 24 процента крупных ГТС, остальные – на балансе коммунальных, промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Серьезной проблемой являются малые ГТС, часть которых заброшена, не имеет владельцев или эксплуатационную службу. Техническое состояние их крайне неудовлетворительное.

Значительная часть водохранилищ рассчитана на сезонное и внутри сезонное регулирование стока. Большинство таких ГТС представлено сооружениями IV класса капитальности (свыше 90% их общего числа), построенными, в основном, хозяйственным способом. Они предназначены преимущественно для нужд сельского хозяйства. Многие из них эксплуатируются без ремонта и реконструкции 30-40 лет и более, некоторая часть не имеет владельцев или эксплуатационную службу. Техническое состояние таких ГТС, как правило, неудовлетворительное. Новые собственники не имеют достаточных средств для поддержания ГТС в исправном состоянии, и они могут быть отнесены к объектами повышенной аварийной опасности.

К основным показателям эксплуатационной надежности ГТС, безусловно, относится их безопасность, т. е. наличие определенных свойств, позволяющих при нормальном эксплуатационном состоянии ГТС исключить возникновение аварийных (чрезвычайных) ситуаций и обеспечить защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов.

Ухудшение технического состояния основных производственных фондов водного хозяйства и, в первую очередь, водоподпорных ГТС происходит в результате снижения инвестиционной активности и недостаточного финансирования планово-предупредительных работ.

Непрерывная реорганизация структур государственного управления, разгосударствление региональных проектных и научных организаций, и потеря в связи с этим значительной части информации о водных объектах негативно сказываются на организации работ по обеспечению безопасности ГТС.

Государственной программой управления водными ресурсами Казахстана на 2014-2020 гг., целью которой является обеспечение водой безопасности страны, предусмотрено «восстановление и модернизация инфраструктуры, обеспечение надлежащего уровня ее эксплуатации» [2]. В соответствии с расчетами, основанными на оценке состояния водной инфраструктуры, и сложившегося уровня инвестиций, необходимо увеличение затрат на содержание республиканской инфраструктуры с 5.5 млрд. тенге до 11 млрд. тенге, а также финансирование коммунальной инфраструктуры в размере 14 млрд. тенге (включая групповые водопроводы).

По данным КВР, в общем объеме финансирования водохозяйственных мероприятий 1-го этапа Программы расходы на восстановление инфраструктуры могут составить 7 - 10 %. В ней обеспечение безопасности ГТС не выделено отдельной бюджетной программой. По этой причине трудно оценить ресурсные потребности и фактические затраты по повышению надежности ГТС, то есть доля затрат по обеспечению безопасности ГТС, может оказаться на порядок ниже требуемой.

Потребности в финансовой поддержке безопасности ГТС должны быть объективно оценены с учетом интересов других отраслей экономики, имеющих ГТС. В этой связи в соответствии с указанной Программой следует подготовить отдельную подпрограмму «Безопасность ГТС» с соответствующим ее законодательным, институциональным и финансовым обеспечением. Данная подпрограмма должна охватывать все типы ГТС независимо от ведомственной принадлежности и форм их собственности. Подпрограмма должна предусматривать проведение технического анализа и изучения состояния действующих ГТС, неотложных и плановых работ по повышению безопасности водохозяйственной инфраструктуры, разработку законодательных актов, стандартов и нормативов.

В процессе обследования ГТС установлены основные группы признаков и факторов, влияющих на состояние эксплуатируемых сооружений: тип и класс сооружений, условия эксплуатации, право собственности, эксплуатационное состояние, организация контроля, срок службы сооружений, характеристика территории и др.

Из результатов обследования ГТС следует:

- практически у всех обследованных сооружений качественная оценка уровня безопасности пониженная;
- функционирование большинства ГТС превышает проектный срок службы;
- на многих объектах отмечается недостаточный запас строительных материалов, необходимо повышение квалификации эксплуатационного персонала;

- фактически на всех обследованных объектах наблюдается факт недостаточного и несвоевременного проведения ремонтно-восстановительных работ;
- объекты водохранилищных комплексов требуют уточнения параметров водохранилищ (вследствие их заиливания).

Практика показывает, что регулярная оценка технического состояния ГТС и проведение по ее результатам ремонтных работ позволяют в несколько раз сократить ущерб от вредного воздействия вод или возможных аварий.

Анализ крупных аварий последних лет с катастрофическими последствиями, происходящих в разных странах мира показывает, что одной из главных причин их возникновения является человеческий фактор, когда неподготовленные службы эксплуатации не могут локализовать аварийные ситуации на ГТС. Около 50 % аварий и связанных с ними чрезвычайных ситуаций, являются результатом низкой квалификации эксплуатационного персонала, неправильной организации работ, нарушения или отсутствия норм и правил безопасности ГТС, а также неэффективного контроля за их безопасностью.

В Казахстане отсутствует специальное законодательство по обеспечению безопасности ГТС. В настоящее время основной правовой базой в этой области является Водный кодекс Республики Казахстан.

Министерством сельского хозяйства в 2008 году был подготовлен проект Закона «О безопасности гидротехнических сооружений». Правительство, с учетом рекомендаций межведомственной комиссии по законопроектной работе, приняло решение о нецелесообразности принятия отдельного закона и положения законопроекта были внесены в виде поправок в Водный кодекс, принятый в начале 2009 года.

Анализ ситуации с обеспечением безопасности ГТС в Казахстане показал, что ежегодно в стране происходит в среднем 2 аварии на ГТС, влекущие значительные финансово-экономические потери. Кроме того, чрезвычайные ситуации на ГТС, произошедшие в последние годы, в частности, катастрофический прорыв плотины в селе Кызылагаш, размыв плотины водохранилища Кокпекты в Бухар-Жирауском районе Карагандинской области повлекшие и человеческие жертвы, свидетельствуют о том, что положения существующего Водного Кодекса не обеспечивают в полной мере решение как правовых, так и организационных вопросов безопасной эксплуатации ГТС, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на водохозяйственных объектах.

Сегодня назрела необходимость разработки и принятия законопроекта по безопасности гидротехнических сооружений, который позволит урегулировать правовые отношения в сфере безопасности ГТС, проводить работы по реконструкции существующих и строительству новых водохозяйственных объектов, привлекать инвестиции, в том числе внешние, устойчиво развивать межгосударственные отношения с сопредельными государствами по вопросам регулирования использования водных ресурсов трансграничных рек, сохранить экологическое равновесие бассейнов водных объектов.

Список использованных источников

1. Проект «Безопасность плотин в Центральной Азии: создание потенциала и региональное сотрудничество». Вторая фаза // Доклад от Республики Казахстан. Алматы: 2010. 21 с.
2. Указ Президента Республики Казахстан №786 от 4 апреля 2014 года «О Государственной программе управления водными ресурсами Казахстана и внесении дополнения в Указ Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года №957 "Об утверждении Перечня государственных программ».

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СХЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ

А. Кадырбекова¹, Т.Т. Ибраев², Г.Д. Байжигитова¹

¹Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан;

²ТОО «Казахский НИИ водного хозяйства», г. Тараз, Казахстан

Основными факторами, влияющими на безопасность гидротехнического сооружения, являются: длительность эксплуатации, техническое состояние сооружения и состояние его основания. Определяющим фактором современного состояния безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) предгорной зоны стала длительность эксплуатации, оказывающая прямое влияние на техническое состояние сооружения и состояние его основания. В Республике Казахстан большое количество ГТС имеют период эксплуатации от 30 и более лет. В настоящее время крайне обострились проблемы состояния технического и технологического оборудования ГТС (табл. 1).

Мониторингу технического состояния крупных гидротехнических сооружений и их оснований посвящено наибольшее количество исследований [2,3]. В настоящее время для постоянного мониторинга сооружений, сбора данных и их обработки, информативности, оперативности оповещения об аварийной ситуации широко применяется компьютеризация систем контроля безопасности ГТС.

Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений предгорной зоны предполагает эффективную технологию оперативного контроля за состоянием безопасности гидротехнических сооружений, базирующийся на системе критериев оценки безопасности, на оперативности и полноте доступа ко всей накопленной информации о сооружении.

Таблица 1 – Результаты комплексного обследования ГТС Казахстана [1]

Вид собственности эксплуатирующих предприятий	Количество		в т.ч. находятся в неудовлетворительном техническом состоянии	
	ед.	%	ед.	в % от общего количества сооружений, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии
Республиканские	66	12	17	15,04
Коммунальные	175	31	54	47,79
Частные	211	38	17	15,04
Бесхозные	108	19	25	22,12
Всего	560	100	113	100

Основными принципами механизма мониторинга безопасности гидротехнических сооружений являются:

- ведение эффективного регулирования обеспечения безопасности гидротехнических сооружений, осуществляемого уполномоченным органом государственного надзора;

- обеспечение надзора за выполнением правил и норм эксплуатации гидротехнических сооружений эксплуатирующими организациями;

- регулярно проводимые эксплуатирующими организациями наблюдения, осмотры и централизованные обследования гидротехнических сооружений;

- декларирование безопасности гидротехнических сооружений и ведение кадастра гидротехнических сооружений;

- диагностика, определение критериев безопасности и оценки уровня риска аварий гидротехнических сооружений, выполняемых государственными органами технического надзора, а также своевременное обнаружение и устранение дефектов, которые при дальнейшем развитии могут привести к потере работоспособности объекта и возникновению чрезвычайной ситуации;

- оснащение гидротехнических сооружений контрольно-измерительной аппаратурой, компьютерными базами данных и системами мониторинга;

- подготовка персонала к выполнению противоаварийных мероприятий и действиям в условиях локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций, создание необходимых для этого материальных и финансовых резервов.

При оценке риска аварии в первую очередь рассматриваются вопросы устойчивости откосов земляных сооружений, оценки фильтрационной прочности грунтов тела и основания ГТС и проверки условий недопущения перелива воды через гребень земляных сооружений. Все остальные факторы воздействия рассматриваются в контексте с этими задачами.

На основании выявленных факторов определяется степень риска аварий, которые могут привести к разрушению отдельных элементов или сооружения в целом.

Основной задачей мониторинга является обеспечение нормальной, безаварийной эксплуатации сооружений. Ответственность за обеспечение безопасности сооружения по нормативно-правовым нормам большинства стран мира несет собственник сооружения. В Казахстане собственники водохозяйственных сооружений делятся на категории: собственники крупных гидроузлов (в основном относящихся к топливно-энергетическому комплексу), собственники средних и малых гидроузлов (водохозяйственный комплекс) и собственники крупных насосных станций и каналов (водохозяйственный и коммунальный комплексы).

По проекту закона Республики Казахстан ответственность за безопасность сооружений возлагается на собственника сооружения. По этой причине задача мониторинга в правовом плане ограничивается контролем за соблюдением условий и правил эксплуатации сооружений. Но, как бы хорошо не обеспечивалась безопасность сооружения собственником – потенциальная угроза аварий и чрезвычайных ситуаций остается. Поэтому последующей задачей мониторинга становится – предвидеть возникновение таких ситуаций. Первая задача является организационно-правовой, вторая – научно-технической. Вторая задача решается с помощью разработки сценариев предполагаемых техногенных чрезвычайных ситуаций путем их моделирования. Практическим результатом таких исследований является разработка комплекса мер по планированию ремонтно-профилактических мероприятий, мер по ликвидации аварий и внедрение новейших научно-технических разработок на базе информационных технологий в области безопасности сооружений; разработка планов действий для ликвидации аварий и планов эвакуации, также информирование населения о действиях в чрезвычайных ситуациях.

Для мониторинга состояния ГТС используются методы, предусматривающие периодические осмотры состояния поверхностей ГТС, а также базирующиеся на информации, получаемой с использованием закладных тензодатчиков, датчиков температуры, динамометров и др.

Для контроля технического состояния сооружения и его основания крупные гидротехнические объекты (I, II, III класс капитальности) оснащаются различными

измерительными приборами и датчиками (пьезометры, пьезодинамометры, тензометры, клинометры и др.). Вследствие продолжительной эксплуатации значительная часть приборов контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) становится неработоспособной, а ее замена практически невозможна. Имеется настоятельная необходимость дополнительного оснащения сооружений в период эксплуатации. В настоящее время повсеместно применяется широкая номенклатура оборудования и приборов широкого спектра действия для наблюдения за различными параметрами ГТС.

Системы безопасности гидротехнических сооружений базируются на натуральных исследованиях, включающих:

1) контроль качества сооружений в период строительства и в начальный период эксплуатации;

2) систематический контроль состояния сооружений и оснований в период эксплуатации;

3) проверка правильности расчетных предпосылок результатов, расчетов и модельных исследований и, как следствие, совершенствование методов расчетов и конструкций;

4) предупреждение аварийных ситуаций и заблаговременное предупреждение о возможности аварии;

5) уточнение важных, недостаточно изученных явлений; исследование новых конструкций и типов плотин, трудно поддающихся расчету, или иной технологии.

Целью систем безопасности гидротехнических сооружений является обеспечение безаварийной эксплуатации сооружения и предотвращение угрозы жизни и деятельности людей. Выполнение требований обеспечивается решением двух основных задач:

- мониторинг состояния гидротехнических сооружений и оснований в период эксплуатации;

- предупреждение аварийных ситуаций и заблаговременное предупреждение о возможности аварии.

Главная цель систем мониторинга безопасности гидротехнических сооружений – предотвращение угрозы жизни и деятельности населения от вредного воздействия водной среды. Область применения разрабатываемой системы мониторинга безопасности ГТС - безопасность водохозяйственных сооружений и защита территорий от вредного воздействия паводков.

Система мониторинга безопасности гидротехнических сооружений – это система процесса наблюдений за безопасностью сооружений и территорий по подготовленному плану с использованием измерений параметров, отвечающих за их безопасность, и сбора данных о состоянии сооружений и защищаемых территорий для получения информации о нынешнем состоянии и отмечающихся в прошлом тенденциях изменения этого состояния.

Список использованных источников

1 Проект «Безопасность плотин в Центральной Азии: создание потенциала и региональное сотрудничество». Вторая фаза. Доклад от Республики Казахстан. Алматы, 2010.

2 Малаханов В.В. Классификация состояний и критерии эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 2000. №11.

3 Василевский А.Г., Тихонова Т.С. Методики экспертных оценок безопасности ГТС ГЭС на основе компьютерных технологий. // Гидротехническое строительство. 2001. №2.

МОНИТОРИНГ КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

У.Т. Кермалиев, Б.М. Баджанов

ТОО «Казахский НИИ водного хозяйства», г. Тараз, Казахстан

При эксплуатации водохозяйственных систем встречаются задачи, которые на современном этапе развития науки не могут быть решены теоретическим путем, а решение их насущно необходимо. К таким задачам относится проблема исследования процессов развития аварийных ситуаций и вероятности их реализации на сложных и, особенно, уникальных объектах, разрушение которых может привести к большим материальным, социальным и экономическим ущербам (крупные гидромелиоративные системы, плотины, гидроэлектростанции и т.д.) [1].

Строительство и эксплуатация водохозяйственных сооружений имеет и негативную сторону. С одной стороны, они объективно нужны для социально-экономического развития общества, для снабжения населения водой, продовольствием, энергией, в борьбе с наводнениями и т.д. С другой - оказывают отрицательное воздействие на природу и хозяйство речных долин выше и ниже створа гидротехнических сооружений, а также являются источником возможной угрозы жизни населения, проживающего ниже створа гидроузла, и нанесению большого материального ущерба, т.е. являются потенциально опасными объектами.

Подпорные гидротехнические сооружения довольно надежны и долговечны - многие из них функционируют десятки и даже сотни лет. Однако данные мировой статистики и события прошлых лет являются доказательством того, что аварии на гидроузлах возможны, они могут привести к повреждению и разрушению плотин, а также примыкающих к ним сооружений.

Последствия аварии водохранилища (например, прорыв большой плотины на реке) могут быть исключительно велики. О чем свидетельствует Кызылагашская трагедия, произошедшая в марте 2010 года. Когда в результате прорыва тела плотины водохранилища Ак-Ешке (емкостью 42 млн. м³) в селе Кызылагаш Алматинской области Республики Казахстан погибло 45 человек, уничтожено 449 жилых домов. Также были подтоплены 87 домов в селе Актоган и 72 дома в селе Егинсу [2]. В целом авария Кызылагашского водохранилища в 2010 г. привела к суммарному ущербу 9,3 млрд. тенге, что говорит о необходимости срочного финансирования мероприятий по предупреждению аварий гидротехнических сооружений как из республиканского, так и из местного бюджета, а также частными владельцами ГТС [3].

В отличие от промышленных, транспортных и других сооружений, ущерб от аварий которых во многих случаях оценивается стоимостью восстановления разрушенных частей самого сооружения, ущерб от аварии подпорного гидросооружения обычно во много раз превосходит его стоимость. Это объясняется тем, что при этом, помимо человеческих жертв, разрушаются и другие сооружения на реке и её берегах, парализуется деятельность предприятий целых районов, базировавшихся на данном гидросооружении, восстановление же последнего требует обычно ряда лет. Это обстоятельство заставляет с большой ответственностью и вниманием осуществлять проектирование, строительство и эксплуатацию гидросооружений.

В соответствии с Законом Республики Казахстан «О Гражданской обороне» контроль защитных и иных гидротехнических сооружений является одним из основных методов эффективного их использования и обеспечения безопасности населения.

Контроль за водохозяйственными сооружениями имеет своей задачей проверку полного и эффективного выполнения планов и мероприятий, соблюдения требований установленных нормативов, стандартов и правил, готовности собственников, эксплуатирующих организаций к действиям по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на данных сооружениях.

В соответствии с Водным кодексом Республики Казахстан контроль за обеспечением собственниками безопасности водохозяйственных сооружений осуществляют уполномоченные органы в области использования и охраны водного фонда, по чрезвычайным ситуациям и промышленной безопасности [3].

Однако выход Постановления Правительства РК № 690 от 12.05.2009 г. усиливает требования отраслевых Правил эксплуатации водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений, ответственность собственников и эксплуатационников этих систем и сооружений за их надежность и безопасность. Всеми действующими Правилами определяются требования по соблюдению критериев безопасности гидротехнических сооружений и водохозяйственных систем, включая оценку риска возникновения аварий.

На состоянии гидротехнических сооружений, особенно работающих в напряженных режимах, значительно сказывается фактор времени. В процессе длительной эксплуатации расходуются ресурсы, заложенные в элементы сооружений. К таким факторам относятся: техническое несовершенство принятых в проекте и выполненных конструкций, низкое качество бетона при возведении гидросооружения; физический износ, старение конструкций и материалов; значительные сезонные изменения температуры; сезонное наполнение и опорожнение водохранилищ - изменение нагрузок; обвально-оползневые явления на водохранилищах, связанные с изменчивостью прочностных характеристик грунтов их слагающих; разрушения и деформации облицовок и крепления откосов; волновые разрушения крепления верховых откосов плотин и дамб, разрушение низовых откосов плотин ливневыми осадками; разрушение бетона за счет выщелачивания, фильтрации и т.п.; кавитационные и коррозионные разрушения металла, бетона; нарушения правил содержания и эксплуатации ГТС и водохозяйственной деятельности.

Водохозяйственная система состоит из большого числа конструктивных элементов, от работоспособности которой в той или иной степени зависит надежность и безопасность сооружений в целом. Основными причинами разрушений и аварийных ситуаций являются физический износ, старение конструкций и материалов. В связи с этим возникает необходимость многофакторных обследований и систематических наблюдений.

С учетом этого, Правительство Республики Казахстан вводит новую форму по срокам проведения многофакторных обследований и мониторинга: ежегодно для сооружений водохозяйственных систем старше 25 лет, водохозяйственные системы и ГТС, находящиеся в эксплуатации до 25 лет, независимо от их состояния, подвергаются многофакторному обследованию с оценкой их прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности один раз в пять лет.

В состав постоянных ежегодных наблюдений за водохозяйственными сооружениями должны входить:

- контроль за работой дренажных и противофильтрационных устройств;

- пьезометрический контроль;
- наблюдения за осадками и смещениями сооружений и их оснований, деформациями, трещинами в сооружениях и облицовках, состоянием крепления откосов земляных плотин, дамб, каналов;
- состояние водохозяйственных систем после эксплуатации в зимний период, после пусков половодий, накопления и опорожнения водохранилищ;
- наблюдения за размывом подводных частей сооружений, креплением дна и откосов отводящих каналов, особенно необходим контроль вблизи зданий ГЭС, насосных станций и т.д.;
- контроль за надежной работой холостых водосбросов, гидротехнических затворов, подъемных механизмов;
- контроль за воздействием потока на сооружения, в частности за размывом водобоя и рисбермы, дна и берегов, истиранием и коррозией облицовок, просадками, оползневыми явлениями, заилением и зарастанием каналов и бассейнов.

Виды, объемы и периодичность этих наблюдений определяются местными инструкциями в зависимости от класса сооружений и его назначения [4].

Для выполнения особо сложных и ответственных работ по оценке состояния гидротехнических сооружений, а также для разработки мероприятий по повышению безопасности и надежности этих сооружений, должны привлекаться проектные и специализированные научно-исследовательские организации.

Результатом проведенного мониторинга за состоянием водохозяйственных систем должна являться оценка состояния и безопасности, прогноз изменения во времени, получение технических данных для своевременного определения объема и выбора оптимальной технологии ремонтных работ, составление плана мероприятий на ближайший год, а также перспективного плана на пять лет.

Таким образом, в целях всестороннего мониторинга и контроля водохозяйственных сооружений необходимо осуществлять комиссионное обследование. В состав комиссии необходимо привлекать высококвалифицированных специалистов и экспертов.

Персональный состав специалистов, включаемых в комиссии, следует формировать с учетом компоновки и конструктивных особенностей водохозяйственных сооружений и механического оборудования обследуемого объекта, инженерно-геологических, гидрологических, геологических, климатических и других условий их эксплуатации.

В соответствии с вышеизложенным, для решения вопроса контроля и мониторинга водохозяйственных сооружений с целью эффективной их эксплуатации, необходимо на государственном уровне выработать единый порядок и методику комплексного обследования данных сооружений.

Список использованных источников

1. Сенников М.Н., Арефьев Н.В. Оценка технического состояния оросительных систем (рекомендации). Санкт-Петербург – Тараз.: Изд-во Тараз университета, 2003.- 30 с.
2. Ибраев Т.Т. Безопасность гидротехнических сооружений Казахстана: современное состояние и перспективы развития, Тараз: КазНИИВХ, 2012.-163с.
3. Кусаинов А.Б., Тимеев Е.А. Контроль как способ обеспечения безопасности гидротехнических сооружений. Вестник Кокшетауского технического института МЧС Республики Казахстан №1. 2013
4. Дурницын Ю.Я. Многофакторные обследования - основа надежности и безопасности водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений. Водные ресурсы и водопользование №2(73) 2010.

А.А. Киргизбаев, С.К. Джолдасов, Ж.Н. Молдамуратов

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

Вопросы рационального проектирования, а также технической модернизации оросительных систем и совершенствования их эксплуатации представляют наиболее сложную проблему в условиях водозабора из предгорно-равнинных рек, транспортирующих большое количество взвешенных и донных наносов. Занесение и заиливание каналов наносами нарушает плановость водопользования, снижает урожайность сельхозкультур и вызывает значительные эксплуатационные затруднения. Защита оросительных систем от наносов осуществляется в несколько этапов. Одним из них является перехват наносов на каналах при помощи пескогравиеловок. Опыт эксплуатации таких сооружений показал, что наряду с достоинствами им присущи и недостатки, в частности, ограниченный диапазон условий надежной работы и потребление для захвата и промыва наносов большого количества воды из канала. Поэтому дальнейшее совершенствование и разработка новых рациональных водосберегающих конструкций пескогравиеловок, обеспечивающих регулирование режима наносов в условиях возрастающего водозабора из рек является актуальной народнохозяйственной задачей.

Песколовки с продольными наносозахватными щелями позволяют эффективно улавливать на крупных межхозяйственных каналах наносы, используя при этом энергию самой воды с минимальным промывным расходом 3-5%. И мы ниже приводим основные характеристики новой конструкции песколовок. Изобретение относится к гидротехническому строительству, в частности к строительству наносоперехватывающих песколовок-галерей, и может быть использовано для предотвращения осаждения наносов в пульповодах галерей и повышения их транспортирующей способности.

Для сравнения с другими наносозахватывающими сооружениями приводим другие виды этих устройств.

Известна пескогравиеловка для каналов, включающая пульповод и устройство для захвата песка в виде галерей с продольными приемными щелевыми отверстиями, расположенными параллельно оси канала и примыкающими к входной части пульповода с низовой стороны [1]. Однако эта пескогравиеловка имеет один недостаток – крайняя щель галереи и прилегающий к ней участок пульповода постепенно заваливаются наносами, снижая тем самым эффективность работы галереи пульповода, а значит и всей пескогравиеловки.

А также известна пескогравиеловка [2], состоящая из пульповода, вертикальной трубы круглого или прямоугольного сечения, приваренной в начальной части пульповода тангенциально к нему. Вода попадает из верхних слоев потока в вертикальную трубу по касательной в пульповод, благодаря тангенциальному поступлению сосредоточенный поток в трубе пульповода дополнительно закручивает основной поток, поступающий из галереи в одном направлении.

Закрученный поток увеличивает транспортирующую способность в несколько раз, поэтому в начальной части и по всей длине пульповода осаждение наносов не происходит и вся пульпа выходит в сбросной канал и далее сбрасывается обратно в реку или естественные понижения местности.

Однако эта пескогравелировка имеет один недостаток – так как продольные песколовки устроены с левой стороны пульповода, т.е. со стороны верхнего бьефа, продольные щели галереи быстро заваливаются более крупными фракциями наносов, и тем самым снижает эффективность работы пескогравелировки.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение надежности работы песколовки и транспортирующей способности потока в пульповоде.

Предлагаемая песколовка включает пульповод и устройство для захвата наносов в виде галереи с продольными приемными щелевыми отверстиями, расположенными параллельно оси канала за пульповодом, т.е. в нижнем бьефе, и примыкающими к пульповоду с низовой стороны [3].

Требуемый результат достигается путем устройства к пульповоду для захвата наносов в виде галереи с продольными щелевыми отверстиями, расположенными в нижнем бьефе и примыкающими к пульповоду с низовой стороны и установкой перед пульповодом от земли до верха трубы железобетонную плиту в виде откоса для предотвращения попадания наносов различного рода под трубу пульповода.

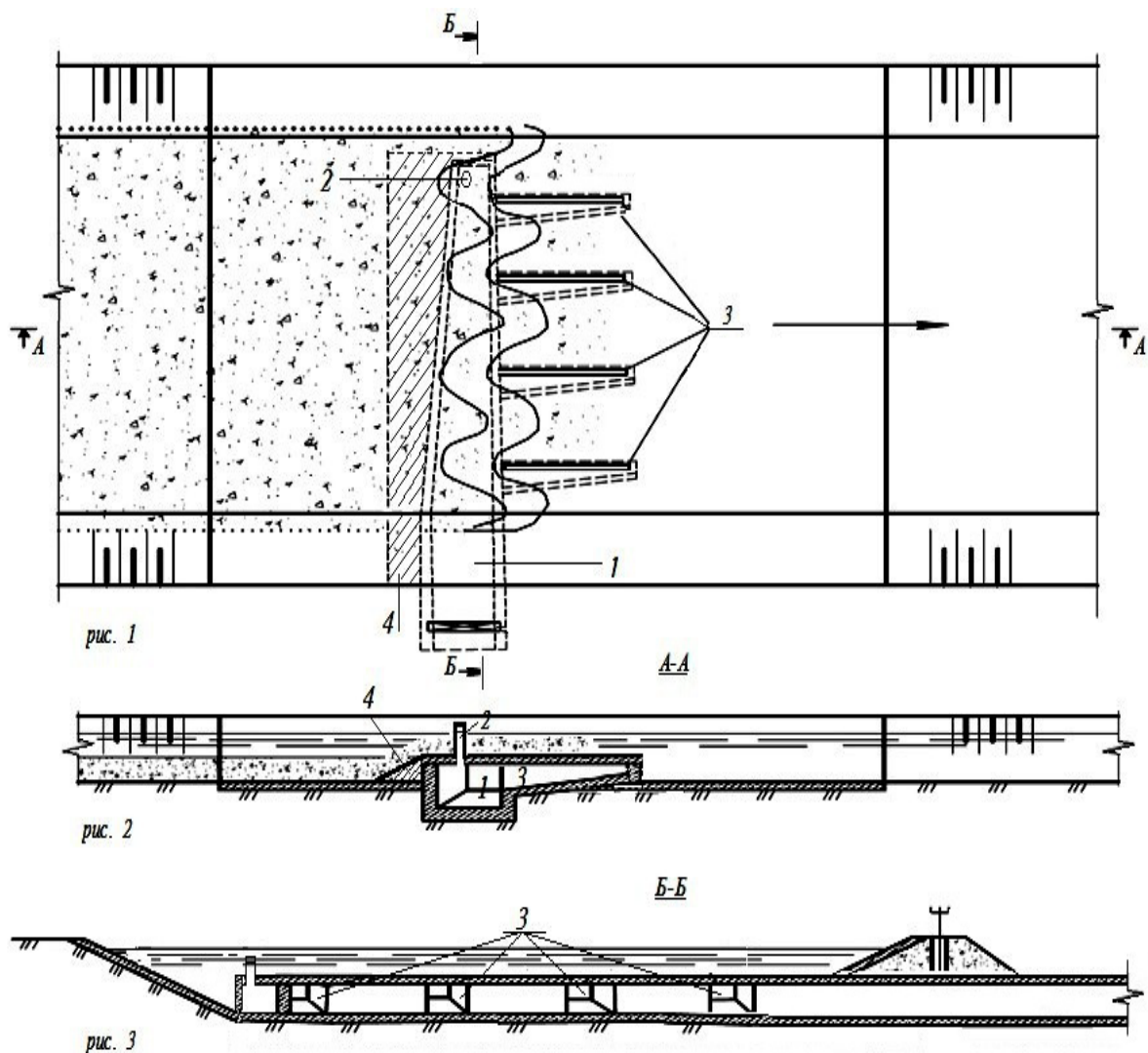


Рисунок 1 - Песколовка с продольными щелевыми отверстиями: 1 – пульповод; 2 – вертикальная труба; 3 – галереи; 4 – железобетонная плита в виде откоса

На рисунке 1 приведен план песколовки; на рисунке 2 разрез А-А рисунка 1, на рисунке 3 разрез Б-Б (рис. 1).

Песколовка с продольными щелевыми отверстиями состоит из пульповода 1, вертикальной трубы 2 круглого или прямоугольного сечения, приваренной в начальной части пульповода тангенциально к нему и галерей 3 с продольными приемными щелевыми отверстиями, расположенные параллельно к оси канала со стороны нижнего бьефа и примыкающими к пульповоду с низовой стороны и железобетонной плиты в виде откоса 4, установленной перед пульповодом от земли до верха трубы (по оси трубы) [3].

Устройство работает следующим образом.

Устройство наносозахватывающих галерей 3 с продольными щелевыми отверстиями со стороны нижнего бьефа в земляных каналах позволит пропустить более крупные наносы, не заваливая продольные щели, а установка к пульповоду 1 тангенциальной вертикальной трубы 2 позволит за счет тангенциального поступления дополнительно закручивать основной поток, поступающий из наносоперехватывающей галереи в одном направлении. Дополнение к сооружению железобетонной плиты в виде откоса 4, установленной перед пульповодом от земли до верха трубы (по оси трубы), предотвращает попадания и отложения донных и влекомых наносов перед трубой пульповода, что немаловажно при эксплуатации песколовки на длительное время.

В начальной части и по всей длине пульповода осаждение наносов не происходит и вся пульпа выходит в сбросной канал и далее сбрасывается обратно в реку или естественные понижения местности [3].

Осуществление предлагаемого устройства вполне возможно с использованием имеющихся технических средств на основе современного уровня техники и знаний, так как его конструкция довольно проста, а реализация подобных устройств давно и хорошо освоена соответствующими предприятиями различных уровней.

Песколовки с продольными наносозахватными щелями можно использовать, как рациональные водосберегающие наносоулавливающие сооружения на больших каналах предгорно-равнинной зоны юга Казахстана, в виде способов и технических средств захвата и отвода наносов от каналов.

Список использованных источников

1. А.с. СССР №1532655, кл. E02B 8/02, 1989 г.
2. Джолдасов С.К. и др. Предпатент №11537 KZ, Бюл. №5, 15.05.2002 г.
3. Джолдасов С.К., Молдамуратов Ж.Н. Песколовка с продольными щелевыми отверстиями. Инновационный патент РК №30563, от 09.01.2015 г.

УДК 631.6

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ДАМБЫ И БЕРЕГОВЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НА ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ГЛУБИННОГО ВОДОЗАБОРА ЭКИБАСТУЗСКОЙ ГРЭС-1

Е.А. Князева, В.А. Корж

КазНТИУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

От характера распределения температуры воды по поверхности водоема зависит его охлаждающая способность. Чем выше температура воды на поверхности и площадь охватываемая ею, тем больше теплоотдача в атмосферу при прочих равных условиях (скорости ветра, влажности и температуры воздуха). Как показали исследования [1], распределение температуры воды по поверхности и глубине водоема зависит не только от метеоусловий, но и от режимов работы ГРЭС, блочных насосных

станций, водосливной водораспределительной дамбы и удельных сбросных расходов подогретой в конденсаторах турбин воды. Так, повышение температурного перепада на выходе из конденсаторов турбин увеличивает температуру воды на входе в водоем, тем самым, увеличивается «плавучесть» теплой струи относительно нижних более плотных (холодных) слоев жидкости.

При этом возрастает устойчивость температурной стратификации по глубине, что влечет за собой уменьшение сил смешения теплых и холодных масс жидкости по пути движения потоков, улучшаются условия растекания воды с повышенной температурой по поверхности с охватом большей площади водоема. Температурный скачок по глубине приближается к поверхности водоема, что уменьшает вероятность захвата теплых вод в окно водозаборных галерей, тем самым, снижается температура воды на входе в конденсаторы турбин и увеличивается величина вакуума в хвостовой части турбин, а это влечет за собой, снижение пережога топлива на выработку плановой электроэнергии.

Работа циркуляционных насосов в «холостую» (при останове отдельных энергоблоков), что часто наблюдается на ГРЭС-1, резко уменьшает температуру воды в распределительном канале (рис.1), а, следовательно, и на входе в водоем за счет смешения холодных масс жидкости, забираемых циркуляционными насосами из водоема с более горячей водой, отводимой от конденсаторов турбин работающих при этом блоков. Такой режим работы блочных насосных станций (БНС) нарушает технологический процесс у водозаборного сооружения заложенного в проекте. При этом резко уменьшается «плавучесть» теплой струи на входе в водоем.

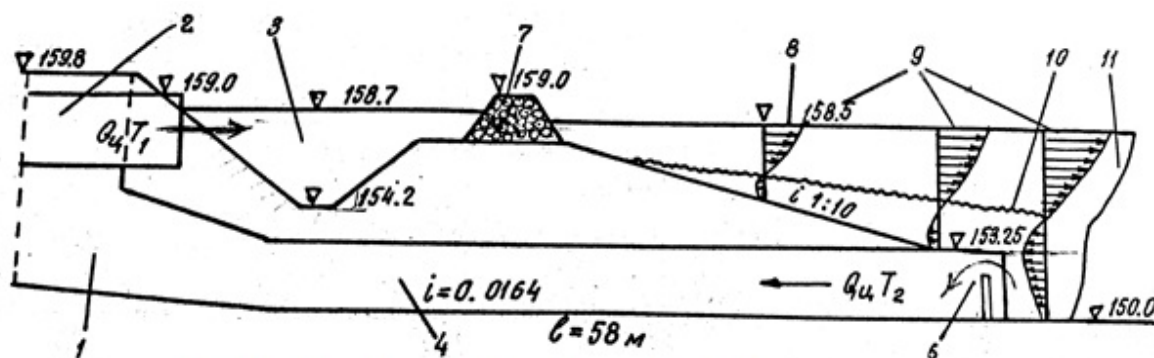


Рис.1. Глубинный водозабор Экибастузской ГРЭС-1.

1 - аванкамера БНС; 2 - сбросной канал от энергоблока; 3 - сбросной распределительный канал (длина 540 м); 4 - водоподводящая галерея к БНС; 5 - глубинный водозабор; 6 - шель водозаборной галереи, длина по фронту 331 м; 7 - фильтрующая (водораспределительная) дамба, длина 540 м; 8 - водохранилище-охладитель; 9 - эюра скорости потока; 10 - слой раздела; 11 - эюра температуры; T_1 - температура сбросной воды; T_2 - температура охлажденной воды; Q_u - циркуляционный расход воды.

Уменьшается температура на поверхности, увеличивается захват теплых вод в окна водозаборной галереи, уменьшается охлаждающая способность водоема в целом, увеличиваются «непроизводительные» удельные сбросные расходы по фронту водораспределительной дамбы, увеличивается смешение теплых и холодных масс жидкости в районе глубинного водозабора, тем самым, возрастает температура воды на входе в конденсаторы турбин работающих энергоблоков, что влечет к пережогу условного топлива на выработку плановой электроэнергии. Так, наши подробные исследования [2] показали, что при таком режиме работы БНС, температура воды на входе в конденсаторы турбин повышается до 2-3°C, что влечет к пережогу условного топлива до 20-50 тыс. т в год, что наносит убыток ЭГРЭС-1. В 1993 году в июле ме-

сяце в отдельные дни в «холостую» работали до четырех циркуляционных насосов. К этому необходимо отнести и убыток за счет увеличения затрат электроэнергии на собственные нужды станции.

В большей степени охлаждающая способность водохранилища-охладителя в целом, а также надежность и экономичность работы ГРЭС, зависит от размеров и режима работы водораспределительной фильтрующей дамбы. Так, отсыпка водораспределительной фильтрующей дамбы из несортированной горной массы (по проекту отсыпка из сортированного камня в диаметре не менее 0,5 м) уменьшает ее фильтрационную способность, отсутствие гасителей энергии потока в распределительном канале на выходе из отводных лотков от энергоблоков, где скорость воды достигает 2 м/с и более, снижение уровня воды в водоеме относительно проектной величины до одного метра, привело к переливу воды через ее гребень и разрушению ее тела в отдельных местах (образование проранов). Это привело к увеличению сбросных удельных расходов теплой воды как по фронту, так и в отдельных ее зонах, что привело к повышению кинетичности потока на входе в водоем. Увеличение скорости входа теплых масс воды в водоем (в зонах проранов скорость воды на входе достигает 2-3 м/с) приводит к резкому возрастанию сил смешения потоков теплых сбросных и забираемых в конденсаторы турбин холодных масс жидкости, образованию водоворотных зон, снижению температурного скачка по глубине до 4-5 м, что влечет за собой возрастание температуры на входе в конденсаторы турбин энергоблоков до 3°C, а в отдельных, наблюдаемых нами случаях, до 6,4°C (рис.2) [2]. Это наносит значительный убыток ТЭС. Пережог условного топлива достигает 200 тыс. т и более в год. Помимо этого, происходит резкое падение температуры воды на поверхности водоема, что ухудшает охлаждающую способность водохранилища и приводит к перегреву водоема в целом и росту температуры в придонных слоях.

Анализ режимов работы ГРЭС, БНС, водораспределительной дамбы, режима работы водохранилища – как охладителя Экибастузской ГРЭС-1 показали, что за счет нерационального использования водных ресурсов, повышения температуры на водозаборе из-за нарушения режимов эксплуатации технического водоснабжения Экибастузская ГРЭС-1 понесла общие убытки в 1993 г. в размере 407 тыс. долларов.

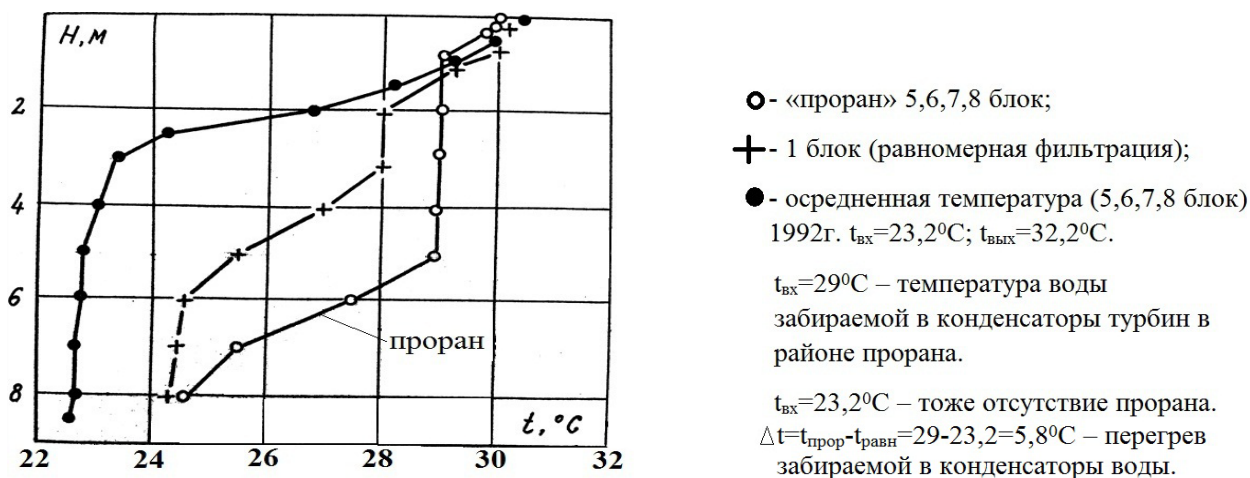


Рисунок 2 – распределение температуры по вертикали в зоне «прорана» по съемке 30.03.85 г. ($W=3,4 \text{ м}^3/\text{с}^3$, $Q=102 \text{ м}^3/\text{с}$, $t=24,5^{\circ}\text{C}$)

Список использованных источников

1. Корж В.А и др. Отчет «Натурные исследования гидротермического режима работы глубинного водозабора ЭГРЭС-1 после удлинения водосбросного фронта». ЭНТКА. КазНИИ Энергетика. Алматы, 1994.
2. Корж В.А. и другие. Отчет о НИР «Комплексное исследование водохранилища-охладителя Экибастузской ГРЭС-1 (при достижении его проектной мощности)». Заключительный Гос. рег. 81073456, г. Алма-Ата, 1985.

УДК 626/627.001.25

КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

Г.Е. Кожамкулова¹, Т.Т. Ибраев², Н.А. Наурызалиев¹

¹Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан;

²ТОО «Казахский НИИ водного хозяйства», г.Тараз, Казахстан

Главной задачей контроля состояния гидротехнических сооружений (ГТС) на оросительных системах является обеспечение их работы в нормальном режиме, своевременное осуществление мероприятий по предупреждению и устранению дефектов, выявление причин нарушения нормального функционирования сооружения и его элементов. Основными причинами нарушения нормального функционирования ГТС является физическое старение, амортизация и моральный износ сооружений и оборудования; воздействие стихийных и чрезвычайных факторов (катастрофические паводок, ледоход и др.); человеческий фактор - неправильные действия эксплуатационного персонала (несвоевременное открытие затворов, подъем воды сверх предельных уровней, перелив воды через стенки и т.п.).

Опасные проявления износа в земляных и бетонных конструкциях ГТС могут быть незначительными или мелкими, не вызывающими серьезного расстройства в работе, которые подлежат немедленному устранению во избежание их суммирования и разрастания. При крупных проявлениях, вызывающих значительное сокращение эффекта работы и даже полное ее прекращение, т.е. аварийное состояние сооружения, ликвидация которого требует проведения серьезных ремонтно-восстановительных работ.

На всех ГТС должны проводиться контрольные натурные наблюдения для систематического надзора за их состоянием, своевременного выявления дефектов в работе, назначения соответствующих ремонтных мероприятий, предотвращения возможных аварий и улучшения условий их эксплуатации

Контроль состояния ГТС осуществляется в целях анализа и оценки прогноза развития ситуации с безопасностью сооружений и технических мер по преодолению негативных тенденций и устранению выявленных недостатков, что достигается посредством организации системы постоянных наземно-космических наблюдений, обеспечивающих получение качественной и достоверной информации о состоянии ГТС на водных объектах.

Для грунтовой плотины важнейшим параметром является расход воды, фильтрующейся через тело плотины, т.к. водопроницаемость тела плотины оценивает ее важнейшие качества: прочность, трещиностойкость, деформативность и др.

Анализ химического состава фильтрующейся воды позволяет оценить процессы износа, коррозии и фильтрационных деформаций отдельных элементов грунтовой плотины контрольно-измерительной аппаратурой (КИА).

Оценка технического состояния грунтовой плотины включает в себя:

- визуальный осмотр грунтовой плотины;
- анализ состояния и наличия износа (КИА) дренажной системы;
- статистический анализ и обработка данных натурных наблюдений;
- анализ параметров фильтрационного режима ГТС и ее состояния;
- анализ натурных наблюдений за деформациями сооружений;
- определение устойчивости откосов плотины.

Визуальный осмотр ГТС позволяет оперативно обнаружить отдельные дефекты или признаки аномального развития процессов деформации и фильтрации в грунтовой плотине (местные просадки грунта, трещины, выходы фильтрующейся воды, наледи, размывы откосов и др.)

Основные проблемы организации контроля состояния грунтовых плотин:

- отсутствие разработанных нормативно-технических документов;
- краткий срок проведения и недостаточный объем работ по обследованию ГТС;
- недостаточность базы данных регулярных натурных наблюдений для установления контролируемых показателей безопасности ГТС;
- низкий уровень обеспечения современными КИА;
- недостаточное финансирование;
- слабая инженерно-техническая подготовленность эксплуатационного персонала.

Размещение КИА в теле земляной плотины является важнейшим вопросом обеспечения безопасности (рис. 1).

При этом создается информационная основа оценки устойчивости откоса (рис. 2) и фильтрации в теле и основании земляной плотины (рис. 3) [1].

На плотинах из грунтовых материалов состав натурных наблюдений за фильтрационным режимом должен включаться контроль за следующими характеристиками: положение кривой депрессии в теле сооружения; градиенты напора на противофильтрационных элементах и в зонах разгрузки фильтрационного потока; местоположение выхода фильтрационного потока в дренажные устройства; величины фильтрационного расхода в дренажных выпусках и коллекторах, а также в местах сосредоточенного выхода фильтрационного потока; поровое давление в водоупорных элементах, основаниях и в теле плотин, выполненных из суглинистых (глинистых) и моренных материалов.

Периодичность фильтрационных наблюдений устанавливается программой натурных наблюдений в зависимости от конструкции и материала плотины, свойств основания, ответственности плотины.

Следует устанавливать следующую периодичность наблюдений: за положением кривой депрессии - один раз в 5-20 дней; за поровым давлением в начальный период (строительство плотины, заполнение водохранилища) - один раз в 10 - 20 дней; по мере стабилизации давления частота измерений уменьшается и после стабилизации (консолидации грунта) наблюдения за поровым давлением могут быть прекращены.

Измерение фильтрационного расхода воды необходимо проводить одновременно с наблюдениями за положением кривой депрессии. Измеренное значение расхода фильтрации следует сравнивать с максимально допустимыми значениями расхода, указанными в местной инструкции, и с данными предыдущих наблюдений.

При измерении фильтрационного расхода воды необходимо периодически (не реже одного раза в квартал) отбирать пробы для определения количества взвешенных частиц (мутности) и химического состава воды. При обнаружении суффозии материала тела плотины или ее основания следует организовать регулярные наблюдения,

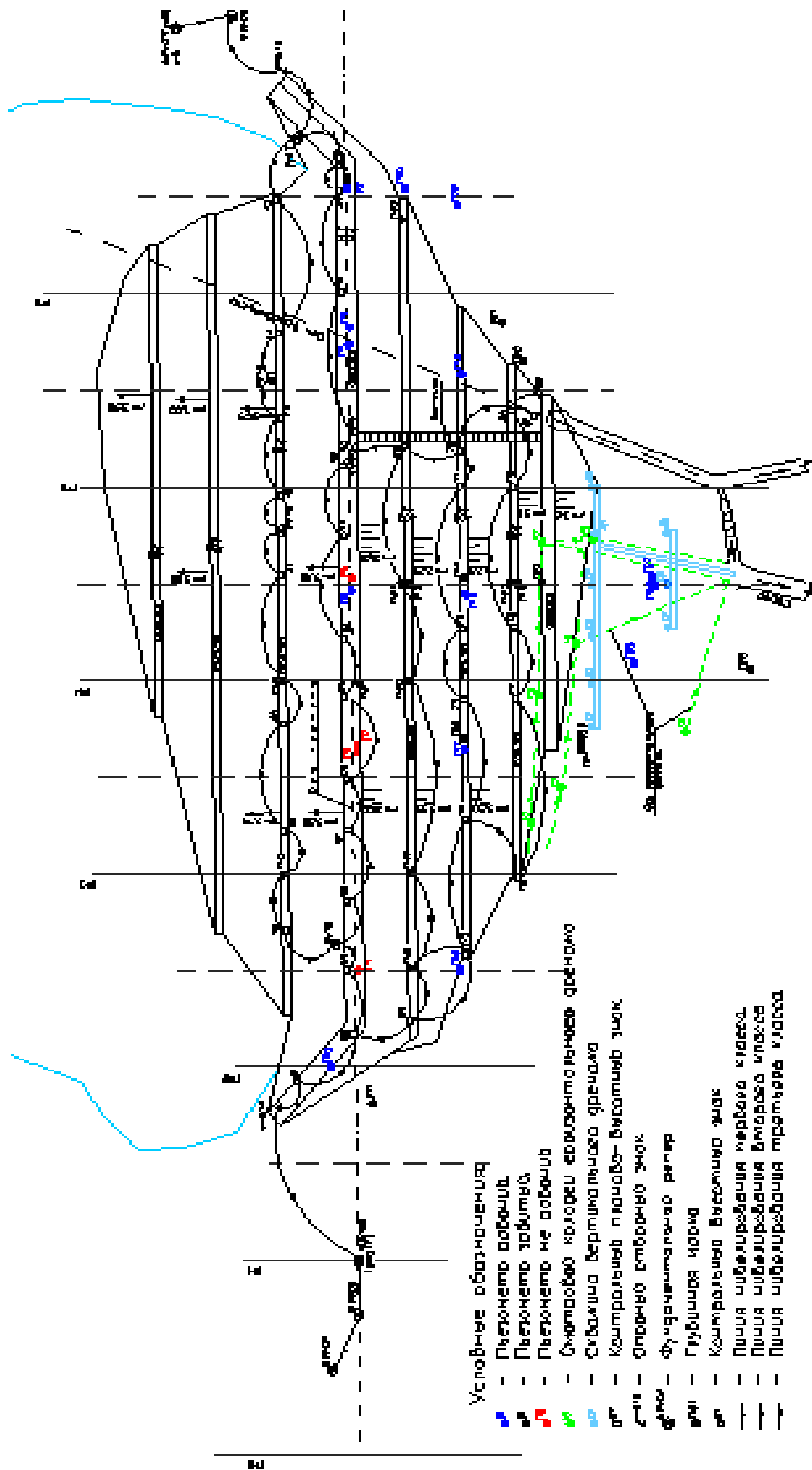
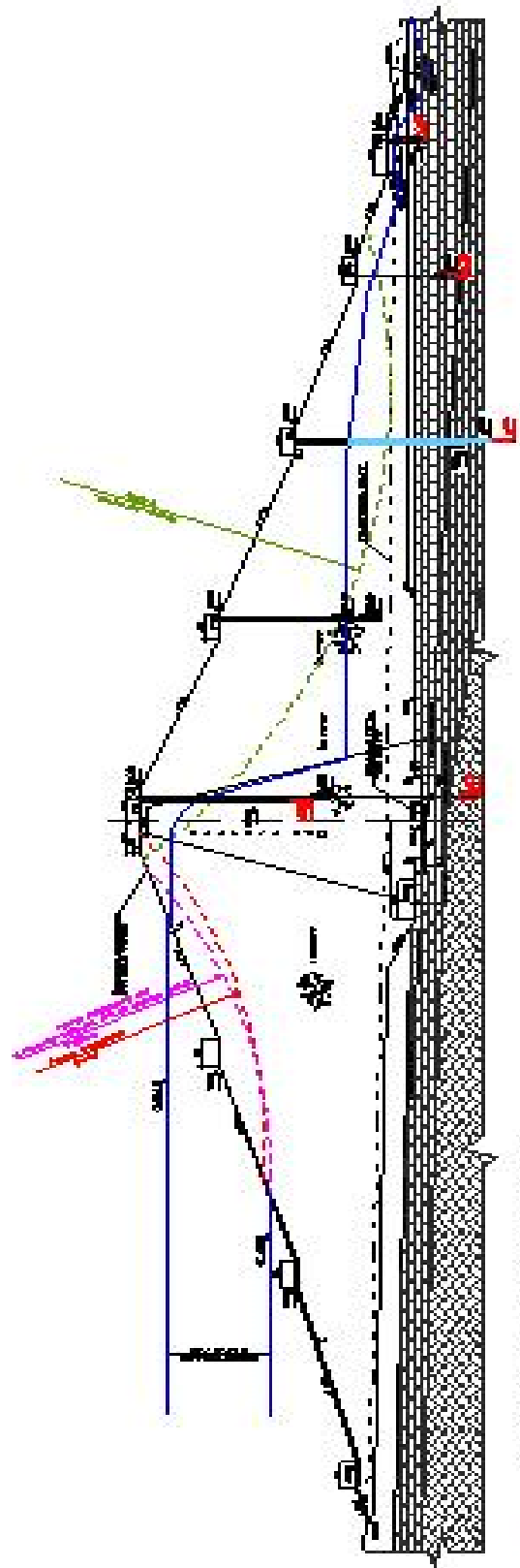


Рисунок 1 – План размещения контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) в теле земляной плотины



- Условные обозначения.**
-  Фактическая отметка песчаного слоя.
 -  Фактический край депрессии.
- Приращение.

Рисунок 2 – Схема расчета устойчивости откосов земляной плотины

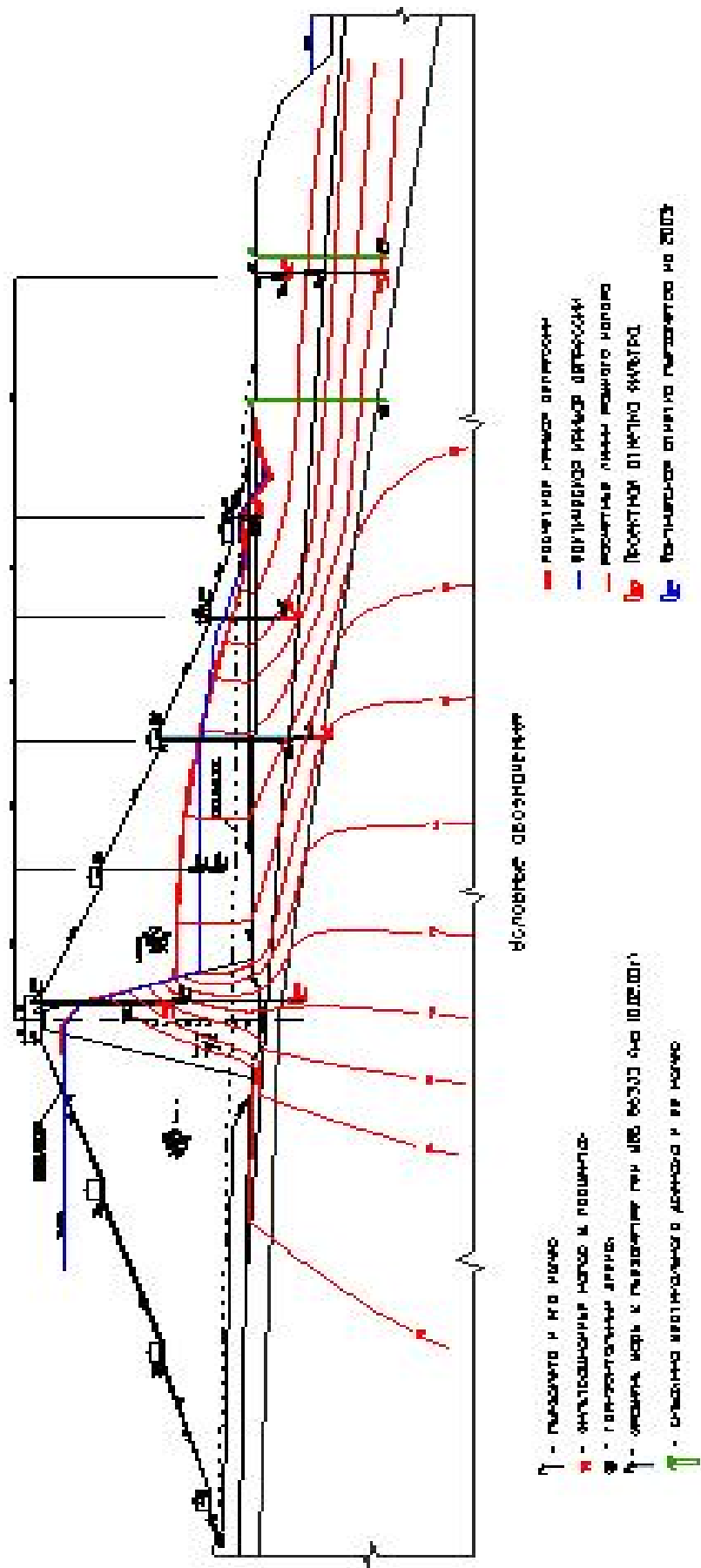


Рисунок 3 - Фильтрация в теле и основании земляной плотины

по результатам которых рекомендовать инженерные мероприятия по устранению суффозии. Особое внимание должно уделяться местам сосредоточенного выхода фильтрационной воды на откос плотины. Обнаруженные выходы воды каптируются. Следует организовывать наблюдения за расходом воды с отбором проб для контроля за мутностью и химическим составом, а также за температурой фильтрующей воды. Измерения сначала необходимо проводить ежедневно, а затем частота измерений назначается, исходя из развития или стабилизации процессов фильтрации [2,3].

Для определения параметров фильтрационного потока, характеризующих состояние различных участков плотины или изменение их состояния во времени, следует пользоваться методом индикаторов или систематически измерять температуру воды в пьезометрах (с интервалом через 10–20 дней) и в водохранилище перед плотиной.

Список использованных источников

1. Алтунин С.Т. Водозаборные узлы и водохранилища. – М. «Колос» 1964, - 431с.
2. Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений. РД 153-34.2-21.342-00. М., 2000.
3. ГОСТ Р 22.1.11-2002. Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. М., 2002.

УДК 626.823.6

О ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-СТРАТИФИЦИРОВАННОГО ПОТОКА ПРИ СОВМЕЩЕННОМ В ПЛАНЕ СБРОСЕ И ЗАБОРЕ ПРИДОННЫХ ХОЛОДНЫХ МАСС ВОДЫ

В.А. Корж, Е.А. Князева

КазННТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

Возрастающее использование водоемов, рек, каналов для нужд водоснабжения, энергетики, водного и рыбного хозяйства, а также требования к охране окружающей водной среды от загрязнения производственными сточными водами ставят перед прикладной гидродинамикой ряд сложных проблем, для решения которых требуется разработка методов детального расчета и прогноза распределения основных гидротермических параметров потока: скоростей, температур, концентрации солей и примесей по акватории и глубине рек, водохранилищ, озер и прибрежных участков морей.

Знание закономерностей смешения потоков разной плотности позволит не только точнее прогнозировать состояние водоемов и рек, а также даст возможность разработать инженерные методы их защиты от загрязнения и оптимизировать размеры и конструкции водозаборно-сбросных сооружений, обеспечивающих надежный отбор воды требуемого качества для целей энергетики и водоснабжения. Позволит удовлетворить требованиям охраны окружающей среды от теплового загрязнения, что особенно существенно при комплексном использовании водоемов, рек.

Расчет турбулентных полей скорости, температур и концентраций на основе интегрирования уравнений гидродинамики и теплопереноса на современном этапе сопряжен с большими трудностями и требует корректного задания входящих в уравнение параметров (коэффициентов трения, турбулентного обмена, дисперсии и т.д.), истинное значение которых может быть оценено только проведением натурных измерений, которые будут являться истинной апробацией исходных физических предпосы-

лок выбора той или иной термогидродинамической и соответствующей математической моделей течения для расчета стратифицированных по плотности потоков.

С целью улучшения надежности и экономичности работы технического водоснабжения крупных ТЭС и АЭС находит широкое применение глубинный водозабор с совмещенной в плане схемы сброса теплых и забора холодных придонных масс воды.

Такой тип водозабора позволяет использовать принцип плавучести более легких теплых вод по слою более холодных, забирать наиболее холодные чистые слои жидкости, экономить значительные средства за счет отказа от строительства или сокращения длины отводящих теплую и подводящих холодную воду каналов к ТЭС и АЭС. Так применение такого водозаборно-сбросного сооружения на Экибастузской ГРЭС-1 позволило сэкономить более 2,5 млн.\$.

Однако, несмотря на положительные качества глубинного водозабора и широкое внедрение его в практику энергостроительства, проектирование и строительство его ведется без достаточного обоснования физических процессов формирования температурной стратификации в районе водозабора от основных гидротермических параметров потока на входе сооружения, режима работы ТЭС и АЭС и работы водораспределительных устройств и береговых насосных станций.

Натурные исследования КазНИИЭ на Экибастузской ГРЭС-1 [4], где применена впервые в мировой практике энергостроительства совмещенная в плане схема сброса теплых и забора придонных холодных масс воды для мелководного водоема ($H_{ср}=4,6$ м), показали, что недоучет при строительстве ряда факторов увеличил температуру воды на водозаборе более чем на $3-4^{\circ}\text{C}$. Это приводит к пережогу свыше 200 тыс. тонн условного топлива в год.

Сложность изучаемой проблемы, а также отсутствие в литературе полных натуральных данных о распределении турбулентных характеристик по длине и сечению потока, является, на наш взгляд, первопричиной значительных расхождений расчетных данных с истинными значениями в натуре.

Новизна наших исследований заключается в разработке специальной аппаратуры, проведении комплексных натуральных измерений гидротермических параметров на крупном водном объекте с включением в них турбулентных характеристик по трем составляющим, определении термогидродинамической модели течения в ближней зоне водозаборно-сбросного сооружения и применимости для ее описания закономерностей движения турбулентных струй и турбулентного пограничного слоя.

Установление истинных физических процессов движения стратифицированного потока в районе водозаборно-сбросного сооружения и знакомство с основными видами работ в области струйных течений, обтекания твердых тел, резкого расширения потока и т.д. [1, 2, 3, 5, 6], позволит также применить полученные результаты при расчете и эксплуатации водных объектов с аналогичным видом движения потока. Этим объясняется широкое применение теории турбулентного слоя для расчета физических процессов в практике проектирования охлаждающих устройств.

Доказательством новизны наших исследований в утверждении применимости теории турбулентных струй для разработки методики инженерного расчета глубинных водозаборов из стратифицированного водоема и оценки вопросов смешения разноплотностных потоков жидкости (распространения примесей по длине и глубине водоема при втекании в него жидкости другой плотности) служит анализ специальной литературы [3, 5, 7, 10].

Во многих случаях при впадении рек в крупные водоемы возникают поверхностные тангенциальные разрывы. Тангенциальный разрыв терпят такие, например, параметры потока, как скорость течения, температура, концентрация смеси.

На поверхности тангенциального разрыва в связи с неустойчивостью возникают вихри, беспорядочно движущиеся вдоль и поперек потока, вследствие этого между соседними струями происходит непрерывный обмен конечными массами, т.е. поперечный перенос количества движения, тепла и примесей.

В результате, на границе двух струй формируется область конечной толщины с непрерывным распределением скорости, температуры и концентрации примесей или пограничный слой. В реальных потоках жидкости движение в пограничном слое носит турбулентный характер и характеризуется повышенными силами сопротивления и темпами смещения.

Многолетние натурные наблюдения в районе водозаборно-сбросного сооружения ЭГРЭС-1 за характером растекания теплового потока и его взаимодействия с более холодными массами жидкости [4] позволяет нам сделать вывод, что исследуемый вид движения относится к классу потоков с резким расширением и тангенциальным разрывом основных гидротермических параметров (скорости, температуры) на поверхности контакта теплого и холодного слоев жидкости. Поэтому термогидродинамическая модель движения потока в ближней зоне водозаборно-сбросного сооружения носит струйный характер со встречным движением, вызываемым условиями резкого расширения потока по глубине и импульса водозаборного отверстия.

На рисунках 1 и 2 приводятся данные замеров распределения скорости и турбулентных характеристик потока как непосредственно в районе водозаборно-сбросного сооружения, так и по длине истекающей струи.

Исследования в наших опытах охватывали зону на расстоянии до 2000 м вдоль истекающей струи и до 3500 м по ширине водоема и при расходах воды 90-118 м³/с.

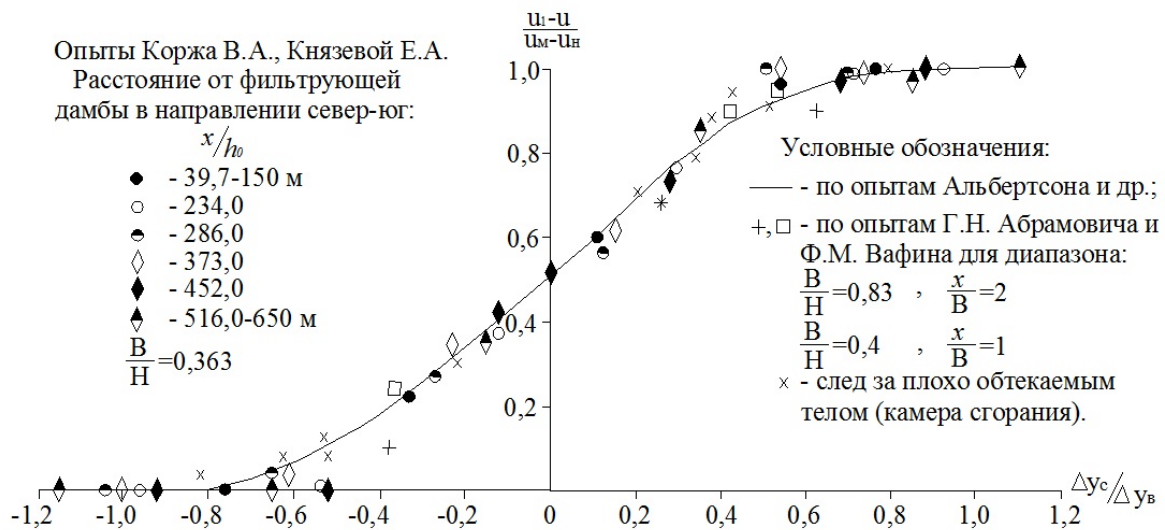


Рис. 1. Безразмерные профили избыточной скорости в пограничном слое

- , ○, ◐, ◑, ◒, ◔ - наши данные (встречные водные струи различной плотности), ЭГРЭС-1;
- - плоские спутные и затопленные струи (воздух);
- * , +, □ - за плохо обтекаемым телом (воздух);
- × - данные А.И. Михайлова (камера сгорания ТРД).

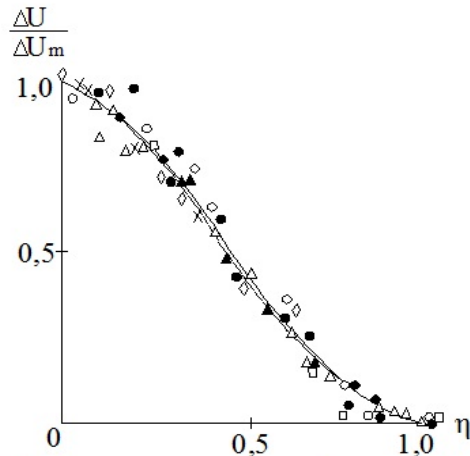


Рис. 2. Безразмерный профиль избыточной скорости

- - по теории Шлихтинга;
- - - - по теории Толмина;
- , ◊, Δ, ×, + - опытные точки при $x/h_0=39,7 \div 516$

Струйный характер течения жидкости, наблюдаемый в районе водозаборно-сбросного сооружения [4], на наш взгляд, позволяет подойти к решению практических задач и математическому описанию гидротермических процессов, происходящих в потоке, а также оценить количественные параметры и размеры сооружений, характеризующие термогидродинамическую структуру потока, с позиции турбулентных струй.

Однако, вид движения еще не является определяющим критерием применимости теории турбулентных струй для инженерного расчета гидротермических параметров. Теория турбулентных струй применима будет только в том случае, если в природе будут соблюдаться основные закономерности таких струй и их аффинность.

В данной работе рассматривается только закономерность изменения недостатка или избытка скорости и температуры.

Известно, что важнейшим свойством турбулентных течений, к которому относятся сложные струйные течения (струи во встречном и спутном потоках, течение за плохо обтекаемым телом и т.д.) состоит в том, что безразмерный профиль недостатка или избытка продольной составляющей осредненной скорости можно для широкого класса течений в первом приближении полагать универсальным, удовлетворяющим формуле Шлихтинга [1, 6, 8,10]:

где U_m , U_n – соответственно максимальная скорость верхнего и встречного или спутного потока;

$\eta = \frac{y - y_2}{\delta}$ – безразмерная ордината точек, в которой скорость равна U (в соответствии с принятым расположением координатных осей $y_2 < 0$);

δ – толщина погранслоя.

В настоящее время разработаны ряд различных теорий Толмина, Трубочикова, Гертлера [1], позволяющих определить вид функции $f(\eta)$. В общем случае вид функции $f(\eta)$ можно подобрать и из опытов.

Аналогичный вид функции имеет и распределение по сечению переносимой потоком субстанции – температуры. Таким образом, применение полуэмпирической теории турбулентных струй позволит определить в различных сечениях потока основные кинематические параметры потока и распределение температуры для всех видов движения, в которых наблюдаются сдвиговые течения.

В подтверждение вышеизложенного, на рисунке 1 приводится безразмерный профиль избыточной скорости в погранслое и сравнение наших опытных натуральных данных при различном расходе сбрасываемой теплой воды с опытными данными Г.Н. Абрамовича, Альбертсона, Ф.М. Вафина [1] при различных отношениях и геометрических размеров плохо обтекаемого тела, А.И. Михайлова [1] как для камеры сгорания турбинного двигателя.

Аналогичный вид имеет безразмерный профиль избыточной температуры в погранслое по нашим опытным натуральным данным (где x – текущая абсцисса; h_0 – глубина потока на входе) в сравнении с опытами Б.А. Жесткова и Г.Н. Абрамовича [1].

Анализ приведенных рисунков 1 и 2 и сравнение наших опытных натуральных данных [11] с опытами Г.Н. Абрамовича, Ф.М. Вафина, Б.А. Жесткова [1], с опытами А.И. Михайлова [1] в камере сгорания ТРД, Л.А. Вулиса [2] и ряда других авторов [1, 8, 9], а также наблюдаемая в наших натуральных измерениях аффинность эпюр распределения относительных величин кажущего турбулентного напряжения [4] (рис. 1)

, теплового потока по слоям и относительных значений скорости как по направлению движения, так и поперек потока, где – осредненные турбулентные пульсации скорости и температуры в поперечном и продольном направлении; $\Delta U_m = U_m - U_n$ – суммарная сдвиговая скорость в сечении [4] и их физическая сходимость с данными ряда авторов по исследованиям струйного течения воздушного потока [1, 6, 8], позволяют нам утверждать применимость теории турбулентного погранслоя встречных турбулентных стратифицированных струй для всех видов сооружений и потоков, в которых наблюдаются сдвиговые течения, независимо от их размерных и кинематических характеристик потока. Это является доказательством всего того, что сказано выше.

На рисунке 2 приводится график безразмерной избыточной скорости в пограничном слое при наличии встречного потока, на котором приведены теоретический профиль Толмина и Шлихтинга, на который нанесены данные опытов Альбертсона/Абрамовича-Вафина [1] и наши опытные натуральные данные.

Анализ этого графика показывает, что для расчета параметров погранслоя при спутных или встречных турбулентных потоках жидкости применима полуэмпирическая теория пограничного слоя Г. Шлихтинга [9], Г.Н. Абрамовича и Толмина.

Обобщение сказанного выше позволяет сделать вывод, что на данном этапе исследований, учитывая сложность исследуемого вида движения (движение двух встречных турбулентных стратифицированных струй) и отсутствие в литературе необходимого количества опытных данных [1] по рассматриваемому виду движения и турбулентным процессам, возникающим в водохранилище, в основу теоретического обоснования разрабатываемой методики гидротермического расчета глубинного водозабора из стратифицированного водоема можно положить полуэмпирическую теорию турбулентного слоя.

Список использованных источников

1. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. Гос. изд-во физматлитер., Москва, 1960.
2. Вулис Л.А., Леонтьева Т.П. О спутных и встречных турбулентных струях. Изд. АН КазССР, серия энерг., вып. 9, 1955.
3. Ибад-Заде Ю.А., Гурбанов С.Г., Азиров С.Г., Алескеров С.Г. Гидравлика разноплотностного потока. Москва, Стройиздат, 1982.
4. Корж В.А. и др. Отчет о научно-исследовательской работе "Комплексное исследование водохранилища-охладителя Экибастузской ГРЭС-1 (при достижении его полной мощности). Заключительный". Гос. регистр. 81073456, инв. номер 02850080566, 1985.
5. Макаров И.И., Соколов А.С., Шульман С.Г. Моделирование гидротермических процессов водохранилищ-охладителей ТЭС и АЭС. М., Энергоатомиздат, 1986.
6. Михалев М.А. Гидравлический расчет потоков с водоворотом. Л. отд., Энергия, 1971.
7. Нетюхайло А.П., Шеренков И.А. Структура пограничного слоя раздела потоков разноплотностных жидкостей (плоская задача). Известия вузов. Энергетика, 1969, №4, с. 99-105.
8. Справочник под общей редакцией В.А. Григорьева и В.М. Зорина, М., Энергоиздат, 1982.
9. Шеренков И.А. Прикладные плановые задачи гидравлики спокойных потоков. М., Энергия, 1978.
10. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. Изд-во Наука, М., 1969.
11. Разработка методики гидротермического расчета глубинного водозабора из стратифицированного по глубине водоема при совмещенном в плане сбросе и заборе воды. Отчет КазНИИ Энергетики. 1990.

УДК 626.823.6

СТРУКТУРА ВОДНОГО ПОТОКА В ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ЛОТКАХ С ДОННЫМ И БОКОВЫМ СЖАТИЕМ

А.М. Кушер

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

Гидрометрические лотки критической глубины и схожие с ними водосливы с широким порогом являются распространенным средством водоучета в открытых руслах. Их принцип действия основан на преобразовании части потенциальной энергии потока в верхнем бьефе в кинетическую энергию на участке сужения (горловине).

Основной гипотезой традиционного метода расчета гидрометрических лотков является предположение о наличии в горловине участка, на котором линии тока параллельны, а средняя скорость равна средней скорости в бесконечном канале с критическим уклоном. Поэтому теоретический расход Q принят равным:

$$Q = \sqrt[2]{g\omega^3/\alpha b}, \quad (1)$$

где ω - площадь живого сечения, α - коэффициент Кориолиса, b - ширина по поверхности.

Расчетную зависимость расхода Q от геометрического напора h в верхнем бьефе получают преобразованием уравнения (1) из условия равенства полной энергии потока в горловине и на входе сооружения. Различие вычисленного и реального расхода без введения поправок на влияние структуры потока в подводящем канале и горловине достигает 10-20% [1]. Обобщенное уравнение для прямоугольных лотков данного типа имеет вид:

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \sqrt{g} C_v C_D b h^{3/2}, \quad (2)$$

где $C_v = (H/h)^{3/2}$ - коэффициент учета скорости подхода, C_D - коэффициент расхода, H - полный напор в верхнем бьефе.

Для прямоугольных каналов в выражение (2) вводят дополнительный коэффициент учета формы C_S . Вычисленный на основе теоретического соотношения расход зависит от H/L_T (L_T - длина горловины).

Известен полуэмпирический метода расчета, основным положением которого является гипотеза, что причиной несоответствия теоретического и экспериментального расходов является трение на стенках сооружения. Предполагается наличие в горловине пристенного пограничного слоя аналогичного течению на тонкой плоской пластине. Допущениями метода являются:

- пограничный слой начинается от входа в горловину и является ламинарным;
- переход к турбулентному режиму течения происходит при $Re=3 \cdot 10^3$;
- критическое сечение расположено в конце горловины;
- кривизна линий тока в горловине равна нулю [2, 3, 4].

Расчет площади живого сечения и, далее, расхода выполняют с учетом толщины вытеснения в критическом сечении. Согласно принятой гипотезе ширина b_T и глубина потока h_T в горловине прямоугольного лотка меньше геометрических размеров (b , h) на толщину вытеснения пограничным слоем:

$$b_T = b - 2\delta_*, \quad h_T = h - 2\delta_*$$

Коэффициент расхода C_D принимается равным:

$$C_D = \left[1 - \left(\frac{2\delta_*}{L_T} \right) \left(\frac{L_T}{b_T} \right) \right] \left[1 - \left(\frac{\delta_*}{L_T} \right) \left(\frac{L_T}{b_T} \right) \right]^{1.5} \quad (3)$$

Модель расчета включает уточняющие коэффициенты и аналитические зависимости нефизического происхождения для лучшего соответствия экспериментальным данным. Значения δ_*/L_T определяются из графиков $\delta_*/L_T = f(uL_T/\nu)$ при известных значениях коэффициента шероховатости стенок горловины. Для уменьшения погрешностей расчета, зависящих от соотношения H/L_T искусственно занижена верхняя граница рабочего диапазона (до $H/L=0,7$).

Целью настоящей работы являлось исследование работы гидрометрических лотков на основе анализа гидравлической структуры потока в сопоставлении с известной расчетной моделью. Объектом исследования выбраны лотки прямоугольной формы, расчет расхода в которых традиционным методом наиболее достоверен, так как основан на наибольшем числе экспериментальных данных. Поскольку классическая теория лотков критической глубины не разделяет лотки по типу сжатия потока (расчет ведется по площади критического сечения), исследовались потоки в лотках с донным и боковым сжатием и равной длиной горловины.

Учитывая, что в режиме свободного истечения форма выходной секции не влияет на структуру потока в горловине, углы сужения входной и расширения выходной секции выбраны равными, исходя из стандартного критерия для входной секции $ctg \varphi = 3$ (φ - угол между продольной осью и боковой стенкой участка сопряжения). Глубина потока в верхнем бьефе постоянна во всех расчетах. Профиль скорости – параболический (рис.1).

Диапазон значений коэффициента бокового сжатия $B_T/B_C = 0.23 - 0.69$ выбран исходя из геометрии канала и требований стандартного метода. Для сопоставления потоков при равной площади критического сечения для каждого лотка с боковым сжатием подобрана геометрия лотка с донным сжатием и равным расходом. Все расчеты проведены для режима свободного истечения.

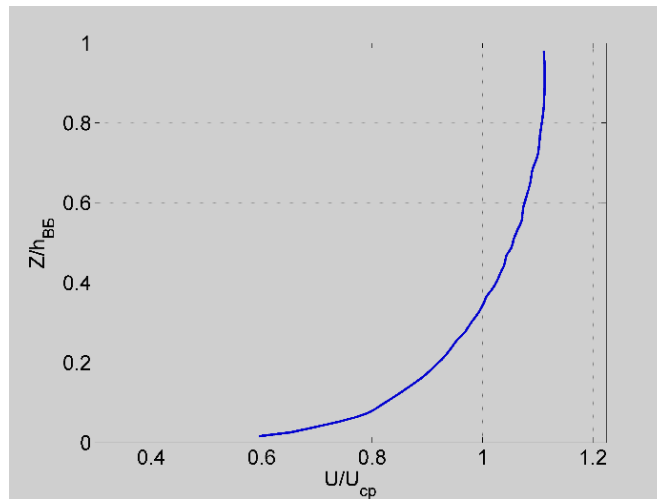


Рисунок 1 - Профиль скорости в подводящем канале

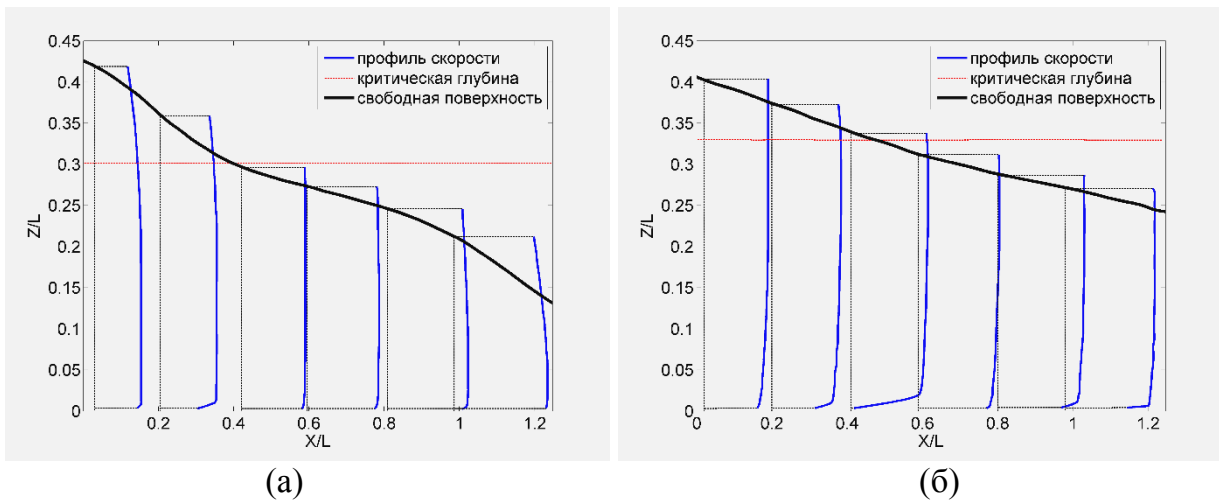


Рисунок 2 - Эпюры скорости в горловине лотка с боковым сжатием:
(а) - боковое сжатие $B_T/B_C = 0.23$; (б) - боковое сжатие $B_T/B_C = 0.69$

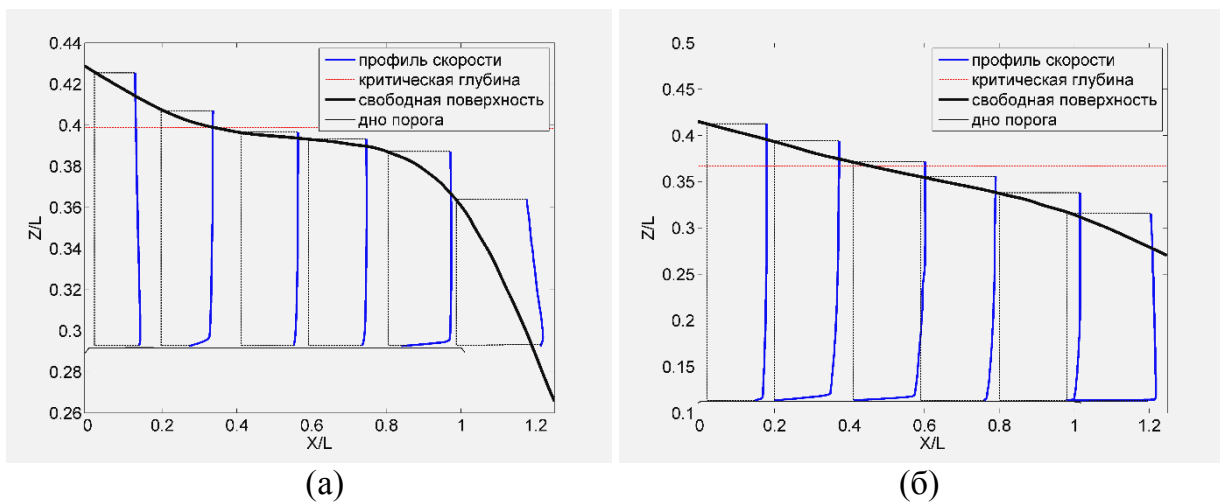


Рисунок 3 - Эпюры скорости в горловине лотка с донным сжатием:
(а)- высота порога $p/L_T = 0.29$; (б)- $p/L_T = 0.11$

В качестве инструмента исследований использовался разработанный программный комплекс расчета гидрометрических сооружений на основе численного моделирования потока, включая средства расчета геометрии сооружения, генерации расчетной сетки, подготовки гидравлических граничных условий, численного решения полной системы уравнений движения и постобработки данных [5]. Результатами расчета являются: свободная поверхность и 3-х мерные поля скоростей и давлений. Достоверность результатов расчета проверена лабораторным исследованием модели лотка с боковым сжатием и аналогичной геометрией. Различие расчетного и экспериментального расходов не превышало 3%. На рисунках 2 и 3 показаны профили свободной поверхности, продольных скоростей в осевом сечении горловины лотков с боковым и донным сжатием. Течение слева - направо. Обозначения: B_c , B_T - ширина канала и горловины, соответственно, p - высота порога.

Как показал анализ, общая закономерность трансформации потока в горловине, существенно различаясь в деталях, одинакова для обоих типов лотка. Запас потенциальной энергии, образовавшийся за счет подпора потока, преобразуется в хорошо обтекаемой входной секции в кинетическую энергию. Уровень свободной поверхности уменьшается, образуя участок криволинейного течения. Продольный градиент давлений, увеличиваясь от поверхности ко дну, вызывает ускорение потока в придонной области. Следствием этого является выравнивание исходного параболического профиля скоростей и отклонение профиля давлений от гидростатического закона на входном участке горловины. На выходе из горловины за счет изменения степени сжатия потока в выходной секции возникает градиент давлений, вызывая изменение профиля поверхности и скоростей на конечном участке. Механизм формирования структуры потока на выходе горловины зависит от типа лотка. В лотке с донным сжатием зафиксирована нижняя часть струи, а свободная поверхность зависит от структуры потока на входе зоны влияния выходной секции. При боковом сжатии (в режиме безотрывного течения) структуру потока определяет угол раскрытия выходной секции. Продольный градиент давлений, максимальный в придонной зоне, вызывает ускорение потока.

Структура течения в горловине определяется переходным процессом от входной до выходной секции. При малых значениях H/L_T размер зон влияния сопрягающих секций меньше длины горловины и после входа в призматическую горловину профили поверхности и скорости почти неизменны до зоны влияния выходной секции. В противном случае переходный процесс начинается сразу после входа потока в горловину. С уменьшением степени сжатия (увеличением расхода) возрастает скорость потока на входе в горловину и уменьшается кривизна поверхности на входном участке горловины. Вследствие уменьшения градиента давлений уменьшается деформация профиля скоростей, который на максимальных расходах сохраняет параболическую форму до конца горловины.

Контрольное ("критическое") сечение, параметры которого определяют расход в стандартной модели, расположено в зоне переформирования структуры потока. В отличие от критического режима в равномерном потоке линии тока в этом сечении не параллельны. Форма профиля продольных скоростей при равных расходах зависит от типа сжатия. В лотке с боковым сжатием профиль продольных скоростей на выходе горловины при увеличении степени сжатия изменяется от пилообразного до параболического. В случае донного сжатия профиль скорости на выходе горловины имеет пилообразную форму.

На рисунке 4 приведена зависимость толщины вытеснения пограничного слоя δ_*/L вдоль горловины лотка с максимальными значениями бокового сжатия (а) и высоты порога (б).

Учитывая смещение максимума скорости в придонную область и уменьшение толщины вытеснения в направлении потока, принятая в традиционной модели расчета лотка гипотеза об аналогии течения в горловине и потока вдоль плоской пластины физически неправомерна.

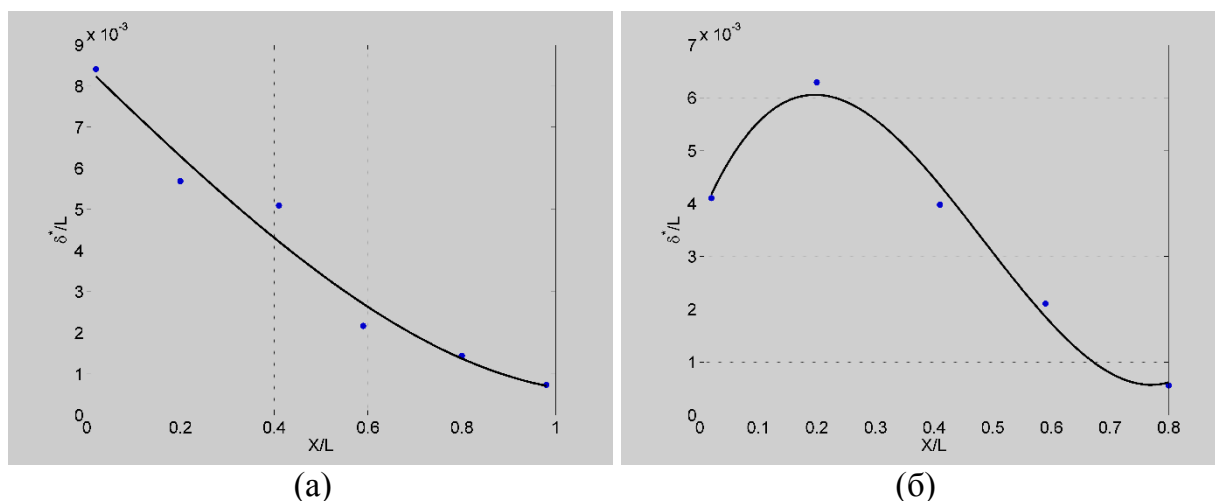


Рисунок 4 - Зависимость толщины вытеснения пограничного слоя δ_*/L вдоль горловины лотка: (а) $p=0$, $B_T/B_C=0.69$; (б) $p/L_T=0.11$)

Выводы

1. Результаты исследования не подтверждают основную гипотезу традиционного метода об аналогии структуры потоков на плоской пластине и в горловине лотка критической глубины.

2. Положенное в основу расчета предположение, что основной причиной различия расчетных и экспериментальных расходов являются местные потери, связанные с шероховатостью стенок, физически неправомерно. Течение в гидрометрическом лотке определяется структурной трансформацией потока в зависимости от формы сооружения, длины горловины, напора и скорости подхода.

3. Форма профилей скоростей в горловине показывает неприменимость теории пограничного слоя на пластине для расчета толщины вытеснения и, далее, расхода.

4. Структура потока в контрольном ("критическом") сечении не отвечает критериям критического потока, а для описания профиля скоростей не применимы выражения для равномерного потока в открытом русле.

5. Предлагаемый метод расчета, основанный на решении основных уравнений гидромеханики, обеспечивает точность расчета расхода 2-3% и имеет следующие преимущества в сравнении с традиционными методами:

- применимость в любых пространственных и временных диапазонах, обеспечивая расчет сооружений произвольной геометрии и размеров, в том числе, не соблюдая стандартное требование горизонтальности сооружения;

- результаты расчета не связаны с точностью экспериментальных исследований, положенных в основу традиционных полуэмпирических методов, что особенно актуально для сооружений больших размеров;

- возможность существенного расширения допустимого диапазона расходов или уменьшения размеров сооружения за счет длины горловины, что объясняется следующим. В то время, как лотки критической глубины сохраняют гидрометрические свой-

ства до $H/L_T \cong 1,5$, традиционные методы ограничивают верхнюю границу диапазона значением $H/L_T=0,7$ в связи с невозможностью учета структуры криволинейного потока [1].

Список использованных источников

1. Bos M.G., Replogle S.A., Clemmens A.J. Flow Measuring Flumes in Open Channel Systems. Chichester- New York- Brisbane- Toronto- Singapore, John Wiley and Sons, 1984.
2. Ackers P., White W.R., Perkins T.A., Harrison A.J. Weirs and Flumes for Flow Measurement. Chichester- New York- Brisbane- Toronto, John Wiley and Sons, 1978.
3. British Standards Institutions, Part 4: Weirs and Flumes, Part 4C: Flumes, in Methods of Measurement of Liquid Flows in Open Channels, BS3680, BSI, London, 1973.
4. ISO 4359 "Liquid flow measurement in open channels – Rectangular, trapezoidal and U-shaped flumes". Geneva, ISO, 1980. Ревизия: 2013 г.
5. Кушер А.М. Моделирование гидрометрических сооружений в каналах водохозяйственных систем. Мелиорация и водное хозяйство, 2015, №6, с. 19-23.

УДК 626.1

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ СО СНЕГОЗАНОСИМОСТЬЮ КАНАЛОВ КРУГЛОГОДИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ

М. Маликтайулы, М. Жаканов, А.Н. Абдуллаева

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

На каналах круглогодичного действия мощные снежные заносы, сосредоточенные на поверхности ледового покрова, одновременно действуют на нее как термическая, так и статическая нагрузка. По мере интенсивного стаивания льда с нижней поверхности на участках скопления снежных масс, а также за счет увеличения статической нагрузки от снега, образуются продольные трещины во льду. Снег насыщается водой, поднимающейся вверх по трещинам, и происходит постепенное погружение снежно-ледовой массы. Все это приводит к уменьшению пропускной способности канала, а в отдельных случаях и к полной закупорке живого сечения снежно-ледовой массой [1].

На таких участках образуется мощное зажорное поле, которое препятствует пропуску воды по водопроводящему тракту ниже этого створа. Выше зажорного участка уровень воды резко повышается, что приводит к аварийным ситуациям. На канале Иртыш-Караганда за период его эксплуатации такие явления наблюдались неоднократно. Например, зимой 1971-72 гг. на канале №38 (146-155 км трассы) в результате закупорки живого сечения канала снежно-ледовыми скоплениями образовался мощный зажорный участок общей протяженностью около 5 км. В результате этого явления водоподача по каналу была прекращена до конца апреля. Попытки ликвидировать зажорный участок взрывом или механической прочисткой экскаваторами не дали ожидаемого эффекта. Во-первых, подъездные пути к каналу были занесены снегом, во-вторых, длина стрелы экскаватора не позволяла полностью расчистить русло и, в-третьих, зажорный участок был достаточно длинный (3830 м). Ликвидировать зажорный участок удалось серией динамических прокачек лишь после наступления оттепелей перед половодьем (третья декада апреля).

В 1974-1978 гг. исследованием проблемы и разработкой снегозащитных мероприятий на канале Иртыш-Караганда занимался ВНИИГ имени Б.Е. Веденеева. В их работе дается детальный анализ причин возникновения снежно-ледовых затруднений на каналах круглогодичного действия и предлагается комплекс инженерных мероприятий по их предотвращению. Суть этих мероприятий

заключается в устройстве контурных снегозащитных линий в виде заборов и лесополос. Ими также предложен способ устройства сечения канала незаносимого снегом, включающего сооружение в надводном склоне канала, проходящего в глубокой выемке, дополнительной емкости для аккумуляции метелевого снега [2].

Вопросами снегозащиты гидротехнических сооружений, в том числе и каналов, в последние годы занимались ученые Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства и Таразского государственного университета имени М.Х. Дулати. На основе многолетних натуральных и лабораторных исследований, выполненных на действующих каналах, а также анализа и обобщения опыта работы снегозащитных средств на других объектах народного хозяйства, предложены способы защиты от снежных заносов гидротехнических объектов [3-5].

Один из выдающихся специалистов в области способов борьбы со снежными заносами на каналах круглогодичного действия, профессор С.М. Койбаков в своей монографии «Проблемы эксплуатации гидротехнических объектов в сложных природно-климатических условиях» приводит на основе натуральных и лабораторных исследований основы теории снегопереноса, расчеты снегозаносимости каналов, динамику снежного заноса в русле каналов и расчеты параметров снегозаносимости каналов [1].

Ниже приводим несколько способов защиты каналов от снежных заносов. Известен способ защиты каналов от снежных заносов путем задержания метелевого снега в емкости, устроенной в надворном склоне подветренного откоса канала [6].

Недостатками данного способа являются ограниченная вместимость емкости, а также возникновение водной эрозии откосов и, как следствие, заиливание русла канала во время таяния снежного заноса.

Еще есть способ защиты канала путем срезки грунта бровки с наветренной стороны под уклоном, равным естественному откосу снежного заноса.

Однако данный способ также обладает недостатками, в частности, на участках канала, проходящих в глубокой выемке, он требует увеличения полосы отвода и объема земляных работ.

Мы ниже предлагаем совершенно новый способ защиты каналов от снежных заносов, который только разрабатывается. Задачей его является создание незаносимого профиля канала на участках, сильно заносимых снегом.

Отложение снега в русле канала происходит постепенно, начиная с ближайшей со стороны снегосборного бассейна бровки канала с последующим нарастанием вала снежного заноса по направлению ветра по мере поступления к каналу метелевого снега. Такая картина последовательности заполнения русла канала снегом при метелях полностью подтверждается результатами натуральных исследований, выполненных на действующих каналах.

Передний край незавершенного снежного заноса представляет собой крутой склон с козырькообразным выступом в верхней части [1]. Незавершенные снежные заносы ограничены при метелях сверху прямолинейным потоком, в переднем крае – циркуляционным потоком. Козырькообразный выступ снежного заноса образуется на стыке этих двух потоков.

Большое практическое значение имеет при оценке предельной снегозаносимости каналов точное установление предельного положения поверхности снежного заноса (снежного откоса). Снежные заносы в руслах каналов со всех сторон, кроме верхней поверхности, описывают сечение канала и принимает ее форму. При достаточной ширине канала сечение предельного снежного заноса в русле представляет собой

треугольник. Сбоку и снизу снежные заносы соответственно ограничены откосом и дном (ледовым покровом) канала. Лишь сверху предельный снежный занос граничит с атмосферой. И так, определив положение снежного откоса и располагая данными о конструктивных параметрах поперечного сечения канала, с достаточной точностью можем определить площадь поперечного сечения или объем снежного заноса на единицу длины канала, и оценить величину нагрузки от снежного заноса на ледовый покров. Как показали наблюдения, уклоны снежных заносов колеблются в довольно больших пределах в зависимости от различных факторов. Прежде всего, уклон поверхности снежного заноса зависит от скорости набегающего потока, при которой формировался занос, и от физико-механических свойств снежных частиц, участвующих в снегопереносе.

Поставленная задача должна решаться за счет того, что изменяют поперечный профиль канала, добавив к нему берму со стороны подветренного откоса, в зависимости от точного установления предельного положения поверхности снежного заноса (снежного откоса) в руслах сильно заносимых снегом.

Это достигается тем, что в способе защиты каналов от снежных заносов путем изменения поперечного профиля канала, согласно предполагаемому новому способу, изменяют поперечный профиль канала, добавив к нему берму со стороны подветренного откоса, в зависимости от точного установления предельного положения поверхности снежного заноса (снежного откоса), в зависимости от угла атаки преобладающего ветра на сильно заносимых снегом участках.

Способ защиты каналов от снежных заносов реализуется тем, что на сильнозаносимых участках канала путем изменения поперечного профиля канала, согласно предполагаемому новому способу, изменяют поперечный профиль канала, добавив к нему берму коэффициентом откоса равным коэффициенту заложения подветренного откоса m и высотой равной глубине канала h со стороны подветренного откоса, в зависимости от точного установления предельного положения поверхности снежного заноса, при котором достигается продуваемость русла без снегоотложений, независимо от величины объема снегопереноса.

Предлагаемый способ может применяться в районах распространения снегопереноса на обводнительно-оросительных каналах, предназначенных для круглосуточной эксплуатации. Техническое состояние, наличие в достаточном количестве строительных материалов и техники дает возможность осуществления предлагаемого способа в районах распространения снежных заносов.

Список использованных источников

1. Койбаков С.М. Проблемы эксплуатации гидротехнических и мелиоративных объектов в сложных природно-климатических условиях. – Тараз. Тараз университеті, 2003. – 255с.
2. Дюнин А.К. Механика метелей. Новосибирск, СО АН СССР, 1963. – 378с.
3. Жуковский Н.Е. О снежных заносах. Собр. Соч., т. III, Гостехиздат, М.-Л., 1949, С. 214-223.
4. Койбаков С.М. Экологическая устойчивость и надежность работы крупных каналов круглогодичного действия в степной зоне. Сб. Водные ресурсы Центральной Азии, Алматы, 2002, С.425-430.
5. Койбаков С.М. Законмерности формирования снежного заноса на каналах. Сб. «Ледотермические проблемы в северном гидротехническом строительстве и вопросы продления навигации». – Л.: энергоатомиздат, 1989, С.49-51.
6. Карнович В.Н. и др. Особенности работы каналов в зимних условиях. М.: Энергоатомиздат, 1986, 80 с.
7. А.с. СССР №1606582, кл. ЕО2В 5/02, 1990.

ФИЛЬТРОЦИКЛОНЫ. ФИЛЬТРОЦИКЛОНЫ-ФЛОТАТОРЫ. ФИЛЬТРОЦИКЛОННЫЕ НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ

**Ж.И. Минарбеков, А.А. Абдураманов, С. Жолдасов, Н.Ж.Жоламанов,
М.И. Касабеков, Д.А. Исаева**

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

Инновационным развитием технологии очистки питьевых и технических вод является комбинация процессов, происходящих в гидроциклонах и фильтрах, в новой дизайнерской конструкции – фильтроциклонах. Фильтроциклон [1] успешно может осуществить две технологические операции в одном компактном аппарате, которые до сих пор реализовывались путем последовательной работы гидроциклона и специального фильтрационного оборудования, либо гидроциклона и отстойника.

Фильтроциклон, состоящий из гидроциклонной камеры, входного, сливного и пескового патрубков, отличается тем, что цилиндрическая часть гидроциклона над крышкой разделена фильтром на фильтрационную камеру и на камеру для фильтра, снабженную патрубком для осветленной жидкости.

Важным вопросом в конструкции фильтроциклона считается уменьшение гидравлического сопротивления аппарата. Особенно это зависит от рабочей площади фильтра. Такая техническая задача решена разработкой фильтроциклона, обеспечивающего получение фильтрата (технической воды) более высокого качества путем эффективно-го разделения пространства дополнительной цилиндрической камеры на камеры для первично и вторично очищенных жидкостей фильтром крестообразной формы. В фильтроциклоне, состоящем из цилиндрической гидроциклонной камеры, входного, сливного и шламового патрубков, в верхней части снабженном дополнительной цилиндрической камерой с водовыпускным патрубком, разделенные на приемные камеры жидкостей первичной и вторичной очистки фильтром крестообразной формы [2]. Данный фильтроциклон испытан в лаборатории гидравлики ТарГУ им. М.Х. Дулати. С целью уменьшения стоимости аппарата, металлоемкости, габарита фильтроциклона, разработана более простая его конструкция, в которой одновременно осуществляются процессы гидроциклонирования и фильтрования в одной гидроциклонной камере.

Фильтроциклон, состоящий из гидроциклонной камеры, входного, сливного и пескового патрубков, отличается тем, что затопленная часть сливного патрубка выполнена в виде фильтра цилиндрической формы [3].

Фильтроциклон прост в изготовлении и эффективно очищает высокомутные воды. Результаты исследований внедрены в с. Асса Жамбылской области.

Для качественной подготовки технической воды нужно из нее улавливать частицы размером менее 0,05 мм. Цель достигается путем совмещения в одном аппарате двух принципов разделения: центробежный и флотационный, обеспечивающие улавливание взвешенных веществ и жиронефтепродуктов. В мировой практике для этого применяют гидроциклон – флотатор. Однако, как известно, гидроциклон улавливает взвешенные частицы размером более (0,05...0,1) мм. Вот для улавливания этих мелких взвесей разработан фильтроциклон – флотатор [4].

Фильтроциклон – флотатор совмещает в одной компактной установке три ранее известных аппарата: гидроциклон, фильтр и флотатор. Преимущество нового аппарата очевидно. Раньше образование воздушного столба по продольной оси гидроцикло-

на считалось нежелательным явлением, а тут оно является необходимым элементом для флотационных процессов.

Фильтроциклон – флотатор прост по устройству, наукоемкий, найдет широкое применение во многих сферах инновационной практики.

На основе хозяйственного договора с ТОО «ПОШ» разработана «фильтрационная шламожироловушка» [5], улавливающая не только крупные твердые частицы и механические взвеси, но и легкую фазу (жир, нефтепродукты, порошкообразные смеси и т.д.). Это достигается путем одновременного осуществления процессов гидроциклонирования, фильтрации и проникновения легкой фазы в перфорированную трубу. Все это происходит внутри простой цилиндрической камеры гидроциклонного типа.

Для получения осветленной жидкости такого же качества с помощью существующего оборудования необходима последовательная работа гидроциклона, фильтра и осветлителя, что многократно увеличивает капитальные вложения на эти цели.

Все вышеприведенные разработки способны работать под давлением, то есть в напорном режиме. Однако на практике часто встречаются случаи, когда необходим механический забор осветленной воды из высокомутного открытого водоисточника. Цель достигается путем одновременной реализации двух процессов: гидроциклонирования и фильтрации воды, забираемой из высокомутных водоисточников, в одной компактной установке.

Вакуум гидроциклонная насосная установка, состоящая из центробежного насоса, вакуум-гидроциклона и гидроэлеватора отличается тем, что всасывающая труба центробежного насоса установлена внутри сливного фильтра вакуум-гидроциклона, выполненного в виде цилиндрической формы, соосно [6]. Установка проста по конструкции, экономична по затрате материалов и может быть изготовлена в любой механической мастерской. Установка удобна для использования в сельской местности.

Для подготовки оборотной (технической) воды разработана фильтроциклонная насосная установка [7], состоящая из центробежного насоса, вакуум-гидроциклона и вакуум-камеры, которая отличается от аналогичных установок тем, что всасывающий патрубок центробежного насоса выполнен в виде сливного патрубка гидроциклона и рабочая полость насоса дополнена вакуум-камерой, содержащей фильтр.

Фильтрационная насосная установка эффективно очищает загрязненную воду от механических примесей и предложена для широкого применения при очистке сточных вод производств сельского и коммунального хозяйства. Она комплексно выполняет все операции в одном компактном дизайне, которые ранее осуществлялись насосом, гидроциклоном и фильтром в отдельности, занимая большую производственную площадь, что в свою очередь усложняло их эксплуатацию.

Вышеприведенные инновационные разработки относятся к ресурсосберегающим, экологически эффективным установкам, способствуют улучшению социально-экономического уровня жизни населения.

Список использованных источников

1. Инновационный патент №21448 KZ. Фильтроциклон Абдураманова. Бюл. №7, 2009 г.
2. Инновационный патент №20966 KZ. Фильтроциклон Бюл. №3, 2009 г. // Абдураманов А. Рустем Е.
3. Инновационный патент №21102 KZ. Фильтроциклон Бюл. №4, 2009 г. // Абдураманов А., Жолдасов С., Жоламанов А.
4. Инновационный патент №20981 KZ. Фильтроциклон – флотатор Бюл. №3, 2009 г. // Абдураманов А., Кариев М.А., Алиев И.Ж., Абдуова А.

5. Инновационный патент №21447 KZ. Фильтроциклонная шламозироловушка Абдураманова. Бюл. №7, 2009 г.

6. Инновационный патент №21025 KZ. Вакуум–гидроциклонная насосная установка. Бюл. №3, 2009 г. // Абдураманов А.

7. Инновационный патент №20825 KZ. Фильтрационная насосная установка. Бюл. №2, 2009 г. // Абдураманов А., Жумабеков А.А., Алиев И.Ж., Мусаев А.И.

УДК 631.6:556.51:556.16

ПОЛОВОДЬЯ И ИХ ГИДРОГРАФЫ НА р. ДЕСНЕ В ПРЕДДВЕРИИ УРБАНИЗАЦИИ НОВОЙ МОСКВЫ

В. А. Павлущенко

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

Развитие крупных городов, в том числе и г. Москвы идет по пути поглощения прилегающих территорий и создания вместо естественных – искусственных ландшафтов, которые часто вступают в противоречие с природой.

Так, в начале XIX века в центре Москвы под землю была запрятана река Неглинная. Причина – стоки в реку из многочисленных куч навоза на ее берегах, что портило внешний вид и впечатление от столицы при приезде иностранных государей.

В 70-е годы XX века под землю была спрятана и р. Жабенка, протекающая в нескольких десятках метров от ВНИИГиМ. Причина неизвестна. То ли из-за названия, хотя можно было бы переименовать ее в р. Жданку, то ли городским строителям нужен был для выполнения плана объем работ и возиться с дешевыми земляными работами не захотели (например, Фермерские пруды возле Лиственничной аллеи с напрасно забетонированными берегами), поэтому и спрятали реку под землю. Казалось бы, речку нужно было бы почистить, облагородить ее берега смесями трав, древесными и кустарниковыми насаждениями и оставить как пример бережного отношения к естественным водотокам.

В бассейне р. Жабенка находятся и сельскохозяйственные земли, пруды, лесная дача Тимирязевской сельскохозяйственной академии, которые вошли в состав г. Москвы в мае 1941 года, переданные из Октябрьского района Московской области. Еще в 60-е годы XX века Лиственничная аллея полностью располагалась среди полей. Со временем, постоянно развиваясь, город окружил со всех сторон уникальную территорию ТСХА, на которой до сих пор проводятся многолетние научные опыты и ведется сельскохозяйственное производство. Следовательно, мы столкнулись со знаменательным явлением, которое даже и не осмыслили, стиранием грани между «городом и деревней», хотя «горячие головы» до сих пор хотят все заасфальтировать, все перекопать и ликвидировать. С ростом численности населения все больше городских конгломератов будет окружать сельскохозяйственные земли и особо ценные территории, и эти категории земель должны мирно уживаться, для чего уже сейчас необходимо принять соответствующие законы и правовые акты.

1 июля 2012 года, согласно Постановлению Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации от 27 декабря 2011 г. N 560-СФ "Об утверждении изменения границы между субъектами Российской Федерации городом федерального значения Москвой и Московской областью" многие малые реки Московской области, в том числе и р. Десна, стали водными объектами Новой Москвы.

До начала урбанизации природы Новой Москвы, представляют научный интерес гидрологические наблюдения на ее водотоках. Нами проведены многолетние наблю-

дения за прохождением паводка на р. Десне, левом притоке р. Пахры, впадающей в р. Москву. Десна, десница - на старославянском языке, обозначает правую сторону. Из-за бездорожья, заболоченности и залесенности территорий славяне осваивали речные бассейны снизу вверх, и встретившийся на их пути правый приток р. Пахры назвали р. Десной, хотя перенос имени реки из мест прежнего обитания также не исключается.

Река Десна начинается со слияния р. Пахорки и р. Бутыни у населенного пункта Калининца, расположенного в 10 км на северо-запад от Киевского шоссе (рис. 1). Ее исток находится в Московской области, а после Киевского шоссе речка течет в Новой Москве и впадает в р. Пахру напротив поселка Дубровицы. Согласно измерениям с помощью электронного циркуля векторной цифровой карты фирмы «ИНГИТ» [3, карта Московской обл.], р. Десна имеет длину 69 км и по ГОСТ 19179-73 принадлежит к малым рекам. Однако гидротехники, характеризуя реки, применяют комплексный подход, который наиболее полно отражен в классификации А.Н. Костякова [1, стр. 187; 2, стр. 21]. По его классификации р. Десна принадлежит к малым рекам I группы.

По Костякову предполагается, что показатель отношения площади водосбора к площади административной территории характеризует влияние реки на хозяйство этой территории. Следовательно, **после урбанизации территории Новой Москвы все будет наоборот**, площадь городской застройки будет влиять на гидрологические и гидрогеологические характеристики реки.



Рисунок 1 - Маршрутные и речные фрагменты электронной карты фирмы «Ингит» с рекой Десной на всем ее протяжении (внесены дополнения)

При комплексном использовании ресурсов малых рек, как для бассейнов рек с преобладающим развитием сельского хозяйства, так и для бассейнов с развитым промышленным и городским хозяйством, А.Н. Костяков ввел приоритеты забора воды разными отраслями народного хозяйства.

Все пригодные по качеству и количеству подземные воды бассейна используются для нужд водоснабжения, а поверхностные воды для водоснабжения промышленных предприятий или городов при недостатке подземных вод. Возвратные воды – сточные воды промышленных, сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов, а также сбросные воды мелиоративных систем, должны очищаться и направляться на орошение или в речную сеть.

Сейчас в бассейне р. Десна переходной период от сельскохозяйственного использования территории к городскому. Поэтому необходимы научные исследования

изменений в бассейне реки в сопоставлении с прежним сельскохозяйственным периодом. Самый простой способ исследований может быть проведен с помощью наблюдений за уровнями воды в реке, так как государственная гидрологическая сеть водомерных постов на малых реках практически отсутствует. Большой интерес представляет изучение гидрографов половодий и паводков. В эти периоды в реку притекают воды с сельскохозяйственных полей, лесных массивов и населенных пунктов. Форма гидрографа характеризует речной сток и зависит от метеорологических факторов, состояния поверхности водосбора и его геологического строения.

Измерения уровней воды, для построений гидрографов половодий, были начаты в 2008-2009 гг. в нижнем течении р. Десны на расстоянии 11,8 км от устья (по прямой 5,2 км) в районе плотины фабрики 1 Мая. Определения уровней каждый год делались от одних и тех же фиксированных точек местности (мост, насосная станция, старые деревья, устои плотины, стенки быстротока). В начале половодья измерения делались через 1-2 дня, а в пик - 2 раза в день (утром и вечером), при этом ранее достигнутый уровень воды определялся по смоченной коре деревьев сразу после ее спада (высота смоченной коры добавлялась к измеренному в данный момент уровню воды). Уровни воды измерялись рулеткой с точностью 0,5 см, которая является достаточной для построения качественных линий тренда измеренных точек (рис. 2). Позже измерения были распространены на район реки у насосной станции, расположенный ниже по течению в 4,2 км (2,8 км по прямой).

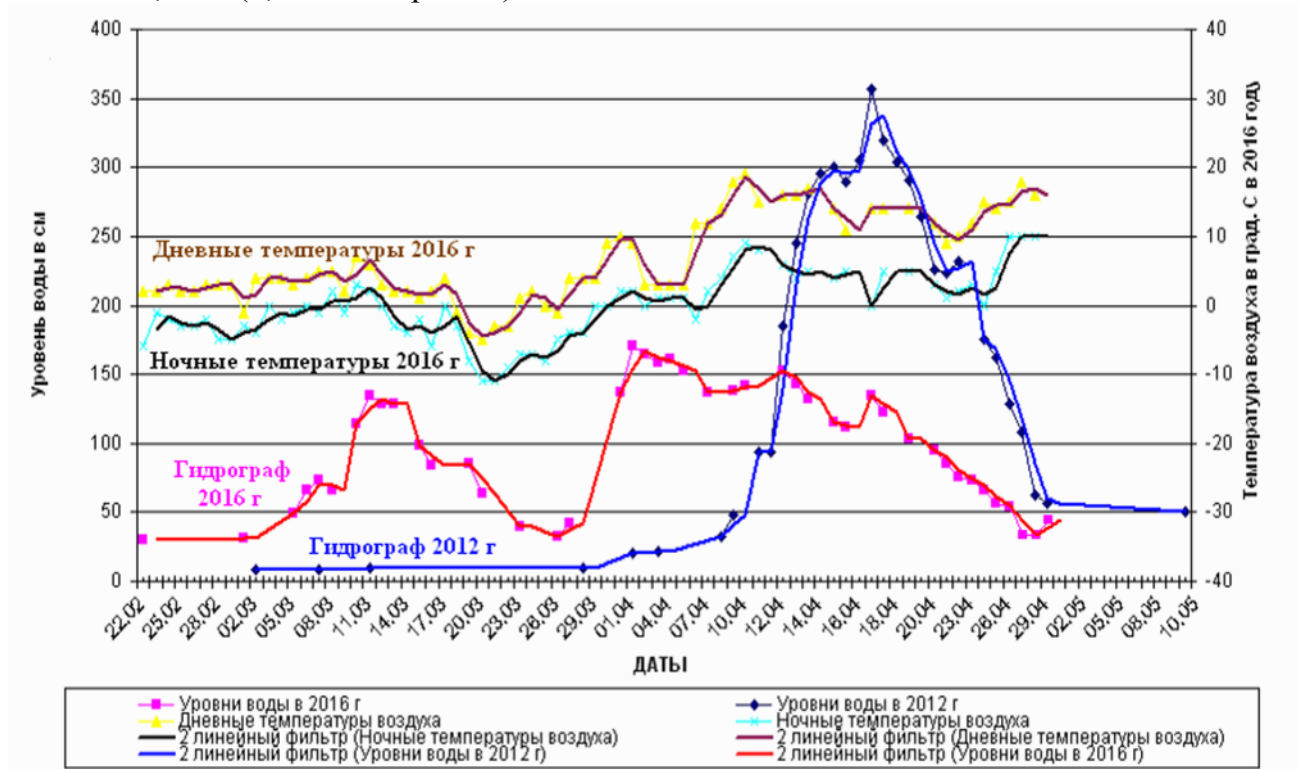


Рисунок 2 – Гидрографы половодий на р. Десне в новой Москве

Гидрограф половодья 2012 г. имеет типичную форму гидрографа после морозной зимы (рис. 2). С 2.03.2012 по 28.03.2012 гг. уровни воды практически не менялись и составляли 8-10 см. Подъем уровня воды начался 30 марта-1 апреля, с 9 апреля 2012 г. шел их бурный подъем с достижением вершины в 357 см над меженным уровнем 17 апреля, а потом быстрый спад (а не медленный, как на больших реках) до уровня

57 см уже 29 апреля 2012 г. Подобные гидрографы наблюдались в 2010, 2011, 2013 годах.

Совсем другие формы имеют гидрографы «слякотных зим» 2014, 2015 и 2016 годов. Они имеют несколько вершин, с уровнями воды выше меженного и по времени начинаются раньше - уже в начале марта.

Половодье в 2016 году, началось 3-5 марта, уровни воды не вышли из коренных берегов (выход начинается при превышении отметок в 190-200 см). 19-26 марта дневные температуры опустились ниже нуля градусов, и уровни воды начали падать, достигнув 26 марта прежних отметок в 30 см, но уже 27 марта при дневных положительных температурах, начался подъем воды. С 17 апреля мы наблюдаем классическую прямую спада. На малых реках нет кривых спада, а существует линейная зависимость уровней спада воды h от времени:

$$h = \operatorname{tg}\alpha * t ,$$

где α – угол наклона линии спада к оси времени t .

На малых водотоках фильтрация грунтовых вод идет прямо в реку, а на больших реках мы имеем дело с суммой стоков многих рек, поэтому там одна из ветвей гидрографа и имеет вид кривой спада.

Река Десна, протекая с запада на восток на расстоянии более 10 км от Москвы, перед г. Щербинка поворачивает на юго-восток, а потом на юг, за последнее десятилетие начала испытывать тепловое загрязнение как от Москвы (Южное Бутово), так и от городов и населенных пунктов в ее бассейне и за его пределами (г. Подольск). Тепловое загрязнение проявляется в отсутствии ледохода на реке, то есть река перестала замерзать на всем своем протяжении. Однако это обстоятельство не привело к биологическому загрязнению и развитию в водах реки водорослей и водной растительности. Следовательно, тепловое загрязнение идет от ТЭЦ и других источников, работающих зимой на отопление населенных мест.

Берега реки или обсажены деревьями, или к ним подходят лесные массивы и даже в половодья и паводки практически отсутствует их размыв, за исключением большого размыва левого берега нижнего бьефа плотины фабрики 1 Мая, который свидетельствует о проектной ошибке в расчетах водосброса.

Даже в пасмурную погоду, во многих местах, дно реки просматривается до глубины 0,5 м и более, что свидетельствует о прозрачности и чистоте воды.

Рядом с рекой находится знаменитая усадьба Остафьево, где Карамзин писал «Историю Государства Российского» и куда часто приезжал Пушкин. До наших дней сохранился остаток Большой Серпуховской дороги, по которой он ездил.

Максимальная высота уровня воды в 403 см над меженью наблюдалась в 2013 г.

Необходимо обратить внимание на мосты. В целях экономии большинство мостов в Московской области и Новой Москве, построены не выше 1-1,5 м над меженным уровнем и в половодье заливаются на срок от 2 недель до месяца, при этом некоторые населенные пункты оказываются полностью отрезанными от окружающего мира. Половодье некоторых рек протекает бурно, и не всегда через них можно переправиться даже на лодке. Поэтому МЧС для таких населенных пунктов при ширине разлива реки до 30-40 м перед половодьем должно собирать сборно-разборные пешеходные мостики, а для более широких разливов рек - навесные (канатные, цепные, тросовые) мостики. В настоящее время такие пешеходные мостики отсутствуют.

Выводы

1. Все спрятанные подземные реки необходимо раскрыть и вывести на дневную поверхность, в том числе р. Неглинную. Тогда во время ливней в центре Москвы не

будет подтопления улиц. Кроме того, раскрытие рек будет способствовать соблюдению экологической чистоты в городе.

2. С ростом численности населения, все больше будет случаев, когда городские конгломераты, разрастаясь, начнут окружать сельскохозяйственные и особо ценные земли. Поэтому юристы, совместно с техническими специалистами, должны разработать законодательные и другие правовые акты о внутренних границах городов и «мирном сосуществовании» таких категорий земель. При «валовой» передаче территорий необходимо указывать не только их внешние границы, но и внутренние, с особо ценными землями и объектами другого подчинения. 70 лет назад, сотрудники АН СССР совместно с А.Н. Костяковым не могли знать, что в будущем будут нужны и правовые исследования сочетаемости промышленных, городских и сельскохозяйственных земель в бассейнах рек.

3. За последнее десятилетие, на р. Десне наблюдается отсутствие ледохода, что свидетельствует о тепловом загрязнении реки. В связи с производственно-хозяйственными изменениями в бассейне реки, вызванными изменениями границ г. Москвы и Московской обл., тепловое загрязнение может возрасти, что автоматически приведет к биологическому загрязнению (бактерии, водоросли и т. п.). Поэтому, в проектных решениях по освоению городом новых территорий должны быть предусмотрены мероприятия, снижающие тепловое загрязнение р. Десны, что даст экономию материальных и финансовых ресурсов.

4. После схода загрязненных поверхностных вод, во многих местах нижнего течения реки наблюдается чистая прозрачная вода (дно просматривается до 0,5 м и глубже). Чтобы сохранить чистоту воды, при массовой застройке бассейна реки, необходимо построить очистные сооружения для ливневых и промышленно-бытовых стоков.

5. Для защиты реки при массовом посещении ее населением необходимо создание рекреационных зон.

6. Состояние и глубины реки зависят от древесных насаждений. Показателен исторический пример. Чем больше Петр I на Дону строил кораблей, вырубая деревья в верховьях реки, тем больше мелел Дон, в связи с чем ранее построенные порты и верфи приходилось переносить все ниже и ниже по течению Дона. Поэтому, чтобы р. Десна не обмелела и не пересохла, что значительно уменьшит сток р. Пахра, а отсюда и нижнего течения р. Москвы, необходима «щадящая» вырубка древесных насаждений и лесов. Вырубка деревьев и лесных массивов должна строго контролироваться.

7. На малых реках гидрографы не имеют кривых спада воды в конце половодья. Здесь существует функциональная линейная зависимость спада воды от времени.

8. Для населенных пунктов Новой Москвы и Московской области, с которыми во время прохождения половодья полностью прерывается сообщение, МЧС заблаговременно должно сооружать сборно-разборные или навесные пешеходные мостики.

Список использованных источников

1. Костяков А.Н. Основные принципы и методы использования водных ресурсов малых бассейнов (в средней полосе европейской части СССР) / А.Н. Костяков // Изв. АН СССР. Отд. техн. наук. – 1946 - №2 – с.185-198
2. Соболев С.В., Февралев А.В. Использование водной энергии малых рек, Нижний Новгород, НН ГАСУ, 2009, с. 284
3. Электронный ресурс, Компакт-диск «Все регионы России 2005» выпуск GWRU-03/05, ООО «ФИРМА «ИНГИТ», 2005 г.

С.А. Сидорова

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

В данной статье рассмотрены проблемы состояния водных ресурсов в связи с хозяйственной деятельностью. Проанализированы характерные особенности антропогенного воздействия на водные объекты и его последствия. Выявлена и обоснована необходимость организации мониторинга водных объектов поверхностного стока (реки) с применением информационных технологий и компьютерных программ. Представлен пример компьютерного моделирования распространения пассивных загрязнений в створе реки. На основе проведенного исследования автором рассматривается необходимость создания информационно-экспертной системы в современных условиях мониторинга водных объектов, отражающей динамику состояния водных ресурсов.

В большинстве регионов РФ в настоящее время отмечается значительное антропогенное воздействие на водные ресурсы. Общий объем сбросов в поверхностные водоемы достигает 48 096 млн. м³, из них загрязненных сточных вод 15 966 млн. м³ (2011г.) [1]. В результате происходит загрязнение поверхностных вод нефтепродуктами, аммонийным и нитритным азотом, фенолом, соединениями меди, железа, цинка, марганца и кадмия. Радиоактивное загрязнение поверхностных вод на территории России происходит за счет смыва осадками с загрязненной поверхности почвы техногенного радионуклида – стронция ⁹⁰Sr, который способен растворяться в воде почти на 95%, что способствует его миграции на большие расстояния по гидрографической сети (р. Кама, р. Вишера). В результате мелиоративных, сельскохозяйственных мероприятий, промышленной деятельности происходит также изменение стоковых параметров водных объектов, отмечаются факты количественного истощения водных ресурсов. Так, забор воды на орошение в вегетационный период в год 95%-ой обеспеченности может привести к изменению стока от 5 до 15% (р. Элегест), на реках Красноярского края процент изменения стока может достигать от 10 до 25% (р. Аскиз, р. Табат, р. Бея). Выработка решений по использованию водных ресурсов должна основываться на результатах мониторинга водных объектов, который включает комплексную оценку состояния водных ресурсов, динамику формирования и загрязнения стока, прогноз последствий антропогенного воздействия. На основе сбора, анализа и обобщения фактических данных о водных объектах по территориям их водосборных бассейнов необходимо создавать динамическую (предусматривающую текущие изменения состояния) информационно-экспертную систему (ИЭКС) мониторинга водных объектов. Разработка информационных технологий на современном уровне, компьютерных программ с использованием численных методов, позволит вести наблюдение за водосборами, отдельно выделенными его элементами (водотоки, притоки, малые реки и т.д.) по целевым показателям; проигрывать различные сценарии использования и загрязнения водных объектов в процессе хозяйственной деятельности или ее развития. Это, в свою очередь, даст возможность планировать развитие (ограничение) водохозяйственной деятельности, определять вид хозяйствования, снижать антропогенную нагрузку на водные объекты. Следование решению, принятому по анализу данных информационно-экспертной системы, позволит бережно использовать и экономно расходовать водные ресурсы, определять экономически выгодное направление развития регионов в бассейнах рек. Наполнение данными информационно-экспертной

системы в режиме on-line может осуществляться с привлечением системы спутниковой связи GLONASS.

Наряду с возрастающей потребностью в водных ресурсах и возникающем дефиците при растущем изъятии, немаловажным негативным фактором, влияющим на состояние водных объектов, остается проблема сброса сточных вод, неочищенных до установленных нормативов. В перечень основных источников, загрязняющих водные объекты, входят сточные воды предприятий АПК, рассредоточенный (диффузный) сток с сельскохозяйственных площадей, загрязненной поверхности почвы, как следствие - трансграничные межхозяйственные отношения. Сокращение антропогенного воздействия на водные объекты с их водосборными территориями, охрана и предотвращение деградации, в первую очередь малых рек, поскольку они составляют около 50% всего речного стока, позволит восстановить водные экосистемы, повысить качество воды. Поскольку водные бассейны являются сложными динамическими системами, речной бассейн можно рассматривать как парагенетическую систему, где отмечается взаимодействие взаимозависимых элементов. Таким образом, объем неочищенных и не нормативно очищенных сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, катастрофически увеличивается, распространяясь по всему водосборному бассейну. Так, вода р. Дон в большинстве створов характеризуется как загрязненная и очень загрязненная. Существенное негативное влияние на качество воды в р. Дон оказывает р. Северский Донец с характеристикой загрязнения – «очень загрязненная» (класс 3-«б») и «грязная» (класс 4-«а») на территории Ростовской области. Притоки р. Северский Донец загрязнены сульфатами (р. Оскол, р. Нежеголь), концентрация которых достигает уровня высокого загрязнения (ВЗ) в результате сброса сточных вод предприятиями ЖКХ, металлургического комбината и др. на территории Белгородской области. В результате неочищенных сбросов также происходит температурное, химическое и бактериологическое загрязнение водных объектов (р. Северная Двина), снижение показателей водности - обмеление, пересыхание и негативные изменения русловых процессов - заиление, зарастание, изменение формы русел, что приводит к ухудшению экологического состояния водосборов в целом.

При мониторинге и составлении прогнозов антропогенного воздействия на водные объекты необходимо формирование комплексной оценки водосборного бассейна, формирование баз данных, включающих в себя характеристики водных объектов бассейна; данные об ограничениях и разрешениях водопользования, позволяющих накапливать объем информационных ресурсов, необходимых для разработки стратегии и планирования экономического развития территории, региона.

Применение методов математической обработки фактических данных наблюдений, результатов дистанционного зондирования, систем картирования, использование программирования и компьютерного моделирования, даст возможность получить многофакторную картину влияния хозяйственной деятельности на состояние водных объектов. Применение программирования и компьютерного моделирования позволит не только получить реальную картину состояния водного объекта по загрязненности водных ресурсов от фактических показателей примесей сбросов, но и даст возможность проводить сценарные исследования по загрязнению водного объекта при развитии АПК, прогнозировать развитие экологической ситуации. Представлен один из примеров расчета программной модели распределения химически пассивных примесей при попадании в водный объект от источника [2]. Компьютерная модель позволяет проводить наблюдения интенсивности загрязнения в выбранных створах расчетной области

водного объекта в интервале времени сброса; следить за протяженностью распространения загрязнения по руслу; ставить сценарии распределения твердых осадков. Расчет выполнен с применением численных методов и решением полных трехмерных уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости со свободной поверхностью. Модель турбулентности – динамика больших вихрей (LES). Исходная геометрия участка реки представлена фактической натурной геометрией р. Большая Тигма, которая является притоком р. Тверца (Тверская область), впадающей в реку Волга (рис.1).

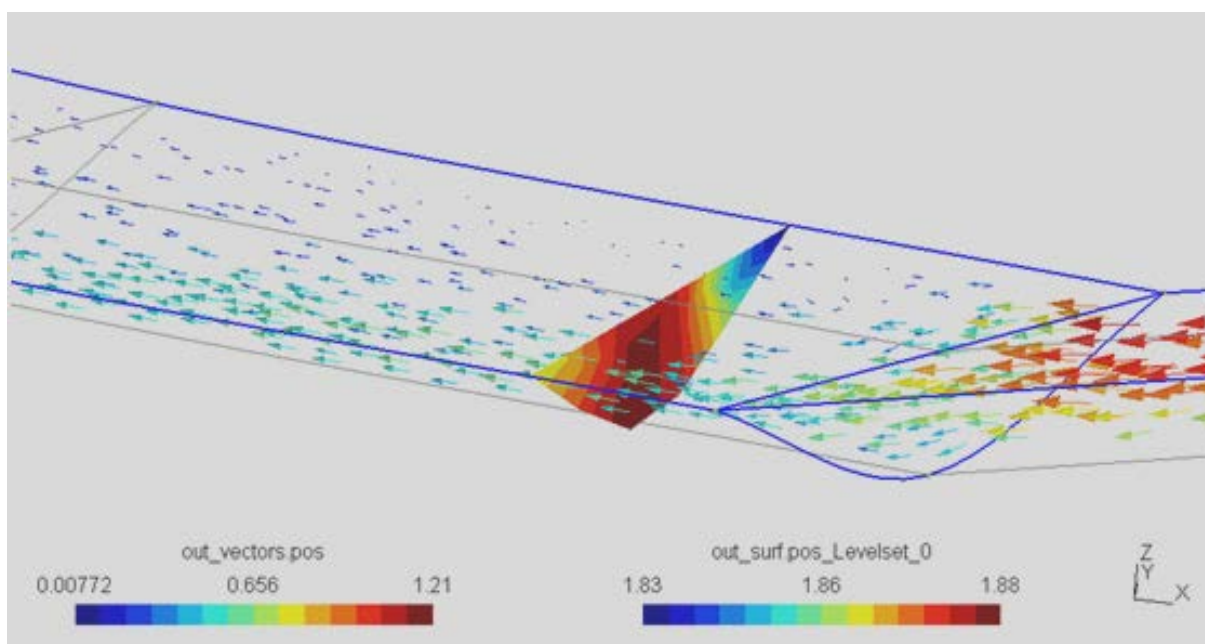


Рисунок 1 - Распределение химически пассивных примесей от источника в области возвратных течений (интенсивность распределения твердого осадка в поперечнике)

Создание и организация системы мониторинга водных объектов состоит из решения многих трудоемких, но очень важных задач, требует привлечения специалистов в широком научном диапазоне и финансирования в значительном объеме на фоне очевидной целесообразности проведения и выполнения такого рода исследований. Экономическая эффективность от проводимого мониторинга водных объектов, по меньшей мере, выразится в объемах сохраненных и восстановленных водных ресурсов; сэкономленных, в результате лицензирования водопользования на базе детального гидрологического обоснования; уровне рентабельности и доходности вновь создаваемых предприятий АПК.

Список использованных источников

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году», М., 2013 г.
2. «Разработать рекомендации по восстановлению, комплексному использованию и охране ресурсов водных объектов АПК», отчет НИР ГНУ ВНИИГиМ РАСХН, М., 2008 г.

МЕТОДЫ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СКВАЖИННЫХ ВОДОЗАБОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Цимбалов

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина», ООО НО «Архимед», г. Саратов, Россия

Переход экономики России на инновационный путь развития определил концепцию стратегии социально-экономических отношений на период до 2020 года, где приоритетное значение отведено Водной стратегии Российской Федерации до 2020 года. Программой для АПК [1] предусмотрено повышение водообеспеченности в системе ВКХ городских, сельских поселений, мелиоративно-водохозяйственных комплексах и других целях.

Большая роль в рациональном использовании водных ресурсов страны отводится подземным водам, как наиболее защищенным от загрязнений и более равномерно распределенным по территории РФ, чем поверхностные источники.

Ежегодное строительство новых скважин, эксплуатация вновь пробуренных и поддержание состояния скважин, построенных еще в период СССР, требуют организации технического обслуживания этого фонда на современном уровне. Это делает разработки новых методов технологий ремонта и технических средств скважинных водозаборов в РФ актуальными. Поэтому проблема обеспечения работоспособности скважин и эксплуатационной надежности водоприемной части (фильтра) становится важной народнохозяйственной задачей.

Обеспечение долговечности использования скважин позволяет экономить финансовые ресурсы и не нарушать экологическое равновесие природных систем, не загрязняя их.

Скважина является водозаборным, инженерным сооружением с целью добычи и использования подземных вод, требующим для надежной эксплуатации проведения комплекса технических мероприятий в течение жизненного цикла. Поддержание проектной производительности скважин обеспечивается организацией и планированием операций по техническому обслуживанию и ремонту [2].

Техническое обслуживание по периодичности, объему и трудоемкости состоит из ежедневного (ЕО), технического (ТО) и сезонного (СО). В зависимости от технического состояния скважины и разработанной для нее технической документации устанавливается периодичность ТО. Минимальное количество ТО в год для скважин составляет 3-4 обслуживания.

Для скважинных водозаборов основанием планирования и ведения ремонтно-восстановительных работ (РВР) становится снижение дебита за счет нарушения водообеспеченности фильтровой части скважины, вызванной кольматацией (механической, физико-химической, биологической, комбинированной) [3-6]. Производительность скважины снижается до не допустимого уровня эксплуатации. Восстановление проектной производительности после снижения ее до критического уровня возможно: а) со строительством новой скважины; б) с выполнением комплекса специальных технологических операций [7-9]. Стоимость РВР может составить 25-30% от общих затрат на строительство нового водозабора.

Обеспечение эксплуатационного процесса скважин происходит при следующих критериях надежности: ремонтпригодности и долговечности. Ремонтпригодность скважин зависит от вероятности отказов и продолжительности устранения их последствий. Результаты мониторинга по выполнению РВР для определения средней продолжительности восстановления скважины определяется по выражению (1):

(1)

где: t_0^P – средняя продолжительность РВР, ч; t_i - продолжительность отдельных операций РВР, ч; n - количество РВР за период наблюдения.

Вероятность продолжительности выполнения РВР:

$$P(t) = 1 - e^{-kt}, \quad (2)$$

где: k – степень (частота) интенсивности РВР, принимается по [10, табл.2.5.]; t - продолжительность РВР, ч.

Долговечность скважины определяется ее способностью сохранять эксплуатационный процесс до наступления предельного состояния, при установленной системе технического обслуживания (ТО) и капитального ремонта (КР). Наступление предельного состояния (ТО, КР) ожидается в течение регламентированного нормативного ресурса [t]. Для скважинных водозаборов он принят 25 лет из расчета непрерывной работы 10 000 суток (27,4 года). Время ведения ТО составляет 2-3 года, КР 5-10 лет в зависимости от проектной документации, определяемой гидрогеологическими, технологическими условиями и нормативно-техническими требованиями. Следует учитывать возможность сочетания вариантов: временных водозаборов (например, строительных) со сроком 3-5лет, периодических водозаборов (например, мелиоративно-водохозяйственного комплекса) со сроком эксплуатации до 6 месяцев в году.

Значение фактической продолжительности эксплуатации скважины определяется по формуле (3):

(3)

где: t_0^F – средняя продолжительность эксплуатации скважины до РВР, ч;
 t_i - продолжительность эксплуатации скважины до РВР за период наблюдения, ч;
 n_i - количество продолжительности эксплуатации скважины до РВР, ресурс которых составил t_i ;

n – общее количество повторов продолжительности эксплуатации скважины до РВР за период наблюдения.

Опыт ООО НО «Архимед» в работе с водозаборными скважинами на территории Саратовской области (обследование технического состояния, диагностика, ремонт, профилактика кольматации) показал низкий уровень технической культуры в обслуживании инженерных систем, в том числе скважинных водозаборов. Слабый контроль эксплуатационных параметров, запущенность в ведении системы планово-предупредительных работ приводит водозаборное сооружение в режим ЧС, после которого методы ремонта чаще всего носят уже реанимационный характер [11] с резким снижением жизненного цикла скважины. Низкий уровень буровых работ постоянно пополняет количество скважин, требующих выполнение внеплановых РВР. Анализ наших исследований показал, что тренд некондиционных скважин сохраняется с середины 90-х годов прошлого века. В таблице 1 приведены данные по условиям долговечности скважинных водозаборов. Откуда видно, что только 5% могут превысить регламентированный нормативный ресурс [t]. Эти скважины по условию долговечно-

сти $\geq [t]$ относятся к сверх долговечным. Остальные скважины - 95% нуждаются в РВР. Из них 60% относятся к ремонтным ресурсам условно ремонтнопригодными и составляют выборку (группа №1) недолговечных скважин $t_0^F \ll [t]$. В скважинах, которые считаются долговечными (группа №2) в процессе эксплуатации выполняется условие $t_0^F \leq [t]$.

Таблица 1 - Фактическая продолжительность эксплуатации водозаборных скважин на территории Саратовской области [Цымбалов, 2016]

№ п/п	Наименование группы выборки	Фактическая продолжительность эксплуатации скважин t_0^F , (лет)	Условие долговечности скважин	Доля выборки, (%)
1.	Группа №1	3-5	$t_0^F \ll [t]$ (не долговечные)	60
2.	Группа №2	10-15	$t_0^F \leq [t]$ (долговечные)	35
3.	Группа №3	15-25	$t_0^F \geq [t]$ (сверх долговечные)	5

Продление долговечности скважин зависит от методов ремонта и рекомендуемого межремонтного периода после регенерации фильтровой зоны скважины. В практике большое применение нашли методы [4,5,12-14,16,17]: реагентные, импульсные, комбинированные (табл. 2).

Таблица 2 - Межремонтные периоды водозаборных скважин в зависимости от методов ремонта [Цымбалов, 2016]

№ п/п	Метод ремонта	Период устойчивой работы скважины после регенерации (мес.)	Межремонтный (рекомендуемый) период (мес.)
1.	Взрыв торпед из детонирующего шнура (ТДШ)	3	8
2.	Воздействие пневмовзрывом (ВПВ)	1	5
3.	Электрогидроударный (ЭГУ)	2	7
4.	Вибрационный	12	24
5.	Акустический	8	15
6.	Реагентный	6-13	20-33
7.	Комбинированный (ВИГДОС-СИЦА)	18-24	36-72

Из таблицы 2 видно, что значительный разброс данных МРП объясняется тем, что ремонт скважин осуществлялся в зависимости от технического состояния (степени закольматированности околоскважинной зоны) исследуемого объекта, метода ведения РВР и физико-механических свойств сформированного кольматанта.

Опыт восстановления скважин на территории Саратовской области по методу ВИГДОС-СИЦА разработанному в ООО НО «Архимед» [11,13,15] на скважинах глубиной 25-80 м показал (выборка из 50-ти скважин) с различной степенью прочности кольматационного осадка [6,15]: МРП (min) =(1,5-2,0) года, МРП (max) =(3-6)лет.

Выводы:

1. Долговечность скважинного водозабора зависит от метода ремонта и рекомендуемого межремонтного периода после регенерации фильтровой зоны.

2. Практика ведения ремонта на территории Саратовской области ООО НО «Архимед» показала возможность увеличить межремонтный период методом ВИГДОС-СИЦА по сравнению с другими методами.

Работа выполнена в рамках Программы НИР НО «Архимед» Арх. № ТЭР-Р 642012-0001.000 «Исследование процессов кольматации околоскважинной среды и разработка методов декольматации водозаборных скважин».

Список использованных источников

1. Водная стратегия агропромышленного комплекса России на период до 2020 года. - М.: Изд-во ВНИИА, 2009. -72 с.

2. Цымбалов А.А. Ресурсосберегающая и энергоэффективная технология регенерации скважин применительно для строительного комплекса и ЖКХ // Ресурсо-энергоэффективные технологии в строительном комплексе: сб. науч. тр. Сарат. гос. техн. ун-т. по матер. 3-й межд. науч.-практ. конф. в 2-х т., Т.2. - Саратов: СГТУ, 2015. -С.23-26.

3. Руководство по проектированию, сооружению и эксплуатации бесфильтровых водозаборных скважин / Всесоюз. НИИ гидротехн. и мелиор. им. А.Н. Костякова Минводхоза СССР. -М.: Стройиздат,1982. -88с.

4. Морозов Э.А. Справочник по эксплуатации и ремонту водозаборных скважин / Э.А. Морозов, А.В. Стецюк. -Киев: Будівельник,1984. -96с.

5. Рекомендации по виброреагентному восстановлению производительности скважинах / Под ред. В.С. Алексеева, В.В. Верстова. -М.: ВНИИ ВОДГЕО,1980. - 130 с.

6. Цымбалов А.А. Результаты исследований структуры кольматационных отложений в водозаборных скважинах / Геологические науки - 2014: сб. науч. тр. Сарат. гос. ун-та и Нижне-волжск. НИИ геол. и геофиз. по матер. всерос. науч.-практ. конф. - Саратов: Изд.-во СО Евро-азиат. геофиз. общ-ва, 2014. - С.79-81.

7. Рожков А.Н. Водоснабжение и водоотведение в сельском хозяйстве // СОК. -№9. -2010.- Режим доступа <http://www.c-o-k.ru/articles/vodosnabzhenie-i-vodootvedenie-v-sel-skom-hozyaystve>. (дата обращения 03.03.2016).

8. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта мелиоративных систем и водохозяйственных сооружений в РСФСР. М.,1987. - Режим доступа http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_14086.htm. (дата обращения 03.03.2016).

- 9. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. МДК 3-02.2001. -М. 2000. -123с.// Режим доступа <http://base.garant.ru/12127805/>.(дата обращения 03.03.2016).

- 10. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: справочник / Под ред. В.Д. Дмитриева, Б.Г. Мишукова. -Л.: Стройиздат,1988. -383с.

11. Цымбалов А.А. Регенерация подземных источников при проведении восстановительных работ после чрезвычайных ситуаций // Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире: сб. науч. тр. РАН, Ин-т геозк.РАН, Всерос. НИИ ГОЧС (ФЦ) по матер. 9-ой межд. науч.-практ. конф. «Геориск-2015» в 2-х т., Т.2.; под ред. акад. РАН В.И.Осипова. -М.: РУДН, 2015. - С.415-419.

12. Рекомендации по импульсным методам восстановления производительности скважин на воду / В.С. Алексеев, В.Т. Гребенников, Е.Ю. Щеголев [и др.]. - М.: Изд-во ВНИИ ВОДГЕО,1979. - 114 с.

13. Цымбалов А.А. Новые возможности метода очистки водозаборных скважин с импульсной активизацией призабойной зоны // Озон и другие экологически чистые окислители. Наука и технологии: сб. науч. тр. хим. фак-та МГУ им. М.В. Ломоносова по матер. 33-го всерос. семинара. -М.: Макспресс, 2015. - С.112-122.

14.Ивашечкин В.В., Шейко А.М., Кондратович А.Н. Регенерация скважинных и напорных фильтров систем водоснабжения/ Под ред. В.В. Ивашечкина. – Минск: БНТУ, 2008. – 277 с.

15.Цымбалов А.А. О прочностных особенностях кольматанта водозаборных скважин и деструктивных методах воздействия // Водоснабжение, водоотведение, экологическая безопасность строительства и городского хозяйства: сб. науч. тр. НПО ВОДГЕО. Вып. 17. - М: Изд-во ДАР/ВОДГЕО, 2015. - С. 110-112.

16.Груздева Е. Ремонт скважин как путь оптимизации местного водоснабжения //Инженерные системы. -2011.-№1.-С.16-18.

17.Богданов Н.И. Эксплуатация и регенерация скважин на воду / Н.И. Богданов, А.Я. Третьяк, П.А. Павлунишин [и др.]. - Новочеркасск: Лик, 2008. -151с.

УДК 627.15

НЕОБХОДИМЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБСЛЕДОВАНИЮ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКОГО И ТВЕРДОГО СТОКА

А.О. Щербаков, А.В. Фирсов

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

Для разработки системы регулирования жидкого и твёрдого стока в элементах оросительной сети необходимо оценить состояние всех элементов гидротехнического комплекса гидромелиоративных систем (ГМС), получить исходные данные. На основе таких данных проводится мониторинг русловых процессов, аналитическая работа, разрабатываются выходные документы, рекомендации по эксплуатации проектируемых или реконструируемых ГМС, ТЭО на строительство или реконструкцию ГМС, технический проект комплекса ГМС, осуществляется строительство или реконструкция ГМС согласно проекту в сопровождении авторского надзора.

Мелиоративная система, как правило, включает источник (река), головные отстойники или делители потока и промывные устройства, головное водозаборное сооружение, магистральный канал (канал 1-го порядка), внутрисистемные отстойники или накопители стока, каналы низших порядков (2-го, 3-го, 4-го) и регулирующие гидротехнические сооружения.

Для получения данных, необходимых для оценки состояния мелиоративного объекта и принятия решений, обеспечивающих надёжную его эксплуатацию, необходимо провести мониторинг состояния водозабора, включающий:

1. Сбор данных об объекте за предыдущие годы (проектные и гидрометрические данные, батиметрию, топографию, состав и режим движения взвешенных наносов и донных отложений, исходные данные о плановых и глубинных деформациях речного русла, данные о расходах, уклонах и уровнях воды в створе водозабора, другие данные по эксплуатации водозаборного узла).

2. Обследование реки-водоисточника на текущий период: гидрологические наблюдения (подъём и спад паводка, меженный и зимний периоды, расходы и уровни воды, определение расходов и состава взвешенных и донных наносов, измерения скоростей потока в поперечных сечениях, русловая съёмка на участке водозабора). При необходимости данное обследование проводится в течение 2-х – 3-х лет.

3. Обследование подводящего канала-отстойника к шлюзу-регулятору, гидрометрические измерения, батиметрия, определение объёмов деформаций, измерение расходов, уклонов и уровней воды, измерение, определение состава и расходов взвешенных и донных наносов и состава донных отложений.

4. Мониторинг состояния головного регулирующего сооружения: состояние плотины, её береговых устоев, щитов, подъёмных механизмов, гасителей водной энергии, сбор данных о режиме работы щитовых отверстий и графике пропуска через них расходов воды, измерение состава и расходов наносов в верхнем и нижнем бьефах плотины.

5. Обследование отстойников-регуляторов твёрдого стока: (сбор данных о режиме заиления и промывке отстойников с гидравлической промывкой, объёмах заиления и очистки отстойников с механизированной очисткой).

6. Мониторинг состояния магистрального канала: определение глубинных и плановых деформаций русла, измерение расходов, уровней и уклонов воды, определение расходов и состава взвешенных и донных наносов, гидравлических характеристик потока, выявление (в случае необходимости) участков, подверженных оползневым явлениям, определение характеристик кольматирующего слоя. При этом расходы в каналах целесообразнее определять, привязываясь к гидротехническим сооружениям. Гидравлические параметры в канале и транспорт твёрдого стока с его делением на взвешенные и донные фракции следует определять на участках, имеющих установившийся режим работы (расположение створов на удалении не менее 20 ширин канала от точек регулирования и деления потока, как выше, так и ниже сооружений).

7. Мониторинг состояния распределительных каналов. Выполняется так же, как и мониторинг состояния магистрального канала.

8. Обследование отстойников-регуляторов твёрдого стока, включающее: сбор данных о режиме заиления и промывки отстойников с гидравлической промывкой, об объёмах заиления и очистки отстойников с механизированной очисткой.

9. Мониторинг состояния прирусловых водохранилищ включает: обследование береговой линии (выявление размываемых и оползневых участков, участков выклинивания грунтовых вод и образования пляжей), плано-высотная съёмка чаши водохранилища, установление плана течений, установление режима работы водохранилища (наполнение, сработка, промывка), определение кривой водной поверхности в водохранилище и на конечном участке подводящего канала к нему в различные периоды его работы (кривые спада, подпора).

10. Мониторинг состояния облицованных каналов: обследование облицовки, определение уклона водной поверхности, измерения расходов воды и наносов с определением их фракционного состава, определение объёмов заиления, состава донных отложений и их распространения по длине канала, обследование гидротехнических сооружений на канале.

Особенностью проведения работ в современных условиях является необходимость применения систем спутникового позиционирования ГЛОНАСС/GPS, позволяющих привязываться не только к реперным точкам, но и к государственной геодезической сети. Работа в режиме реального времени с базовой станцией предоставляет широкие возможности для получения высокоточной цифровой модели рельефа (ЦМР) мелиоративной сети с возможностью периодического по времени наложения и определения плановых и высотных деформаций. ЦМР служит основой для создания геоинформационной системы (ГИС) гидромелиоративной системы.

Аналитическая работа с полученными данными включает:

1. Систематизацию данных и их фильтрацию в отношении достоверности для решения отдельных задач по обеспечению надёжной эксплуатации гидромелиоративных объектов, стабильности и безопасности их работы.

2. Прогнозирование состояния открытых русел в несвязных грунтах, в том числе:

- расчёт объемов размыва (заиления) дна взвесенесущим русловым потоком;
- расчёт распределения мутности взвешенных наносов в элементах оросительной сети.

Для создания банка данных, необходимых для выполнения расчётов по созданию системы рационального распределения твёрдого и жидкого стока в элементах оросительной сети при проектировании новых или реконструкции действующих ГМС используются результаты предварительно выполненного мониторинга руслоформирующих процессов в реке-водоисточнике и данные предпроектных изысканий.

1. Состав инженерных изысканий при проведении мониторинга русловых процессов оросительных систем

1.1. Состав и объем полевых работ в каждом конкретном случае определяется характером гидрологического режима и русловых процессов водоисточника, режимом работы мелиоративной системы. Водные объекты условно подразделяются на: горные реки, полугорные реки, равнинные реки и водохранилища. Равнинные реки (как наиболее распространенные подразделяются на малые, средние и крупные)

1.2. На предварительном этапе производится сбор, анализ и обобщение материалов гидрометеорологической и картографической изученности территории, а также данных ДЗЗ, схема сети, на основе которых составляется программа инженерных изысканий и производственное задание.

1.3. На этапе полевых работ производится:

- рекогносцировочное обследование района изысканий;
- инженерно-гидрографическая съемка района мониторинга и трассы каналов ГМС;
- нивелирование продольного профиля воды методом мгновенной или однодневной связки уровней воды;
- измерение скоростей течения и определение расходов воды на гидрометрических створах и сооружениях;
- измерение поля скоростей при помощи ADCP (на средних, крупных равнинных реках и водохранилищах) или гидрометрических вертушек;
- отбор проб взвешенных наносов и донных отложений по участкам водоисточника и каналов ГМС;
- наблюдения за перемещением донных гряд по участкам;
- наблюдение за уровнем воды в стандартные сроки, принятые на сети Роскомгидромета и в дополнительные сроки для высотного обеспечения гидрографических работ;
- в ряде случаев в составе инженерных изысканий дополнительно предусматриваются: изучение ледового режима и явлений; изучение волнового режима.

1.4. На этапе камеральных работ производится:

- построение планов района мониторинга и магистральных каналов ГМС;
- построение продольных и поперечных профилей по характерным участкам, с указанием обнаруженных неисправных участков (размывы, оползание откосов, густые заросли, заиление, наличие крупных посторонних предметов, влияющих на пропускную способность);

- определение основных расчетных гидрологических характеристик по СП 33-101-2003, **ТИ ИИ 7.6-01-08**;

- определение зависимостей между гидрологическими характеристиками: уровнями водной поверхности по временному и стационарным гидрологическим постам, расходами воды и уровнями ($Q=f(H)$), уклонами и уровнями, расходами воды и стоком наносов, режимом работы ГМС и т.п.;

- составление физико-географического описания района мониторинга;

- построение карт донных отложений по характерным участкам;

1.5. Оформление данных по определению гидрологических характеристик, полученных в процессе полевых изысканий: рисунков, табличного и графического материала.

1.6. На этапе обработки собранных материалов производится:

- анализ изменения технического состояния каждого характерного участка ГМС за все время эксплуатации по данным обследований, капитальных ремонтов, предпроектных изысканий, исполнительных съемок и проектных материалов;

- анализ русловых процессов с использованием картографического материала и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), геоинформационных систем и других специализированных программ по обработке космических снимков (участки водозаборов рек);

- расчеты по оценке эффективности выполненных работ для прогноза устойчивости или деформаций русла водоисточника и характерных участков каналов, выполненные аналитическим или численным методом;

2. Состав работ по анализу технического состояния ГМС

2.1. На начальном этапе производится сортировка собранных материалов по периодам эксплуатации ГМС и предварительный анализ, на основе которого составляется краткая техническая характеристика состояния ГМС, в которой представлена информация о местоположении объекта, наименование эксплуатирующей организации, наименование водопользователей, подаваемые-потребляемые расходы, график водоподдачи и т.д.

2.2. На следующем этапе производится подробный анализ данных о неисправностях ГМС, включающих в себя сопоставление планов и профилей по участка деформаций (при их наличии) за разные годы, с использованием в качестве опорных точек реперов, ЛЭП, гидротехнических сооружений и других объектов привязки.

2.3. По результатам анализа составляется подробная история ГМС, с выявлением основных тенденций деформаций каналов по годам.

3. Состав работ по анализу русловых процессов

3.1. Анализ русловых процессов представляет собой экспертную оценку развития русла реки на каждом конкретном участке и производится согласно настоящей методики, производственно-отраслевых нормативно-методических документов, и результатов исследований, опубликованных в научных и научно-технических изданиях основных школ русловых процессов ВНИИГиМ, ГГИ, МГУ и др.

3.2. На участках мониторинга водоисточника определяется тип руслового процесса (равнинный, полугорный, горный), морфодинамический тип русла (широкопойменное, адаптированное, врезанное), которое в свою очередь подразделяется на прямолинейное, разветвленное на рукава и меандрирующее (извилистое).

3.3. Для оценки условий формирования русла определяются связи гидрологических характеристик с формированием русла (определение руслоформирующих расходов воды, устойчивости русла и т.п.), выполняется гидролого-морфологический анализ, измеряются параметры русловых форм: плесов, перекатов, мезогряд и др.

3.4. Для определения плановых (горизонтальных) деформаций русла производится сопоставление разновременного материала (ДЗЗ, крупномасштабный картографический материал).

3.5. Оценка вертикальных деформаций русла производится при наличии съемок русла разного времени. Определяются объемы эрозии-аккумуляции наносов на участке обследования.

3.6. При проведении прогноза русловых процессов используются также результаты оценки технического состояния регулирующих сооружений ГМС.

Заключение

1. Действующая система мониторинга состояния комплекса сооружений ГМС устарела и не обеспечивает необходимой информацией для принятия решений при проектировании, реконструкции и эксплуатации ГМС.

2. Разработана система информационно-технологического обеспечения гидротехнической защиты комплекса сооружений гидромелиоративной системы в период её эксплуатации для получения данных, необходимых для проектирования новых гидромелиоративных объектов, оценки состояния действующих ГМС и принятия решений, обеспечивающих надёжность и безопасность их работы.

3. Данная система была использована при проведении многолетних работ отделом гидротехники и гидравлики по мониторингу русловых процессов на реках: Обь, Вятка, Кама, Терек, Белая, Самур и ряде других рек Дагестана и Юга России.

4. Существует высокая потребность в использовании новейших измерительных средств и компьютерных технологий для оценки состояния, реконструкции и создания новых гидромелиоративных систем.

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

- УДК 631.413.3

ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

К. Б. Абдешев¹, Ж.С. Мустафаев², А.Т. Козыкеева², Л.К. Жусупова³

¹Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан;

²Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

³Кызылординский госуниверситет им. Коркыт-Ата, г. Кызылорда, Казахстан

На основе законов природы и природного почвообразовательного процесса, с учетом кинетики химических реакций разработано методологическое обеспечение экологически безопасной технологии промывки засоленных земель, где интенсивность промывки совпадает со скоростью впитывания воды в почву [1; 2].

Теоретическое обоснование экологически безопасной технологии промывки засоленных почв базируется на модели эволюционного гидрогеохимического процесса природной системы, описывающей массоперенос в осадочных формациях - в течение геологического времени он происходит по механизму молекулярной диффузии через водную фазу, то есть $dS = -\alpha \cdot S \cdot dg$, а именно определенной порцией инфильтрирующихся вод (dg) из почвенного слоя выносятся часть растворенных солей (dS) пропорциональная количеству их твердой фазы, заключенных в пределах этого слоя (где α - коэффициент солеотдачи): $S_i = S \cdot \exp(-\alpha \cdot g)$ [3]

Перед началом промывки засоленных почв устраиваются чеки с нулевыми отметками, нарезаются временные оросительные сети и выводные борозды с противоположной стороны чека и борозды с углублением в сторону центра чека, при этом подачу промывной (поливной) нормы с помощью борозды проводят одновременно встречными струями с одинаковыми расходами, до столкновения друг с другом в центре чека, с последующим выравниванием слоя воды в борозде по фронту подачи воды (рис. 1) [2].

Длина промываемого чека (L) в зависимости от горизонтального уклона поверхности земли принимается в пределах 100-200 м, а ширина чека (B) определяется с учетом расстояний между рядьями сельскохозяйственных культур ($b_{\bar{b}}$), возделываемых после промывки: $B = b_{\bar{b}} \cdot n_{\bar{b}}$ (где $n_{\bar{b}}$ - количество планируемых поливных борозд по ширине чека), тогда площадь промываемого чека (F_a) будет равна: $F_a = B \cdot L$.

Горизонтальный уклон дна борозды направлен в середину промываемого чека и глубина нарезаемой борозды в начале борозды должна быть 10 см, в середине 20 см и для подачи воды одновременно встречными струями друг с другом по бороздам с помощью выводных борозд, расположенных противоположно стороне внутри чека.

Расход воды в выводных бороздах определяется исходя из удельного расхода поливаемой борозды ($q_{\bar{b}}$) и количества борозд ($n_{\bar{b}}$), расположенных внутри промываемого чека:

$$Q_{oa} = q_{\bar{b}} \cdot n_{\bar{b}},$$

где $q_{\bar{b}}$ - удельный расход поливаемой борозды, л/с.

Расход воды во временных оросителях (Q_b) определяется на основе расходов воды выводной борозды (Q_{oa}) с учетом количества одновременно работающих выводных борозд (n_{oa}), то есть $Q_b = Q_{oa} \cdot n_{oa}$.

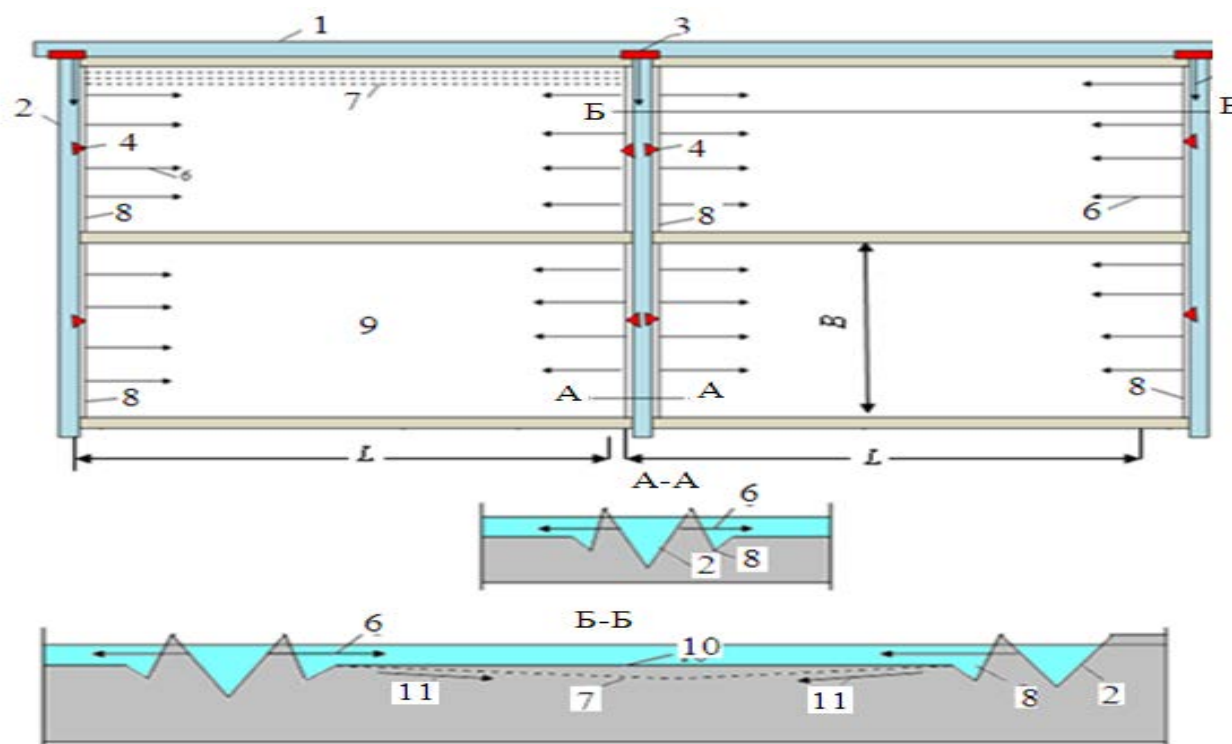


Рисунок 1 – Технологическая схема промывки почвенного слоя засоленных земель:

1 - распределительный канал; 2 - временный ороситель; 3 - водовыпуск в распределительном канале; 4 - водовыпуск во временном оросителе; 5 - направление потока воды во временных оросителях; 6 - направление полива по бороздам; 7 - поливные борозды; 8 - выводные борозды; 9 - промываемый (поливаемый) чек; 10 - поверхность земли в поливаемых чеках; 11 - направление уклона дна борозды

Продолжительность работы выводных борозд (t_{np}), то есть подачи воды промываемого чека, определяется из следующих систем уравнений:

$$t_{np} = N_{iэ} \cdot F_n / 3.6 \cdot Q_b; \quad t_{np} = N_{iэ} \cdot F_n / 3.6 \cdot Q_{oa}; \quad t_{np} = N_{iэ} \cdot F_n / 3.6 \cdot q_b \cdot n_b,$$

где $N_{iэ}$ – промывная норма, подаваемая в i -том этапе промывки засоленных земель, м³/га.

Промывную норма засоленных почв можно определить по формуле Ж.С. Мустафаева, позволяющей установить размеры промывных норм, учитывающих динамику гидравлических процессов в почвогрунтах [4]:

$$N = (\alpha / \beta) \lg(S / S_i),$$

где β - скорость растворения твердого вещества в процессе химической реакции между твердыми и жидкими веществами: $\beta = 2.02 \cdot \exp(-9.57 \cdot V_t)$, где V_t - интенсивность впитывания воды в почву [6; 7; 8].

Таким образом, на начальном этапе скорость впитывания будет достаточно большая, а после насыщения почвы влагой скорость впитывания приравнивается к скорости фильтрации, что дает возможность их развивать на несколько этапов (n) с учетом скорости впитывания воды в почву (V_t). Для каждого этапа определяется

средняя скорость впитывания воды в почву ($V_{tcp} = (V_{ti} + V_{ti+1}) / 2$) и, умножив их на продолжительности подэтапов (t_i), определяем величину промывных норм (N_{ti}), которые осуществляются в напорном режиме: ($N_{ti} = V_{tcp} \cdot t_i$).

В целом норму промывки засоленных земель ($N_{тн}$), которая осуществляется в напорном режиме, определяют по формуле: $N_{тн} = \sum_{i=1}^n N_{ti}$.

Нормы промывки засоленных почв ($N_{тбб}$), промывки которых производятся в безнапорном режиме, определяются по следующей формуле: $N_{тбб} = N - N_{тн}$.

Продолжительность промывки засоленных почв в безнапорном режиме ($t_{до}$) определяется по формуле:

$$t_{до} = (N - N_{тбб}) / K_{\phi},$$

где K_{ϕ} - коэффициент фильтрации.

При этом промывки засоленных почв проводятся когда среднесуточная температура воздуха будет больше $+5^{\circ}\text{C}$, то есть ранней весной, во-первых, влажность почвы будет близкой к предельно-допустимой влажности, во-вторых, соли в почвенном слое находятся в состоянии более легко растворимом, что позволяют с помощью промывной нормы, дополнительно подаваемой на поверхность почвы, легко вытеснить соли в нижние слои почвы.

При промывке почвы засоленных земель и после возделывания на них более солеустойчивых сельскохозяйственных культур необходимо сохранить одинаковую технологию полива по бороздам, то есть режим встречными струями с одинаковыми расходами.

Продвижение потока по бороздам описывается уравнением [9]:

$$l = a \cdot t^{\beta},$$

где l - путь, пройденный потоком за время t ; a - коэффициент пропорциональности; β - коэффициент, характеризующий затухание скорости продвижения потока по борозде.

Средняя скорость просачивания воды в почву изменяется во времени по уравнению А.Н. Костякова [10]:

$$V_t = V_0 / t^{\alpha},$$

где V_0 - слой впитавшейся воды за первую единицу времени; α - коэффициент, характеризующий затухание скорости впитывания.

Обозначая удельную интенсивность подачи воды в борозду q , среднюю глубину воды в борозде h , общую продолжительность подачи T , длину борозды l , а текущее время и длину соответственно t и l_t , запишем дифференциальное уравнение баланса воды в борозде:

$$q \cdot T = (2 \cdot \beta - \beta^2) \{ [(V_0 \cdot T^{1-\alpha}) / (2 - \alpha)] + h \} \cdot l_T,$$

откуда находим l_t , q , T и m_T .

Значение m_T можно представить следующим уравнением:

$$m_T = m \cdot [1 - (l / 2 \cdot l_q)],$$

где m - средняя поливная норма; l_q - длина добегающего потока после отключения подачи воды.

Максимально возможные расходы при неразмывающей скорости струи в борозде определяются по формуле:

$$q_{\max} = W \cdot V_{\text{дон}},$$

где q_{\max} - величина максимально возможного расхода в борозду, л/с; W - площадь живого сечения борозды, м²; $V_{\text{дон}}$ - максимально допустимая скорость воды в борозде, зависящая от механического состава почвы, м/с.

Расчетную разовую промывную норму нетто ($m_{\text{нм}}$) в м³/га пересчитываем на слой воды $h_{\text{нм}}$ в м с учетом расчетной ширины впитывания воды (ϵ), то есть $h_{\text{нм}} = m_{\text{нм}} / 1000$, а если за расчетную ширину впитывания принимается смоченный периметр (α), тогда $h_{\text{нм}} = m_{\text{нм}} \cdot \epsilon / 10000 \cdot \alpha$, м.

После подачи поливной нормы при встречном поливе по бороздам происходит выравнивание слоя воды в борозде по всей длине и его значения можно определить с учетом впитывающей воды во время полива, то есть по следующей формуле:

$$h_{\text{св}} = h_{\text{нм}} - [V_0 / (1 - \alpha) \cdot t^{1-\alpha}],$$

где V_0 - скорость впитывания в конце первого часа; α - показатель, зависящий от свойства почвы и начальной влажности; t - продолжительность полива.

Продолжительность впитывания воды (t_0) после полива определяется по формуле:

$$t_0 = 1 - \alpha \sqrt[1-\alpha]{[h_{\text{св}}(1 - \alpha) / V_0]}.$$

Таким образом, предложенная методика определения параметров технологии промывки с техникой полива по бороздам из двух противоположенных выводных борозд пропашных сельскохозяйственных культур, позволяет определить время полива и прогнозировать режим увлажнения почвы с высокой достоверностью и надежностью.

Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Исабай С.И., Козыкеева А.Т., Сагаев А.А., Калманова Г. Способ промывки засоленных почв // Авторское свидетельство №49476. – Астана, 2004. - 3 с.
2. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Абдешев К.Б. Способ промывки засоленных почв // Авторское свидетельство № 85641. – Астана, 2013. - 2 с.
3. Мустафаев Ж.С. Экологические и методологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. – Тараз, 2004. - 306 с.
4. Мустафаев Ж.С. Физико-математическое моделирование процессов выщелачивания солей из почвы // Плодородие почв Казахстана. - Алматы: Наука, 1986. - №5. - С. 64-72.
5. Мустафаев Ж.С., Безбородов Ю.Г., Абдешев К.Б. Обоснование ресурсосберегающих и экологических безопасных технологий промывки засоленных земель на основе законов природы // Сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященный 85-летию образования Казахского национального аграрного университета и 100-летию заслуженного деятеля науки Республики Казахстан Тажибаева Л.Е. «Водосбережение и управление водными ресурсами в орошаемом земледелии и обводнении пастбищ». - Алматы, 2015. - С. 254-258.
6. Абдешев К.Б., Мустафаев Ж.С., Карлыханов Т.К. Геоэкологические проблемы реконструкции засоленных земель при сельскохозяйственном освоении // Материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию созданию ВНИИГиМ. - Москва, 2014. - С. 9-13.
7. Мустафаев Ж.С., Абдешев К.Б. Совершенствование технологических схем промывки засоленных почв // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства в России» / Мелиорация, рекультивация и охрана земель. - Москва: РАУ-МСХА, 2015. - С. 251-256.
8. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Карлыханов Т.К., Безбородов Ю.Г., Абдешев К.Б. Технология промывки засоленных почв с учетом экологического ограничения // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы управления водными и земельными ресурсами». - Москва: РАУ-МСХА, 2015. - С. 31-40.

9. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Иванова Н.И., Асканбек А.А., Абдешев К.Б. Совершенствование технологических систем промывки засоленных почв // Техносферная безопасность: Наука и практика / Материалы международной научно-практической конференции.- Бишкек, 2015. -С. 122-126.
10. Мустафаев Ж.С., Абдешев К.Б. Технология и технологические схемы промывки засоленных почв // Водное хозяйство Казахстана. - 2014.- №1(57).- С.41-46.
11. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника.- М.: Колос, 1978.- 176 с.
12. Костяков А.Н. Основы мелиорации.- М.: Сельхозгиз, 1930.- 622 с.

УДК 551. (574):502.7

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЛАНДШАФТОВ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Г.А. Адильбектеги, Ж.С. Мустафаев

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана;
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Решение ряда важных вопросов географии - ландшафтно-географическое районирование для рационального размещения производительных сил агропромышленного комплекса, связано с необходимостью надежного количественного прогноза продуктивности ландшафта. К числу таких проблем относятся: ландшафтно-экологическое районирование природной системы; рациональное размещение производительных сил агропромышленного комплекса; эколого-экономическая оценка земель.

Как известно, компоненты ландшафта образуют такую неразрывную, взаимосвязанную геосистему, что управление или изменение одного из них неприемлемо. В связи с этим комплексная экологическая оценка продуктивности ландшафтов должна включать частные оценки составляющих его компонентов: почвы и растений. Одной из наиболее актуальных задач оценки экологического состояния природных ландшафтов является необходимость разработки методов экологической оценки продуктивности ландшафтов, которые должны включать частные оценки продуктивности его составляющих, лежащие в основе комплексной или интегральной характеристики климатических, почвенных и других факторов, оказывающих влияние на продуктивность природных систем.

Современные достижения в области географии, экологии, экологической биоэнергетики и метеорологии позволяют на основе системного изучения эколого-функциональных характеристик компонентов природной системы разработать методы надежной количественной и качественной оценки продуктивности ландшафтов.

Моделирование экологической оценки продуктивности ландшафтов. Живые организмы и их сообщества в природной системе представляют собой адаптивные саморегулирующиеся системы. Осуществление ими своих биологических функций сопровождается расходом энергии, полученной из окружающей среды. Все процессы, протекающие в организмах или их сообществах, связаны с использованием энергии, с преобразованием ее из одного вида в другой и с ее неизбежным рассеиванием. При этом продуктивность или интенсивность биологического процесса в агроландшафтах, во многом определяется значением коэффициента использования свободной энергии ($\eta_{ЭН}$) системой данного трофического уровня, в которую он входит:

- продуктивность растений может быть определена по условию [3]:

$$ПУ = R \cdot \eta_{ЭН} / C;$$

- энергия, затрачиваемая на почвообразование [4]:

$$Q_i = R \cdot \exp(-\alpha_o \cdot \bar{R}),$$

где $ПУ$ – потенциальная продуктивность растений; C - калорийность единицы урожая органического вещества; Q_i - энергия, затрачиваемая на почвообразование, кДж/см²; α_o - коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы; $\eta_{ЭН}$ - коэффициент использования свободной энергии:

$$\eta_{ЭН} = k_{ФАР} / 100,$$

где $k_{ФАР}$ - коэффициент использования растениями активной фотосинтетической радиации.

Продуктивность растительного сообщества ландшафтов ($ПУ$) зависит не только от энергетических ресурсов природной системы (R) и коэффициента использования свободной энергии ($\eta_{ЭН}$), а также от коэффициента влагообеспеченности территории (η_e), то есть [5]:

$$y_i = ПУ \cdot \eta_e = \frac{R \cdot \eta_{ЭН}}{C} \left(\frac{1}{\bar{R}} \right),$$

где y_i - экологическая продуктивность растительного сообщества с учетом естественной влагообеспеченности ландшафтов.

В природной системе принцип энергетической сбалансированности тепла и влаги наблюдается в природных условиях, где радиационный индекс сухости (\bar{R}) равен 1,0. Поэтому, в качестве критериального уровня радиационного индекса сухости (\bar{R}) можно принять лимит в пределах 0,9-1,0.

Тогда, потенциально возможная энергия, затраченная на почвообразовательный процесс (Q_n), может быть определена по выражению:

$$Q_n = R \cdot \exp(-0,9 \cdot \alpha_o).$$

Таким образом, экологическая продуктивность ландшафтов ($K_э$) определяется соотношением таких осредненных индикаторных величин, как коэффициент продуктивности растений (K_p) и почвы (K_n):

$$K_э = K_p \cdot K_n,$$

где K_p - коэффициент, характеризующий экологическую продуктивность растительного сообщества: $K_p = y_i / ПУ$; K_n - коэффициент, характеризующий экологическую продуктивность почвы: $K_n = Q_i / Q_n$ [1-2].

В соответствии с вышеприведенной методикой выполнен расчет экологической продуктивности ландшафтов Северного Казахстана (табл. 1).

Таким образом, разработанная модель экологической оценки продуктивности ландшафтов позволяет, во-первых, придать количественные значения качественным изменениям ареалов; во-вторых, моделирование трансформации природных систем при изменении климата; в-третьих, ландшафтно-экологическое районирование природных систем бассейна рек.

Моделирование экологической оценки продуктивности ландшафтов на основе биоэнергетических ресурсов природной системы. Для оценки эффективности использования ФАР сельскохозяйственными культурами можно применить коэффициент использования биоэнергетических ресурсов растений: $K_{бэ} = R \cdot \eta_{ЭН} / 100 \cdot БП$, где $БП$ -

биоэнергетический потенциал растений, 2500 ккал/(м² год); $\eta_{Эн}$ - коэффициент использования свободной энергии, который в естественных условиях равен 0.005.

Таблица 1- Оценка экологической продуктивности ландшафтов Северного Казахстана

№	Метеостанции	Абсолютная высота (H), м	Экологическая оценка продуктивности ландшафтов		
			коэффициенты		$K_э$
			K_p	K_n	
Акмолинская область					
1	Есиль	219	0.67	0.86	0.58
2	Атбасар	303	0.69	0.78	0.54
3	Еремен-тау	397	0.75	0.86	0.65
4	Астана	347	0.76	0.88	0.67
5	Кокчетав	228	0.69	0.81	0.56
6	Щучинск	398	0.76	0.86	0.65
Костанайская область					
7	Костанай	169	0.58	0.80	0.46
8	Тобол	207	0.76	0.86	0.65
9	Жетыгара	247	0.64	0.77	0.49
10	Аркалык	343	0.55	0.78	0.43
11	Тургай	124	0.44	0.55	0.24
Павлодарская область					
12	Иртышск	93	0.67	0.79	0.53
13	Успенка	112	0.62	0.75	0.47
14	Щербакты	148	0.58	0.72	0.42
15	Павлодар	144	0.63	0.75	0.47
16	Чалдай	162	0.75	0.86	0.65
17	Экибастуз	197	0.59	0.72	0.42
18	Чидерты	240	0.69	0.81	0.56
19	Баян-аул	494	0.72	0.82	0.59
Северо-Казахстанская область					
20	Рузаевка	226	0.74	0.85	0.63
21	Булаево	132	0.63	0.77	0.49
22	Петропавловск	134	0.63	0.76	0.48
23	Явленка	114	0.62	0.75	0.47

Оценка влагообеспеченности растений осуществляется с помощью коэффициента естественного увлажнения ландшафтов: $K_y = O_c / E_o$, где O_c - атмосферные осадки, мм; E_o - испаряемость, мм.

Для интегральной оценки биоэкологической продуктивности растений можно применить совокупность коэффициента использования биоэнергетических ресурсов растений ($K_{бэ}$) и эффективности использования атмосферных осадков (K_y), то есть показателя биоэкологической продуктивности ландшафтов [1-2]:

$$П_{бэ} = K_{бэ} \cdot K_y.$$

Экологическая оценка продуктивности ландшафтов на основе биоэнергетических ресурсов природной системы проведена по всем метеостанциям Северного Казахстана (табл. 2).

Таблица 2- Экологическая оценка продуктивности ландшафтов Северного Казахстана на основе биоэнергетических ресурсов природной системы

№	Метеостанции	Абсолютная высота (H), м	Биоэкологическая оценка		
			Коэффициенты		$P_{бэ} = K_{бэ} \cdot K_y$
			$K_{бэ}$	K_y	
Акмолинская область					
1	Есиль	219	0.070	0.34	0.024
2	Атбасар	303	0.067	0.36	0.024
3	Еремен-тау	397	0.066	0.43	0.028
4	Астана	347	0.067	0.37	0.025
5	Кокчетав	228	0.066	0.43	0.028
6	Щучинск	398	0.063	0.51	0.032
Костанайская область					
7	Костанай	169	0.068	0.39	0.027
8	Тобол	207	0.068	0.46	0.031
9	Жетыгара	247	0.067	0.40	0.027
10	Аркалык	343	0.071	0.46	0.033
11	Тургай	124	0.080	0.16	0.013
Павлодарская область					
12	Иртышск	93	0.067	0.43	0.029
13	Успенка	112	0.067	0.44	0.029
14	Щербакты	148	0.069	0.32	0.022
15	Павлодар	144	0.070	0.31	0.022
16	Чалдай	162	0.068	0.54	0.037
17	Экибастуз	197	0.071	0.32	0.023
18	Чидерты	240	0.068	0.51	0.035
19	Баян-аул	494	0.069	0.38	0.026
Северо-Казахстанская область					
20	Рузаевка	226	0.066	0.43	0.028
21	Булаево	132	0.063	0.58	0.036
22	Петропавловск	134	0.064	0.56	0.036
23	Явленка	114	0.065	0.60	0.039

При этом биоэнергетическая оценка эффективности возделывания сельскохозяйственных культур при современном антропогенном давлении на природную среду должна включать не только экономические критерии, диктуемые хозяйственными нуждами, но и экологические, исключающие ухудшения природной среды или предусматривающие ее оздоровление, если среда нарушена или потеряла устойчивость в результате высоких техногенных нагрузок.

Таким образом, на основе разработанных экологической, эколого-биоэнергетической и интегральных математических моделей экологической оценки

продуктивности ландшафтов, можно вычислить не только его теплообеспеченность и влагообеспеченность, а также продуктивность растений и почвы, и в целом продуктивность земель с учетом геохимических и биохимических особенностей почвы. В этом случае можно получить объективную оценку сложившихся климатических условий продуктивности ландшафта и в эколого-экономическом аспекте обосновать размещение производительных сил с целью эффективного использования биоэнергетических ресурсов природной системы.

Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Адильбектеги Г.А., Сейдуалиев М.А. Экологическая оценка продуктивности ландшафтов бассейна реки Шу: Аналитический обзор.– Тараз, 2004. – 80 с.
2. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Адильбектеги Г.А. Методологические основы оценки устойчивости и стабильности ландшафтов.-Тараз, 2007.-218 с.
3. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 320 с.
4. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. - М., Наука, 1974. - 120 с.
5. Мустафаев Ж.С., Адильбектеги Г.А. Интегральная математическая модель природной системы речных бассейнов // Теоретические и прикладные проблемы географии на рубеже столетий: Матер.международ. научно-практ. конф., 8-9 июня 2004 г. - Алматы, 2004. – С. 84-88.

УДК 631.6: 542.83

ЯХРОМСКАЯ ПОЙМА – ПРЕДПРИЯТИЕ АГРАРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Н.В. Айриян¹, Е.А. Коновалов², Т.Л. Волчкова¹

¹ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»;

²Агрохолдинг «Дмитровские овощи»;

Яхромская пойма является одним из крупнейших подмосковных «огородов», на котором фактически производится основная масса овощей в регионе. На осушенных пойменных территориях научились получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур и создавать высокотехнологические агропромышленные производства. Потенциальные резервы развития региона по мнению руководителей хозяйств состоят в дальнейшем совершенствовании осушительно-увлажнительных систем, в повышении коэффициента использования земель, в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур, снижении затрат энергии и ресурсов, себестоимости продукции.

Протяженность Яхромской поймы (от г. Дмитрова до устья реки Яхромы) 41 км, ширина колеблется от 0,8 до 6 км, площадь составляет 10,5 тыс. га.

Мелиоративные работы на отдельных участках поймы начали проводить с 1866 года (осушение). В период с 1923-25 гг. были построены первые каналы, прообраз современных осушительных систем. В последующем проводились работы по регулированию реки Яхромы. В советское время освоение Яхромской поймы началось в 1941 году. По проекту комплексной водохозяйственной мелиорации методом народной стройки были выполнены осушительные работы (осушаемая площадь составила 2425 га). Но мелиорация этой территории была приостановлена начавшейся Великой Отечественной войной и возобновлена только через три года.

В 1949 году была создана лугомелиоративная станция, как научно-мониторинговое предприятие по формированию технической политики дальнейшего развития

осушительных мелиораций с целью освоения пойменных земель для нужд сельского хозяйства.

Начало интенсивного освоения Яхромской поймы приходится на конец 50-х годов. Организовываются специализирующиеся на производстве овощей совхозы: «Яхромский», «Дмитровский», «Рогачевский». Площадь осушаемых земель составила более 10 тыс. га, из них закрытым дренажем осушено около 8 тыс. га. Общая протяженность открытой осушительной сети более 110 км. Мелиоративная система Яхромской поймы включает 4 насосные станции. Мелиоративная сеть представляет собой систему двустороннего регулирования. Наиболее активно осушение болот продолжилось в 60-е годы, когда 75 % мелиорированных земель были осушены закрытым дренажем. Затраты на мелиорацию окупались менее чем за два года [1, 2].

Яхромская пойма стала одним из основных поставщиков овощей и картофеля для Москвы. После необходимой реконструкции осушительно-оросительной системы с расчетом режима орошения, в основу которого были положены рекомендации по поливным и оросительным нормам, разработанные ВНИИГиМ для условий пойменных земель, большая часть сенокосных угодий была превращена в пашню и долготлетние культурные пастбища. Последние мелиоративные объекты были введены в эксплуатацию в 80-х годах [3].

В настоящее время на территории Яхромской поймы работают 5 крупных сельскохозяйственных предприятий, занимающихся производством овощей и картофеля: агрохолдинги «Дока - Генные технологии» и «Дмитровские овощи», компании «Куликово» и «Дмитровское», Яхромский совхоз-колледж [1].

Одно из передовых предприятий – агрохолдинг «Дмитровские овощи», включающий в себя ряд предприятий: производственные компании ООО «Фрухтринг», ЗАО «Агрофирма Бунятино», цех по переработке и хранению продукции, поставщик сельскохозяйственной техники ООО «ДАР», а также торговый дом «Дмитровские овощи» включены в десятку крупнейших производств агропрома в РФ. Они дают Московской области 70 % овощей и картофеля [4]. Анализ производственной деятельности холдинга указывает на его успешное развитие на основе надежной работы мелиоративной системы.

Агрофирма «Бунятино» имеет площадь 4150 га, из них более 2100 га — мелиорированные земли на Яхромской пойме, дают высокие урожаи картофеля и овощей [5]. Направление производственной деятельности - овощеводство, растениеводство, животноводство. В целях увеличения объемов производства овощей агрофирма приобретает и внедряет современные технологии выращивания, включающие комплекты полевой техники, качественные семена, удобрения и средства защиты.

Производимый агрохолдингом «Дмитровские овощи» ассортимент продукции включает более 40 наименований, например, капуста белокочанная, морковь, свекла, лук, картофель, цветная капуста, зеленные культуры – укроп и петрушка, а также экзотические салаты, капуста брокколи, капуста кольраби, капуста китайская, лук-порей, корневой сельдерей. Годовой объем производства овощей и картофеля составляет 90 тыс. тонн, более 75 % этого объема хозяйство закладывает на хранение в собственные хранилища [6]. Агрохолдинг активно развивается, увеличивается материальная база, совершенствуются технологии, растет урожайность сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Анализ данных таблицы указывает на устойчивое развитие производства овощей и картофеля в хозяйстве. Имеющее место снижение урожайности культур в 2008 году свидетельствует о том, что в хозяйстве еще недостаточно уделяется внимания разви-

тию системы дополнительного увлажнения, так как 2008 год в обозначенном ряду был наиболее засушливым, что и отразилось на показателях урожайности культур. Успехи хозяйства в выращивании картофеля характеризуются его урожайностью на уровне 65 т/га, что является очень хорошим показателем и для других хозяйств.

Таблица 1 - Урожайность овощей и картофеля (ц/га) в агрохолдинге «Дмитровские овощи» [7]

Годы	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Овощей	235,0	256,5	288,8	302,7	356,7	365,3	259,3	324,0
Картофеля	335,9	352,0	392,0	497,6	587,7	645,0	476,0	649,0

Перед предприятием стоит задача максимально увеличить эффективность отдачи каждого гектара пойменных земель. Проблема заключается в изношенности мелиоративной системы. За годы работы системы произошла сработка торфа, глубина закладки дрен и коллекторов не соответствует нормативным значениям, недостаточно проработаны процессы управления водными потоками на мелиоративной системе.

Понимая, что успех предприятия зависит от эффективности работы гидромелиоративной системы и исключения подтопления земель во влажные годы, была проведена частичная реконструкция мелиоративной системы. Агрохолдингом «Дмитровские овощи» проведен капитальный ремонт закрытой осушительной сети на 850 га, текущий ремонт водоприемников открытых осушительных каналов общей протяженностью более 40 км [7]. В настоящее время серьезных подтоплений земель не наблюдается, но работы следует продолжать. Необходимо проводить текущий ремонт осушительной системы, совершенствовать систему орошения, проводить на части земель противоэрозионные мероприятия. Планируется провести локальный ремонт закрытой осушительной сети на площади 80 га, текущий ремонт водоприемников - на 10 га, планировку земель - на 100 га [7].

Крупным сельхозпроизводителем продукции является и ЗАО «Куликово», расположенное на пойме. Посевные площади: картофель - 830 га, морковь - 246 га, капуста - 237 га, столовая свекла - 180 га, репчатый лук - 70 га [8]. По итогам урожая 2014 года хозяйство заняло первое место в России по производству овощей открытого грунта. Предприятие вырастило 39,7 тысяч т овощей, урожайность составила 676,2 ц с гектара [8].

Одной из составляющих производств овощей является их хранение. Мощность хранилищ составляет 65 тыс. т. В хозяйстве установлены современные линии по переработке и упаковке овощей и картофеля. Машины вывозят в сутки до 300 т продукции в районы Подмосковья и Москву [8].

ЗАО «Куликово» сотрудничает с крупными сетевыми компаниями: ООО «Метро Кэш энд Керри», ЗАО «Торговый дом «Перекресток», ООО «Реал - Гипермаркет», которые предъявляют требования к качеству поставляемых товаров, соответствующие международным стандартам [8].

В хозяйстве «Куликово» придают большое значение проблемам мелиорации. С 2010 года сформирован мелиоративный отряд: два трактора К-700, три экскаватора, три бульдозера, сучкодробилка, дренаукладчик. За это время в севооборот введено более 700 га земель. Таким образом выполняется задача, поставленная губернатором Московской области А. Воробьевым, по введению необрабатываемых земель сельскохозяйственного назначения в севооборот (400 тыс. га к 2020 г.). Перспектива развития агрохолдинга основывается на реконструкции оросительной и осушительной систем.

Необходимость такой реконструкции подтверждает ситуация, сложившаяся весной 2013 года, когда в результате паводка порядка 500 га самых плодородных земель ЗАО «Куликово» были затоплены [8].

В настоящее время на Яхромской пойме ведется реконструкция всех систем и сооружений межхозяйственного назначения. По данным департамента мелиорации Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, в рамках действующей федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы», проведена реконструкция восьмой очереди Яхромской осушительно-оросительной системы.

Проведены работы по очистке межхозяйственных магистральных каналов общей протяженностью 11,6 км с объемом земляных работ более 62,5 тыс. м³, удалению кустарниковой растительности, а также работы по переустройству дренажных устьев и восстановлению дренажных труб. Пришедшие в негодность гидротехнические сооружения на каналах, шлюзы, регуляторы, трубопереезды демонтированы и построены новые. Отремонтированы эксплуатационные дороги с щебеночным покрытием длиной 4,82 км, мост на реке Дятлинка. Проведена реконструкция оросительной насосной станции №1 с заменой всего технологического и электросилового оборудования, подводящих и отводящих трубопроводов, а также полным переустройством аванкамеры. Общая площадь предотвращения выбытия земель из сельскохозяйственного оборота составляет 900 гектаров [2].

В настоящее время Яхромская пойма продолжает обеспечивать тысячи людей овощами, картофелем. Однако ее потенциальный ресурс еще не полностью освоен. На старых участках осушительно-увлажнительных систем необходимо переустройство дренажных систем, орошение нуждается в оснащении современной производительной техникой полива. Есть существенный резерв и в повышении коэффициента использования плодороднейшей земли.

По мнению ряда авторов, существенный резерв скрыт в эффективности использования водных ресурсов [9]. Осушительно-увлажнительные системы сегодняшнего дня в основном запроектированы на раздельную работу осушительных систем и систем орошения. При таком подходе основная масса избыточных вод холодного периода сбрасывается за пределы осушаемого массива. В летний же период, когда надо орошать, вода забирается из водоприемников и подается на осушенный массив, а это, кроме неэффективного использования водных ресурсов, прямые затраты энергетических ресурсов, которые сегодня составляют значительную долю в затратах на производство продукции. Имеется еще ряд моментов, при которых реально можно экономить энергетические ресурсы.

Первоочередной задачей в повышении эффективности Яхромского природно-хозяйственного комплекса является совершенствование технических решений по управлению распределением водных ресурсов при регулировании водного питания сельскохозяйственных культур, в организации производств растениеводческой продукции.

Список использованных источников

1. Яхромская пойма. История создания. – Дмитров: ООО «Издательский дом «ВЕСТИ», 2008. - 196 с.

2. Завершена реконструкция мелиоративных систем Яхромской поймы [электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Департамент мелиорации / афорум.рф: <http://mcx-dm.ru/about/publish/75786>, дата обращения 24.02.2016.

3. Россия. ЦФО. Агропром [электронный ресурс] // Agronews.ru, 8 октября 2013 № 912048: http://polpred.com/?ns=1&ns_id=912048, дата обращения 24.02.2016.
4. Чистик А.А. [Агрохолдинг «Дмитровские овощи»](#) [электронный ресурс] // Сельское хозяйство России. Интернет журнал [admin](#) / Картофель и овощи-2014: <http://potatoveg.ru/lidery-otrasli/agroxolding-dmitrovskie-ovoshti.html>; дата обращения 24.02.2016.
5. ЗАО Бунятино [Электронный ресурс]: <http://www.agro-holding.ru/news/artiches>. Дата обращения 05.03.2016.
6. [Российский опыт](#) [электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Департамент мелиорации; mscx.ru: <http://mscx-dm.ru/about/news/60417>, дата обращения 24.02.2016.
7. Бруммин, А. Аграрник-максималист [Электронный ресурс] / А. Бруммин // Картофельная система. – 2009. - № 3: <http://www.potatosystem.ru/agrarnik-maksimalist/>. Дата обращения 22.02.2016.
8. Нечаев, И. Деревенька. Новости сельского поселения Куликовское. [31.07.2015](#) [Электронный ресурс]: ; <http://www.derevenka.su/page22.html> / <http://www.derevenka.su/page380html#subsidy/>
9. Максименко, В. П. Совершенствование гидромелиоративных систем в регионах избыточного природного увлажнения [Текст] / В. П. Максименко, А. П. Соломина, Н. В. Айриян // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. - № 5-6. – С. 31 – 34.

УДК 631.43

ЭКСПРЕСС МЕТОД РАСЧЕТА ПРОФИЛЕЙ УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ И КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

В.В. Алексеев

Чебоксарский кооперативный институт (филиал) АНОО ВО Центросоюза РФ «Российский университет кооперации», г. Чебоксары, Россия

Почвы Чувашской Республики обладают невысоким природным плодородием, поэтому необходимо внешнее регулирование водного режима почв. Зависящая от гранулометрического состава, структуры почвы и степени увлажнения функция влагопроводности описывает способность почв удерживать и проводить почвенную влагу. Поэтому при использовании современных приемов мелиорации для обеспечения наилучших мелиоративных режимов актуально экспрессное получение функции влагопроводности для послойного расчета динамики влажности в почве. В настоящее время разработано большое число моделей функций водоудерживающей и водопрводящей способности почв, однако часто за используемым в них массивом статистических расчетов перестает проследиваться физическая обоснованность. Оценка площадей поверхностей контакта почвенной влаги с почвенным воздухом и твердой фазой почвы на основе экспериментов по протеканию воздуха через почву и универсализированной модели порового пространства позволяет определять ее энергетическое состояние и получать функцию влагопроводности с основной гидрофизической характеристикой почв (ОГХ).

Перемещение влаги в почве определяется градиентом потенциала почвенной влаги $\psi = E/m$ (отношением энергии к массе воды) или эквивалентным давлением $p = \rho\psi$ (ρ – плотность воды). Значение потенциала складывается из взаимодействия влаги с твердой фазой почвы ψ' и почвенным газом ψ'' :

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

где ρ - плотность воды, кг/м³; Ω_0 - объемная удельная поверхность, м²/м³; $k = 2 \cdot 10^{-18}$ - коэффициент, кг/с²; w - объемная влажность, м³/м³; Π_0 - пористость сухого образца, м³/м³; σ_{lg} - удельная свободная поверхностная энергия на границе раздела вода - воздух, Дж/м²; α - безразмерный параметр, определяемый геометрией модели почвы.

Коэффициент влагопроводности определяется выражением:

$$K = \frac{\rho g R}{\Omega_0} \cdot \frac{\eta_1}{\eta_2} \cdot \frac{\Pi_0^{1/2} w (2\Pi_0 - w)}{(1 - \Pi_0)}, \quad (2)$$

где η_1/η_2 - отношение вязкости воздуха к вязкости воды; g - ускорение свободного падения, м/с²; R - радиус цилиндрической камеры с почвой, м.

В формуле (2) введено отношение вязкости воздуха к вязкости воды для замены воздуха водой. Однако, кроме того, необходимо учесть, что прочносвязанная вода практически не участвует в переносе влаги, поэтому сделаем замену: в формуле (2) следует сдвинуть нулевое значение влажности на величину w^* - соответствующую максимальной адсорбционной влагоёмкости. Величина w^* может быть определена численно из совместного решения (1) с предложенным А.Д. Ворониным уравнением $\rho F = 5,2 + 3w$.

Примеры построения функции влагопроводности по зависимости (2) с учетом неподвижности прочносвязанной влаги w^* (сплошная линия) и без учета (пунктирная линия) представлены на рисунке 1.

Совместное использование (1) и (2) позволяет рассчитывать профили увлажнения при дождевании и капельном орошении.

Для учета 1) осмотического давления - необходимо использование формулы Вант-Гоффа; 2) всасывания воды корнями - необходимо включение в формулу значение всасывающего давления, соответствующего интересующему растению; 3) разности температур - необходимо использование теплового баланса и зависимости вязкости от температуры. Планирование и проведение лабораторных экспериментов позволяет при моделировании сделать следующие приближения: концентрация солей пренебрежимо мала, твердая фаза почвы не деформируется и не смывается, температуры воды в почве и поливной воды равны, всасывание воды корнями растений и испарение малы.

Задача определения профиля увлажнения при дождевании является одномерной, поэтому рассчитывался послойный (50 слоев) перенос влаги с толщиной слоя $\Delta h = 5$ мм. При вычислении разности потенциалов почвенной влаги в слоях добавлялся гравитационный потенциал $g\Delta h$.

Реализация программного средства расчета профиля увлажнения осуществлена заданием объема влаги, поступающей в верхний слой за единицу времени, массивов значений пористости, удельной поверхности, начальной влажности для каждого слоя, по которым вычислялись коэффициенты влагопроводности и давления почвенной влаги. По формуле Дарси рассчитывались объемы влаги, перетекавшей из слоя в слой за время равное 1 минуте. Произведено 100 циклов перерасчета, что по времени примерно соответствует прохождению по участку дождевальной машины.

В экспериментах использовался стандартный мерный цилиндр ($h=390$ мм, $d=90$ мм), заполненный почвой с измеренными влажностью, пористостью и удельной поверхностью, к верхнему торцу которого, через сосуд Мариотта и насадку поступала вода.

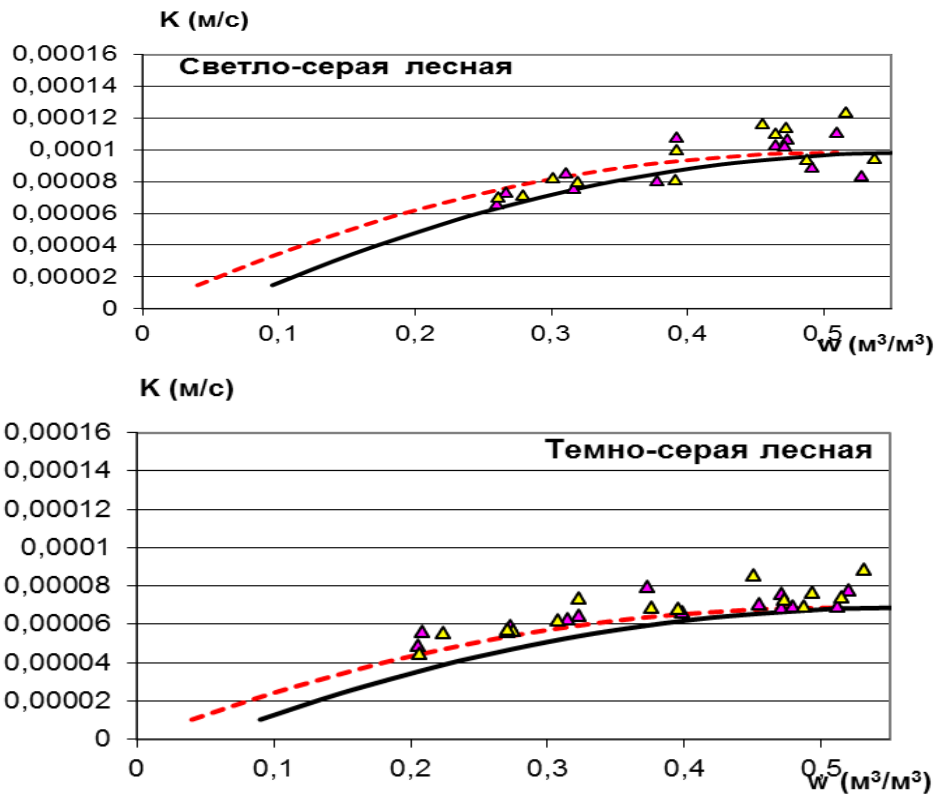


Рисунок 1 – Зависимости $K(w)$ и экспериментальные данные

Для определения максимальной интенсивности впитывания, вместо объема влаги, поступающей в верхний слой за единицу времени, был задан постоянный нулевой потенциал ψ .

Задача определения контуров увлажнения при капельном орошении трехмерная, она была сведена к двумерной задаче как цилиндрически симметричная с расположенной на оси капельницей (рис. 2).

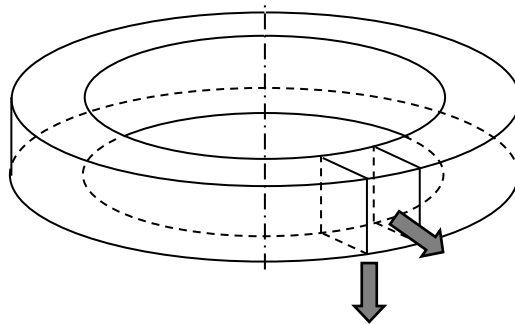


Рисунок 2 – Цилиндрическая симметрия при расчете капельного орошения

По формулам Дарси (3)-(4) рассчитывались объем $\Delta V_{гор}$ влаги перетекавшей из цилиндрического элемента в более удаленный от оси элемент и $\Delta V_{верт}$ - в расположенный снизу элемент.

$$\Delta V_{гор} = K \frac{\Delta p_{гор}}{\Delta x} S_{бок} \Delta t, \quad (3)$$

$$\Delta V_{верт} = K \frac{(\Delta p_{верт} + \rho g \Delta x)}{\Delta x} S_{осн} \Delta t, \quad (4)$$

где K - коэффициент влагопроводности, $\Delta p_{гор}$ - разность давлений почвенной влаги в соседних горизонтально расположенных элементах почвы, $\Delta p_{верт}$ - разность

давлений почвенной влаги в соседних вертикально расположенных элементах почвы, $S_{осн}$ – площадь основания цилиндрического элемента, t – время, Δx – высота и толщина цилиндрического элемента.

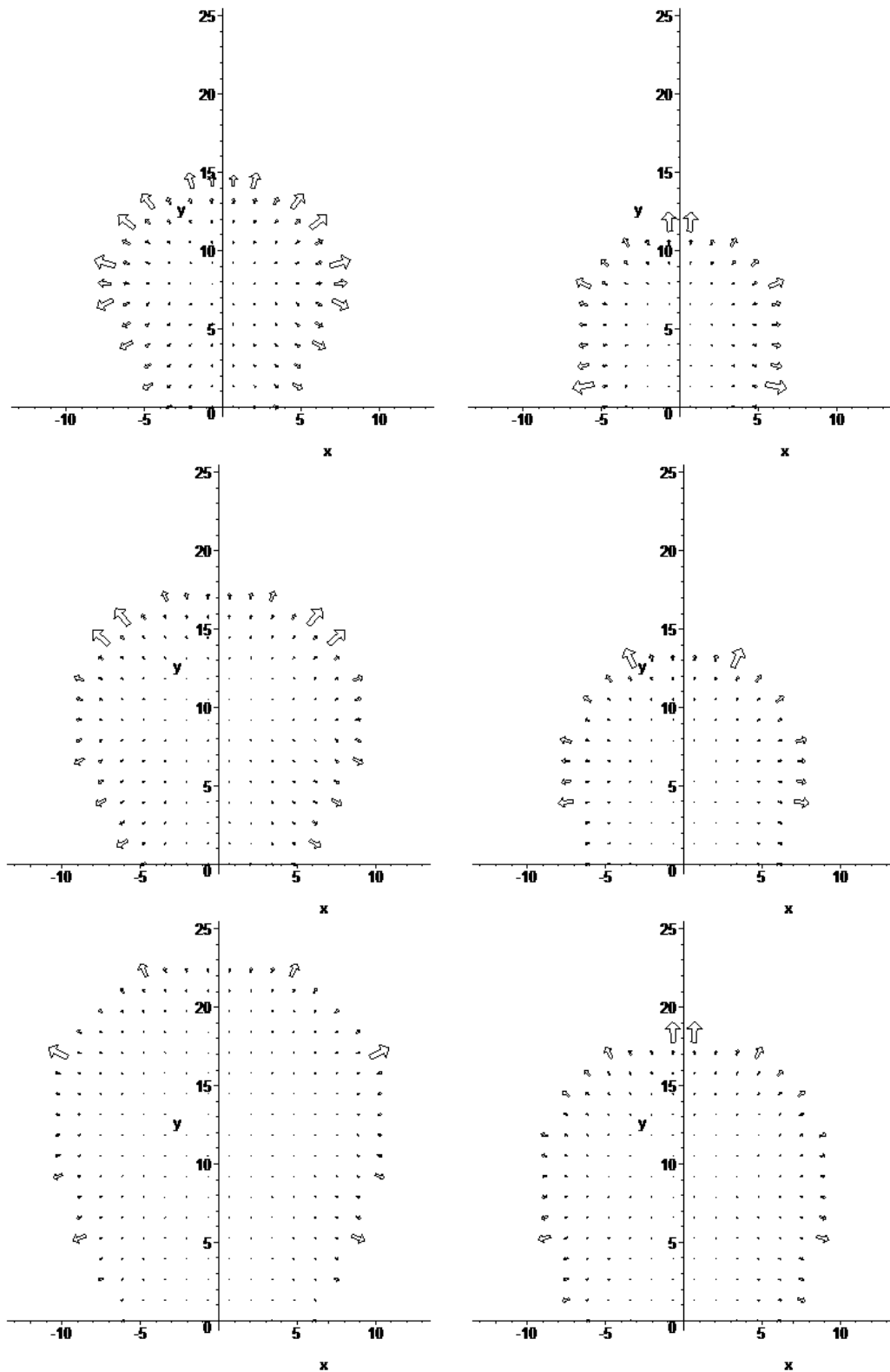


Рисунок 3 – Градиенты разности потенциалов влаги: объем воды (сверху вниз) 0,5 л, 1 л, 2 л; начальные влажности $w=0,32$ слева, $w=0,15$ справа

Реализация программного средства расчета контуров увлажнения осуществлена заданием объема влаги поступающей в точку (цилиндр высотой 5 мм и диаметром 5

мм) верхнего слоя за единицу времени. Гравитационный потенциал $g\Delta h$ при вычислении разности потенциалов почвенной влаги добавлялся при расчете переноса из слоя в слой и не добавлялся при расчете переноса внутри слоя, где почва разбивалась на систему радиально расходящихся колец. Вертикальный и горизонтальный перенос влаги рассчитывался одновременно с помощью решения двух уравнений Дарси и условия, при котором давление почвенной влаги в получающем воду объеме по модулю не выше давления в теряющем воду объеме почвы.

В экспериментах использовался водонепроницаемый ящик (300×250×250 мм) также заполненный почвой с измеренными влажностью, пористостью и удельной поверхностью, в середине верхнего торца которого располагалась капельница.

Визуализация расчетов для капельного орошения (объемы воды 0,5л, 1л, 2л) светло серой лесной почвы ($\Omega_0=46,2$ м²/г, $P_0=0,53$) со значениями начальных влажностей $w=0,32$ и $w=0,15$ близкими к влажностям спелости и завядания растений представлены на рисунке 3.

Выводы

Теоретически обосновано и составлено программное средство, позволяющее установить закономерности формирования контуров увлажнения почвы с разными объемами водоподачи для различных начальных влажностей, а также проследить динамику изменения параметров контуров при увлажнении. Приведен пример расчета контуров увлажнения при капельном орошении светло-серой лесной почвы.

УДК 631.674

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПРЕДГОРЬЯХ КАЗАХСТАНА

Е.В. Ангольд, Б.М. Куртебаев, Р.А. Мамучев

ТОО «Казахский НИИ водного хозяйства», г. Тараз, Республика Казахстан

Казахстан занимает площадь около 275, 5 млн. га и его территория простирается с запада на восток - от дельты реки Волги и побережья Каспийского моря до Горного Алтая почти на 3000 км и с севера на юг – от лесостепи и Зауралья до Среднеазиатских пустынь – более чем на 1500 км [1]. Предгорья юга Казахстана занимают около 18,9 млн. га [2]. Этот регион наиболее благоприятен для выращивания различных сельскохозяйственных культур. Характерной особенностью предгорий является их вертикальная зональность.

Для климата характерны резко выраженная континентальность и развитие местной горно-долинной циркуляции. Присутствуют разные циркуляционные условия, изменяется характер подстилающей поверхности, большая разница в тепловых ресурсах, отмечаются широкие масштабы колебания количества атмосферных осадков и их режима, отражающих взаимодействие циркуляционных условий и рельефа местности. Влажная и холодная высокогорная зона альпийских лугов переходит через умеренно-континентальные предгорья в пустынно-степную равнину с резко континентальным климатом.

Основными особенностями предгорных районов, с точки зрения техники орошения, являются: сложный рельеф местности; неудобная конфигурация поливных участков; большие уклоны (0,01-0,05 и более); близкое залегание галечника и высокая естественная дренированность территории (на конусах выноса); безветренная погода;

пониженное атмосферное давление. Все это вызывает такие нежелательные последствия, как ирригационная эрозия, потери воды на глубинное просачивание и вымывание питательных веществ из корнеобитаемого слоя почвы, трудность в механизации сельскохозяйственных работ и внедрении передовых приемов орошения. В то же время, отсутствие ветра в вегетационный период и пониженное атмосферное давление благоприятны для применения дождевания: увеличивается радиус действия дождевальных аппаратов и установок, повышается равномерность увлажнения.

Неудобная конфигурация поливных участков в связи с изрезанностью территории, крайне густой гидрографической сетью, а также наличие крутых склонов, затрудняет применение дождевальных устройств, водозабор которых осуществляется из сети открытых каналов. В таких условиях рекомендуется применение стационарного дождевания [3-7].

Приведенная характеристика предгорий свидетельствует о том, что для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур здесь необходимо применение поливов, способных при наличии засухи длительно и направленно воздействовать на микроклимат в течение вегетационного периода.

Преодоление всех вышеуказанных трудностей орошения в условиях предгорий Казахстана может быть найдено в применении технических средств длительного (растянутого) процесса внесения влаги в почву (системы капельного и подпочвенного орошения, системы и установки прерывистого медленного дождевания, системы и установки искусственного тумана), а также в разработке дождевальных устройств с регулированием интенсивности дождя. Прототипом дождевальной техники, способной длительно и одновременно на всей орошаемой площади выполнить освежительно-увлажнительные поливы, является импульсное (периодическое) дождевание. Импульсное дождевание обеспечивает подачу воды на орошаемый участок на протяжении всей вегетации сельскохозяйственных культур в соответствии с водопотреблением растений, поддерживает оптимальный уровень влажности в активном слое почвы и повышает относительную влажность воздуха в приземном слое, снижая при этом его температуру.

Работа системы импульсного дождевания происходит следующим образом. При необходимости полива по сигналу датчика влажности почвы или в соответствии с программой включается в работу насосная станция. Происходит подача воды в трубопроводную сеть и аккумуляция расхода и напора в полостях гидроаккумуляторов до расчетной величины. По сигналу датчика их заполнения или по сигналу реле времени с пульта управления подается команда на генератор импульсов давления, который формирует сигнал понижения давления определенной продолжительности в сети трубопроводов. Происходит срабатывание запорных органов импульсных дождевателей и выброс накопленного объема воды. Закрытие запорных органов дождевателей происходит по сигналу повышения давления.

Режим импульсной подачи воды на орошаемый участок осуществляется импульсными дождевателями, отличающимися от обычных дождевальных аппаратов наличием емкости в виде гидроаккумулятора с запорным органом, обеспечивающим срабатывание таких дождевателей.

В качестве импульсных дождевателей на системах импульсного дождевания используются конструкции гидроаккумуляторов, обеспечивающие выброс накопленного объема воды под действием сжатого воздуха [8-11] или упругих эластичных материалов (рис. 1). Дождеватели, работающие за счет действия сжатого воздуха, в качестве запорного органа имеют клапан в виде полупроводниковой манжеты или мем-

браны, которыми при перемещении в корпусе запорного органа открываются или закрываются водовыводящие стояки в зависимости от соотношения давления в полости запорного органа и в гидроаккумуляторе (рис. 1а). Накопление воды в дождевателях происходит за счет сжатия воздуха, находящегося в гидроаккумуляторе под давлением, равным атмосферному. При поступлении воды в дождеватель и закрытии водовыводящей трубы она сжимает воздух в гидроаккумуляторе до давления равного давлению напоробразующего устройства. После поступления сигнала понижения давления в трубопроводную сеть запорный орган открывается, и вода из гидроаккумулятора под действием сжатого воздуха поступает через водовыводящую трубу с дождевальным аппаратом на прилегающую площадь. При достижении в гидроаккумуляторе минимального расчетного давления и формировании в сети трубопроводов сигнала повышения давления вода вновь подается к запорному органу и далее поступает в емкость гидроаккумулятора.

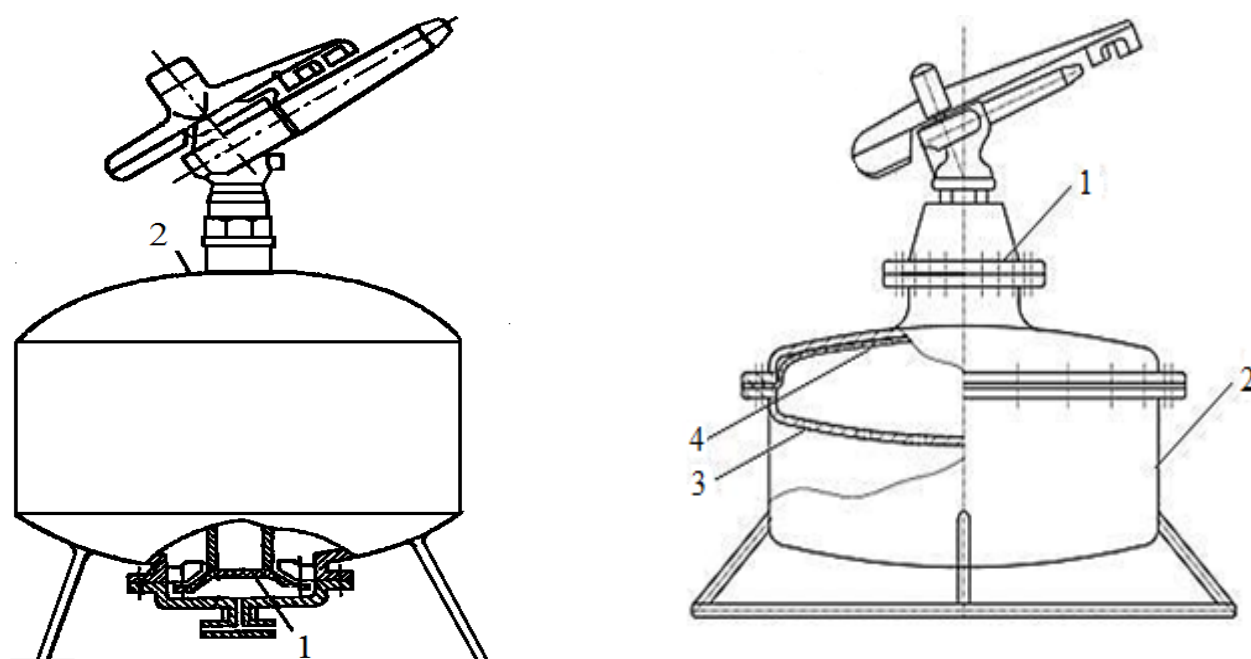


Рисунок 1 – Принципиальная схема импульсных дождевателей - а) обычный дождеватель; б) дождеватель с разделительной мембраной: 1 – запорный орган, 2 – гидроаккумулятор, 3 – перфорированная вставка, 4 - мембрана

Для улучшения качества дождя импульсных дождевателей, снабженных дождевальными аппаратами с двумя стволами, разработана насадка специальная, имеющая камеру поступления воздуха в струю воды во время выплеска накопленного объема воды из импульсного дождевателя в атмосферу через двухрожковый дождевальный аппарат, приведенный в соответствии с рисунком 2. В момент дождевания в сопло из специальной камеры поступает воздух, что позволяет улучшить структуру дождя за счет изменения диаметра капель.

Дождевальный аппарат с насадкой специальной работает следующим образом. При поступлении воды в корпус дождевального аппарата с коромыслом через основание со стаканом и шайбами резиновой и фторопластовой осуществляет её распределение в дополнительное сопло для ближнего полива и ствол для основного полива.

Из ствола вода поступает в насадку, имеющую камеру (1) для смешивания воды и воздуха, крышку (2) с прорезью для поступления воздуха в камеру и сопло (3),

имеющее сечение меньшее, чем сечение камеры (1). При прохождении потока воды через сопло (3), в зоне расположения сопла и входной части камеры (1) с крышкой (2), которая имеет прорезь для сообщения с атмосферой, создается зона разрежения, за счет резкого увеличения скоростей воды в месте сопряжения сопла и камеры, и осуществляется «всасывание» воздуха и его поступление в камеру вместе с водой.

В камере (1) поток воды смешивается с поступающим воздухом и образуется мелкодисперсная струя с каплями диаметром менее 1,0 мм, которая подается в атмосферу к растениям. Этот процесс имеет постоянный характер при использовании таких дождевальных аппаратов при обычном периодическом дождевании или импульсном на системах импульсного дождевания.

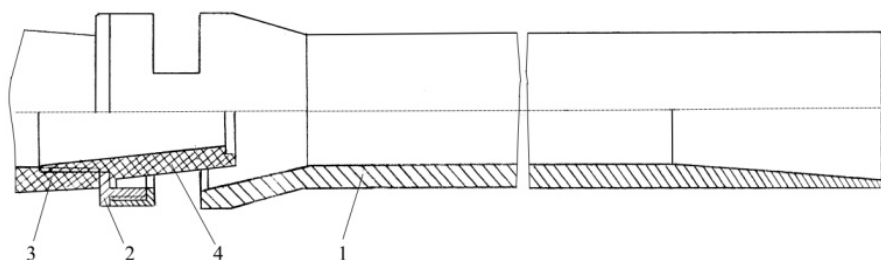


Рисунок 2 - Насадка специальная:

1 – камера специальная; 2 – крышка, 3 – ствол; 4 – сопло

Разработанные технические средства импульсного дождевания позволяют:

- снабжать растения в соответствии с ходом их водопотребления;
- обеспечивать длительное направленное воздействие искусственного дождя, обеспечивающего благоприятные условия роста и развития растений и внешней среды;
- поддерживать влажность активного слоя почвы и приземного слоя воздуха на оптимальном уровне без резких колебаний, свойственных периодическим поливам;
- обеспечить качественные характеристики искусственного дождя, исключая отрицательное влияние капель на структуру почвы.

Создаваемые оптимальные условия для развития сельскохозяйственных культур импульсным дождеванием позволяют повысить их урожайность не менее чем на 15-20%, что позволит решать вопросы обеспечения продовольственной безопасности страны.

Список использованных источников

1. Справочник агронома / Под ред. Ш.М. Чултурова. -Алма-Ата: Кайнар, 1975, -460 с.
2. Боровской В.М., Есенов У.Е. Проблемы мелиорации земель республик Средней Азии и Казахстана -Алма-Ата: АН и ММиВХ КазССР, 1970.
3. Штепа Б.Г, Носенко В.Ф. и др. Механизация полива // Справочник. -М: Агропромиздат, 1990. - 336 с.
4. Справочник гидротехника. -Алма-Ата: Кайнар, 1966. -312 с.
5. Угрюмов А.В. Перспективы развития технических средств полива // Техника и технология механизированного орошения: сб. научн. тр. / ВНИИГиМ. -М., 1982.-С. 3-12.
6. Гершунов Э.В, Жуйко Ю.Д, Жунусов Р. С. Перспективные способы и техника полива на орошаемых землях Казахстана -Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1988. -64 с.
7. Алексеев ВИ Технический прогресс орошения в предгорных районах Казахстана. -Алма-Ата: Кайнар, 1973. -88 с.
8. А.с. 442846 СССР. Импульсный дождевальная аппарат / Шарко А.М., Рабинович А.Я., Гониади И.М. и др. - опубл. 15.09.74.
9. А.с. 494154 СССР. Импульсный дождевальная аппарат // Носенко В.Ф., Остроушко В.Н., Боровенников А.В. и др. - опубл. 15.12.75
10. А.с. 496997 СССР. Импульсный дождевальная аппарат / Носенко В.Ф., Остроушко В.Н., Боровенников А.В. и др. - опубл. 30.12.75.
11. А.с. 1308266 СССР. Импульсный дождевальная аппарат / Кандрин Н.И., Рабинович А.Я., Жарков В.А. и др. - опубл. 17.05.87.

УДК 631.674.6:631.347(470.44).47

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

А.Д. Ахмедов, Е.Э. Ашигова, А.Е. Засимов

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

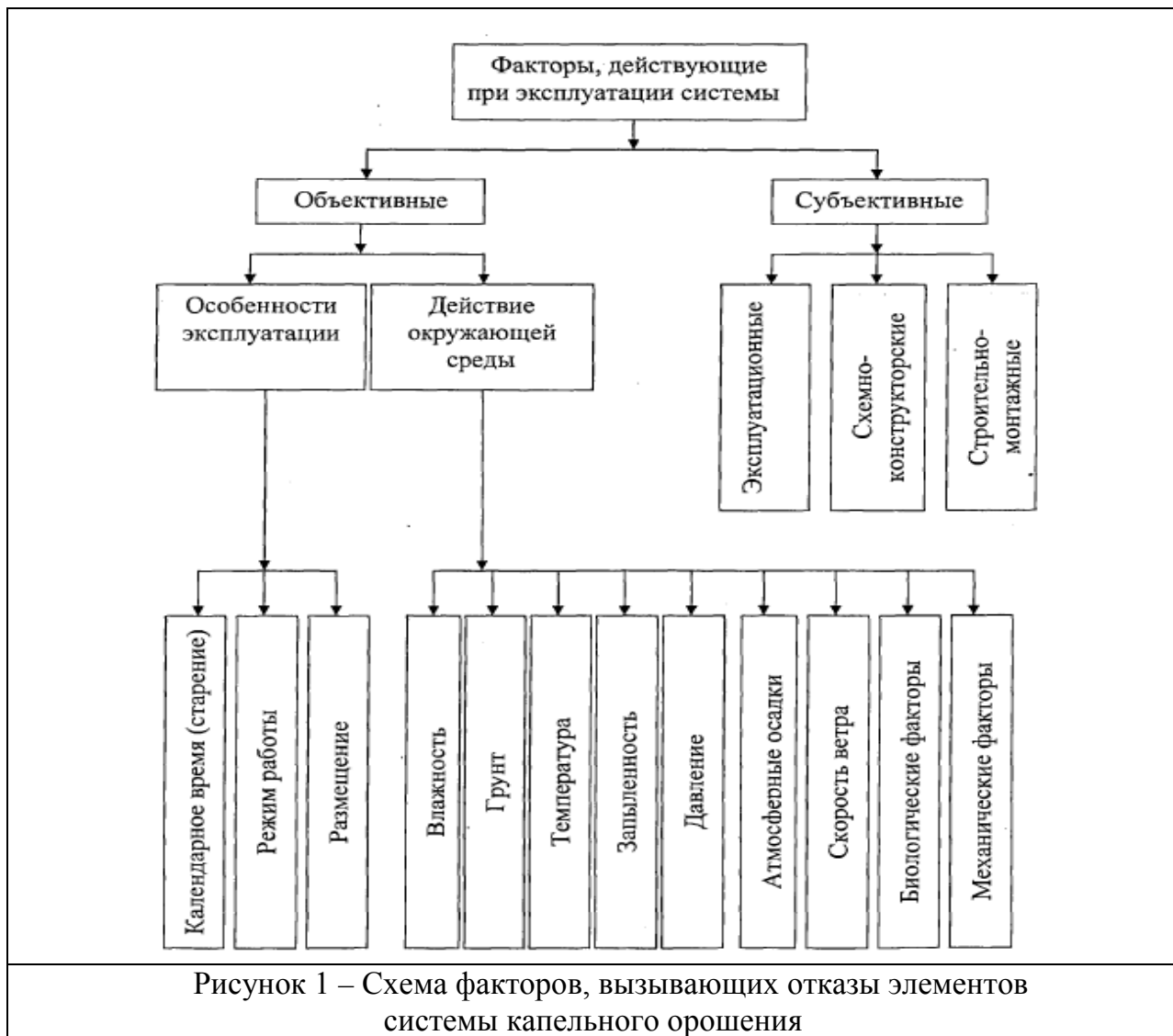
Опыт эксплуатации систем капельного орошения в Волгоградской области показывает, что надежность работы капельниц во многом зависит от качества поливной воды. Поэтому, при оценке надежности систем капельного орошения необходимо исследовать такие элементы, как узел очистки, поливной трубопровод и капельницы и считать одним звеном - фильтр-капельницы.

Вероятность безотказной работы закладывается в процессе проектирования и производства, а реализуется при эксплуатации и ремонте. Поэтому оценка уровня безотказности систем капельного орошения в условиях реальной эксплуатации и сопоставлении его с возможным уровнем, сформированным производством, приобретает важное значение как в плане оптимизации ресурса системы, так и в плане разработки мероприятий конструкторского, технологического и ремонтного характера, позволяющих в значительной степени повысить показатели надежности, применительно к материально-технологическим возможностям современного сельхозпредприятия. Именно условия эксплуатации и ремонта, в конечном итоге, являются теми решающими факторами, которые обеспечивают соответствие реального уровня безотказности, заложенному производителем [1, 2. 3].

Обобщая вышеизложенное, можно отметить, что надёжность (работоспособность) системы капельного орошения зависит от надежности составляющих её узлов и элементов (их количества), очень тесно связано с площадью и местом (в подкомандной или вне командной зоне источника орошения) расположения системы.

В условиях эксплуатации на надёжность (работоспособность) элементов систем капельного орошения, как и других оросительных систем, могут влиять различные

факторы, которые делятся на объективные и субъективные. Учитывая особенность капельного орошения, нами составлена схема факторов, вызывающих отказы элементов капельной системы (рис.1). Бесперебойная работа всякой системы гарантируется не бесконечно. В результате длительной эксплуатации системы отдельные её элементы стареют и изнашиваются, что может быть причинами её отказа. К ним элементам можно отнести отдельные элементы насосной станции, запорно-регулирующие элементы распределительно-поливной сети и др.



В факторе режим работы учитывается периодичность работы системы. Частое включение и выключение насосных агрегатов нежелательно. При этом может возникнуть отказ, как пускателя, так и электродвигателя. Поэтому при назначении сроков и норм поливов необходимо учитывать этот фактор.

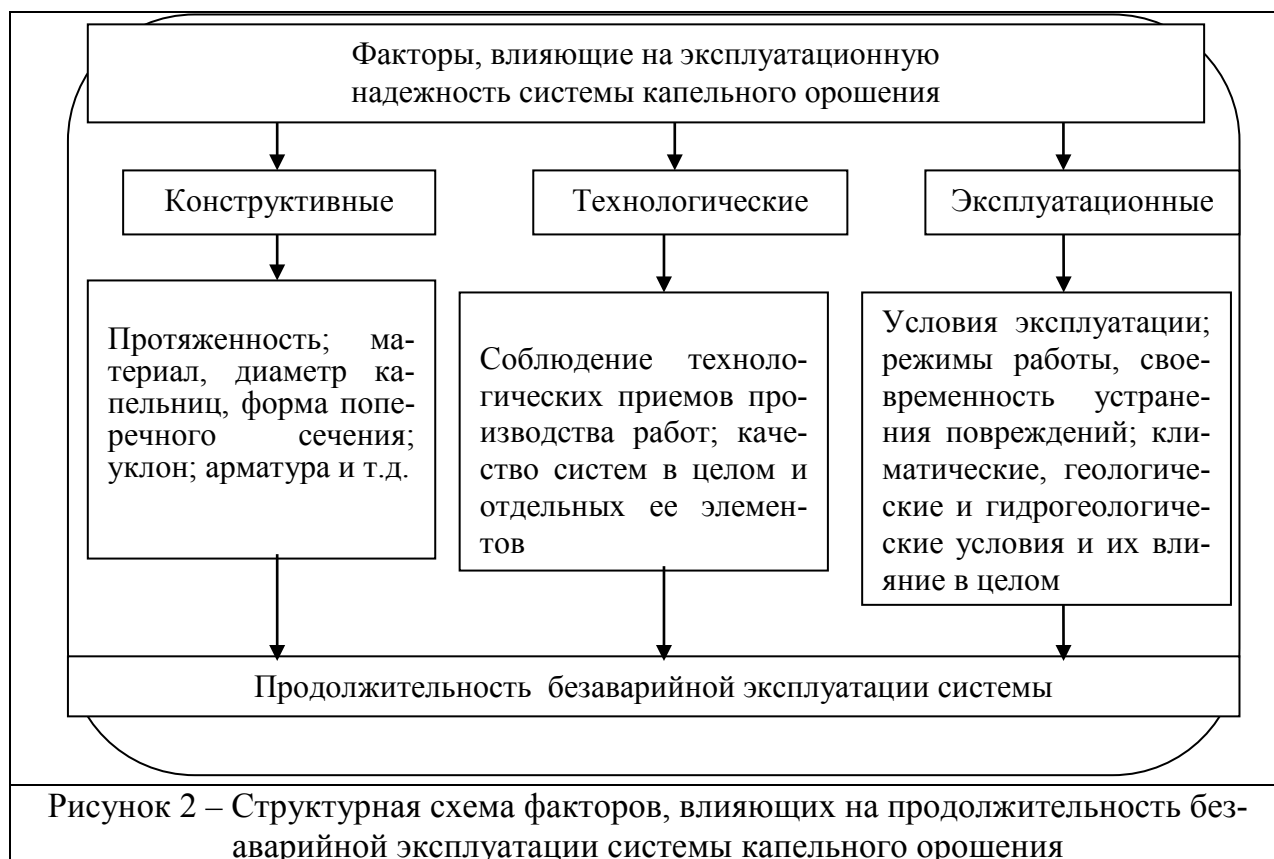
Фактор размещения учитывает состав и размещение элементов системы в зависимости от места расположения её по отношению к источникам орошения. При расположении орошаемого участка ниже отметки источника нет необходимости в строительстве насосной установки или насосной станции и напорного трубопровода. В этом случае в голове системы капельного орошения устанавливается авторегулятор постоянного расхода и забирается необходимое количество воды. В случае расположения орошаемого участка выше отметки источника орошения для подкачки воды на

нужную отметку требуется строить насосный агрегат или насосную станцию, напорный трубопровод и напорный бассейн. В этом случае количество элементов комплектующих систем увеличивается, и естественно может увеличиться количество отказов элементов системы.

Из объективных факторов окружающей среды, сгруппированных в подгруппе, действующих на работоспособность элементов системы капельного орошения, наиболее отрицательно действуют такие факторы как влажность, температура, запылённость, биологические и механические. Так, повышенная влажность отрицательно влияет на сварные соединения полиэтиленовых труб. Высокая или низкая температура воздуха, или же чрезмерное её изменение, уменьшает срок службы поливных трубопроводов при их расположении над поверхностью земли. Для запыленности воздуха характерна скорость ветра 4-5 м/с и выше.

Запыленность воздуха может снижать надёжность таких элементов, как система контрольно-измерительных приборов, автоматика насосной станции т.д. Она также отрицательно может влиять на работоспособность капельниц, так как при сильном ветре в периоды между поливами, появляется вероятность попадания частицы грунта или пыли в их отверстия и засорения ими.

Выявлены факторы, определяющие надёжность работы систем капельного орошения. Условно их можно разделить на три основные группы, представленные на рисунке 2. Установлено, что такие факторы как материал, протяженность и диаметр трубопроводов, качество производства работ, условия эксплуатации, режим работы оросительной сети, своевременность устранения повреждений являются основными.



В ходе исследования нами рассмотрен статистический анализ надёжности трубопроводов системы капельного орошения. Кроме того, проанализированы современные подходы к прогнозированию показателей долговечности объектов при ограни-

ченной информации. На основании рассмотренных методов оценки и прогнозирования ресурса оборудования оросительных систем, был выбран статистический, так как при эксплуатации системы выборки, как правило, не полные и в силу субъективных или объективных причин имеют высокую степень неопределенности. Статистический метод наиболее полно описывает эксплуатационное состояние систем капельного орошения.

Проведено исследование и составлена схема функциональных взаимосвязей между элементами системы капельного орошения и факторами ее существования, которые подтверждают сложность учета воздействий на сеть и ее элементы. Из этого следует, что только трубопровод испытывает воздействие всех факторов, это говорит о том, что трубопровод является наиболее важным элементом, от безотказной работы которого зависит работа всей оросительной сети.

Анализируя эксплуатационную надежность и учитывая некоторые особенности системы капельного орошения, можно классифицировать отказы по следующим признакам:

1) *характер проявления* - по характеру возникновения отказы разделяются на: внезапный, постепенный, зависимый, полный, устойчивый, частичный, самоустраняющийся и скрытый (неявный). Данный признак дает возможность установить характер проявления каждого отказа;

2) *время возникновения* - по времени возникновения отказы разделяются на приработочные, в период проведения поливов, межполивной период и период хранения. Приработочными считаются отказы элементов системы, которые произошли в первые 1,5 - 2 года для таких элементов как: трубопровод, отстойник, водовыпуск с момента окончания строительства и до трех месяцев для комплектующих элементов (трубопроводная арматура);

3) *причина возникновения* - отказы по причине возникновения разделяются на конструктивные, технологические, эксплуатационные, износные, механические, биологические, причина не установлена. Этот признак дает возможность определить причину возникновения отказа;

4) *последствие* - отказы по последствиям подразделяются на две группы полный срыв программы полива, частичный срыв полива;

5) *взаимосвязь отказов элементов системы* - по взаимосвязи отказы разделяются на зависимые и независимые. К зависимым относятся такие отказы, которые произошли в результате отказа другого, а к независимым - отказы, произошедшие по любой причине, но не связанные с отказом другого элемента;

б) *сложность устранения* - по сложности устранения, в зависимости от времени и труда на его устранение, делятся на три группы;

7) *способ устранения* - данный признак подразделяется на следующие группы: с заменой элемента; с восстановлением элемента; самоустраняющиеся. К первой группе относятся полные и устойчивые отказы элемента, ко второй - частичные отказы элемента, к третьей можно отнести некоторые механические отказы элемента. Такой признак классификации отказов элементов дает возможность определить затраты материалов или запасных частей для восстановления элементов системы;

8) *нет необходимости учета при расчете показателей надежности* - данный признак подразделяется на отказы, произошедшие в результате отказа внешнего водоснабжения и электроснабжения, и отказы, произошедшие по вине обслуживающего персонала. Особое место надо уделять отказам, происходящим вследствие ошибок

обслуживающего персонала, что весьма важно, т.к. они в основном возникают из-за усталости и забывчивости обслуживающего персонала;

9) *частота возникновения* - отказы по частоте возникновения подразделяются на единичные и повторяющиеся. Этот признак дает возможность определить систематически повторяющиеся отказы элементов, которые снижают уровень надежности элемента.

Таким образом, приведенные виды отказов элементов системы капельного орошения и их классификация, носит случайный характер, но их учет поможет при установлении критериев отказов элементов системы.

В итоге полученные результаты исследования дают полное основание считать капельное орошение одним из наиболее прогрессивных способов полива. Применение его позволяет: значительно экономить водные, трудовые, энергетические ресурсы; не только автоматизировать процесс полива, но и управлять режимом влажности почвы; повышать производительность труда при возделывании культур; создавать благоприятные условия для жизнедеятельности полезных почвенных бактерий; регулировать воздушно-тепловой режим почвы; повышать количественные и качественные показатели урожайности.

Список использованных источников

1. Ахмедов, А.Д. Надёжность систем капельного орошения /А.Д. Ахмедов, А.А. Темерев, Е.Ю. Галиуллина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. - №3 (19). – С.83-88.

2. Ахмедов, А.Д. Выбор основных критериев оценки надёжности оросительных систем /А.Д. Ахмедов, Е.Ю. Галиуллина //Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации сб. науч. докладов 5-й междунар. конф. молодых учёных и специалистов. ФГБНУ ВНИИ «Радуга». Коломна. 2012. – С. 33-37.

3. Токар, А.И. Гидравлическая надёжность капельниц /Токар А.И. // Рекомендации по внедрению техники и технологии производства в области мелиорации и сельского хозяйства: сб. научн. трудов. – Равно, 1984. – С. 9-13.

УДК 631.674.6

РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Ю.Г. Безбородов, А.Т. Козыкеева, Л.В. Кирейчева, А.О. Жатканбаева
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия;
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Кстякова», г. Москва, Россия;
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

В настоящее время в связи с образованием дефицита водных ресурсов Центральной Азии и в том числе в Казахстане нет сомнения в том, что среди перспективных способов полива одним из основных является капельное орошение. Данный способ полива позволяет создать наиболее благоприятные условия для растений, обеспечить дозированную подачу воды непосредственно к корням растений и полностью автоматизировать процесс полива. Повышение эффективности данного способа полива основано на получении максимума продукции при минимуме затрат поливной воды и труда. Однако перспективы внедрения капельного орошения в Казахстане в настоящее время сдерживаются отсутствием конкретных режимов орошения и теоретических и практических исследований использования таких систем и технологий полива.

При этом исследования, проведенные по изучению капельного орошения в различных природно-климатических зонах, И.П. Кружилина[1], О.Е. Ясониди[2], М.С. Григорова [3], А.С. Овчинникова [4], А.Д. Ахмедова [5], А.О. Налойченко, А.Ж. Атаканова[6], А.Т. Козыкеева, А.О. Жатканбаева [8] и др. показали, что капельное орошение благоприятно влияет на развитие и продуктивность различных сельскохозяйственных культур. При этом урожайность сельскохозяйственных культур возрастает на 20 - 50 % в сравнении с другими способами полива.

Поэтому исследования режима орошения сельскохозяйственных культур для разработки и совершенствования систем капельного орошения в условиях Жамбылской области, расположенных в пустынной зоне, с точки зрения распределения и нормирования воды растениям представляют как научный, так и практический интерес. В связи с этим с целью изучения режима орошения сельскохозяйственных культур при капельном орошении полевые исследования проводились на территории производственного кооператива «Тастобе» Жамбылского района, Жамбылской области Республики Казахстан.

Посадка томатов осуществлялась рассадой в начале мая по междурядьям 70 см и с расстоянием в ряду 40 см. Поливы осуществлялись низконапорной капельной системой (вариант 2) и по бороздам (вариант 1).

Площадь делянки 28 м². Повторность опыта 3-х кратная. В каждом варианте имелось по 100 растений томата, расположенных в два ряда.

Для изучения контура увлажнения, развития корневой системы и продолжительности полива был заложен лизиметрический опыт (опытный участок № 2) с шестью вариантами:

1а – полив с одной капельницей при 70 % НВ;

1б – полив с двумя капельницами при 70 % НВ.

При установлении режима орошения нами определялась поливная норма, продолжительность полива и число поливов, поскольку они несколько отличаются от обычных (табл. 1).

Таблица 1 - Межполивные периоды и число поливов томата при капельном орошении

Показатели	Май	Июнь	Июль	Август
Вариант 1а (полив одной капельницей) 70 % НВ				
Поливная норма (m_p), м ³ /га	93	93	93	93
Среднесуточное водопотребление (E_{cp}), м ³ /га	25	37	29	27
Межполивной период, (T), сутки	4	3	3	4
Количество полива (N)	7	10	10	6
Вариант 1б (при поливе двумя капельницей) 70 % НВ				
Поливная норма (m_p), м ³ /га	129	129	129	129
Среднесуточное водопотребление (E_{cp}), м ³ /га	25	37	29	27
Межполивной период, (T), сутки	5	4	4	5
Количество полива (N)	6	7	7	5

Данные таблицы 1 показывают, что число поливов при поливе одной капельницей составляют 33 и с двумя капельницами - 25, а межполивной период колеблется от 3 до 5 суток. Максимальное количество поливов отмечено в июне и июле месяцах.

Расчет суммарного водопотребления при капельном способе орошения имеет свои особенности. В отличие от сплошного полива при капельном орошении увлажняется не вся площадь поля, а только ее часть, то есть совокупность площадей контуров, примыкающих к зоне питания растений, которая не формирует сомкнутого травостоя.

При этом для определения суммарного водопотребления в капельном орошении можно использовать биоклиматический метод нормирования водопотребности сельскохозяйственных культур, где используются формула Н.Н. Иванова для определения испаряемости (E_o):

$$E_o = 0.0006(25 + t)^2(100 - \alpha) \text{ , м}^3/\text{га в сутки,}$$

где t – среднесуточная температура воздуха, °С; α – среднемесячная влажность воздуха, %.

Испарение влаги с поверхности почвы происходит в локальных зонах, то есть в контурах увлажнения капельницы, которые могут быть определены с помощью коэффициента (K_y), учитывающего степень несплошного увлажнения почвы: $K_y = 1/[1 + (1 - f)]$, где, S – площадь локального увлажнения на одном гектаре, м²; F – общая площадь 1 га - 10000 м²; $f = S / F$ - доля увлажненной площади при капельном орошении.

Следовательно, на основе этих предположений можно определить биологический коэффициент сельскохозяйственных культур (K_b) при капельном орошении по следующей формуле: $K_b = E_{суу} / E_o \cdot K_y$, однако их значения не будут отличаться от существующих биологических коэффициентов сельскохозяйственных культур, определенных в традиционных способах полива (табл. 2).

Таблица 2 - Среднесуточное суммарное испарение E_o , биоклиматические микробиологические коэффициенты, м³/га в сутки при 70 % НВ

Показатели	Май	Июнь	Июль	Август
$E_o = 0.0006(25 + t)^2(100 - \alpha)$ в сутки	53	78	61	60
$E_{суу} = E_o \cdot K_b \cdot K_y$	25	37	29	27
K_b - коэффициент биологический	0,75	0,78	0,75	0,72
K_y - коэффициент увлажняемости территории	0,62	0,62	0,62	0,62
Суммарное водопотребление, м ³ /га	750	1180	899	810
	$E_{сум} = 3640 \text{ м}^3/\text{га}$			

В целом в практике мелиорации сельскохозяйственных земель, процессы водопотребления растений намного более сложны, чем применяемые математические их описания, следовательно, их можно определить различными методами и разнообразными формами уравнений влагопереноса. Поэтому возникает основной вопрос о выборе наилучшей математической модели для определения водопотребления сельскохозяйственных культур при капельном орошении. Следовательно, применяемые ме-

тоды определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур при капельном орошении должны отражать основные физические закономерности, которые происходят при локальном увлажнении корнеобитаемого слоя растений, и обеспечивать необходимую точность. При этом методы определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур должны иметь простой и эффективный вычислительный алгоритм и его опытно-экспериментальную проверку приблизительно близкую к данным, полученным в ходе исследований.

Таким образом, методы определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур кроме того должны учитывать физическое испарение и поглощение влаги корнями растений в условиях орошения [8; 9], то есть суммарное водопотребление состоит из двух составляющих: $E = T + I$, где I - физическое испарение с поверхности почвы; T - транспирация с листовой поверхности растений.

Величину суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур по биоклиматическому методу определяют по формуле [10]:

$$E_v = E \cdot k_{\delta} \cdot k_o, \text{ мм,}$$

где k_{δ} - биологический коэффициент; k_o - микроклиматический коэффициент; E - испаряемость (потенциальная эвапотранспирация).

Испаряемость подсчитывают по формуле Н.Н. Иванова:

$$E = K_t \cdot d \cdot f(u),$$

где K_t - энергетический фактор испарения; d - дефицит влажности воздуха, мб; $f(u)$ - функция, характеризующая влияние ветра, $f(u) = 0,64 + 0,12u_2$, где u_2 - скорость ветра на высоте 2 м. от поверхности земли, м/с.

Параметры испаряемости K_t и $f(u)$ определяют по зависимости:

$$K_t = \frac{0,0061(25+t)^2}{l_a},$$

где t - температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; l_a - упругость насыщенного пара, мб.

На основе определения месячных или декадных максимальных ежедневных потребностей в воде осуществляются проверки возможностей водоисточника, выбора фильтростанции и остальной фурнитуры. Исходя из этого, и производят предварительный расчет пропускной возможности фильтростанции по формуле [2]:

$$Q = m \cdot S / T,$$

где: Q - пропускная способность фильтростанции, $\text{м}^3/\text{ч}$; m - поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$; S - планируемая площадь орошения, га; T - планируемое время работы системы в сутки, 16-20 ч.

Для каждой культуры, с учетом возделываемой площади и схемы посадки, рассчитывается потребность в оросительной трубке [2]:

$$L_t = 10000 \cdot S_k / L,$$

где: L_t - потребность в оросительной трубке, м; S_k - площадь возделываемой культуры; L - расстояние между оросительными трубками (схема посадки).

На основе пропускной способности разводного трубопровода уточняется площадь поливных участков (S) по следующей формуле [2]:

$$S = (Q_t \cdot L \cdot x / 10 \cdot q),$$

где: Q_t - пропускная способность разводного трубопровода, $\text{м}^3/\text{ч}$; L - расстояние между оросительными трубками (схема посадки), м; x - расстояние между эмиттерами оросительной трубки, м; q - норма вылива одного эмиттера л/ч.

Для определения расхода воды на гектар орошаемого участка используется следующая зависимость, м³/ч [2]:

$$W = 10 \cdot q / L \cdot x.$$

При этом расход воды, подаваемый на гектар орошаемого участка (W) должен быть равен индивидуальной поливной норме (m_n), то есть $m_n = W$.

Таким образом, ресурсосберегающие технологии и технические средства капельного орошения с методологическим обеспечением для определения режима орошения позволят обеспечить экономное и рациональное использование водных ресурсов в орошаемой земледелии, создать оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур в сравнении с традиционным способом полива по бороздам.

Список использованных источников

1. Кружилин, А.С. Корневая система и продуктивность орошаемых культур // Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия. – М.: Наука, 1983. – С. 235-242.
2. Ясониди, О.Е. Проектирование систем капельного орошения // Тр. НИМИ. – Новочеркасск, 1984. – 101 с.
3. Григоров, М.С. Внутрипочвенное орошение. – М.: Колос, 1983. – 128 с.
4. Овчинников, А.С. Капельное орошение сладкого перца в условиях Волго-Донского Междуречья / А.С. Овчинников, О.В. Данилко // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. / Мещерский филиал ВНИИГиМ им. Костякова. – Рязань, 2004. – С. 388-391.
5. Ахмедов, А.Д. Экологические аспекты капельного орошения / А.Д. Ахмедов, А.А. Темерев, Е.Ю. Галиуллина // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. Саратовского ГАУ. - Саратов, 2010. – С. 156-158.
6. Налойченко А.О., Атаканов А.Ж. Режим орошения виноградников при капельном увлажнении // Киргизский НИТИ. - 1985. - №139 (3637). - серия 68.31. -12 с.
7. Козыкеева А.Т., Жатканбаева А.О. Системы капельного орошения для орошения сельскохозяйственных культур на предгорных зонах с небольшим поверхностным перепадом // Материалы Международного научного форума /Проблемы управления водными и земельными ресурсами.- Москва, 2015.-часть2.- С. 3-12.
8. Якиревич, А.М. Расчеты влагопереноса в почвогрунтах с учетом распределения корневой системы растений/ А.М. Якиревич // Обоснование допустимых глубин грунтовых вод орошаемых земель. - М., 1987. – С. 126 - 132.
9. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане.- Тараз, 2012.- 538 с.
10. Данильченко Н.В. Биоклиматическое обоснование суммарного водопотребления и оросительных норм // Мелиорация и водное хозяйство, 1994.- №4.- С. 25-29.

УДК 631.816.11

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ТОМАТОВ В САРАТОВСКОМ ПРАВОБЕРЕЖЬЕ

Е.И. Бикбулатов

Саратовский госагроуниверситет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Практика последних лет показала, что перспективным способом регулирования водного режима почв на плантациях овощных культур в Нижнем Поволжье является капельное орошение [1-5]. Однако для Саратовского Правобережья технологии возделывания овощей при этом способе полива до последнего времени практически не разрабатывались.

Поэтому в 2013-2015 гг. был проведен опыт по подбору урожайных сортов ценнейшей овощной культуры - томатов, разработке для них рациональных режимов

капельного орошения и доз минеральных удобрений, обеспечивающих получение высоких урожаев плодов.

Почва опытного участка – чернозем южный среднесуглинистый. Содержание гумуса 3,7%. Обеспеченность доступным фосфором и обменным калием высокая. Плотность сложения пахотного слоя 1,24 г/см³, подпахотного 1,27 г/см³, наименьшая влагоемкость соответственно 30,33 и 30,88% от массы абсолютно сухой почвы.

Исследования проводили в двух двухфакторных опытах, схема которых включала три режима капельного орошения (фактор А) и 3 дозы удобрений (фактор В).

Изучались среднеранние сорта Дар Заволжья и Новичок, которые характеризуются хорошими вкусовыми качествами свежих плодов и консервированной продукции. Согласно схеме опыта предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 70, 80 и 90% НВ. Расчетный слой почвы: 0,3 м в период «посадка - бутонизация»; 0,5 м – «бутонизация - биологическая спелость».

В опыте использовалась система капельного орошения с капельными линиями фирмы «Eurodrip» со встроенными полукомпенсированными капельницами с расходом – 2,0 л/ч при давлении 0,8 – 2 кг/см².

Расчетные дозы минеральных удобрений определены на два уровня урожайности балансовым методом с использованием коэффициентов возмещения выноса и учетом обеспеченности почвы доступными элементами питания. Основную часть фосфорных и калийных удобрений вносили осенью под зяблевую вспашку почвы. Остальную часть фосфорных и калийных и все азотные удобрения вносили под предпосевную культивацию и в подкормки.

Полевой эксперимент заложен методом расщепленных делянок, повторность опыта трехкратная, учетная площадь 30 м². Основные и сопутствующие наблюдения проводились в соответствии с общепринятыми методиками и ГОСТами: наименьшая влагоемкость – методом заливаемых площадок, влажность почвы – термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89), математическая обработка опытных данных проведена по методике Доспехова.

Одним из основных элементов технологии возделывания является сорт. Трехлетними исследованиями установлено, что сорт Дар Заволжья по сравнению с сортом Новичок характеризуется более высокой продуктивностью при возделывании в условиях капельного орошения в Саратовском Правобережье. Средняя урожайность данного сорта по всем вариантам водного и минерального питания на 18,22 т/га превышает урожайность сорта Новичок. Эффективность выращивания томатов при капельном поливе в значительной степени зависит от режимов орошения.

В черноземной степи Саратовской области для поддержания предполивной влажности чернозема южного среднесуглинистого на уровне 70% НВ в среднем за годы исследований потребовалось провести за вегетацию томатов 7,7 поливов, 80% НВ – 12,3 и 90% НВ – 25,3 поливов. Поливные нормы составили: при 70% НВ – 340-580, 80% НВ – 225-385, 90% НВ – 113-190 м³/га. Общая продолжительность работы системы капельного орошения составила в среднем соответственно по режимам 39,9; 44,45 и 43,41 часов.

Суммарное водопотребление в среднем за три года исследований колебалось от 6529 до 7044 м³/га (табл. 1). Повышение предполивного порога влажности с 70 до 80% НВ приводило к увеличению суммарного водопотребления в среднем за 3 года на 202 м³/га. Дальнейшее повышение предполивной влажности почвы до 90% НВ приводило к увеличению суммарного водопотребления в среднем за 3 года на 48 м³/га.

Таблица 1 – Суммарное водопотребление томатов (среднее за 2013-2015 гг.)

Режим орошения, %НВ	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Величина приходной части водного баланса					
		влага из почвы		поливы		осадки	
		м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%
70	6892	298	4	4127	60	2467	36
80	7094	147	2	4480	63	2467	35
90	7142	154	2	4521	63	2467	35

Основной вклад в суммарное водопотребление культуры при ее возделывании в черноземной степи Саратовской области вносит оросительная вода. Ее доля колебалась от 60 при режиме 70% НВ до 63% при режиме орошения 90% НВ. Доля атмосферных осадков составляла соответственно 35 и 36%. Использование исходных запасов влаги почвы было ничтожным. А на режимах 80 и 90 % НВ наблюдалось накопление влаги в почве за счет поливной воды.

Среднесуточное водопотребление в среднем за период вегетации составляло 34 м³/га при режиме орошения 70% НВ, 37,3 м³/га при 80 и 38,7 м³/га при 90% НВ (табл. 2). Наибольшее среднесуточное водопотребление при режимах 70 и 80% НВ 46,3-47,7 м³/га отмечено в период от начала образования плодов до начала созревания; при режиме 90% НВ – 54,7 м³/га – в период «начало бутонизации – начало образования плодов».

Наиболее эффективно влага и оросительная вода использовались сортом Дар Заволжья при режиме капельного орошения 80% НВ и расчетной дозе удобрений на 70 т/га. На данном варианте коэффициент водопотребления составил 42 м³/т, а на формирование 1 т плодов томатов расходовалось 28 м³ поливной воды (табл. 3).

Повышение предполивного порога влажности почвы с 70 до 80% НВ приводило к достоверному росту урожайности обоих сортов на всех вариантах по удобрениям (табл. 4). При этом прибавка урожая от улучшения условий водного питания у сорта Дар Заволжья составила: без удобрений 24,98 т/га (33,45 %), при внесении N₁₀₀P₅₀K₄₀ – 47,12 т/га (55,02 %), N₁₉₀P₈₀K₇₀ – 46,64 т/га (40,25 %); у сорта Новичок соответственно 24,75 т/га (44,01 %), 32,41 т/га (40,91 %) 46,03 т/га (46,45 %).

Дальнейшее повышение предполивной влажности с 80 до 90% НВ не только не способствовало росту урожайности изучавшихся сортов томатов, но приводило к достоверному ее снижению.

При орошении овощных культур важным элементом технологии является применение удобрений. Внесение изучаемых доз удобрений приводило к увеличению урожайности обоих изучаемых сортов на всех режимах орошения. Так при режиме орошения 70% НВ прибавка урожая сорта Дар Заволжья от внесения N₁₀₀P₅₀K₄₀ по сравнению с вариантом без удобрений составила 10,96; N₁₉₀P₈₀K₇₀ – 41,21 т/га или 14,68 и 55,18%; сорта Новичок соответственно 23,00 и 42,88 т/га или 40,91 и 76,27%. При режиме 80% НВ урожайность сорта Дар Заволжья при внесении удобрений в дозе N₁₀₀P₅₀K₄₀ возросла на 33,10; N₁₉₀P₈₀K₇₀ – на 62,87 т/га или 33,21 и 63,08%; сорта Новичок соответственно на 30,66 и 64,15 т/га или 37,87 и 79,23%. При режиме орошения 90% НВ удобрения также способствовали росту урожайности сорта Дар Заволжья на 34,52 при N₁₀₀P₅₀K₄₀ и на 62,94 т/га при N₁₉₀P₈₀K₇₀ (или на 42,98 и 78,36%); сорта Новичок – на 15,32 и 43,10 т/га (21,38-60,15%). Таким образом, наибольшее увеличение урожайности изучавшихся сортов достигнуто при внесении дозы минеральных удобрений N₁₉₀P₈₀K₇₀.

Таблица 2 – Водопотребление томатов по периодам роста и развития при разных режимах капельного орошения (среднее за 2013-2015 гг.)

Режим орошения, % НВ	Период роста и развития	Продолжительность, дни	Водопотребление, м ³ /га	
			среднесуточное	суммарное
70	Посадка-начало бутонизации	16	22	491
	Бутонизация – начало образования плодов	17	37	1259
	Образование плодов - начало созревания	34	46	3015
	Созревание - последний сбор	53	34	2794
	Посадка - последний сбор	120	34	6892
80	Посадка-начало бутонизации	18	26	585
	Бутонизация – начало образования плодов	16	40	1167
	Образование плодов - начало созревания	35	48	3061
	Созревание - последний сбор	52	38	2684
	Посадка - последний сбор	121	37	7094
90	Посадка-начало бутонизации	19	25	827
	Бутонизация – начало образования плодов	16	55	1098
	Образование плодов - начало созревания	36	44	2592
	Созревание - последний сбор	51	38	2703
	Посадка - последний сбор	121	39	7142

Таблица 3 – Эффективность использования влаги и поливной воды при различных режимах орошения (среднее за 2013-2015 гг.)

Режимы орошения, %НВ	Дозы удобрений, кг д.в./га	Коэффициенты	
		водопотребления, м ³ /т	использования оросительной воды, м ³ /т
70	Без удобрений	87	54
	N ₁₀₀ P ₅₀ K ₄₀	76	47
	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₇₀	56	35
80	Без удобрений	69	46
	N ₁₀₀ P ₅₀ K ₄₀	52	34
	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₇₀	42	28
90	Без удобрений	88	59
	N ₁₀₀ P ₅₀ K ₄₀	61	41
	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₇₀	49	33

Таблица 4 - Урожайность сортов томатов при различных режимах капельного орошения и дозах минеральных удобрений (среднее за 2013-2015 гг.)

Режимы орошения, % НВ	Дозы удобрений, кг д.в./га	Урожайность, т/га	
		сорт Дар Заволжья	сорт Новичок
70	Без удобрений	74,68	56,22
	N ₁₀₀ P ₅₀ K ₄₀	85,64	79,22
	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₇₀	115,89	99,10
80	Без удобрений	99,66	80,97
	N ₁₀₀ P ₅₀ K ₄₀	132,76	111,63
	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₇₀	162,53	145,12
90	Без удобрений	80,32	71,65
	N ₁₀₀ P ₅₀ K ₄₀	114,84	86,97
	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₇₀	143,26	114,75
Среднее по вариантам		112,18	93,96
НСР ₀₅ А		2,60	2,60
НСР ₀₅ В		2,23	2,58
НСР ₀₅ АВ		4,07	4,46

Выводы

При капельном поливе в черноземной степи Саратовского Правобережья:

- среднеранние сорта томатов Дар Заволжья и Новичок способны обеспечить получение свыше 140 т/га плодов, более продуктивным является сорт Дар Заволжья;
- суммарное водопотребление томатов составляет при режиме 70% НВ 6529, 80% НВ - 6861, 90% НВ - 7044 м³/га; основной вклад в суммарное водопотребление культуры вносит оросительная вода;
- среднесуточное водопотребление томатов в среднем за вегетацию при режиме орошения 70% НВ составляет 34,3; 80% НВ - 37,3, 90% НВ - 38,7 м³/га;
- максимальное среднесуточное водопотребление томатов при режимах 70 и 80% НВ приходится на период от начала образования плодов до начала созревания, 90% НВ – начало бутонизации - начало образования плодов;

– наиболее эффективно влага и оросительная вода использовались сортами Дар Заволжья и Новичок при режиме капельного орошения 80% НВ и расчетной дозе удобрений на 70 т/га;

– улучшение водного режима путем повышения предполивной влажности почвы активного слоя почвы с 70 до 80 % НВ обеспечивает достоверный рост урожайности обоих сортов при всех изучавшихся дозах удобрений, дальнейшая интенсификация режима капельного орошения не эффективна;

– улучшение условий питания при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{100}P_{50}K_{40}$ и $N_{190}P_{80}K_{70}$ способствует увеличению урожайности сортов при всех изучавшихся режимах капельного орошения;

– наибольшая урожайность сорта Дар Заволжья 162,53 т/га и сорта Новичок 145,12 т/га формируется при сочетании режима капельного орошения 80% НВ и дозы удобрений $N_{190}P_{80}K_{70}$.

Список использованных источников

1. Пронько Н.А., Новикова Ю.А., Новиков М.Н. Возделывание овощей на капельном орошении в Саратовском Заволжье // «Вавиловские чтения – 2010»: Тр. межд. научно-практ. конференции. – Саратов: «Наука». – 2010. – С. 242-244.

2. Пронько Н.А., Новикова Ю.А. Продуктивность перца сладкого, вынос и потребление им элементов питания при капельном орошении на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2010. – № 7. – С. 27-31.

3. Пронько Н.А., Зиаб Фирас Водопотребление капусты при капельном орошении в Саратовском Заволжье // Научная жизнь. – 2012. – № 3. – С. 4-11.

4. Пронько Н.А. Бикбулатов Е.И., Новикова Ю.А. Способ повышения эффективности капельного полива овощей в Нижнем Поволжье // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 3. – С. 27-30.

5. Пронько Н.А. Бикбулатов Е.И. Повышение эффективности капельного орошения томатов в Саратовском Правобережье // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2015. – № 7 (7). – С. 163-166.

УДК 633.37:631.67

ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СОЧЕТАНИЙ ВОДНОГО И ПИЩЕВОГО РЕЖИМОВ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОЕ ДОЛГОЛЕТИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО

Н.И. Бурцева, Т.Н. Дронова, Е.И. Молоканцева
ФГБНУ «ВНИИОЗ», г. Волгоград, Россия

Козлятник восточный – ценная многолетняя бобовая культура, которая в последние годы получает широкое распространение в различных зонах РФ. Объясняется это высокими кормовыми достоинствами, потенциальной продуктивностью, способностью держаться в травостое 6-12 лет, положительным влиянием на водно-физические свойства и плодородие почвы [1,3,5,6,9].

ФГБНУ ВНИИОЗ является пионером в освоении этой культуры на орошаемых землях Нижнего Поволжья. Ученые института в результате испытаний определили адаптированные сорта, сроки, способы и нормы посева козлятника [4]. Продолжается работа по влиянию рациональных сочетаний режимов орошения, расчетных доз удобрений, сортового и возрастного состава на продуктивное долголетие посевов козлятника.

Для изучения этих вопросов в ФГУП «Орошаемое» закладываются полевые многофакторные опыты. Почвы опытного участка светло-каштановые с содержанием 1,52-1,70 % гумуса, 21-26 мг 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 %.

Схема трехфакторного полевого опыта включает 2 варианта водного режима почвы с поддержанием предполивной влажности: не ниже 70 и 80 % НВ; 3 фона питания: без удобрений (получение по годам жизни от 8 до 30-40 т/га зеленой массы), NPK₁ (от 12 до 40-60 т/га), NPK₂ (получение от 16 до 50-80 т/га по годам жизни травостоев); 3 сорта: Гале, Магистр и Кривич. Заданная предполивная влажность почвы поддерживается вегетационными поливами дождевальными машинами «Вауер» поливными нормами 600 и 450 м³/га. Наблюдения и исследования в опытах вели по общепринятым методикам [2,7,8].

В наших опытах наибольшее водопотребление складывалось в вариантах с максимальной урожайностью, которая формировалась на делянках с поддержанием предполивной влажности почвы 80 % НВ на фоне внесения по годам жизни N₄₀₋₁₉₀P₂₀₋₉₅K₂₅₋₁₃₀. На посевах первого года жизни оно составило 3,7-4,1 тыс. м³/га, второго 5,4-5,8, третьего – 5,5-6,3 тыс. м³/га (табл. 1).

Суммарное водопотребление козлятника четвертого и пятого годов жизни изменялось в варианте 70 % НВ от 5,5 до 5,7, 80 % НВ – 6,0 до 6,2 тыс. м³/га.

Таблица 1 – Суммарное водопотребление и структура приходных статей водного баланса посевов козлятника прошлых лет, 2012–2015 гг.

Предполивная влажность почвы, % НВ	Фон питания	Второй год жизни				Третий год жизни			
		суммарное водопотребление, м ³ /га	структура, %			суммарное водопотребление, м ³ /га	структура, %		
			оросительная норма	осадки	запасы почвенной влаги		оросительная норма	осадки	запасы почвенной влаги
70	Без удобр.	5138	66,1	18,8	15,0	5235	63,8	19,0	17,2
	NPK ₁	5316	64,0	18,2	17,8	5420	62,5	18,5	19,0
	NPK ₂	5410	62,9	17,8	19,3	5500	61,0	18,0	21,9
80	Без удобр.	5601	72,3	17,2	10,5	5886	70,5	17,2	12,3
	NPK ₁	5771	70,2	16,7	13,1	6128	69,5	16,5	14,0
	NPK ₂	5833	69,5	16,5	14,0	6272	67,9	15,8	16,3

При расчете коэффициентов водопотребления козлятника установлено, что поддержание предполивного порога 80 % НВ на посевах второго года жизни без внесения удобрений обеспечивало в среднем по годам исследований получение 32,0 т/га зеленой массы при коэффициенте водопотребления 150 м³/т. Снижение оросительной нормы на режиме 70 % НВ на естественном фоне плодородия почвы уменьшало продуктивность козлятника до 27,5 т/га и способствовало увеличению коэффициентов водопотребления до 163 м³/т (табл. 2).

Улучшение питательного режима почвы внесением расчетных доз удобрений повышало эффективность использования воды посевами козлятника 2-го года: при поддержании предполивного порога 80 % НВ и внесении N₁₄₀P₇₀K₁₀₀ расход воды на единицу продукции снижался до 105, а при N₁₉₀P₉₅K₁₃₀ – до 89 м³/т (табл. 2).

Таблица 2 – Коэффициенты водопотребления козлятника разных сортов на посевах второго года жизни, м³/т, 2012-2014 г.

Предполивная влажность почвы, % НВ	Фон питания	Сорта		
		Гале	Магистр	Кривич
70	Без удобрений	252	163	170
	N ₁₄₀ P ₇₀ K ₁₀₀	201	132	135
	N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₃₀	148	109	120
80	Без удобрений	217	150	162
	N ₁₄₀ P ₇₀ K ₁₀₀	184	105	128
	N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₃₀	145	89	99

Козлятник восточный изучаемых сортов в 2011-2015 гг. на посевах первого года жизни формировал 2, второго-четвёртого – 4, пятого – 3 полноценных укоса. В год посева урожайность по вариантам опыта изменялась от 6,5 до 16,8 т/га, второго – 27,5-59,0, третьего – 35,0-81,2, четвертого и пятого годов – от 31,5-36,5 до 72,2-80,2 т/га. При этом нами отмечена прямая зависимость повышения продуктивности посевов козлятника от условий влагообеспеченности, содержания элементов питания в почве, сортовых особенностей и возраста травостоя. Так, при поддержании 70 %-ного порога увлажнения на фоне естественного плодородия почвы урожайность козлятника на посевах прошлых лет составила в среднем по годам исследований 27,5-36,5 т/га зеленой массы. Увеличение предполивного порога влажности почвы до 80 % НВ обеспечивало получение 32,0-39,5 т/га. Применение расчетных доз удобрений способствовало значительному росту формируемых урожаев: при внесении NPK₁ на фоне 70 %-го порога влажности почвы урожайность козлятника увеличивалась до 35,8-55,8 т, 80 % НВ - до 43,8-67,0 т/га зеленой массы (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность козлятника разных лет жизни, 2011-2015 гг.

Предполивная влажность почвы, % НВ	Фон питания	Зеленой массы, т/га по годам жизни				
		первый	второй	третий	четвертый	пятый
70	Без удобр.	6,5	27,5	34,6	35,9	31,5
	NPK ₁	10,8	35,8	50,5	55,0	48,1
	NPK ₂	14,6	44,0	70,8	73,2	62,5
80	Без удобр.	8,4	32,0	35,2	38,4	33,4
	NPK ₁	13,8	43,8	60,5	66,3	58,0
	NPK ₂	16,8	59,0	80,0	79,2	70,2

Общеизвестно, что максимальную урожайность посевы люцерны, клевера, эспарцета формируют на второй год жизни с постепенным уменьшением к третьему и значительному снижению к четвертому году жизни [8, 9, 10]. В опытах с козлятником восточным его продуктивность поступательно повышалась от первого к четвертому году, к пятому году жизни шло некоторое снижение урожайности. На контрольных вариантах козлятник восточный в первый год жизни формировал 6,5-8,4, во второй - 27,5-32,0, в третий - 34,6-35,2, четвертый и пятый 31,5-38,4 т/га. Улучшение пищевого режима почвы обеспечивало значительное повышение урожая - 35,8-73,2 и 43,8-80,0 т/га зеленой массы (табл. 3).

Во все годы исследований урожайность изучаемых сортов козлятника практически по всем вариантам опыта можно расположить по убыванию в следующем порядке: Магистр, Кривич, Гале. Самые высокие урожаи сформировали посеы сорта Магистр: на контрольных вариантах на посевах второго года жизни - 32,0-36,2 т, при внесении удобрений - 40,8-54,5 т/га зеленой массы (табл. 4). Аналогичная закономерность изменения урожайности по сортам прослежена нами и на посевах третьего - пятого годов жизни.

Таблица 4 - Урожайность козлятника второго года жизни в зависимости от режима орошения, фона питания и сортового состава, 2012-2014 гг.

Предполивная влажность почвы, % НВ (А)	Фон питания (В)	Зеленой массы, т/га по сортам (С)			
		Гале	Магистр	Кривич	Среднее по сортам
70	Без удобрений	20,2	32,0	30,3	27,5
	N ₉₀ P ₄₅ K ₆₅	26,5	40,8	40,1	35,8
	N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	36,3	50,2	45,5	44,0
80	Без удобрений	25,5	36,2	40,5	32,0
	N ₉₀ P ₄₅ K ₆₅	36,8	54,5	65,5	43,8
	N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	33,7	45,7	59,0	55,0

НСР₀₅

А – 2,85-3,12;

В – 3,71-4,60;

С – 4,55-6,60

Экономическая и энергетическая оценка возделывания козлятника восточного на орошаемых землях свидетельствует о его высокой эффективности. Соотношение аккумулированной в урожае энергии к затратам на его формирование изменялось от 2,48 до 3,90. Наибольшим коэффициентом энергетической эффективности характеризовался вариант с поддержанием 80 %-ой предполивной влажности почвы и внесении расчетных доз удобрений - 3,38-3,90. Рентабельность производства зеленой массы в вариантах с порогом увлажнения 70 % НВ составила 47,5-62,7, 80 % НВ - 72,0-85,4 %. Таким образом, козлятник восточный на орошаемых землях Волгоградской области по продуктивному долголетию превосходит люцерну, эспарцет, донник формируя за 3-4 укоса от 27,5-59,0 т/га зеленой массы на посевах второго, 34,6-80,0 – третьего, 35,9-70,2 т/га на посевах четвертого и 31,5-70,2 т/га на посевах пятого года жизни.

Максимально высокие урожаи во все годы использования формировали травостои при поддержании предполивного порога влажности 80 % НВ и внесении расчетных доз удобрений - 35,8-55,0 и 59,0-80,0 т/га зеленой массы.

Наиболее высокой продуктивностью во все годы жизни отметились сорта Магистр и Кривич, формируя урожайность в 1,5-2 раза выше, чем сорт Гале.

Список использованной литературы

1. Вавилов, П.П. Интенсивные кормовые культуры в Нечерноземье. / П.П. Вавилов, В.И. Филатов. - М.: Московский рабочий, 1980. - С. 103-114.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
3. Дронова, Т.Н. Влияние доз удобрений и орошения на продуктивность козлятника восточного в Нижнем Поволжье / Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, Е.И. Молоканцева, О.В. Головатюк// Плодородие. - 2015. - №5 (86). - С. 30-32.
4. Дронова, Т.Н. Козлятник восточный на орошаемых землях Нижнего Поволжья/ Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, Е.И. Молоканцева, О.В. Головатюк//Вестник РАСХН. - 2014. - №2. - С. 52-55.
5. Коленченко, К.Э. Режим орошения и удобрения козлятника восточного на лугово-черноземных почвах лесостепной зоны Западной Сибири: автореф. дисс. ...к. с.-х. н. - Волгоград, 2002. -16 с.

6. Кшникаткина А.Н., Тимошкин О.А. Продуктивность козлятника восточного в зависимости от доз минеральных удобрений // Кормопроизводство. – 2006. - № 7. – С. 17-21.
7. Методические указания по программированию урожаев на орошаемых землях Нижнего Поволжья. - Волгоград: СХИ, ВНИИОЗ, 1984. - С. 10-15.
8. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. - М: ВИК, 1997. -156с.
9. Листков В.Ю. Галега восточная в сырьевых конвейерах Западной Сибири // Кормопроизводство. – 2007. - № 2. – С. 14-16.

УДК 634.1/7 631.8. 626.84; 631.674

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ, МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОЙ НА ЛЕГКИХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

А.А. Волчек¹, Е.А. Санелина²

¹Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь;

²Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, г. Брест, Беларусь

Для повышения продуктивности растений необходима максимально полная мобилизация их потенциальных возможностей в процессе формирования урожая. Минеральное питание – один из важных регулируемых факторов решение этой задачи. Требуется создание оптимальных условий питания растений и контроль их в течении вегетации.

Хотя урожай определен генетическими особенностями растения, но внешние факторы – почвенные, агротехнические, погодные и другие – могут увеличивать или уменьшать его [1].

Обеспечение населения страны качественной плодово-ягодной продукцией в требуемых объемах является важной сельскохозяйственной задачей. По научно обоснованным нормам в среднем на жителя нашей республики приходится около 3 кг свежих ягод при общей потребности в плодах и ягодах 80 кг [2].

В ягодах малины содержатся органические кислоты, пектиновые, красящие и азотистые вещества; сахара, дубильные вещества, клетчатка, эфирные масла. Ягоды также богаты витаминами: А, В₁, В₂, В₉, С, РР, бета-ситостерином, обладающим противосклеротическими свойствами.

В Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь малина ремонтантная не была внесена до 2006 года. Таким образом, начало изучения, интродукция и районирование новых ремонтантных сортов малины с целью их дальнейшего внедрения в производство является важным и актуальным [3].

В связи с тем, что ремонтантная малина является новой культурой, для нее еще слабо разработана и сортовая агротехника. В настоящее время в Госсортоиспытании оценка малины ремонтантной в Беларуси проводится без учета капельного орошения и на почвах наиболее благоприятных для малины, поэтому изучение сортовой реакции малины на капельный полив при возделывании на легких почвах актуально для юга Беларуси. Капельное орошение – один из наиболее прогрессивных способов полива – находит все большее распространение в нашей стране и за рубежом. Его применение позволяет создать оптимальный водно-воздушный режим в почвенном слое, сохранить его структуру, улучшить аэрацию, то есть обеспечить благоприятное для растений увлажнение почвы [4].

Целью исследования являлась разработка ресурсосберегающего режима капельного орошения с учетом сортовой реакции, гранулометрического состава почв, мине-

рального питания и других приемов возделывания малины ремонтантной. Экспериментальные опыты по изучению сортов малины ремонтантной в условиях капельного орошения проводились на дерново-подзолистой глееватой связносупесчаной, подстилаемой с глубины 0,8 метра рыхлым песком. При подаче разных поливных норм в следующих вариантах: 80, 70, 60 % от наименьшей влагоемкости (НВ). В период полного плодоношения изучены сорт Херитейдж (контрольный вариант), включенный в Государственный реестр сортов РБ, в опытных вариантах – сорта польской селекции Полька и Поляна.

Критический период в обеспечении растений влагой это июнь – сентябрь. Недостаток влаги во время цветения и в начале созревания ягод приводит к снижению темпов роста побегов, цветки недоразвиваются, ягоды мельчают, плодоношение заканчивается преждевременно. Отклонение же от оптимального режима увлажнения (около 80 % НВ) в позднелетний период нарушает состояние созревания тканей и побегов, чем снижает их зимостойкость. Поэтому от начала созревания ягод до последних сборов особенно необходимо поддерживать высокую влажность почвы.

Емельянова О.В. указывает на то, что полив малины необходимо проводить при влажности почвы на глубине 20 см менее 70 % НВ [2]. После сбора урожая также необходимо поддерживать благоприятные условия для роста корней, так как в это время наступает период закладки цветочных почек, накопления пластических веществ, определяющих рост и плодоношение в следующем году. Однако нельзя допускать обильного увлажнения в этот период, так как это может вызвать затяжной рост побегов и ослабить их вызревание. Переувлажнение почвы в весенний период приводит к залеганию корней в поверхностном слое почвы, что вызывает ослабление роста побегов, снижение урожайности. С учетом поверхностного залегания корневой системы при поливе почву промачивают на глубину до 40–50 см [2–3].

В настоящее время дозы внесения минеральных удобрений под малину ремонтантную не так подробно изучены, как под основные сельскохозяйственные культуры. Отечественные ученые предлагают вносить под малину перед посадкой: фосфорные удобрения в дозе 120 кг д.в./га, калийные – 220 кг д.в./га. Для ремонтантных сортов малины дозы внесения минеральных удобрений увеличивают в два раза (фосфорные удобрения – 240 кг д.в./га, калийные – 440 кг д.в./га). Дозы внесения органических удобрений – 60–100 т/га. Ежегодно весной вносят азотные удобрения в виде подкормки – 60–90 кг д.в./га. На третий год после посадки осенью вносят фосфорные – 90–120 кг д.в./га и калийные – 120–220 кг д.в./га удобрения. Для ремонтантных сортов малины нормы внесения удобрений увеличивают в 1,5–2,0 раза (фосфорные удобрения – 135–240 кг д.в./га, калийных – 180–440 кг д.в./га, азотные – 90–180 кг д.в./га).

Согласно данным польских ученых при внесении удобрений под малину необходимо учитывать способ внесения и гранулометрический состав почвы. На первый год вносятся азотные удобрения в рядки шириной 1 м в дозе 30–40 кг д.в./га. Во второй год дозы азотных удобрений составляют 50–75 д.в./га и лучше вносить в рядки шириной 1,5 м. На третий год под малину необходимо вносить азотные удобрения 80–100 кг/г д.в., а если вносить в рядки (полоса шириной 2 м), доза внесения снижается до 50–60 д.в./га. Более низкие дозы рекомендуются на легких почвах, высокие на тяжелых. Калийные удобрения не вносят в течение 2–3 лет, если в почве содержание данного макроэлемента высокое. При среднем содержании в почве дозы калийных удобрений составляют 50–80 д.в./га, низком – 80–120 д.в./га. На плантации можно вносить калийные удобрения в рядки (полоса шириной 1,5–2 м) и

использовать 50 % от рекомендованной дозы. Лучше использовать сульфат калия, калийную соль применяют поздно осенью.

Фенологические наблюдения линейного роста малины ремонтантной за период апрель – июль показали, что наиболее благоприятные условия в опыте были созданы в варианте при поддержании относительной влажности почвы на уровне 80 % НВ. Это имеет непосредственное отношение к созреванию ягод и продуктивности растений малины ремонтантной (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика роста малины ремонтантной за период исследования

Месяц	Высота куста малины ремонтантной, см		
	60 % НВ	70 % НВ	80 % НВ
март	0	0	0
апрель	39,7±2,43	45,4±1,19	48,3±3,21
май	64,9±4,21	73,9±4,11	87,8±2,53
июнь	78,8±3,24	96,6±3,65	127,5±4,12
июль	82,7±2,45	120,3±3,57	140,5±2,36

Биологическая продуктивность исследуемой нами малины ремонтантной сформировалась на относительно высоком уровне для третьего года жизни благодаря капельному поливу на малоплодородных почвах. За летний период (июль – август) нами произведено 8 сборов ягод, за сентябрь – 3 по всем учетным деланкам опыта. Данные приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Урожайность малины ремонтантной за весь период сбора

Предполивной порог, % НВ	Сорт малины ремонтантной	Продуктивность в пересчете на 1 га	
		т	± к контр.
контроль	Херитедж	4,10	–
	Полька	2,99	–
	Поляна	3,43	–
60	Херитедж	5,80	+1,7
	Полька	6,20	+3,21
	Поляна	6,45	+3,02
70	Херитедж	7,76	+3,66
	Полька	8,47	+5,48
	Поляна	8,65	+5,22
80	Херитедж	9,22	+5,12
	Полька	9,95	+6,96
	Поляна	10,15	+6,72

Проведенные исследования показывают, что на формирование урожайности малины ремонтантной существенно влияют нормы полива растений. При повышении предполивного порога от 60 до 70 % НВ урожайность ягод малины ремонтантной сорта «Херитедж» в среднем увеличилась с 5,88 до 7,76 т/га, сорта «Полька» – с 6,20 до 8,47 т/га, сорта «Поляна» – с 6,45 до 8,65 т/га. Увеличение норм полива и поддержания относительной влажности почвы не ниже 80 % НВ способствовало повышению урожайности сорта «Херитедж» с 5,88 до 9,22 т/га, сорта «Полька» – с 6,20 до 9,95 т/га, сорта «Поляна» – с 6,45 до 10,15 т/га относительно исследуемого варианта поддержания влаги в почве 60 % НВ. Таким образом, выбор необходимого сочетания

управляемых факторов роста и развития малины ремонтантной, водного режима почвы, позволяет при соблюдении заданных уровней влажности активного слоя почвы 60, 70, 80 % НВ получить определенный расчетный уровень урожайности ягод малины ремонтантной.

Таблица 3 – Урожайность малины ремонтантной сорта Херитедж за весь период сбора в зависимости от минерального питания

Нормы и способы внесения минеральных удобрений	Предполивной порог, % НВ	Урожайность в пересчете на 1 га	
		т	т
Традиционные удобрения (N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅)	60	5,15	+0,17
	70	6,97	+1,99
	80	9,95	+4,97
Кристалон особый (N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅ + микроэлементы)	60	5,60	+0,62
	70	7,67	+2,69
	80	9,48	+5,0
Фертигация (N ₇₅ P ₃₀ K ₁₀₀ + микроэлементы)	60	5,50	+0,52
	70	6,63	+1,65
	80	8,98	+4,0
Фертигация (N ₁₂₀ P ₄₅ K ₁₅₀ + микроэлементы)	60	6,90	+2,10
	70	8,30	+3,32
	80	9,70	+4,72
Фертигация (N ₁₅₀ P ₆₀ K ₂₀₀ + микроэлементы)	60	6,84	+1,86
	70	8,93	+3,95
	80	10,10	+5,12
Контроль		4,98	–

Результаты опытов с удобрениями свидетельствуют о том, что выход товарной продукции малины ремонтантной повышается с улучшением пищевого режима почвы. Подтверждается это тем, что с увеличением содержания питательных веществ в почве за счет увеличения доз и способов внесения минеральных удобрений с от N₇₅P₃₀K₁₀₀ до N₁₅₀P₆₀K₂₀₀ масса плодов в расчете на 1 га повысилась на 1,69...2,4 т.

Показатели изменения продуктивности малины ремонтантной указывают, что наибольший выход товарной продукции формировался в варианте, сочетающем более благоприятный водно-воздушный режим почвы, где влажность активного слоя не опускалась ниже 80 % НВ и вносилась доза удобрений N₁₅₀P₆₀K₂₀₀+ микроэлементы с поливной водой (фертигация). Именно на этом варианте в среднем в расчете на 1 га было получено наибольшее количество урожая 10,1 т.

Однако, анализируя полученные результаты по сортовой реакции в зависимости от режимов увлажнения, можно сделать вывод, что использование варианта с максимальным режимом орошения и максимальными дозами удобрений нецелесообразно, так как в варианте с предполивной влажностью почвы 80 % НВ на фоне минерального питания N₁₅₀P₆₀K₂₀₀ + микроэлементы получена, примерно, такая же урожайность малины ремонтантной сорта «Поляна».

Список использованных источников

1. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур [Текст] / В.В. Церлинг // Справочник – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

2. Емельянова, О.В. Технология возделывания малины разного срока созревания / О.В. Емельянова // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 9. – С. 100–104.

3. Легкая, Л.В. Характеристика районированных и перспективных сортов малины ремонтантной в центральной зоне плодоводства Республики Беларусь [Текст] / Л.В. Легкая. – С. 63–67.

Ахмедов, А.Д. Надёжность систем капельного орошения [Текст] / А.Д. Ахмедов, А.А. Темерев, Е.Ю. Галиуллина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – №3 (19). – С. 83–88.

УДК 631.674.5

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ДОЖДЯ ПО СЛЕДУ АЭРОЗОЛЬНОГО ОБЛАКА, ПЕРЕНОСИМОГО ВЕТРОМ

С.А. Гжибовский, А.А. Терпигорев, А.В. Грушин

ФБГНУ ВНИИ систем орошения и сельскохозяйственного водоснабжения «Радуга», Коломенский район, пос. Радужный, Россия

В отечественном садоводстве намечена тенденция перехода на возделывание высокопродуктивных садов интенсивного типа. Однако, сады интенсивного типа имеют не глубокую корневую систему и даже при непрерывном поддержании оптимальной влажности почвы требуют повышенного внимания к их защите в период продолжительного действия воздушных засух и суховеев. Скорость ветра 3 м/с с продолжительностью действия 2–4 часа для верхних растений является пределом, с которого при дефиците влажности воздуха 20–27 мм начинают проявляться необратимые процессы.

Мелкодисперсное дождевание (аэрозольное увлажнение) по данным исследований А.Д. Александрова, Б.К. Рассолова, В.Я. Чечясова, М.А. Храброва и др. (ВНИИГиМ) является целенаправленным способом поддержания влажного климата надземной части растений с целью снятия депрессии фотосинтеза в период действия высоких температур. Разработкой передвижных устройств и машин мелкодисперсного дождевания занимались В.В. Бородычев, М.А. Храбров и др. (ВНИИГиМ) А.М. Гасанов (МГМИ), созданием стационарных систем мелкодисперсного дождевания А.М. Шарко, С.П. Ильин, М.М. Асманов (ВНИИ «Радуга» и др.)

Эффективность применения мелкодисперсного дождевания как самостоятельного способа орошения, так и в комбинации с другими способами оценивается его малоинтенсивным воздействием на почву и растения, поддержанием влажного микроклимата надземной части растений и снижением температуры при наименьших затратах оросительной воды и созданием условий повышения продуктивности сельскохозяйственных культур.

Разработанная ВНИИ «Радуга» в период 1980–90-х годов стационарная система мелкодисперсного дождевания была предназначена для высокорослых садов традиционных сортов. С переходом на возделывания низкорослых садов возникает необходимость совершенствования технологий и техники мелкодисперсного дождевания. Одним из важных вопросов при создании стационарных систем мелкодисперсного дождевания является определение закономерности распределения мелкодисперсного дождя по орошаемой площади и назначение расстояния между мелкодисперсными дождевателями.

Проведённые исследования ВНИИ «Радуга» в республике Крым (Алушта) и Московской области показали, что формируемый под действием ветра след увлажнённой поверхности при мелкодисперсном дождевании имеет криволинейную форму,

вытянутую в направлении ветра. Результаты замера границ следа аэрозольного облака с границами капель дождя 100–150 мкм показали, что с увеличением скорости ветра длина следа увеличивается, а его ширина от мелкодисперсного дождевателя увеличивается и, достигнув наибольшего значения, уменьшается. Графическая и математическая обработка площади следа аэрозольного облака показала, что его геометрические границы имеют форму ветви лемнискаты или эллипса (рис. 1). Математическая обработка показала, что наибольшая сходимость результатов замеров при максимальном равенстве площадей - отвечает эллипсу. Зависимость параметров следа дождевого облака от скорости ветра приведена на рисунке 2.

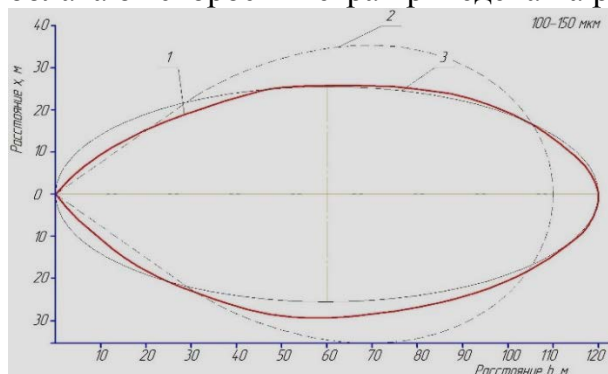


Рисунок 1 – Аппроксимация границ следа аэрозольного облака: 1 – точки замеров следа дождевого облака; 2 – ветвь лемнискаты; 3 – эллипс

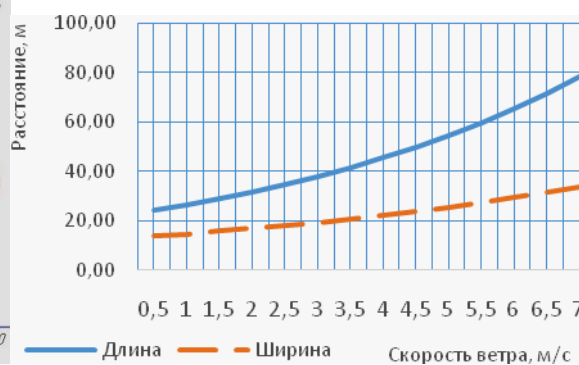


Рисунок 2 – Зависимость геометрических параметров следа аэрозольного облака в виде эллипса от скорости ветра

Соотношение большой и малых осей эллипса определяет коэффициент сужения площади следа $K_c = b/a$. Распределение крупности мелкодисперсного дождя по следу аэрозольного облака так же зависит от скорости ветра. Капли наибольшего диаметра 500–600 мкм наиболее близки к мелкодисперсному дождевателю, а капли диаметром 100–150 мкм по периферии следа дождевого облака, капли диаметром менее 100 мкм замерить практически невозможно (рис. 3).

Экспериментальное исследование стационарной системы аэрозольного увлажнения. Основные цели лабораторно-полевых исследований заключались в проверке расчётных данных для дальнейших разработок систем, образующих искусственное облако. Сюда входят: определение геометрических размеров облака в зависимости от метеорологических условий, качество распыления воды, уточнение транспортирующей способности воздушных течений при различных скоростях ветра и при штиле и выяснение максимально допустимого диаметра капель в облаке.

Необходимость проведения исследований по данному вопросу вытекает из того факта, что в настоящее время такие работы на стационарных системах не проводились. Имеющиеся в литературе данные по работе стационарных систем за рубежом недостаточно раскрывают сущность вопроса. Кроме того, изучение влияния ветра и других факторов позволит разработать новые конструкции установок и рациональные расстановки рабочих органов на орошаемом участке.

Работы проводились только в жаркое время, когда температура воздуха превышала 25°C, при напоре у основания мачты 45 м и расходе 0,54 л/с.

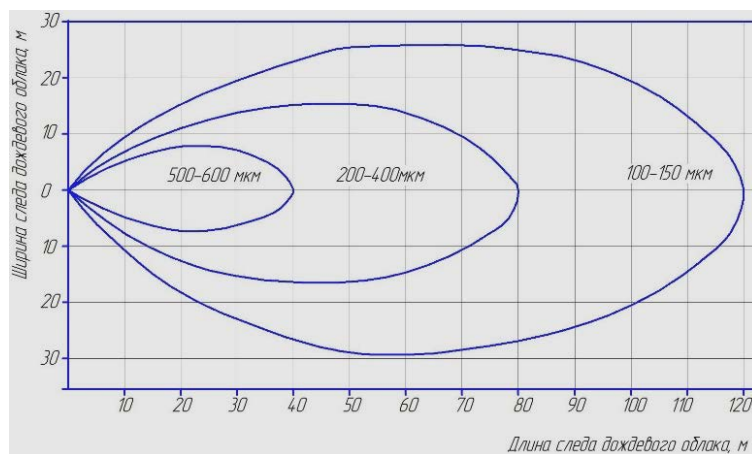


Рисунок 3 – распределение крупности капель дождя по следу аэрозольного облака при скорости ветра 7 м/с

Распределение факела распыла. Экспериментальное определение факела распыла образующего облака и распределение капель по обрабатываемой поверхности осуществлялось методом улавливания выпадающих из облака капель на предметное стекло, покрытые смесью вазелина в разных соотношениях в зависимости от температуры окружающей среды. Улавливание капель проводилось по всему факелу распыла через 10 м.

Время взятия пробы подбиралось так, чтобы не предметное стекло попадало достаточное количество капель, но, чтобы капли не накладывались друг на друга. Для подсчёта капель и замера их диаметра использовался компьютер с дополнительными программным обеспечением. После подсчёта и замера капель значения заносились в таблицы и относились к определённом классу с интервалом 50-100 мкм. На основании экспериментальных данных и построения экспоненциальной кривой построен график распределения диаметра капель по всей орошаемой площади (рис. 4).

Следующим этапом эксперимента являлось определение распределения осадков по поверхности орошаемой площади. Изучение распределения осадков проводилось для выявления факторов, влияющих на характер распределения и выбора работы системы.

Методика проведения опыта заключалась в улавливании осадков на видимой зоне с помощью дождемерных стаканчиков. Для уменьшения испарения воды в стаканчики наливалась малоиспаряемая жидкость.

Форма видимой зоны увлажнения определялась визуально и отмечалась вешками с дальнейшим замером. За видимую зону увлажнения принималась поверхность, где наблюдалось постоянное выпадение большего количества осадков. На этой площади устанавливались дождемерные стаканчики на расстоянии 5 м друг от друга. Измерение количества осадков проводили при наиболее преобладающем ветре 6 – 8 м/с в течении 3 часов и расходе комплекта 0,53 л/с и 0,825 л/с. На основании полученных данных и дальнейших усреднений построен график распределения осадков при разных расходах комплекта (рис. 5).

Дальность распространения облака зависит от скорости ветра, расхода и крупности капель. Попутный ветер увеличивает дальность распространения облака, но очень сильный ветер (свыше 10 м) разбивает облако, в результате чего увеличивается испарение воды и уменьшается облако. Однако следует учесть, что при тихом ветре и в жаркую погоду мелкие капли могут быть перенесены восходящими потоками воздуха вверх на высоту нескольких сотен метров и далее уносятся ветром. Восходящие пото-

ки воздуха образуются над полем в жаркую солнечную погоду при слабом ветре. Скорость этих потоков увеличивается с усилением нагрева подстилающего слоя воздуха, и при больших восходящих скоростях воздушного потока капли могут расти не только при опускании, но и при подъёме.

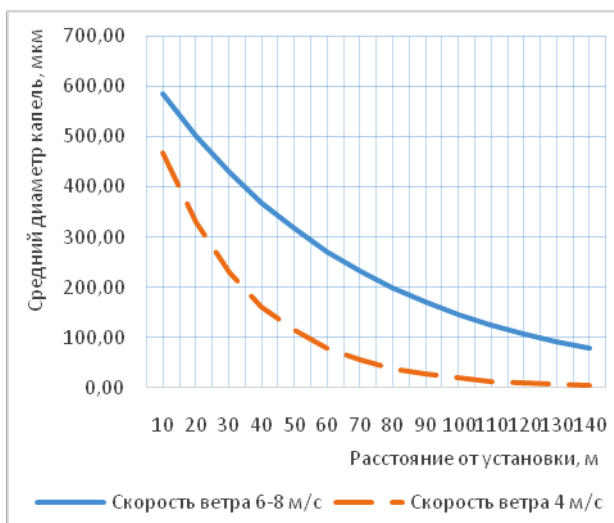


Рисунок 4 - Зависимость распределения капель дождя по площади дождевого облака при разной скорости ветра. Экспоненциальная зависимость функции для скорости ветра 6 – 8 м/с – $y=683,47e^{-0,154(x/10)}$, для скорости ветра 4 м/с аналогичная функция равна $y=667,68e^{-0,354(x/10)}$.

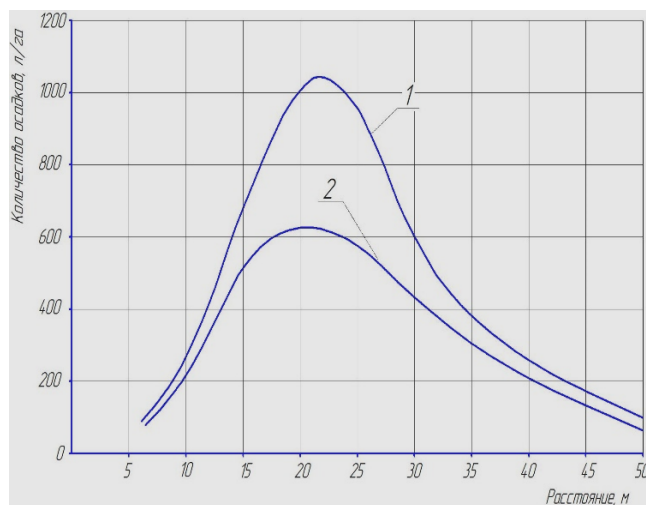


Рисунок 5 – Распределение осадков по площади аэрозольного облака:
1 – расход 0,825 л/с; 2 – расход 0,53 л/с

Полученная распределения мелкодисперсного дождя по следу аэрозольного облака позволяет прогнозировать его распределение в зависимости от нормативной температурной стратификации атмосферы в других районах развития интенсивного садоводства.

Список использованных источников

1. Цубербиллер Е.А. Агроклиматическая характеристика суховея. /Е.А. Цубербиллер. – М.: Гидрометеиздат, 1959 - стр. 48 – 56.
2. Штепа Б.Г. Прогрессивные способы орошения. / Б.Г Штепа. – М.: Генеральный доклад по IX МКЖД, 1975.
3. Аэрозоли в защите растений: научные труды/под. ред. Ю.Н. Фадеев, В.Ф. Дунский. – М.: Колос, 1982 – 200 с.
4. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. / Г.В. Веденяпин. М.: Колос. – 197 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. / Б.А Доспехов. – М.: Колос. – 336 с.
6. Ольгаренко Г.В. Перспективы развития технологий и техники орошения / Г.В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. - №3. - С. 30-33.
7. Гжибовский С.А. Исследование системы мелкодисперсного дождевания. / С.А. Гжибовский, С.С. Савушкин, А.А. Терпигорев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. - №6 С. 17 – 18.

ПРИМЕНЕНИЕ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА

Т.С. Гричаная, Д.А. Першуков

ТОО «КазНИИВХ», г. Тараз, Республика Казахстан

Потенциально орошаемые земли в Казахстане составляют порядка 2 млн. га. Около 1 млн. га орошаемой земли, временно потерянной по причине деградации плодородия, вторичного засоления, водной эрозии, разрушения оросительных сетей и дефицита поливной воды, необходимо постепенно вовлечь в сельскохозяйственный оборот. Это возможно при разработке и использовании комплекса мероприятий по рекультивации земель, воспроизводству и сохранению плодородия почвы. В этом аспекте весьма актуальными являются водосберегающие технологии, которые позволяют значительно сократить расходы поливной воды и предотвратить размыв плодородного слоя почвы.

Одним из таких решений является применение капельного орошения, позволяющего создать оптимальные водный и питательный режимы в корнеобитаемом слое, исключить фильтрацию, автоматизировать процесс полива и повысить урожайность. Применение капельного орошения особенно перспективно для хозяйств, расположенных в районе с дефицитом оросительной воды.

Для Казахстана это сравнительно новая, но быстро развивающаяся технология. Если в 2005 году в республике капельным орошением поливалось всего лишь 160 га, то в 2011 году водосберегающие технологии внедрялись уже на площади 18,3 тыс. га. По данным МСХ РК, на 2014 год доля поливных площадей, на которых внедрена система капельного орошения и другие водосберегающие технологии, составила 4,5% от общего объема орошаемых земель.

В ТОО «КазНИИВХ» были проведены исследования на овощных культурах по установлению эффективности использования капельного орошения. Для отработки водосберегающей технологии возделывания сельскохозяйственных культур при капельном орошении был осуществлен выбор опытно-производственного участка (ОПУ) с учетом его типичности для южного региона Казахстана по климатическим, почвенным, гидрогеологическим, геоморфологическим и хозяйственным условиям.

Исследования проводились на опытно-производственном участке (ОПУ) КазНИИВХ «Бесагаш» Жамбылского района Жамбылской области (г. Тараз, Республика Казахстан) в 2012-2014 годах.

Эффективность использования капельного орошения устанавливалась в сравнении с поверхностным поливом по следующим культурам:

2012 г. – возделывание лука репчатого на площади 1 га [1];

2013 г. – возделывание моркови на площади 0,9 га [2];

2014г. – возделывание столовой свеклы на площади 0,5 га [3].

Выращивание овощей при капельном орошении предполагает применение самых передовых технологий и, как показали проведенные исследования, получение высоких урожаев возможно только при обязательном выполнении всех агротехнических мероприятий. Они требовательны к питательному и водному режиму, к плодородию почвы, хорошо отзываются на внесение удобрений.

Результаты

При исследовании режимов орошения, установлено, что наиболее эффективным является соблюдение дифференцированного полива по фазам развития растений и уровня предполивной влажности почвы. В таблице 1 приведены уровни предполивной влажности почвы и глубина увлажнения в зависимости от фазы развития растений лука, моркови и свеклы, а также средние величины поливных норм для среднесуглинистой почвы ОПУ.

Таблица 1 – Поливные нормы для лука при капельном орошении

Фаза развития растений	Предполивная влажность почвы, % НВ*	Глубина увлажнения, м	Величина нормы полива, м ³ /га
лук репчатый			
Всходы-начало образования луковиц	85	30-35	65-75
Формирование-начало созревания луковиц	70	35-40	140-155
Созревание луковиц	75	35-40	130-150
морковь			
Посев-начало образования корнеплодов	80	40-45	120-150
Начало образования корнеплодов – техн. спелость	70	45-50	180-220
столовая свекла			
Посев-начало образования корнеплодов	80	35-40	70-100
Начало образования корнеплодов - техн. спелость	70	45-50	180-200

**Как свидетельствуют приведенные данные, оптимальная величина предполивной влажности почвы должна быть не ниже 70-85% для всех культур*

Проведенные исследования показали, что при капельном орошении обеспечивается наибольшая урожайность и продуктивность использования оросительной воды, по сравнению с другими рассматриваемыми способами полива. Суммарное водопотребление по культурам за время вегетации и урожайность представлены в таблице 2.

Достигнутый уровень урожайности овощных культур при капельном орошении стал возможным в результате применения комплекса агротехнических мероприятий. В системе фертигации капельного орошения использовались хорошо растворимые удобрения: аммиачная селитра, монокалий фосфат, калийная селитра, сульфат магния, кальциевая селитра и ортофосфорная кислота, что отразилось на уровне товарности корнеплодов, который составил 88-92%. Количество элементов питания распределялось по периодам выращивания – фазам роста и развития растений с учетом особенностей агрохимических и агрофизических свойств почвы.

Таблица 2 - Суммарное водопотребление по культурам за время вегетации и урожайность

Культура	Капельное орошение		Поверхностный полив	
	оросительная норма, м ³	урожайность, т/га	оросительная норма, м ³	урожайность, т/га
Лук репчатый	6800	82,2	12000	54,3
Морковь	5400	68,6	8800	52,5
Столовая свекла	4750	32	8000	20,6

Внедрение систем капельного орошения, обеспечивающих водоснабжение растений в соответствии с их водопотреблением, является актуальным и современным подходом к вопросам водо- и энергосбережения (особенно в районах с дефицитом оросительной воды), создания оптимальных водного и питательного режимов в корнеобитаемом слое почвы, получении раннего и качественного урожая сельскохозяйственных культур, автоматизации процесса полива, сохранение почвенного плодородия.

Список использованных источников

1. Балгабаев Н.Н., А.А. Калашников и др. Рекомендации по водосберегающей технологии возделывания лука при капельном орошении. – Астана, 2012. – 56 с.
 2. Калашников А.А. и др. Рекомендации по водосберегающей технологии возделывания моркови при капельном орошении. – Астана, 2013. – 56 с.
- Калашников А.А. и др. Рекомендации по водосберегающей технологии возделывания столовой свеклы при капельном орошении. – Тараз, 2014. – 35 с.

УДК 631.674

СИСТЕМА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ТРАНШЕЙНОМ ЛИМОНАРИИ

В.К. Губин

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

В настоящее время в агропромышленном комплексе страны ведутся активные работы по замене плодоовощной продукции, импортируемой из-за рубежа. Одним из таких продуктов, пользующийся в нашей стране широким спросом, является лимон. Однако выращиванию этой культуры уделяется недостаточное внимание. Одной из причин этого являются высокие требования, предъявляемые ею к условиям выращивания.

Лимон - культура сухих субтропиков, для её произрастания требует температура не выше + 50⁰С и не ниже + 7⁰ С, при относительной влажности воздуха не менее 60%. В период формирования завязей и созревания плодов требуется поддержание температуры воздуха на уровне 20–25⁰С, при влажности почвы на уровне 60% НВ. Другой особенностью культуры лимона является отсутствие на корнях корневых волосков, по которым из почвы в растения поступает вода и элементы минерального питания. Их функции выполняют почвенные грибы, живущие на корнях лимона, для жизнедеятельности которых требуется достаточная воздухопроницаемость почвы [1]. Поэтому даже в условиях юга России лимон культивируют на ограниченной площади в оранжереях. В зимнее время при отрицательных температурах воздуха оранжереи отапливают, а летом производят активную вентиляцию для поддержания в ней темпе-

ратуры в оптимальных пределах. Всё это требует как больших капиталовложений, так и значительных затрат энергетических ресурсов в период эксплуатации оранжереи.

Между тем, в условиях глобального потепления климата, на территории нашей страны эти затраты могут быть значительно снижены путём выращивания лимона в траншеях. В условиях среднеазиатских республик эта технология получила распространение при выращивании низкорослого кустарникового сорта лимона, «Лимон Мейера» (гибрид лимона и апельсина). В условиях южных регионов России, как и в республиках Средней Азии, почва промерзает на незначительную глубину. Поэтому зимой в траншее за счёт теплоотдачи почвы поддерживается температура выше $+5^{\circ}\text{C}$, что достаточно для предотвращения гибели кустов лимона. На время морозов траншеи лимонария сверху утепляют соломенными матами. Лимон Мейера хорошо переносит затенение в течение нескольких зимних месяцев [2].

Для повышения теплоотдачи грунта разработаны различные конструкции траншейных сооружений на уровне изобретений. Так авторское свидетельство СССР №1595396. было выдано на конструкцию траншейного сооружения, обеспечивающего повышенную теплоотдачу грунта с помощью системы теплопроводящих стержней, заглубляемых в грунт [3].

Другое культивационное сооружение включает траншею с грунтовыми стенками и защитным экраном из полимерной плёнки, здесь улучшение температурно-влажностного режима обеспечивается за счёт принудительной циркуляции воздуха между экраном и грунтовыми стенками [4].

Наиболее совершенным является культивационное сооружение траншейного типа, снабжённое системой вентиляции и теплозащиты, оросительными трубопроводами капельного полива, а также системой дождевания. Для регулирования микроклимата в этом сооружении наружный воздух пропускают через полые армирующие элементы и подают в траншею [5].

Во ВНИИГиМ разработана усовершенствованная конструкция траншейного лимонария, которая снабжена устройством, позволяющим регулировать микроклимат в траншее в пределах заданной величины температуры и влажности воздуха, а также поддерживать в почве благоприятный водно-воздушный режим. Схематическое изображение этого устройства представлено на рисунке 1.

Траншейный лимонарий состоит из траншеи глубиной 2-2,5 м и шириной 5-5,5 м, над которой смонтированы балки 1 перекрытия, для размещения в холодное время года утепляющих матов. На дне траншеи высаживают два ряда растений лимона. Габитус кустов Лимона Мейера ограничивают путём обрезки 1,5 - 1,7м. На балках перекрытия 1 с помощью подвески 2 монтируется устройство для регулирования микроклимата и водно-воздушного режима почвы. Это устройство включает электродвигатель 3, на оси 4 которого смонтирован дисковый распылитель 5, помещенный в накопительную ёмкость 6. К накопительной ёмкости от распределительного трубопровода, подключённого к источнику водоснабжения, подведена трубка 7 с поплавковым клапаном 8. К нижней части накопительной ёмкости 6 подключена трубка 9, снабжённая клапаном 10 и размещённая в водоприёмной ёмкости 11, которая расположена в зоне распространения корневой системы растения лимона 3. К этой ёмкости подключён внутрпочвенный микропористый увлажнитель 12, уложенный на глубину 10-15 см по периметру распространения корневой системы. У стенок траншеи установлены вентиляционные трубы, имеющие у поверхности дна траншеи воздухозаборные отверстия, а на верхнем конце эжектор.

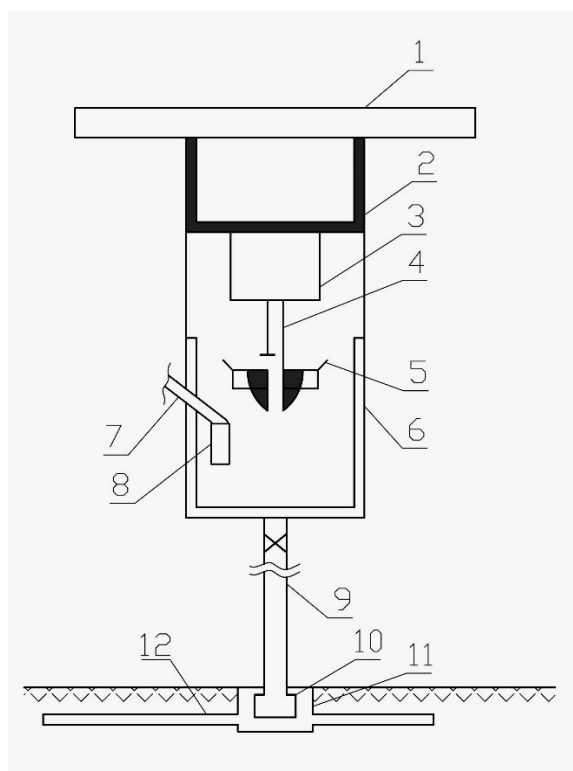


Рисунок 1 - Устройство для регулирования микроклимата в траншейном лимонарии: 1-балки перекрытия, 2-подвески, 3 электродвигатель, 4- ось двигателя, 5-дисковый распылитель, 6- накопительная ёмкость, 7-подводящая трубка, 8- поплавковый клапан, 9 -отводящая трубка, 10 – клапан-регулятор, 11-водоприемная ёмкость, 12 микропористый увлажнитель

Работа предложенной конструкции траншейного лимонария осуществляется в следующей последовательности. При температуре воздуха 25°C и влажности почвы ниже 60% НВ, производят подачу воды по трубопроводу и трубке 7 в ёмкость 6, проходя через клапан 8 вода заполняет ёмкость 6. Из ёмкости 6 по трубке 9 вода поступает в накопительную камеру 11, а из неё в микропористый увлажнитель 12. Микропористые увлажнители могут быть выполнены из керамического материала, используемого для изготовления дренажных керамических труб и керамических датчиков влажности. Особенностью этого материала является способность образовывать единую систему с капиллярными порами почвы. Из этих увлажнителей вода впитывается почвой в соответствии с градиентом влажности и по капиллярным порам распространяется на расстояние величины капиллярного переноса (25-30см). Благодаря заполнению влагой капиллярных пор и сохранению воздуха в некапиллярных крупных порах, в почве поддерживается благоприятный водно-воздушный режим. При стабилизации площади увлажняемой зоны и снижении всасывающей способности почвы интенсивность оттока воды из накопительной камеры 11 снижается и происходит заполнение её водой. При этом клапан 10 перекрывает выход воде из трубки 9, соответственно происходит заполнение ёмкости 6 до уровня, обеспечивающего закрытие клапана 8 и прекращение подачи воды из трубки 7. При расходовании запаса воды из внутрипочвенного увлажнителя 12 и ёмкости 11 происходит приток её из накопительной ёмкости 6 и из трубки 7. Таким образом, устанавливается режим увлажнения почвы за счёт притока воды по мере потребления её корнями лимона.

Для поддержания температуры и влажности воздуха в траншее в оптимальных пределах по сигналу любой известной системы контроля температуры включают по-

дачу электроэнергии к электродвигателям 3, которые приводят во вращение диски 5. В процессе вращения дисков вода из ёмкости 6 под действием центробежных сил поднимается по каналам оси 4 на поверхность диска 5 и разбрызгивается его кромкой, под действием потока воздуха, формируемого лопастями, расположенными на нижней поверхности диска. Особенностью дисковых разбрызгивателей является способность обеспечивать при подаче небольшого расхода воды, благодаря большой скорости вращения диска, (более 2000 об/мин), и восходящему потоку воздуха образовывать монодисперсный дождь из капель размером 50-70 мкм. В метеорологии такой дождь, капли которого висят в воздухе, называют моросящим. Таким образом, над растением в радиусе 0,5-0,7 м формируется облако капель размером 50-70 мкм. Для таких капель характерна очень низкая скорость оседания (порядка 0,1 м/с). При температуре воздуха 30 °С и относительной влажности воздуха 30 %, большая часть этих капель испарятся, не долетев до дна траншеи, а капли, осевшие на поверхность листьев, в связи с малым размером не стекают, а испаряются с поверхности листьев.

Кубический метр воздуха траншеи при температуре воздуха 30 °С и относительной влажности воздуха 30% содержит 7 г влаги. Для того чтобы повысить относительную влажность воздуха с 30 до 70 % необходимо испарить 10 г воды в расчёте на кубометр воздуха. При объёме воздуха в лимонарии 2000 м³ для повышения относительной влажности воздуха в лимонарии до 70% необходимо испарить 20 литров.

Испарение такого количества воды обеспечивает понижение температуры воздуха на 6-8 °С, то есть с 30 до 22-24 °С. При размещении в лимонарии 50 дисковых разбрызгивателей воды необходимо подать через один разбрызгиватель порядка 0,4-0,5 л. При его расходе 0,05- 0,06 л/мин продолжительность разбрызгивания составит 10-12 мин. Для предотвращения стекания этих капель с листьев, подача проводится короткими импульсами, по 2-3 мин с 10-15 минутными перерывами. При достижении заданного уровня температуры и влажности воздуха отключают подачу электроэнергии к двигателям. Интенсификация процесса замены воздуха в траншее охлаждённым воздухом обеспечивается путём отведения его через воздухозаборные отверстия в нижней части вентиляционной трубы с помощью эжектора расположенного над поверхностью траншеи. Процесс управления работой разбрызгивателей может быть автоматизирован с использованием любой известной системы автоматизации. Повторное включение системы регулирования микроклимата в траншее производится после превышения температуры воздуха в траншее более 25 °С. Таким образом, система регулирования микроклимата в траншейном лимонарии обеспечивает оптимальные условия произрастания культуры лимона. Система может использоваться для подачи удобрений непосредственно корням растений. В период работы системы в режиме внутрипочвенного увлажнения из ёмкости с маточным концентрированным раствором удобрения, с помощью насоса дозатора подают в трубопровод, к которому подключены трубки 7. Для проведения внекорневой подкормки производят перекрытие краном подачи воды в камеру 11. Электродвигатель 3 переключают на пониженную скорость вращения, при которой происходит увеличение размера капель до 100-150 мкм и в течение 2-3 минут производят подачу раствора удобрений насосом дозатором в распределительный трубопровод. В этом случае скорость оседания капель удваивается, и они достигают поверхности листьев, однако кратковременность подачи раствора предотвращает стекание его с поверхности листьев. Таким же способом производится и обработка растений пестицидами, которые предварительно заливают в ёмкость для маточного раствора.

Описанная выше конструкция регулирования микроклимата может найти применение также и в оранжереях и теплицах, например, при выращивании культуры огурца. Эта культура требует поддержания высокой влажности воздуха, однако орошение её дождеванием часто приводит к переносу спор грибковых болезней стоком воды с листьев верхнего яруса на нижние, что приводит к распространению болезни и снижению урожайности.

Таким образом, в условиях глобального изменения климата в южных регионах России складываются благоприятные условия для культивирования лимона в траншеях. При этом новые технические решения, направленные на повышение эффективности конструкций траншейных лимонариев позволяют повысить теплоотдачу почвы для обогрева растений зимой и поддерживать благоприятный микроклимат в летний период.

Список использованных источников.

1. Маркелова И.В., Лимоны уход и выращивание, М. «Авеонт» 2006.
2. Кузнецов В.В. Субтропические культуры в Узбекистане, Ташкент, 1989г,86с.
3. Альбегонов Х.Х. и Теблоев Б.Т., Теплица траншейного типа, авторское свидетельство СССР №1595396, мпк А01G 9/14, 30.09.1991.
4. Шепилов А.П. и Нестеренко В.П., Культивационное сооружение, авторское свидетельство СССР №1074444, мпк А01G 9/14, 23.02. 1984г.
5. Нестеренко В.М. и др. Культивационное сооружение траншейного типа, авторское свидетельство №1055419, мпк А01G 9/14, 23.11.1983г.

УДК 556 (470.57)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА МЕЛИОРАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОБУСТРОЙСТВЕ ВОДОСБОРОВ БАСЕЙНА РЕКИ ШУ

С.Д. Даулетбай¹, А.Т. Козыкеева², Ж.С. Мустафаев², Л.В. Кирейчева³

¹Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан;

²Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

³ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Современная хозяйственная деятельность создала антропогенные нагрузки, которые во многих речных бассейнах, особенно водосборах бассейна реки Шу, превысили способность к самовоспроизводству геосистем различного происхождения (ландшафтно-территориальных комплексов, социозкосистем), что требует необходимости усовершенствования методологии нормирования водопользования с позиции ландшафтного земледелия и устойчивого развития территории [1; 2; 3;4].

Создавая агроэкосистемы или агроландшафты, человечество решало задачу интенсификации природных процессов, направленных на повышение биологической продуктивности, не позаботившись об активизации процессов воспроизводства биологических ресурсов в природной среде. Тем самым были нарушены законы экологии и диалектики, один из основных законов термодинамики - закон сохранения массы и энергии и принцип стабильности. Превышение пределов допустимой нагрузки привело к нарушению баланса внутри экосистем, то есть их можно увидеть из следующего соотношения [5]:

$$K_H = \frac{E_a}{E_l} = \frac{\Delta W + O_c - (\overline{П} - \overline{O}) - (\underline{П} - \underline{O}) + g + O_p + D_p + p + \Phi}{\Delta W + O_c - (\overline{П} - \overline{O}) - (\underline{П} - \underline{O}) + g},$$

где K_n - коэффициент, характеризующий нарушение баланса внутри экосистемы; E_a - суммарная водопотребность сельскохозяйственных орошаемых агроландшафтов; E_l - суммарная водопотребность ландшафтов; $\Delta W = O_{o-z-e}$ - продуктивная почвенная влага, образующаяся из осенне-зимне-весенних атмосферных осадков (зеленая вода); O_c - атмосферные осадки за вегетационный период (зеленая вода); $O_{cn} = O_{o-z-e} + O_c$ - объем естественной продуктивной влаги (зеленая вода); $\Delta P = (\overline{P} - \overline{O})$ - результирующий поверхностный сток, формирующийся в результате притока и оттока поверхностного стока (желтая вода); $\Delta O = (\underline{P} - \underline{O})$ - результирующий подземный сток, формирующийся в результате притока и оттока подземного стока (желтая вода); g - влагообмен между грунтовыми и почвенными водами (красная вода); $E = T + I$ - суммарная водопотребность сельскохозяйственных угодий, которая состоит из транспирации растительного покрова (зеленая-голубая вода) и физического испарения (белая вода); $O_p^{br} = O_p \pm g + D_p + \Phi$ - компенсирующая норма брутто потребности растительного покрова (голубая вода) для покрытия дефицита водопотребления сельскохозяйственных угодий, которая зависит от технологического процесса орошения; D_p - дренажный сток; Φ - фильтрационные потери из оросительной сети; p - водообмен между грунтовыми и нижележащими межпластовыми водами (положительное направление – вверх).

В деятельности естественных и антропогенных процессов в ландшафтных и агроландшафтных системах зеленой и голубой воды в зависимости от режима их функционирования, трансформируются в белые, желтые и красные воды.

При этом белые воды (I) практически не участвуют в формировании биологических масс растительного покрова, но оказывают косвенное влияние на их жизнедеятельность. Желтые воды (ΔP) и (ΔO) также практически не участвуют в процессе формирования биологических масс растительного покрова, но они формируются вследствие естественного гидрологического процесса. Красные воды, то есть фильтрационные потери из оросительной сети (Φ), дренажного стока (D_p) и фильтрационного стока в процессе аккумуляции голубой воды в почвенных слоях (g), которые появляются и формируются в результате технологического процесса орошения.

Следовательно, белые (I), желтые (ΔP и ΔO) и красные (Φ , D_p и g) воды практически не принимают участия в формировании биологических масс растительного покрова, а последние две активно участвуют в разрушении экологической устойчивости природной системы, то есть их коэффициент полезного действия для сельскохозяйственного производства равен нулю.

Такая неприятная ситуация в мелиорации сельскохозяйственных земель формировалась в результате борьбы со следствиями, а не с причинами, в результате чего в течение полувека науки в области мелиорации разрабатывали водоемкие технологии и технологические схемы орошения вопреки основному принципу мелиорации земель, где показана необходимость повышения биологического и снижение геологического круговоротов воды и химических веществ.

Для устранения этих принципиальных недостатков в области мелиорации сельскохозяйственных земель Ж.С. Мустафаевым и А.Т. Козыкеевой были введены новые понятия – нижний порог предельно допустимого уровня нормы водопотребности

($O_p^{ниж}$) – транспирации растений, обеспечивающих формирования биологических масс (T) и верхний порог предельно допустимого уровня нормы водопотребности ($O_p^{верх}$) – экологических норм водопотребности сельскохозяйственных угодий ($O_p^э$), обеспечивающих целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых землях, на основе принципов малоотходных и безотходных технологий производственного процесса [5].

Предложенная методика обоснования норм орошения, в основу которой положен принцип энергетической сбалансированности тепла, влаги и питательных веществ, обеспечивающих целенаправленное регулирование почвообразовательного процесса на орошаемых землях, была использована для определения нормы водопотребности агроландшафтных систем в водосборах бассейна реки Шу (табл. 1).

Таблица 1 - Среднемноголетние нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий в водосборах бассейна реки Шу

Физико-географическая фация	K_y	Культуры	Нормы водопотребности (мм)		
			T	O_p	$O_p^э$
Кыргызская экологическая система (Чуйская область)					
Элювиальная (горная)	<0.50	Многолетние травы	110	245	165
		Кукуруза на силос	65	145	
		Картофель	81	180	
		Овощи	110	245	
		Яровые зерновые	48	105	
		Сады и ягодники	86	190	
Трансэлювиальная (предгорная)	0.50-0.30	Многолетние травы	247	550	345
		Кукуруза на силос	126	280	
		Картофель	144	320	
		Овощи	169	375	
		Яровые зерновые	90	200	
		Сады и ягодники	198	440	
		Бахчевые	90	200	
		Кукуруза на зерно	155	345	
Трансаккумулятивная (предгорная равнинная)	0.30-0.20	Многолетние травы	326	725	442
		Кукуруза на силос	187	415	
		Картофель	218	485	
		Овощи	263	585	
		Яровые зерновые	142	315	
		Сады и ягодники	290	645	
		Бахчевые	153	340	
		Кукуруза на зерно	227	505	
		Озимая пшеница	115	255	
		Сахарная свекла	281	625	
		Соя	198	440	

Казахстанская экологическая система (Жамбылская область)					
Элювиальная (горная)	<50	Многолетние травы	110	245	165
		Кукуруза на силос	65	145	
		Картофель	81	180	
		Овощи	110	245	
		Яровые зерновые	48	105	
		Сады и ягодники	86	190	
Трансэлювиальная (предгорная)	0.50-0.30	Многолетние травы	247	550	345
		Кукуруза на силос	126	280	
		Картофель	144	320	
Трансаккумулятивная (предгорная равнинная)	0.30-0.20	Овощи	169	375	442
		Яровые зерновые	90	200	
		Сады и ягодники	198	440	
		Бахчевые	90	200	
		Кукуруза на зерно	155	345	
		Озимая пшеница	63	140	
	Многолетние травы	326	725		
	Кукуруза на силос	187	415		
	Картофель	218	485		
	Овощи	263	585		
	Яровые зерновые	142	315		
	Сады и ягодники	290	645		
	Бахчевые	153	340		
	Кукуруза на зерно	227	505		
	Озимая пшеница	115	255		
	Сахарная свекла	281	625		
	Соя	198	440		
	Супераквальная (равнинная)	0.20-0.10	Многолетние травы	347	
Кукуруза на силос			203	450	
Картофель			254	565	
Овощи			302	670	
Яровые зерновые			160	355	
Сады и ягодники			329	730	
Бахчевые			180	400	
Кукуруза на зерно			248	550	
Озимая пшеница			133	295	
Подсолнечник			218	485	
Сахарная свекла			331	735	
Соя			212	470	
Супераквальная (равнинная)	>0.10	Многолетние травы	350	660	550
		Кукуруза на силос	200	400	
		Картофель	230	500	
		Овощи	300	620	
		Яровые зерновые	150	330	
		Сады и ягодники	300	630	

В таблице 1 приведены среднемноголетние транспирации растений и экологические нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий, а также биологические дефициты водопотребности сельскохозяйственных культур по водохозяйственным бассейнам реки Шу по данным Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства и Кыргызского НИИ ирригации [6; 7].

Таким образом, разработанная методика и дифференцированная норма транспирации растений (T_i), экологическая норма водопотребности сельскохозяйственных угодий ($O_{pi}^э$) и биологический дефицит водопотребности сельскохозяйственных культур ($O_{pi}^э$) в пространственно-временном масштабе по водосборным бассейнам реки Шу позволяют обосновать ресурсосберегающий поливной режим на стадии проектирования и эксплуатации мелиоративных систем, и может быть использована для создания высокоэффективной инновационной техники и технологических схем орошения, обеспечивающих дозирование оросительных норм с достаточно высокой точностью.

Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Даулетбай С.Д. Моделирование функционирования водосборов бассейна реки Шу при комплексном обустройстве // Гидрометеорология и экология, 2014.- №2.- С.111-122.
2. Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. Оценка экологической устойчивости водосборов в бассейне реки Шу при их комплексном обустройстве // Международный научно-исследовательский журнал. - Екатеринбург, 2015.- № 9 (40).- часть 3, С. 23-26.
3. Кирейчева Л.В., А.Т.Козыкеева, С.Д. Даулетбай. Оценка антропогенной нагрузки в бассейне реки Шу//Материалы VIII международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований» - Москва, 2014, С.72-75.
4. Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. Оценка экологической устойчивости водосборов в бассейне реки Шу при их комплексном обустройстве //Международный научно-исследовательский журнал. - Екатеринбург, 2015.- № 9 (40).- часть 3, С. 23-26.
5. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее.- Тараз, 2012.- 318 с.
6. Ибатуллин С.Р., Кван Р.А., Пармонов А.И., Балгабаев Н.Н. Нормирование орошения в водохозяйственных бассейнах Казахстана.-Тараз, 2008.-122 с.
7. Укрепленные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР.- Москва, 1984.- 346 с.

УДК 631.674:635.25

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.Н. Дронова, И.А. Дергачева, А.А. Дергачев
ФГБНУ «ВНИИОЗ» г. Волгоград, Россия

Система семеноводства картофеля, сложившаяся в Нижнем Поволжье, базируется на привозных семенах, в связи с чем в затратах на выращивание картофеля 70-80% составляют расходы на посадочный материал, который по ныне действующим правилам семеноводства необходимо ежегодно приобретать на всю площадь посадки [1,2,4,7,8].

Альтернативным вариантом в этих условиях может стать размножение привозного исходного материала летними посадками. В ранее проведенных исследованиях ФГБНУ ВНИИОЗ установлено, что семенной материал, полученный от растений, вегетация ко-

торых приходится на июль – сентябрь, может в течение длительного времени (3-5 лет) оставаться здоровым и сохранять высокий потенциал продуктивности. В связи с этим в институте проводятся исследования по отработке основных элементов технологии получения оздоровленного семенного материала картофеля при летних сроках посадки с применением прогрессивного капельного орошения.

Исследования проводятся в 3-х - факторных полевых опытах на светло-каштановых почвах в ФГУП «Орошаемое». Содержание гумуса в почвах опытного участка изменяется от 1,42 до 1,70 %, подвижного фосфора - 13,0–26,7, обменного калия - 220-250 мг/кг. Наименьшая влагоемкость в слое 0,4 м составляет 23,2, а в 0,6 м – 22,2%, плотность почвы – 1,34 и 1,37 т/м³.

По фактору А (режим орошения) изучаются 4 варианта с поддержанием предположительного порога увлажнения 80 % НВ в слое 0,6 и в слое 0,4 м в течение всей вегетации и 80 % НВ в слое 0,4 м от посадки до бутонизации, 80 % НВ в слое 0,6 м до конца вегетации, поддержание 80 % НВ в слое 0,4 м до фазы бутонизации и 70 % НВ в слое 0,6 м до конца вегетации (табл. 1).

Таблица 1 - Суммарное водопотребление и его структура на посевах картофеля, среднее за 2012-2014 гг.

Варианты по режимам орошения	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Структура, %		
		Оросительная норма	Осадки	Использование запасов почвенной влаги
1. 80% НВ, h 0,6 м	3292	57,5	26,0	16,5
2. 80% НВ, h 0,4 м	3618	63,6	23,7	12,7
3. 80% НВ, h 0,4, 0,6 м	3458	60,5	24,8	14,7
4. 80% НВ, h 0,4 м, 70% НВ, h 0,6 м	3216	54,9	26,6	18,5

По фактору В (пищевой режим) изучаются дозы удобрений, рассчитанные на получение 30 и 40 т/га, на контроле (без удобрений) – 20 т/га.

Фактор С (сортовой состав) включает сорт Романо и Роко.

Опыты закладывались и проводились по общепринятым методикам [3,5,6].

При выращивании картофеля применяли гребневую голландскую технологию по уходу за полем. Пахали осенью под зябь, весной бороновали поперек борозды боронной БЗТС-1 на глубину 0,05 м. Перед посадкой вносили удобрения, затем поле обрабатывали доминатором «Румпстад». Вслед формировали гребни культиватором КР-3 на тяге трактора МТЗ-80. Сажали картофель картофелесажалкой VL20KLZ с одновременной обработкой клубней инсектофунгицидом Престиж (расход рабочей жидкости 10 л/т клубней). После посадки поливали, промачивая почву по вариантам опыта капельным способом. Междурядные обработки пропашной фрезой RF-4 начинали по единичным всходам, при этом формировался гребень высотой 0,22-0,25 м, а сорняки засыпались почвой. Такая технология предусматривает обязательное применение гербицидов. Использовали гербицид Зенкор 0,5 кг/га по всходам картофеля до достижения растениями высоты 0,10 м.

Дважды за вегетацию, при появлении личинок колорадского жука, растения картофеля обрабатывали инсектицидом Танрек (200 г/га). Вторая обработка в целях предупреждения появления фитофторы проводилась фунгицидом Сектин 1,25 кг/га.

Анализируя полученные данные, следует отметить, что на посевах картофеля в условиях жаркой и сухой погоды в годы проведения исследований количество поли-

вов по вариантам опытов и годам изменялось от 14-15 до 16-27, оросительная норма от 1400-2040 до 2500-2700 м³/га. Суммарное водопотребление картофеля в среднем за годы исследований составило 3216-3618 м³/га. При этом самая высокая оросительная норма и суммарное водопотребление 2700 и 3867 м³/га сложились в 2012 г. в варианте с поддержанием предполивной влажности почвы 80 % НВ в слое 0,4 м в течение вегетации, примерно такие же величины получены и в варианте при поддержании 80 %-ного порога увлажнения в слое 0,4 м до фазы бутонизации и 80 % НВ в слое 0,6 м от фазы бутонизации до уборки картофеля.

В среднем за годы исследований в этих вариантах заданный предполивной порог поддерживался проведением 18-23 поливов поливной нормой 100-140 м³/га.

При этом в структуре суммарного водопотребления оросительная норма в этих вариантах составила 63,6 и 60,5 %, при поддержании 80 %-ного порога в течение вегетации 57,5, а при дифференциации и режима орошения слоя увлажнения (80 % НВ в слое 0,4 м, 70% НВ в слое 0,6 м) – 54,9 % (табл. 1).

При определении таких важных показателей водопотребления культуры, как коэффициент водопотребления и затрат воды на формирование урожая выяснилось, что внесение удобрений значительно снижало их. Так, если на варианте без удобрений коэффициент водопотребления по сорту Романо изменялся от 218 до 228, Роко – от 194 до 210 м³/т, то при внесении N₁₅₀P₃₀K₁₃₀, соответственно от 142 до 158 и от 128 до 142 м³/т, повышение дозы удобрений до N₂₀₀P₄₀K₁₇₀ приводило к уменьшению коэффициента водопотребления до 116-127 и 97-108 м³/т (табл. 2).

Таблица 2 - Коэффициенты водопотребления картофеля, 2012-2014 гг.

Режим орошения	Коэффициент водопотребления, м ³ /га		
	без удобрений	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₃₅	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₁₈₀
Романо			
80% НВ, h – 0,6 м	228	153	119
80% НВ, h – 0,4 м	218	142	116
80% НВ, h – 0,4, 0,6 м	226	147	118
80% НВ, h – 0,4, 70% НВ, h – 0,6 м	228	158	127
Роко			
80% НВ, h – 0,6 м	199	130	104
80% НВ, h – 0,4 м	194	142	97
80% НВ, h – 0,4, 0,6 м	207	128	103
80% НВ, h – 0,4, 70% НВ, h – 0,6 м	210	139	108

Расход оросительной воды на формирование урожая также уменьшался с улучшением условий увлажнения и пищевого режима и на контроле составили 114-138, на I фоне удобрений 75-90 и на II фоне – 62-73 м³/т (табл. 3).

Таким образом, продуктивность изучаемых сортов картофеля значительно возрастает с улучшением условий пищевого режима. На фоне естественного плодородия почвы в условиях 2012-2014 гг. урожайность сорта Романо изменялась от 11,8 до 19,2, Роко – 13,3-22,5 т/га. Внесение N₁₅₀P₆₀ K₁₃₅ обеспечивало получение соответственно 17,4-31,7 т и 18,9-36,9 т/га, а повышение дозы удобрений до N₁₉₀P₈₀ K₁₈₀ – до 20,9-40,7 и 24,2-47,8 т/га (табл.4).

Таблица 3 - Затраты поливной воды на образование 1 т клубней картофеля, 2012-2014 гг., м³

Режимы орошения	Романо			Роко		
	без удобрений	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₃₅	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₁₈₀	без удобрений	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₃₅	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₁₈₀
1	131	88	68	114	75	60
2	138	90	73	123	79	62
3	196	89	71	125	77	62
4	125	87	70	115	76	59

Таблица 4 - Продуктивность картофеля в зависимости от изучаемых факторов, 2012-2014 гг.

Режим орошения (фактор А)	Фон питания (фактор В)	Сорт (фактор С)							
		Романо				Роко			
		Урожайность, т/га по годам							
		2012	2013	2014	среднее	2012	2013	2014	среднее
80% НВ, h – 0,6 м	Контроль	19,2	11,8	12,1	14,4	22,5	13,3	13,8	16,5
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₃₅	28,4	17,9	18,1	21,5	32,6	20,7	22,3	25,2
	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₁₈₀	36,3	22,3	24,2	27,6	41,6	25,7	27,1	31,5
80% НВ, h – 0,4 м	Контроль	22,8	13,2	13,8	16,6	24,2	15,4	16,1	18,6
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₃₅	31,7	21,3	23,1	25,4	36,9	24,2	26,2	29,1
	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₁₈₀	40,7	25,5	27,5	31,2	47,8	30,6	32,5	37,0
80% НВ, h – 0,4, 0,6 м	Контроль	20,1	12,4	13,4	15,3	21,7	14,0	14,5	16,7
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₃₅	30,6	19,6	20,5	23,5	34,3	22,4	24,3	27,0
	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₁₈₀	38,7	24,1	25,2	29,3	44,2	27,8	28,2	33,4
80% НВ, h – 0,4, 70% НВ, h – 0,6 м	Контроль	18,1	12,0	12,2	14,1	20,6	12,1	13,1	15,3
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₃₅	25,9	17,4	17,7	20,3	30,1	18,9	20,1	23,0
	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₁₈₀	33,4	20,9	21,3	25,2	39,5	24,2	25,4	29,7
НСР ₀₅	А –	2,2	1,7	2,0					
	В –	3,2	2,0	2,0					
	С –	1,7	1,5	1,4					

Самые высокие урожаи по обоим сортам получены в вариантах с поддержанием предполивного порога влажности в слое 0,4 м в течение вегетации и внесением N₁₉₀P₈₀ K₁₈₀ – 25,5-47,8 т/га. Поддержание такого порога увлажнения, но с дифференциацией по слоям и фазам вегетации, обеспечило получение 24,1-44,2 т/га.

Минимальные урожаи 33,4-39,5 т/га сформированы при поддержании дифференцированного увлажнения 80 % НВ в слое 0,4 м от посадки до бутонизации, 70 % НВ в слое 0,6 м – от бутонизации до окончания вегетации.

Сорт Роко на всех вариантах имел достоверное преимущество перед сортом Романо и на фоне естественного плодородия урожайность его составила 13,3-24,2, N₁₅₀P₆₀K₁₃₅ - 20,7-36,9, N₁₉₀P₈₀ K₁₈₀ – 25,7-47,8 т/га или на 12,2-18,1% больше, чем сорт Романо (табл. 4).

Качество урожая оценивали по наличию в клубнях крахмала, сухого вещества и нитратов. Установлено, что изучаемые сорта при летнем сроке посадки успевают накопить 12,7-15,8 % крахмала, 19,5-22,5 % сухих веществ. При этом накопление крахмала в клубнях

картофеля, выращенного на фоне естественного плодородия, изменялось от 12,7 до 15,8 %, а на вариантах с удобрениями – 13,0-15,8 %. Заметных различий по режимам увлажнения отмечено не было. Несколько больше крахмала накапливалось в клубнях сорта Роко от 13,5 до 15,8, Романо – 12,7-15,0 % (табл. 5).

Таблица 5 - Биохимический состав клубней по вариантам опыта, 2012-2014 гг.

Режим орошения	Фон питания	Романо			Роко		
		крахмал, %	нитраты, мг/кг	сухое вещество, %	крахмал, %	нитраты, мг/кг	сухое вещество, %
1	б. у.	15,0	85	21,5	15,0	47	21,8
	НРК ₁	14,1	70	21,4	15,2	62	21,8
	НРК ₂	13,6	92	20,6	14,4	65	21,2
2	б. у.	13,6	80	20,9	15,5	55	21,6
	НРК ₁	13,2	92	20,6	13,5	56	22,4
	НРК ₂	13,0	91	19,5	15,8	85	22,5
3	б. у.	13,7	80	20,3	14,5	47	21,5
	НРК ₁	12,7	70	20,2	14,0	50	21,0
	НРК ₂	14,5	106	20,5	14,6	94	21,2
4	б. у.	13,7	87	20,4	15,0	60	21,7
	НРК ₁	13,6	92	20,4	14,4	62	20,7
	НРК ₂	13,8	91	20,8	15,1	87	21,8

По содержанию сухого вещества Роко также превосходил Романо – 20,7-22,4 % в среднем по вариантам против 19,5-21,5 %.

Внесение удобрений способствовало повышению количества нитратов в клубнях картофеля, но их содержание 47,0-106,0 мг не превышает ПДК (220 мг на 1 кг). Максимальное накопление нитратов отмечено в варианте с дифференцированным режимом орошения (80 % в слое 0,4 м и 70 % в слое 0,6 м) и внесением самой высокой дозы азота – 103,6 мг по сорту Романо и 94,0 мг по сорту Роко.

Возделывание картофеля летними посадками при капельном орошении экономически выгодно. Затраты на технологию возделывания в целом изменяются от 30 до 44 тыс. руб/га, а стоимость продукции от 100 до 300 тыс. руб. Экономическая эффективность превышает 100-350 %.

Таким образом, формирование наибольшей урожайности картофеля, 30,6-37,0 т/га при летних посадках на капельном орошении обеспечивается сочетанием дозы минеральных удобрений N₁₉₀P₈₀K₁₈₀, поддержании предполивной влажности почвы 80% НВ в течение вегетации в слое 0,4 м и дифференциации режима орошения – 80 %-ный порог увлажнения в слое 0,4 м до фазы бутонизации, 70 % НВ в остальной период в слое 0,6 м.

Список использованных источников

1. Бородычев, В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур/В.В. Бородычев// Волгоград, 2010. - С. 213-219.
2. Дергачева, И.А. Совершенствование агротехнических приемов возделывания картофеля летних посадок при капельном орошении / И.А. Дергачева, А.А. Дергачев, Е.А. Стрижакова//Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр.–Тверь, Рязань, 2014. – С. 275-286.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта/Б.А. Доспехов. -М.: Колос,1985.–351 с.

4. Дронова, Т.Н. Технология выращивания летнего картофеля при капельном орошении/ Т.Н. Дронова, И.А. Дергачева//Сб. научных трудов межд. Н.-п. конференции Проблемы рационального использования природо-хозяйственных комплексов засушливых территорий. - Волгоград, 2015. – С. 286-290.

5. Методика полевого опыта в условиях орошения. – ВНИИОЗ: Волгоград, 1983. – 56 с.

6. Методика полевого опыта в овощеводстве. – ВНИИ овощеводства: М., 2011. – 648 с.

7. Навитная, А.А. Перспективы использования картофеля в условиях Нижнего Поволжья/А.А. Навитная, И.А. Дергачева//Научные основы эффективного использования орошаемых земель аридных территорий России. –Волгоград, 2007. – С. 60-70.

УДК 628.334.51

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЛОТДЕЛЕНИЯ НА ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ С МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ

Е.А. Дугин¹, А.Е. Новиков², В.И. Пындак¹

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия;

²ФГБНУ ВНИИОЗ; ВолгГТУ, г. Волгоград, Россия

Необходимость совершенствования локальных очистных сооружений малой производительности вызвана ростом загородных поселков и отсутствием в них централизованных канализационных систем. Малогабаритные очистные станции, установленные по месту образования хозяйственно-бытовых сточных вод, позволяют исключить затраты на их транспортировку, а также возможность образования источников патогенной микрофлоры.

К наиболее оптимальным и эффективным способам реализации процесса очистки и нейтрализации стоков относится биологический метод на основе аэробных процессов. Это обусловлено тем, что аэробные системы более надёжны, стабильно функционируют, требуют меньших площадей для размещения очистных сооружений и характеризуются более высокой скоростью протекания процессов в сравнении с анаэробными системами. В аэробных условиях в процессе жизнедеятельности микроорганизмов происходит биохимическое разрушение органики с выделением безвредных веществ (H_2O , CO_2 и пр.) и формирование активного ила.

Однако получение качественно очищенной воды после очистки стоков даже на современных станциях не всегда возможно, что связано с широким диапазоном гидрохимических и физических показателей сточных вод и активного ила, зачастую требуется несколько этапов очистки. Например, при повышении коэффициента неравномерности поступления сточных вод чаще всего происходит вынос активного ила и других взвесей из установки очистки. Также изменение седиментационных характеристик активного ила негативно сказывается на процессе очистки сточных вод.

На сегодняшний день существует достаточное количество автоматизированных систем различного уровня сложности. Большинство установок по очистке бытовых сточных вод включают в себя накопительный уравнивающий резервуар, где производится предварительная аэробноаноксидная биологическая очистка активным илом, аэротенк – активационный резервуар, где происходит разрушение органических загрязнений и вторичный отстойник. Степень очистки на таких установках достаточно высокая, но только при соблюдении технологического регламента (расход, ХПК, БПК).

Все станции локальной очистки при указанной технологической схеме используют вторичный отстойник вертикального типа различной конструкции. Чаще всего в виде усечённой пирамиды с наклоном стенок от 50° до 60° . В условиях равномерно-

сти поступления стоков и без вероятности увеличения залпового сброса такой метод илоотделения является наиболее эффективным. Но при отклонении этих показателей в сторону увеличения при таком способе отстаивания возможен вынос активного ила из установки.

Увеличение объёма сточных вод с учётом неравномерности притока может составлять от 30 % до 120 % в сутки, что представляет угрозу для удовлетворительной работы вторичных отстойников.

На основании вышеизложенного, а также с учётом некоторых недостатков существующих технологий очистки бытовых сточных вод, была разработана лабораторная установка, включающая каналный илоотделитель, предназначенный для разделения взвешенных веществ от биологически очищенных сточных вод. Применение каналного илоотделителя в локальных системах позволит не только улучшить качество очистки сточных вод, но и за счёт уменьшения гидравлической нагрузки на вторичный отстойник и увеличения объёма аэротенка повысить производительность станции. Для технологических схем с аэротенками вторичные отстойники во многом определяют объём аэрационных сооружений, который зависит от концентрации активного ила и степени его рециркуляции.

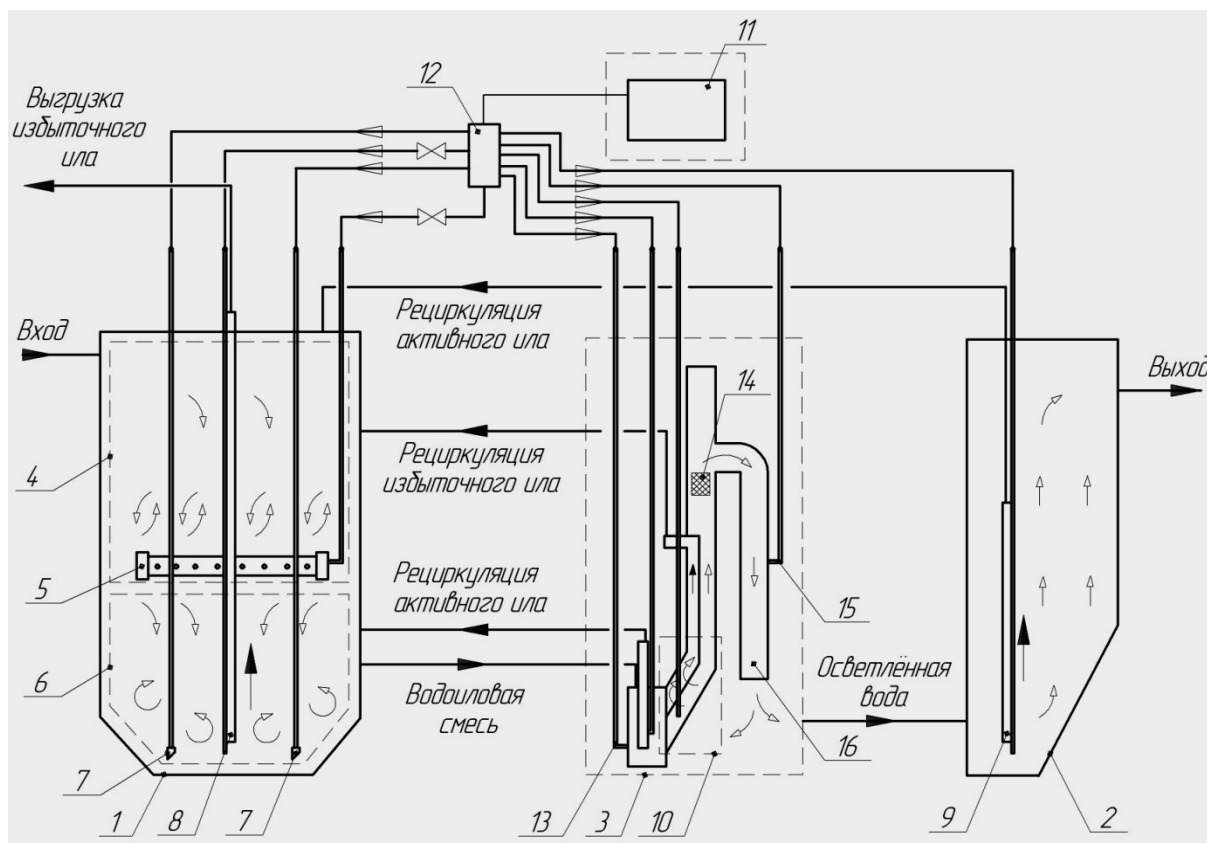


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки (позиции по тексту)

Лабораторная установка показана на рисунке 1. В корпусе установки размещены аэротенк 1 с вертикально-ступенчатой аэрацией, вторичный отстойник 2 и каналный илоотделитель 3, который функционально связывает аэротенк и отстойник. Аэротенк включает зону нитрификации и регенерации 4 (зона окисления) с расположенным в нём мелкопузырчатым аэратором 5 и зону денитрификации 6 (анаэробная зона) с крупнопузырчатыми аэраторами 7 и эрлифтом 8 для откачки избыточного ила. Во

вторичном отстойнике установлены эрлифт 9 рециркуляции активного ила, а в канальном илоотделителе – дегазатор 10.

Установка дополнительно оснащена компрессором 11 и воздухораспределительным бачком 12, предназначенные для нагнетания и распределения воздуха по технологическим элементам. Трубопроводная обвязка технологических элементов установки выполнена шлангами ПВХ, все технологические элементы выполнены из полимерных материалов. Для регулирования производительности мелкопузырчатого аэратора на подводящем трубопроводе установлена запорно-регулирующая арматура.

Установка работает следующим образом. Загрязненные сточные воды поступают в приёмную камеру аэротенка в зону окисления, где за счёт мелкопузырчатого аэратора поддерживается высокий уровень растворённого кислорода. В приёмной камере происходят процессы окисления и разложения органики, а также регенерации иловой смеси, поступающей из вторичного отстойника.

Далее стоки поступают в зону денитрификации. Большая часть ила здесь задерживается и перемешивается с помощью установленных крупнопузырчатых аэраторов. Некоторое количество активного ила под действием течения воды поступает через воздушную пробку, образованную обдувкой 13, в канальный илоотделитель. Дополнительное перемешивание достигается циркуляцией части ила из илоотделителя посредством эрлифта в анаэробную зону. Увлечённая потоком водоиловая смесь транспортируется вверх по наклонно-вертикальному дегазационному каналу. Наклонная часть дегазационного канала относительно вертикальной составляющей расположена под углом 45°.

Интенсификация процесса илоотделения происходит за счёт применения дегазации – равномерного барботирования пузырьков воздуха диспергированных в водоиловой смеси – в наклонно-вертикальной части канального илоотделителя. Внутри на всю длину дегазатора установлена перегородка на половину диаметра прохода. Перегородка позволяет разделить потоки по двум каналам: рециркуляция избыточного ила в аэробную зону и прямоток условно очищенной воды от взвешенных частиц в верхнюю часть илоотделителя. В результате обдувки 13 создаётся закрученное движение потока водоиловой смеси, при этом хлопья ила под воздействием барботажного потока водной составляющей смеси увлекаются за перегородку в канал рециркуляции избыточного ила.

В процессе денитрификации в иловой хлопьеобразной массе образуется газообразный азот, который, всплывая на поверхность, захватывает с собой мелкодисперсные биообразования. Сформированная таким образом на поверхности биоплёнка в слое взвешенного осадка в верхней части канального илоотделителя создает плотный плавающий биофильтр 14, выполняющий роль сорбента и коагулятора.

В верхней части илоотделителя также происходит хлопьеобразование, что обусловлено снижением скорости восходящего потока противотоком, образованного продувкой 15, и биофлокуляцией более мелких частиц. Процесс биофлокуляции вызван наличием у бактерий активного ила слоя слизисто-тягучего биополимерного геля. Сфлокулированные крупные хлопья ила осаждаются и, увлекая за собой мелкие дисперсные хлопья, попадают под воздействие спирального движения водоиловой смеси, а далее уносятся в канал рециркуляции избыточного ила.

Далее вода проходит по вертикальному успокоительному каналу 16 илоотделителя и попадает в нижнюю зону вторичного отстойника. Часть ила, прошедшая процесс дегазации и попавшая во вторичный отстойник, обладает хорошими седимента-

ционными свойствами, что сказывается на скорости осаждения хлопьев ила и осветление надиловой воды во вторичном отстойнике.

Накапливаемый осадок во вторичном отстойнике принудительно эрлифтом рециркуляции активного ила перекачивается в зону окисления аэротенка, где происходит его перемешивание с загрязнёнными стоками и регенерация, что также интенсифицирует процесс окисления органических веществ. Далее очищенные сточные воды через выходной патрубок выносятся за пределы установки.

Для поддержания высокой концентрации активного ила (не менее 6,0 г/л) откачку (при необходимости) следует производить не чаще чем один раз в год. Удаление излишка ила производится с нижней части анаэробной зоны с помощью эрлифта выгрузки избыточного ила, который может использоваться в качестве экологически безопасного сыпучего удобрения-мелиоранта.

Таким образом, разработанная низко нагружаемая биотехнология нейтрализации стоков характеризуется высокой степенью очистки сточных вод и малоотходностью, что обусловлено процессами самоокисления ила. Небольшое количество избыточного глубоко минерализованного ила представляет собой высокоэффективное органоминеральное удобрение.

Список использованных источников

1. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Модернизация и снижение энергоёмкости станций очистки сточных вод / В.И. Пындак, Ю.А. Степкина, А.Е. Новиков, Е.А. Дугин // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2016.
3. Ламскова, М.И. Возможности и перспективы очистки сточных, оборотных и хозяйственно-бытовых вод природными алюмосиликатами / М.И. Ламскова, А.Е. Новиков // Изв. ВолгГТУ. Серия «Реология, процессы и аппараты химической технологии». – 2014. – № 1. – С. 77-80.

УДК 631.89

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НОВОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

К.Н. Евсенкин², Л.В. Кирейчева¹, В.М. Яшин¹, С.В. Перегудов², А.В. Нефедов², Н.А. Иванникова²

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

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

К задачам мелиоративной науки, непосредственно связанным с выполнением государственной программы развития сельского хозяйства, относится рост производства сельскохозяйственной продукции, развитие инновационных технологий, воспроизводство плодородия деградированных и малопродуктивных почв.

Сохранение, воспроизводство и рациональное использование плодородия мелиорируемых почв наряду с задачами по повышению продуктивности сельскохозяйственных культур возможно при сочетании всех звеньев агротехнологии и, в первую очередь, дифференцированное применение питательных веществ в зависимости от агрохимических свойств почвы. Одностороннее применение только минеральных или органических удобрений полностью не решает эту задачу [1, 2, 3]. В связи с этим актуальным становится применение универсальных удобрений, содержащих в себе как органическую, так и минеральную составляющие. В условиях недостатка традиционных органических удобрений дешевым исходным сырьем природного происхождения

для приготовления органо-минеральных удобрений в нашей стране могут служить значительные запасы торфа и сапропелей [4, 5, 6].

Удобрительные смеси, совмещающие достоинства минеральных и органических удобрений, содержащие в своем составе кроме основных макроэлементов - азота, фосфора и калия микроэлементы, гуминовые и биологически активные вещества, оказывают многогранное влияние на плодородие почвы, рост и развитие растений.

Целью исследования являлось определение эффективности органо-минерального удобрения на основе торфо-сапропелевой смеси с добавлением аморфного кремнезема и минеральных удобрений и изучение его влияния на плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур.

Основой предлагаемого органо-минерального удобрения являются сапропель озера Белое и низинный торф Карамбай-Пычасского месторождения в Татарстане.

Представленные образцы торфа и сапропеля имеют низкое содержание питательных веществ. Для оптимизации содержания элементов минерального питания в смесь внесены минеральные удобрения. Состав ОМУ приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Состав удобрительной смеси с учетом влажности торфа и сапропеля на 1 т смеси

Компонент органо-минерального 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% K ₂ O)	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

Приготовление многокомпонентного органо-минерального удобрения на торфо-сапропелевой основе осуществляется следующим образом. На первом этапе к предварительно замороженному сапропелю (влажность 50-60 %) добавляется аэросил марки А-300 в качестве стартового источника доступного растениям аморфного кремния. Компоненты смеси тщательно перемешиваются. Смесь выдерживается 2-3 дня для восстановления состояния динамического равновесия всех химических процессов. На следующем этапе производится смешивание сапропелево-кремниевой составляющей смеси с торфом в соотношении 1:1 по объему и минеральными удобрениями. Производится тщательное перемешивание для обеспечения гомогенности смеси.

Применение предлагаемого многокомпонентного удобрения на торфо-сапропелевой основе направлено на повышение ее потенциальной энергии за счет увеличения запаса органического вещества в почве и улучшения агрегатного состояния за счет коллоидной составляющей сапропеля, а также создания благоприятного питательного режима.

Данное удобрение было внесено по зяблевой вспашке многолетних трав в апреле 2014 г. на участке Тинки-2 ОПХ Полково Рязанского района Рязанской области. Опытный участок, осушенный в 1962 г., использовался в полевом севообороте, длительность эксплуатации объекта составляет 53 года. Осушается объект закрытой сетью. Уровень грунтовых вод в среднем за вегетацию составляет 60-150 см от поверхности. В настоящее время почвенный покров представлен выработанными торфяны-

ми почвами, которые можно отнести к отделу агроземов двух разновидностей – минерального и перегнойно-минерального.

Схема полевого опыта предусматривала рандомизированное размещение трех вариантов в четырехкратной повторности на делянках размером 10x10 м². Варианты следующие:

- внесение разработанного органоминерального удобрения (ОМУ) нормой 5 т/га;
- внесение мелко гранулированного сапропеля нормой 10 т/га;
- контроль.

Внесение удобрения и сапропеля проводилось методом рассыпания вручную по предварительно задискованной почве и последующей заделки также дискованием. Культурой-реагентом в 2014 г. являлся яровой ячмень сорта «Криничный». Посев провели 2 мая нормой высева 220 кг/га с предпосевной протравкой семян препаратом «Кинто Доу» нормой 2-2,5 кг/т, 17 июня было проведено опрыскивание посевов гербицидом «Гранстар» нормой 15 г/га.

Характеристика метеоусловий 2014 г.: за вегетационный период май-август выпало осадков в сумме 192,3 мм, что соответствует 70 % обеспеченности, характеризую вегетационный период как средне сухой по осадкам. При этом среднесуточная температура воздуха за этот период составила 19,0 °С, что соответствует теплomu году.

В период созревания ячменя 10.08. провели уборку учетных делянок. Данные представлены на рисунке 1.

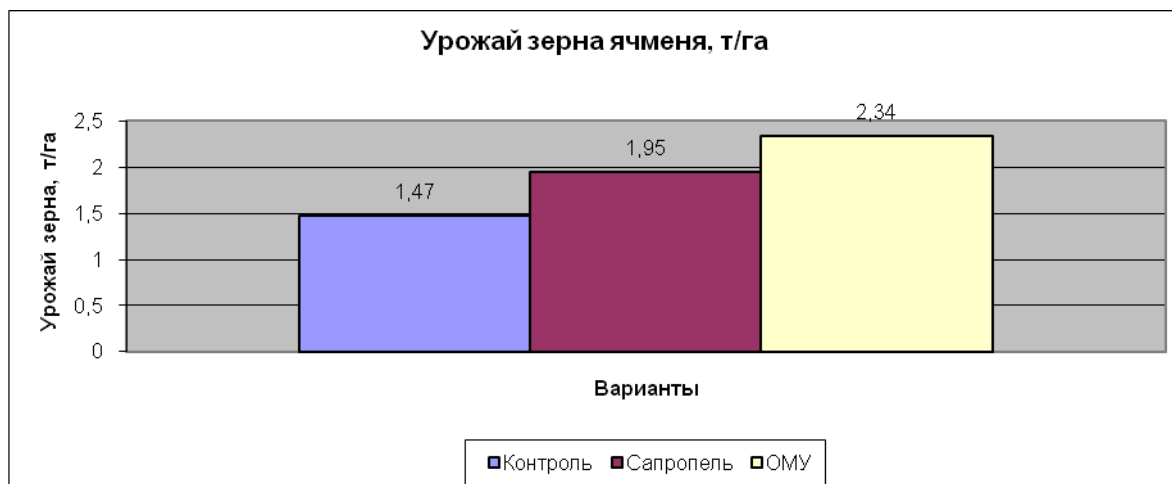


Рисунок 1 - Урожай зерна ячменя по вариантам опыта

Удобрения оказали положительное влияние на продуктивность ячменя. Внесение, как сапропеля, так и ОМУ обеспечило статистически достоверное увеличение урожайности зерна на 0,48 и 0,87 т/га соответственно, что составило весьма существенную прибавку урожая на 32,6 % и 59,2 %. При сравнении варианта ОМУ к варианту сапропель прибавка составила 0,39 т/га или 20,0 %.

По данным агрохимического апробирования, выполненного перед началом полевого сезона 2015 г., установлено снижение кислотности почвы по вариантам внесения как сапропеля, так и органоминерального удобрения (табл. 2)

Также по таблице видно, что произошла прибавка подвижного фосфора на варианте с внесением органоминерального удобрения. Наибольшее увеличение наблюдается во всех горизонтах и составляет 2,0-2,3 мг/ на 100 г почвы соответственно, а в варианте с внесением сапропеля, увеличение составило 0,8- 1,6 мг/ на 100 г почвы.

Таблица 2 - Агрохимические показатели опытного участка 2015 г.

Вариант опыта	Слой, см	pH _{KCl}	Отклонение,+/-	P ₂ O ₅ , мг/100г	Отклонение,+/-
Контроль	0-10	4,83	-	12,5	-
	10-20	4,68	-	10,6	-
Сапропель	0-10	5,01	+0,18	13,3	+0,8
	10-20	4,82	+0,14	12,2	+1,6
ОМУ	0-10	4,85	+0,02	14,5	+2,0
	10-20	4,75	+0,07	12,9	+2,3
НСР ₀₅			0,08		0,7

В 2015 г. опыт был продолжен. Культурой-регентом был выбран яровой рапс сорта «Визит» 1^{ой} репродукции. В схему опыта была внесена корректировка, заключающаяся в дроблении контрольного варианта на два – без удобрений и внесение минеральных удобрений (фон). За 18 дней до посева семена рапса инкрустировали препаратом «Фурадан» нормой 15 кг/т. После достижения благоприятного состояния почвы была проведена весенняя культивация тяжелой дисковой бороной на глубину 15-18 см и внесены минеральные удобрения из расчета 100 кг/га азота, фосфора, калия с последующим дискованием. Посев рапса нормой высева 10 - 12 кг/га провели 28 апреля, после посева осуществили прикатывание почвы гладкими катками. При появлении блошки (12 мая) было проведено опрыскивание препаратом «Алатар» нормой 500 мл/га.

За вегетационный период (май – сентябрь) выпало осадков 357,3 мм, что составляет 17,5 % обеспеченности, характеризуя год как влажный по осадкам. При этом среднесуточная температура воздуха за этот период составила 16,7 °С, а среднегодовая 15,3 °С, что соответствует теплому году. Таким образом, вегетационный период характеризуется как влажный и теплый.

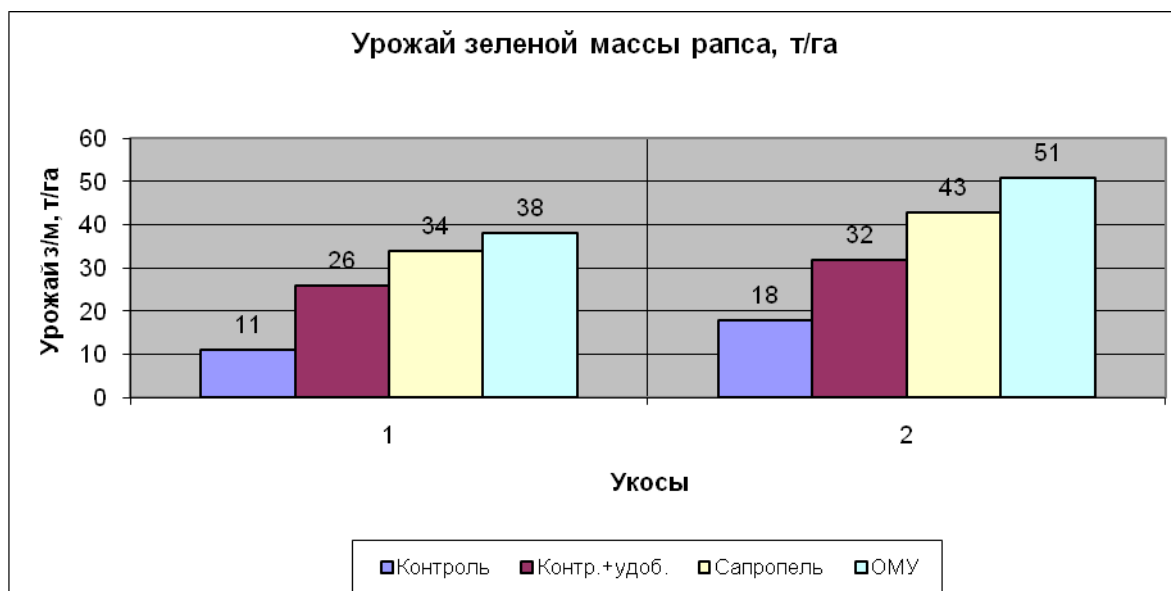


Рисунок 2 - Урожайность ярового рапса (зеленой массы) по укосам

Период вегетации ярового рапса первого укоса от всходов до уборки (3 июля) составил 66 дней. Данные урожайности по зеленой массе представлены на рисунке 2.

Повторный посев ярового рапса сорта «Визит» был проведен 7 июля, после дискования и прикатывания почвы до и после сева, норма высева 15 кг/га. Быстрому появлению всходов способствовали прошедшие после посева дожди.

Период роста второго укоса составил 78 дней. В фазу полного цветения контрольные делянки 100 на 100 см² ярового рапса скашивали, для учёта урожая зелёной массы. Данные по урожайности за оба укоса представлены на рисунке 2.

На рисунке 2 видно заметное влияние всех внесённых удобрений на урожай зелёной массы ярового рапса, что характеризует отзывчивость выращиваемой культуры. Влияние удобрений на рост и развитие рапса прослеживается как в первом, так и во втором укосе.

Полученные данные показывают, что прибавка урожая зелёной массы рапса в первом укосе существенна на всех вариантах с внесением удобрений и колеблется от 15 до 23-27 т/га. При НСР₀₅ прибавка зелёной массы рапса на варианте с внесением ОМУ существенна по сравнению с вариантом сапропель и составляет 10,5 %.

Во втором укосе прибавка урожая зелёной массы так же существенна и составляет на варианте с внесением ОМУ +33 т/га, а с внесением сапропеля +25 т/га к контролю. При НСР₀₅ прибавка урожая зелёной массы рапса на варианте с внесением ОМУ так же существенна и по сравнению с вариантом сапропель и составляет во втором укосе 15,7 %.

Рассматривая весь вегетационный период, можно заметить, что на рост и развитие ярового рапса благоприятно сказались и сложившиеся метеорологические условия года с влажной и тёплой погодой, что способствовало дружному появлению всходов, как в первом, так и во втором укосе.

Таким образом, использование нового органоминерального удобрения и сапропеля оказали существенное влияние на плодородие почвы, уменьшив кислотность солевой вытяжки на 0,02-0,18 рН_{KCl} и увеличив количество подвижного фосфора в пахотном слое на 0,8-2,3 мг/на 100 г почвы.

Применение нового органоминерального удобрения обеспечило достоверную прибавку урожая зерна ячменя по отношению к контролю на 0,87 т/га, а к варианту внесения сапропеля на 0,39 т/га.

На следующий год после внесения органоминерального удобрения продолжало оказывать благоприятное влияние на продуктивность почвы, что установлено по повышению урожайности зелёной массы ярового рапса, как по сравнению с контролем, так и с вариантом внесения сапропеля. В последнем случае как в первом, так и во втором укосе прослеживается достоверная прибавка урожая зелёной массы рапса, которая составила 4 и 8 т/га.

Список использованных источников

1. Томин Ю.А «Современное состояние мелиорируемых земель и мелиоративных систем» [Текст] / Г.Г. Гулюк, Ю.П. Пожогин, А.Б. Дакукина // монография «Экологические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья», «МГУ», 2003 - С. 11-19.
2. Кирейчева Л.В. Комплексные мелиорации - основа создания продуктивных и устойчивых агроландшафтов [Текст] / Л.В. Кирейчев // Юбилейная конференция, Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства, - Т.1, - М., 2009. - С. 13-25.
3. Сельмен В.Н. Альтернативные энергоресурсы в сельском хозяйстве [Текст] / В.Н. Сельмен // Аграрный вопрос. – Рязань, 2015. - № 5. - С. 16 – 17.
4. Кирейчева Л.В. Агромелиоративные приёмы повышения эффективного плодородия длительно используемых торфяных почв [Текст] / В.М. Яшин, Ю.А. Томин, С.В. Перегудов, К.Н. Евсенкин // Сб. научных трудов, вып. 4. -Рязань, 2010. - С. 107-113.
5. Добрачев Ю.П. В.Н. Экологические аспекты оптимизации экологических технологий [Текст] / А.В. Нефедов, В.Н. Кирилов // Межд. конф. «Модели и технологии оптимизации земледелия». - Курск, 2003. - С 265 – 268.

6. Иванникова Н.А. Удобрительный мелиорант и подпочвенное увлажнение как факторы повышения урожайности однолетних трав [Текст] / К.Н. Евсенкин, С.В. Перегудов, А.В. Нефедов // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 4. - С. 2 – 5.

УДК 631.6(282.247.41)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЕ, ДЕЛЬТЕ р. ВОЛГИ И В ЗПИ

В.Р. Енакаева, М.В. Лурье, Н.М. Попова, Л.А. Шукурова
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Москва, Россия

Перспективы развития сельского хозяйства региона на период до 2020 года предусматривают выращивание зерновых культур, овощей и бахчевых, развитие животноводства с использованием пастбищ бессточных территорий низовий Волги и сенокосных угодий Волго-Ахтубинской поймы (ВАП) и дельты Волги [1].

Основой растениеводства является орошаемое земледелие. Водные ресурсы р.Волги позволяют существенно увеличивать площадь орошаемых земель. Важнейшим естественным сельскохозяйственным угодьем ВАП являются сенокосы, занимающие почти половину площади. Прекращение процессов опустынивания поймы и подстепных ильменей является основной социально-экологической задачей региона и требует переориентации в этом направлении попусков Волжской ГЭС исходя из принятого Водным кодексом РФ приоритета охраны окружающей среды. Способ использования пойменных земель определяется их свойствами и условиями ведения хозяйства на сельхозугодьях за пределами речной долины, в сочетании с которыми используется пойма. В полупустынях Прикаспийской низменности трудно обеспечить необходимые запасы стойловых кормов из-за малой мощности травостоя. ВАП дополняет угодья пустынной степи площадью около 5 млн га по обе стороны от Волги.

Пойменные пространства Нижней Волги относятся к землям с ценными свойствами для развития луговодства, овощеводства и выращивания ряда технических культур, влаголюбивых и требовательных к почвенному плодородию.

В проектах сельскохозяйственного освоения земель Астраханской области в районах Волго-Ахтубинской долины и дельты Волги предполагалось развитие на основе орошения овощеводства: томатов на пойменных землях с переработкой продукции, рисосеяния на пойменных землях, бахчевых культур на пустынно-степных землях, плодоводства и виноградарства на пойменных землях.

Рост посевных площадей под овощи, бахчевые, картофель и интенсификация производства привели к увеличению валовых сборов. Но посевные площади под зерновые культуры сократились, наиболее значительно - под рис.

Астраханская область сохраняет поголовье основных видов сельскохозяйственных животных. Хозяйства специализируются по молочному и мясному скотоводству, овцеводству, коневодству, верблюдоводству и птицеводство.

Правительством Астраханской области утверждена Концепция развития агропромышленного комплекса до 2020 года, в которой предусмотрено обеспечение продовольственной независимости области; устойчивое развитие сельских территорий; повышение эффективности использования в сельском хозяйстве земельных и других ресурсов, а также экологизация производства. Планируется увеличение урожайности овощных культур до 35,8 т/га, увеличение производства крупного рогатого скота до

44,8 тыс. т, мелкого рогатого скота до 26,5 тыс. т, птицы до 5,95 тыс. т; молока до 201,1 тыс. т (табл. 1).

Таблица 1 - Показатели развития сельского хозяйства Астраханской области

	Ед изм.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Посевная площадь, всего	тыс. га	96,0	74,4	75,5	81,3	90,1
в т.ч. зерновые	тыс. га	46,1	28,5	22,9	18,2	21,6
овощи	тыс. га	18,7	16,6	19,1	22,5	22,6
бахчевые	тыс. га	7,2	6,5	7,8	7,8	8,3
Валовый сбор: в т.ч. зерновые	тыс. т	59,1	42,7	43,6	42,4	45,6
овощи	тыс. т	190	327	609	805	817
бахчевые	тыс. т	94	122	181	188	197
Производство скота и птицы (живой вес)	тыс. т	32,6	37,9	58,2	7,04	81,5

Практически вся растениеводческая продукция в Астраханской области, выращивается на орошаемых землях. Поэтому важнейшим фактором развития сельского хозяйства региона является мелиорация земель сельскохозяйственного назначения. Правительством области утверждена Государственная программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Астраханской области на 2014-2020 годы». Программа направлена на повышение конкурентоспособности, рентабельности и устойчивости сельскохозяйственного производства за счет строительства, реконструкции, технического перевооружения и капитального ремонта мелиоративных систем, эффективного использования природных ресурсов, повышения урожайности и расширения посевов сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях области [2-6].

Мелиоративный фонд в регионе составляет 210,9 тыс. га, используется в сельхозпроизводстве 81,8 тыс. га. Из неиспользуемых 129,1 тыс. га орошаемых земель около 50 тыс. га - слабозасоленные, 34 тыс. га - средnezасоленные и 14,6 тыс. га - сильно и очень сильно засоленные. В неудовлетворительном состоянии находится каждый третий гектар. Дренаж имеется на 30 % орошаемых систем.

Основные фонды оросительных систем в среднем изношены более чем на 70 %. КПД инженерных оросительных систем, построенных до 1980 года, составляет < 0,65. Потери воды в оросительной сети - 40-60 % от величины водозабора. Более 70 % оросительных систем Астраханской области нуждаются в проведении работ по модернизации, перевооружению и восстановлению. В исправном состоянии находится < 50 % широкозахватной дождевальнoй техники. Реконструкция гидромелиоративных систем выполняется на 5-10 % площадей от потребности.

Работы по реконструкции и ремонту орошаемых земель для использования их в сельском хозяйстве требуется на площади 125 тыс. га. Прогноз развития орошения в Астраханской области: факт 2013 г. – 72,2 тыс. га; план 2015 г. – 76,0 тыс. га; прогноз до 2020 г. – 77,1 тыс. га; прогноз до 2025 г. – 80,6 тыс. га (без учета площадей прудов в рисовых чеках).

В проведении неотложных работ по капитальному ремонту нуждаются 30 стационарных электрифицированных насосных станций, более 670 км магистральных каналов и государственных водных трактов, 192 крупных гидротехнических сооружения сельскохозяйственного назначения, более 30 км напорных трубопроводов мелиоративного комплекса федеральной собственности.

На федеральном балансе остались только крупные гидротехнические сооружения, магистральные каналы и межхозяйственные системы, а мелиоративные системы общего и индивидуального пользования, находящиеся в зоне их влияния, перешли в пользование сельскохозяйственных товаропроизводителей, которые оказались неготовыми к эффективному использованию мелиорированных земель и квалифицированной эксплуатации мелиоративных систем.

Государственной Программой предусматривается восстановление мелиоративного фонда (мелиорируемых земель и мелиоративных систем), внедрение энерго-, водосберегающих технологий орошения, предотвращение процессов подтопления, затопления, опустынивания территорий и выбытия из сельскохозяйственного оборота земель сельскохозяйственного назначения.

Для решения поставленных задач предлагается комплекс мероприятий:

- строительство, реконструкция, техническое перевооружение и капитальный ремонт мелиоративных систем, включая оснащение современной мелиоративной и оросительной техникой с применением новых технологий и средств механизации;
- внедрение новых энерго-, водосберегающих методов орошения и современных технологий управления водораспределением на мелиоративных системах;
- проведение мелиоративных, агрохимических, противопаводковых, агролесомелиоративных, фитомелиоративных и культуртехнических мероприятий на землях сельскохозяйственного назначения.

Реализацию мероприятий Программы в области планируется осуществлять за счет средств федерального бюджета, субсидий, предоставляемых из федерального бюджета, бюджета Астраханской области и внебюджетных источников. Затраты на реализацию Программы за счет всех источников финансирования оценены в 5907,4 млн рублей, в том числе за счет средств федерального бюджета – 1150 млн рублей, субсидий, предоставляемых из федерального бюджета, – 839,2 млн рублей, бюджета Астраханской области – 188,4 млн рублей, средств внебюджетных источников – 3729,8 млн рублей.

Реализация Программы позволит к 2020 году достигнуть следующих производственных и социально-экономических результатов:

- прирост объема производства продукции растениеводства на землях сельскохозяйственного назначения Астраханской области на 176 % к уровню 2013 года;
- среднегодовой темп роста индекса производства продукции растениеводства на орошаемых землях (в сопоставимых ценах) 101,3 %;
- ввод в эксплуатацию за счет строительства новых, реконструкции, технического перевооружения и капитального ремонта существующих гидромелиоративных систем 34,8 тыс. га мелиорируемых земель (в том числе: за счет строительства, реконструкции, технического перевооружения – 24,2 тыс. га, за счет капитального ремонта – 10,6 тыс. га мелиорируемых земель);
- увеличение площади орошаемых земель с применением энерго-, водосберегающих технологий орошения до 57 тыс. га.

Основными показателями, характеризующими экологическую эффективность комплекса мелиоративных мероприятий, являются:

- предотвращение выбытия из оборота сельскохозяйственных угодий за счет проведения культуртехнических работ на площади 14,8 тыс. га;
- защита сельскохозяйственных земель от водной эрозии, затопления и подтопления на площади 18,9 тыс. га;

- защита и сохранение сельскохозяйственных угодий от ветровой эрозии и опустынивания на площади 34 тыс. га.

Проблема дефицита водных ресурсов для орошения не стоит в связи с несопоставимостью водных ресурсов р. Волги – 255-260 км³ в год среднемноголетней водности и 190 км³ в год 95 % обеспеченности с забором воды на орошение 0,8 км³ при средней оросительной норме по области 7 тыс. м³/га.

Важнейшую роль в эксплуатации мелиоративных систем региона играет ФГБУ «Управление «Астраханмелиоводхоз», на балансе которого находятся мелиоративные объекты федеральной собственности: 79 насосных станций, 288 гидротехнических сооружений, 805 км каналов, 47 км трубопроводов, 8 водных трактов, из которых 6 протяженностью 650 км находятся в ЗПИ.

Подаваемая ФГБУ вода распределяется на нужды обеспечения нормальных условий сельских населенных пунктов, работы сельхозтоваропроизводителей, поддержания минимальных условий экологического состояния региона, развития рыбной отрасли. В 2014 году для нужд сельхозтоваропроизводителей и обводнения перекачано насосными станциями ФГБУ 445 млн. м³ воды.

Площадь орошаемых земель, обслуживаемых государственными системами, составляет 84,1 тыс. га, обводнения 438 тыс. га. Данные мелиоративные системы были построены и введены в эксплуатацию в 60-80 - х годах прошлого века, с учетом перспективы дальнейшего расширения орошаемых площадей для крупных сельскохозяйственных предприятий. Однако, увеличение орошаемых площадей остановилось и насосные станции, в связи с реорганизацией хозяйств, обеспечивают водой крестьянско-фермерские хозяйства, сельскохозяйственно-производственные кооперативы и арендаторов, работая с большим потреблением энергетических мощностей.

Длительные сроки эксплуатации, сокращение финансирования ремонтно-эксплуатационных мероприятий привело к ухудшению технического и мелиоративного состояния водохозяйственных объектов. Особую тревогу вызывает состояние насосно-силового оборудования и питающих энергетических сетей головных насосных станций, корпусов плавучих насосных станций, магистральных каналов, на которых продолжается разрушение облицовочных и противофильтрационных покрытий, и водных трактов в целом.

Износ насосных станций достигает более 80 %. Каждый год возрастает потребность в капитальных вложениях на реконструкцию и техническое перевооружение мелиоративных систем и насосных станций. На 2014 год на балансе ФГБУ - 79 насосных станций: 12 – подлежат списанию, 45 – требуют комплексной реконструкции и технического перевооружения, 10 плавучих насосных станций – замены на новые. В неотложных работах по ремонту и восстановлению нуждаются 42 км трубопроводов, 219 гидротехнических сооружений, 684 км каналов.

Особое положение с состоянием водных трактов сложилось в зоне ЗПИ.

ЗПИ примыкают с запада к дельте р. Волги. Территория представляет собой равнину, рельеф которой сложен буграми Бэра, чередующимися с межбугровыми понижениями (собственно ильменями).

В гидрогеологическом отношении зона является водоприемником-аккумулятором минерализованных грунтовых вод, поступающих с окружающих степных территорий. Бессточность грунтовых вод обусловлена подпором их со стороны Волги и Каспия. При полном отсутствии оттока с территории, единственная расходная статья баланса грунтовых вод – испарение, вызывающее подъем солей к поверхности и прогрессирующее засоление почвогрунтов. Засоленность грунтов зоны

аэрации, почвенного покрова, грунтовых вод растёт по мере удаления от Волги с востока на запад.

Ухудшение мелиоративной обстановки в зоне вызвано созданием каскада ГЭС на Волге, падением уровня Каспийского моря, строительством автомобильных и железных дорог и различных дамб. В результате территория ЗПИ перестала периодически затапливаться и промываться за счёт нагонов воды со стороны Каспия и весенних паводков Волги (табл. 2).

Таблица 2 – Водный баланс территории ЗПИ в 2003-2014 гг.
(по данным АЦГМС-ГОИН)

Год	Приток воды, км ³	Отток воды, км ³	ΔW , км ³	W _{ГЭС} , за 2 кв.	ΔW , % от W _{ГЭС}
2003	1,8	1,0	0,8	103	0,74
2004	2,1	0,8	1,3	106	1,24
2005	3,3	1,7	1,6	136	1,19
2006	1,0	0,6	0,4	77	0,55
2007	2,2	1,1	1,1	120	0,93
2008	1,9	1,2	0,7	102	0,71
2009	1,5	1,1	0,4	93	0,43
2010	1,6	1,0	0,6	90	0,71
2011	1,2	0,8	0,4	77	0,55
2012	1,9	0,9	1,0	98	0,97
2013	2,5	1,7	0,8	125	0,66
2014	1,2	0,7	0,5	86	0,52

ЗПИ обводняются только в многоводные годы в пределах узкой Прибахтемирской полосы. Ильмени усыхают и давно потеряли рыбопромысловое значение, упала продуктивность их кормовых угодий из-за интенсивного процесса остепнения земель, межбугровые понижения засоляются и заболачиваются.

В настоящее время частично осуществляется схема рассредоточенного питания водой ЗПИ по отдельным обводнительным трактам, представляющими собой соединённые протоками ильмени. Однако систематическая водоподача из Волги по этим трактам без какого-либо водоотвода из этого района и бессистемное освоение площадей под орошение без устройства дренажа еще больше обострили обстановку и привели к выходу из сельскохозяйственного использования значительных площадей земельных угодий.

Экономика ЗПИ имеет чисто сельскохозяйственную направленность с резко выраженными экстенсивными формами сельхозпроизводства. Площадь сельхозугодий - 690 тыс. га, пашней занято 4 %, остальная площадь угодий занята малопродуктивными сенокосами и пастбищами. Площадь регулярного орошения в 2013 г. составила 15,1 тыс. га. Участки находятся на пахотных угодьях, используемых под бахчевые и кормовые культуры, из них на 4 тыс. га построены системы инженерного типа, остальные – небольшие участки с оросительной сетью, построенной хозспособом. Используются они 2-3 года. Затем, из-за засоления, заболачивания и развития сорняков они забрасываются, вместо них осваиваются новые. Заброшенные участки подвержены ветровой эрозии и выпадают из сельхозпользования. Так систематически уничтожаются сельхозугодья. Большинство участков, расположенных на вершинах и склонах бэровских бугров и пригодных для сельхозиспользования, практически уже

выведены из строя и неудобны для работы современной сельхозтехники (ширина 50-200 м).

До 2025 г. увеличения площади орошаемых земель в ЗПИ не предполагается. Интенсификация сельскохозяйственного производства в ЗПИ в сложившихся условиях возможна только ценой значительных финансовых вложений в развитие регулярного орошения и улучшение кормовых угодий при оздоровлении мелиоративной обстановки всей зоны. Расчётные расходы в голове водных трактов в 3 раза больше, чем это требуется в обычных условиях, КПД орошаемых участков ЗПИ составляет всего 5-15 %. Расположенные рядом с "водными трактами" ильменные понижения из-за подъема соленых грунтовых вод уже превратились или превращаются в мокрые солончаки. Общая протяженность каждого "тракта" 40-70 км.

В настоящее время в зоне ЗПИ действует 6 государственных оросительно-обводнительных систем. Общая протяженность систем составляет 650 км, на балансе ФГБУ 199 км. Площадь ильменей, привязанная к ним – 24 тыс. га, площадь орошаемых земель – 13 тыс. га, (всего в ЗПИ 21,1 тыс. га орошаемых земель), обводняемых земель – 420 тыс. га.

В зоне ЗПИ числится 4 головных водозабора, 9 перекачивающих насосных станций и 86 крупных сооружений. Системы представляют собой соединенные протоками ильмени и имеют низкий КПД, обусловленный большими потерями воды на испарение и фильтрацию. Вода из трактов используется для орошения сельскохозяйственных угодий, обводнения пастбищ. На базе водных трактов развиваются фермерские хозяйства, рыбоводство. Исключительно важное значение водные тракты имеют для экологии и населения региона.

За последние годы деградационные процессы в зоне ЗПИ имеют тенденцию возрастания. Основной причиной ухудшения экологического и гидрологического состояния ЗПИ является недостаток волжской воды. Снижение объемов водоподачи привело к падению горизонтов воды по отдельным водотокам в пределах от 0,5 до 1,0 м. На многих участках тракты заилились, заросли водной растительностью. Повысилась степень минерализации воды, ухудшилась её санитарная проточность, возникают застойные явления.

Пополнение ильменей осуществляется естественным путем во время весенних паводков по ерикам и протокам, связанным с Волгой, в меженный период по водным трактам электрифицированными насосными станциями. При низких уровнях половодий значительная часть ильменей на севере и крайние западные ильмени остаются не залитыми. Для выращивания сельскохозяйственных культур максимум водопотребления наступает в июле-августе, когда в водоисточниках стоит уровень воды, не позволяющий самотеком пополнять ильмени. При интенсивном разборе воды на полив и испарение основная нагрузка по пополнению ильменей свежей водой механическим способом лежит на ФГБУ «Управление «Астраханмелиоводхоз». Суммарный годовой объем воды, забираемый в государственные водные тракты, составляет 260-300 млн м³, из них механически - 160-250 млн м³. С учетом уменьшения использования орошаемых площадей до 2400 га порядка 70 % забираемой в системы воды идет на санитарную проточность и рыбоводные пруды. Для поддержания нормальных горизонтов воды в ильменах необходимо порядка 500-600 млн м³.

В целях улучшения водообеспеченности территории, условий проживания населения и сельскохозяйственного производства необходимо принять комплексную программу по повышению водообеспеченности зоны ЗПИ, провести реконструкцию и модернизацию насосных станций.

Решающим фактором в комплексе мероприятий, направленных на улучшение мелиоративной обстановки, является создание разветвлённой и эффективного действия сети коллекторов, обеспечивающей осушение значительной части ильменей и общее понижение уровня минерализованных грунтовых вод на необходимую глубину с обязательным централизованным отведением дренажно-сбросных вод за пределы зоны.

Выполнение необходимого комплекса мелиоративных мероприятий требует высоких капиталовложений. В условиях непроизводительных затрат воды целесообразнее проводить выполнение работ по мелиоративному и сельскохозяйственному обустройству Прибахтемирской полосы шириной 10-15 км с целью интенсификации сельхозпроизводства в этой ограниченной зоне.

Выводы

1. Перспективы развития сельского хозяйства региона на период до 2020 года намечены областными целевыми документами субъектов РФ. Правительством Астраханской области утверждена Концепция развития агропромышленного комплекса Астраханской области до 2020 года (от 21.11.2012 № 502-П), которая определяет цели, задачи и направления развития сельского хозяйства.

2. Практически вся растениеводческая продукция в Астраханской области выращивается на мелиорированных орошаемых землях. Важнейшим фактором развития сельского хозяйства региона является мелиорация земель сельскохозяйственного назначения. Мероприятия по развитию орошения учитывают Государственную программу «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Астраханской области на 2014-2020 годы» от 19 декабря 2013 г. N 557-П и позволят к 2020 году ввести в эксплуатацию за счет строительства новых, реконструкции, технического перевооружения и капитального ремонта существующих гидромелиоративных систем 34,8 тыс. га мелиорируемых земель и увеличить при этом площадь орошаемых земель с применением высокотехнологичных энерго-, водосберегающих технологий орошения до 57 тыс. га.

3. Для пойменных лугов региона ВАП огромное значение имеет половодье. Наиболее продуктивная часть сенокосных угодий удовлетворительно затопливается при расходах воды 25 тыс. м³/с в течение 14-30 суток в период с середины апреля до середины мая и более. Регулирование стока в водохранилищах Волго-Камского каскада увеличило неравномерность весеннего затопления ВАП и волжской дельты и значительно уменьшило величину и продолжительность стояния максимальных расходов. Затопление ЗПИ прекратилось практически полностью. В отчете рассмотрены варианты мероприятий по управляемому увлажнению ВАП и повышению водности р. Ахтубы с учетом проектных работ прошлых лет: работы Союзводпроекта, Гидропроекта, Ленгипроводхоза и Южгипроводхоза

4. По развитию орошения в зоне ЗПИ необходимо принять комплексную программу по повышению водообеспеченности, провести реконструкцию водных трактов и модернизацию подающих и перекачивающих насосных станций.

Список использованных источников

1. Концепция развития агропромышленного комплекса Астраханской области до 2020 года (утверждена постановлением Правительства Астраханской области от 21.11.2012 № 502-П).

2. Государственная программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Астраханской области на 2014-2020 годы» (утверждена постановлением Правительства Астраханской области от 19.12.2013 № 557-П).

3. Долгосрочная комплексная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Астраханской области в 2012-2020 годах (утверждена постановлением Правительства Астраханской области от 29.06.2011 № 220-П).

4. Схема комплексного использования водных, земельных и рыбных ресурсов Нижней Волги, рек Урала и Ахтубы, Северного Каспия. Союзводпроект, 1974 г.

5. Уточнение Схемы комплексного использования и охраны водных и связанных с ними рыбных и земельных ресурсов Нижней Волги. р. Ахтубы, р.Урала и Северного Каспия. Ленгипроводхоз, 1982 г.

6. Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации на 2012-2020 годы», 2012 г.

УДК 631.672

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛИОРАЦИИ ВНОВЬ ОСВАИВАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ В КАЗАХСТАНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОНАКОПИТЕЛЬНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВОДОЁМА

Т.И. Есполов, А.А. Яковлев, Е.С. Саркынов, М.М. Тойлыбаева

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Актуальность. В Казахстане приоритетность развития сельских территорий невозможна без должного функционирования водохозяйственных комплексов, в том числе автономных, как по обеспечению питьевой водой, так и по мелиорации земельных участков в зонах орошаемого земледелия.

В основном орошаемые земли расположены в Южном Казахстане (90%), площадь которых составляет 1546,1 тыс. га, в том числе в Алматинской области – 581,6 тыс. га, Жамбылской области – 152,6 тыс. га, Южно-Казахстанской области – 511,7 тыс. га и Кызыл-ординской области – 300 тыс. га [1].

В настоящее время наблюдается тенденция роста площади орошаемых земель за счёт вновь осваиваемых земельных участков, так по данным МСХ РК за последние 7 лет площадь орошаемых земель в Южном Казахстане возросла на 16 % (на 251 тыс. га). Такая же тенденция роста орошаемых земель имеет место на исследуемом объекте – хозяйстве ТОО «Алшын» Алматинской области, где вновь осваивается 68 га земельных участков [2].

Преимущества орошаемого земледелия – отсутствие риска, высокая и стабильная урожайность и значительный валовой сбор сельскохозяйственной продукции. Однако, при существующей технологии подачи воды на полив земельных участков самотечным водоводом, который осуществляется непосредственно от водотоков (рек) за счёт создания гидротехнических сооружений (водохранилищ, каналов, отводных гидроузлов), орошение гарантируется лишь на землях, где уровень их поверхности не превышает уровня воды в самотечном водоводе, полив остальных (труднодоступных) земельных участков требует применения технологии напорной подачи воды. Поэтому при существующей технологии подачи воды на орошение, труднодоступные земельные участки не используются (пустуют) из-за невозможности полива или относятся к рисковому в случае их использования под сельскохозяйственные культуры.

В настоящее время в зонах орошаемого земледелия идут направления вновь осваиваемых земельных участков крестьянскими и фермерскими хозяйствами и другими предприятиями АПК РК. Эти земельные участки десятки лет пустовали, на них ранее существовавшие системы орошения разрушены, применялись технологии орошения устаревшие, не эффективные и не отвечающие современным требованиям поливного земледелия. На этом основании повышение эффективности мелиорации

вновь осваиваемых земельных участков автономных сельскохозяйственных товаропроизводителей в Казахстане с использованием зональных особенностей, природно-хозяйственных условий и внедрения новых технологий и технических средств подачи воды на орошение является перспективной и актуальной проблемой.

Пути решения проблемы. Решение проблемы повышения эффективности мелиорации вновь осваиваемых земельных участков в южных регионах Казахстана, на примере ТОО «Алшын» Алматинской области, рационально осуществить путём предложенной нами к внедрению новой технологии подачи воды на полив орошаемых земель с использованием водонакопительно-распределительного водоёма с естественной котловиной вместимостью до 3,5 млн. м³, заполняемого в течении года (сезона) за счёт атмосферных осадков, стока талых и родниковых вод с близлежащих возвышенных земель и снабжённого системой самотечных и напорных водоводов и водоподъёмно-технических средств, которая позволяет гарантировать до 100% обеспеченности полива возделываемых сельскохозяйственных культур [1,2].

Кроме того, внедрение предлагаемой технологии и комплекса гидротехнических сооружений позволяет расширить область применения: не только для орошения зерновых культур, но и для разведения фауны – рыб, птиц и озеленения территории, а также создания зоны отдыха для населения.

План (общая схема) системы орошения осваиваемых земельных участков в хозяйстве ТОО «Алшын» Алматинской области представлен на рисунке 1. На плане дана общая площадь земель исследованной зоны хозяйства, в том числе орошаемые земельные участки, на которой изображена система автономного орошения, включающая: водоисточник 1, водонакопительно-распределительный водоём 2, сечение которого выполнено в виде усечённой трапеции, безнапорный и напорный водоводы 3 и 4, отводной канал 5 для сброса воды при переполнении водоёма, бетонно-земляная дамба 6 с шлюзовым затвором, гидрозатвор для безнапорного водовода 7, бороздки поверхностного полива 8, общие и труднодоступные земельные участки 9 и 10, водоотводная и сбросная задвижки 11 и 12 напорного водовода.

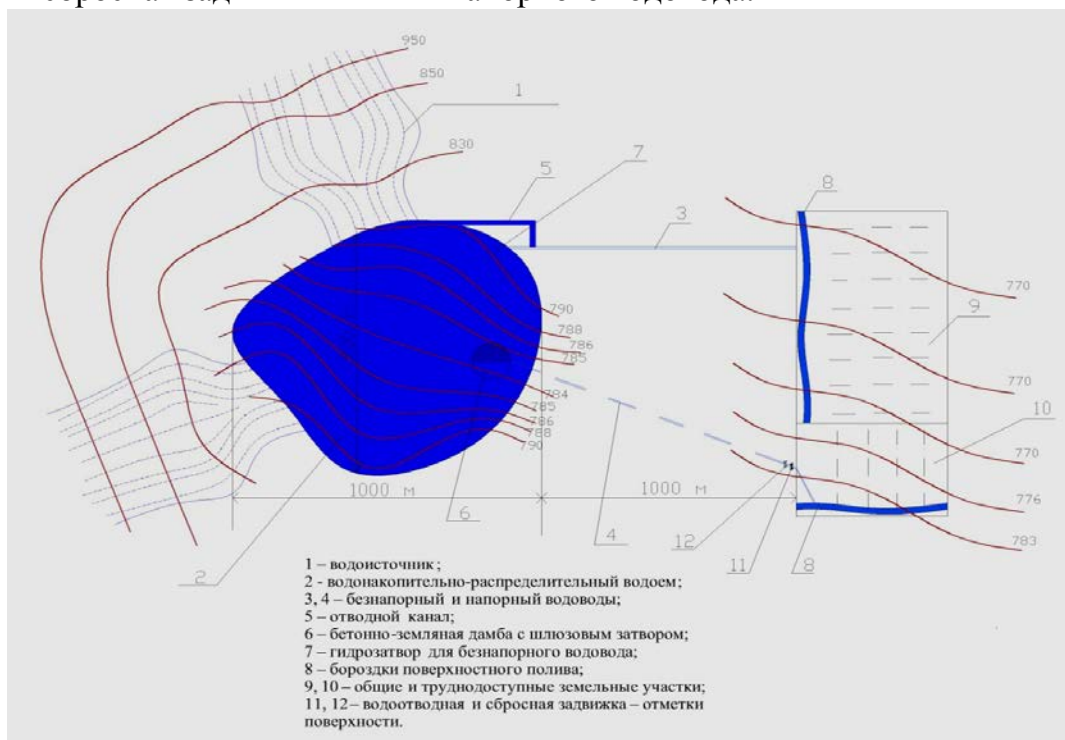


Рисунок 1 - План (общая схема) системы орошения осваиваемых земельных участков в хозяйстве ТОО «Алшын» Алматинской области

Методика расчёта основных параметров водонакопительно-распределительного водоёма. Методика расчёта направлена на определение основных параметров водонакопительно-распределительного водоёма, который является в принятой технологии подачи воды основным гидротехническим сооружением автономной системы орошения.

Основными параметрами водонакопительно-распределительного водоёма являются: полезный объём воды W_{Π} , общий W_O , мертвый W_M и допустимый объём $W_{дон}$, общая высота водоёма $H_{вод}$ и высота сработки воды в водоёме h_{cp} .

Полезный объём воды W_{Π} определяем по формуле:

$$W_{\Pi} = \sum_{i=1}^n q_{H_i} \cdot F_{3Y_i} / \eta_{уос}, \text{ м}^3, \quad (1)$$

где q_{H_i} - годовая норма полива 1 га земельных участков i -ой возделываемой культуры, $\text{м}^3/\text{га}$; F_{3Y_i} - площадь орошаемых земельных участков i -ой возделываемой культуры, га; $\eta_{уос}$ - коэффициент использования оросительной системы.

Общий объём воды в водонакопительно-распределительном водоёме определяется по формуле:

$$W_O = W_{\Pi} + W_M, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где W_M - мертвый объём воды в водоёме, м^3 :

$$W_M = Q_{np} \cdot T_{\Gamma} \geq W_{\Pi}, \text{ м}^3, \quad (3)$$

где Q_{np} - среднеприведённый приток воды в водоёме, $\text{м}^3/\text{сут}$; T_{Γ} - продолжительность периода времени, в течение которого происходит заполнение водоёма водой за счёт стока талых и родниковых вод с близлежащих возвышенных земель в зоне расположения водонакопительно-распределительного водоёма, сут.

Допустимый объём воды в водоёме (вместимость водоёма) $W_{дон}$ обосновывается необходимостью резервного запаса воды, когда максимальный приток воды $Q_{np_{max}}$ превышает средне приведённый Q_{np} , т.е. $Q_{np_{max}} > Q_{np}$, и определяется по формуле:

$$W_{дон} = W_O + W_{рез}, \text{ м}^3, \quad (4)$$

где $W_{рез}$ - резервный объём воды в водоёме, м^3 :

$$W_{рез} = (Q_{np_{max}} - Q_{np}) \cdot T_{\Gamma}, \text{ м}^3, \quad (5)$$

где $Q_{np_{max}}$ - максимальный приток воды в водоём при влагообильном периоде года, $\text{м}^3/\text{сут}$:

$$Q_{np_{max}} = K \cdot Q_{np}, \quad (6)$$

где K - коэффициент увеличения среднеприведённого притока воды в водоём.

Общая высота водоёма $H_{вод}$ и высота сработки воды в водоёме h_{cp} обосновываются на основе конструктивного исполнения водонакопительно-распределительного водоёма в зависимости от природно-хозяйственных условий и экономической целесообразности его сооружения и определяются по следующим формулам:

$$H_{вод} = \frac{12W_{дон}}{5 \cdot (B_o + B_e) \cdot L_e}, \text{ м} \quad (7) \quad h_{cp} = \frac{12W_{\Pi}}{5 \cdot (B_{cp} + B_e) \cdot L_d}, \text{ м} \quad (8)$$

где B_0, B_e - ширина водоёма по дну и по верхней рабочей части, м; B_{cp} - ширина водоёма на отметке сработки воды для полива земельных участков, м; L_b, L_d - длина водоёма общая и на отметке сработководы в водоёме, м.

Основные результаты. По разработанной методике обоснованы основные параметры водонакопительно-распределительного водоёма для исследованной зоны: полезный объём воды $W_{п} = 591,6$ тыс. м³, общий $W_0 = 2133,8$ тыс. м³, мертвый $W_m = 1542,2$ тыс. м³, допустимый $W_{доп} = 2904,9$ тыс. м³, общая высота водоёма $H_{доп} = 4,98$ м, высота сработки воды в водоёме $h_{cp} = 0,84$ м.

Разработано гидротехническое исполнение водонакопительно-распределительного водоёма и дана его характеристика – зависимость объёма воды W в водоёме от высоты в нём воды H (отметки уровня поверхности воды ΔH) (рис. 2).

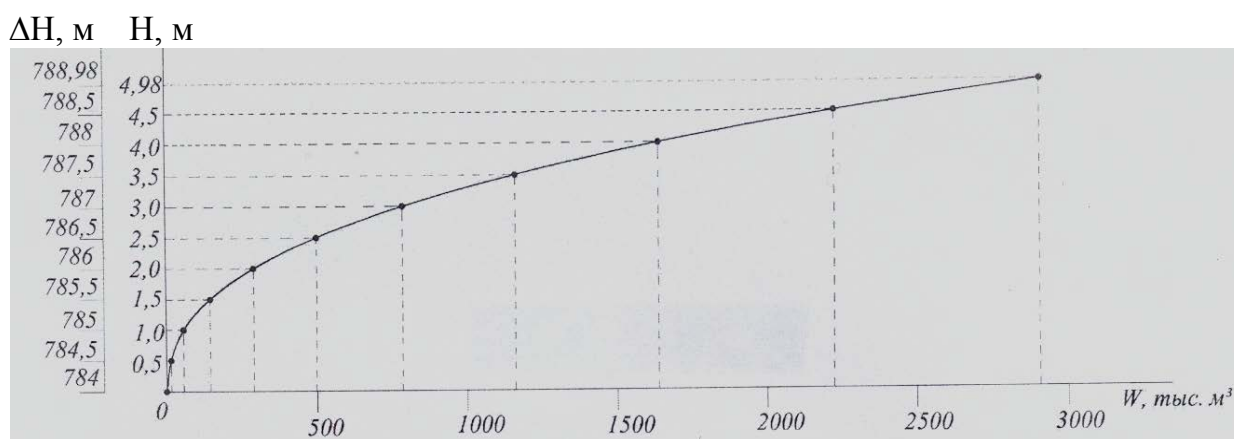


Рисунок 2 - Характеристика водонакопительно-распределительного водоёма

Обоснована методика и выполнен расчет по определению основных параметров самотечного лоткового водовода для подачи воды на орошение земельных участков с расходом в лотковом водоводе $Q_{кф} = 3,69$ тыс. м³/сут, глубины воды $h_b = 0,76$ м и скорости движения воды $v_k = 4,73$ м/с.

Обоснована методика и выполнен расчет по определению основных параметров напорного водовода для подачи воды на орошение труднодоступных земельных участков с использованием геометрического напора водонакопительно-распределительного водоёма с расходом воды в напорных трубах $Q_{Hb} = 0,150$ м³/с, скорости воды $V_{Hb} = 1,2$ м/с.

Обоснована методика и выполнен расчет по определению основных параметров напорного водовода для подачи воды на орошение труднодоступных земельных участков с использованием водоподъёмно-технических средств. Методика расчёта направлена на обоснование основных исходных параметров – суточного водопотребления на полив $Q_{сут} = 2862$ м³/сут и на разработку насосной станции для подачи воды, её привода и определения параметров насосной станции: подачи $Q_{нс} = 0,033$ м³/с (119 м³/ч), необходимого напора $H_{нс} = 15,1$ м и потребной мощности $N_{нс} = 7,5$ кВт. По полученным параметрам подобран насосный центробежный агрегат марки КМ150-125-250а с параметрами: подача – 110...200 м³/ч, напор – 22,7...17,1 м, потребляемая мощность – 9...11,9 кВт, КПД – 0,76...0,81 и частота вращения рабочего колеса насоса – 1450 об/мин.

Привод насосной станции может осуществляться как от централизованной трёхфазной электросети переменного тока с напряжением 380-400 вольт, так и от автономной электростанции дизельной или бензиновой.

Выполненный расчёт по технико-экономическому обоснованию подтвердил эффективность предложенной разработки по обоснованию технологии и технических средств подачи воды на орошение земельных участков ТОО «Алшын» Алматинской области, годовой эффект которого по фактической прибыли составил 7 065,81 тыс. тенге, по приведённой прибыли – 6824,41 тыс. тенге при затратах на одну тонну зерновых 13,54 тыс. тенге против 43,93 тыс. тенге по существующей технологии (без полива) и может быть рекомендован для внедрения в других хозяйствах, расположенных в аналогичных зонах РК.

Список использованных источников

1. Яковлев А. А., Саркынов Е., Кокебаев Б. К., Жантурганова Д. Д. Обоснование технологии орошения вновь осваиваемых земельных участков// Исследования, результаты: Научный журнал КазНАУ № 2. – Алматы, 2010. – С. 54 – 56.
2. Тойлыбаева М. М., Яковлев А. А. Обоснование направления исследований технологии подачи воды на орошение вновь осваиваемых земельных участков южной зоны Казахстана: Научный журнал Исследования, результаты №02(066). - Алматы, 2015. -С. 235-240.

УДК 631.74

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ИХ АТОМАРНЫМ СТРУКТУРИРОВАНИЕМ

Г.И. Ершова, П.И. Пыленок, В.Н. Родькина, В.Н. Сельмен

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

Одним из основных отходов гидромелиоративного производства являются дренажные воды, которые имеют ту или иную степень загрязнения, и проблема их утилизации связана с повышением экологических требований к природопользованию в целом и к мелиорации земель в частности. К нежелательным последствиям утилизации дренажных вод относится антропогенное эвтрофирование водных объектов, являющихся водоприемниками гидромелиоративных систем гумидной зоны. Для решения этой проблемы в условиях постиндустриальной экономики нами предложена технология гидромелиоративного рециклинга и определены его основные параметры [1].

Материалы и методы. Методическую основу научно-исследовательской работы составляет использование экосистемного анализа для обеспечения комплексного подхода к решению вопросов, связанных с предупреждением и устранением негативного воздействия дренажных вод на природные водоемы, повышением экологической надежности мелиоративных систем, а также применение водного баланса как инструмента количественной оценки дренажного стока и формирования природоохранного режима увлажнения.

Апробация технологических решений осуществлена в полевом мелкоделяночном опыте, заложенном методом рендомизированных блоков [2] на аллювильной почве в пойме р. Оки на землях ОПХ «Полково». Площадь опытной делянки при возделывании среднераннего картофеля сорта «Красавчик» первой репродукции, полученного методом меристемной культуры, составляла 10 м², повторность четырехкратная, ширина делянки 4 рядка, ширина защитных полос на поливных делянках 2 рядка. Схема посадки картофеля 70х25 см.

Картофель возделывался в трехпольном звене севооборота, предшественником являлся сидеральный посев белой горчицы, при котором вносилась фоновая доза извести и нитрофоски.

При проведении исследований использовались приборы немецкого производства: для определения влажности почвы применялся полевой измеритель влажности

(*HH-2 Moisture Meter*) и термостатно-весовой способ, окислительно-восстановительный потенциал и реакция среды измерились прибором рН-3110.

Пахотный слой почвы опытно-производственного участка «Пойма» характеризуется слабокислой реакцией раствора (экологический риск), хорошей обеспеченностью фосфором, низкой – калием. Уровень плодородия почвы может быть охарактеризован как слабопродуктивная, а степень деградации как среднедеградированная.

Перед посадкой клубни картофеля в течение двух часов обрабатывались мелкокапельной атомарно структурированной дренажной водой. Приготовление воды производилось атомарным структуризатором воды (АСВ) *Esilan*, который создан российскими учеными в рамках нанотехнологий¹. АСВ *Esilan* генерирует электромагнитное поле сверхмалой интенсивности, источником которого является углеродная наноструктура, находящаяся на носителе - пластине (рис. 1), не требует внешних источников питания.

Для приготовления структурированной воды пластина на 40 мин крепилась на стенку емкости с дренажной водой с наружной ее стороны. В результате воздействия устройства *Esilan* происходит изменение физико-химических свойств воды и кластеризация молекулярной структуры (рис. 2).



Рисунок 1 – Атомарный структуризатор воды АСВ *Esilan*

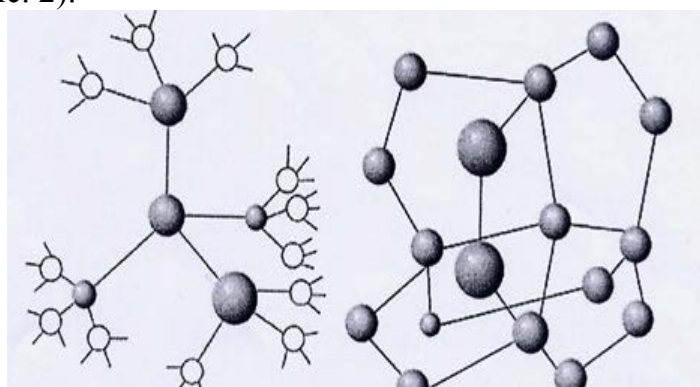


Рисунок 2 – Схема формирования кластерной структуры воды при обработке АСВ *Esilan*

Результаты и обсуждение. Воздействие АСВ *Esilan* на дренажные воды, как и в предшествующие годы исследований [3], изменяло реакцию среды в направлении к нейтральному значению, т.е. происходило раскисление дренажных вод, что видно по значению *Ph*-индекса, рост которого составлял от 0,1 до 0,17 единиц. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) снижался от 5 до 8,8 мВ в направлении от окислительного к восстановительному режиму (табл. 1).

За период вегетации картофеля 13.05 - 12.08.2015 г. количество атмосферных осадков составило 234,2 мм, что характеризует вегетационный период как средне влажный. К моменту посадки картофеля (13.05) уровни грунтовых вод находились на глубине 1 м, что больше нормы осушения посевного периода для картофеля.

В течение вегетационного периода происходило в целом равномерное понижение грунтовых вод, темп которого убыстрялся в засушливые периоды и замедлялся при выпадении атмосферных осадков. К моменту уборки картофеля глубина залегания грунтовых вод составила 208 см от поверхности почвы. Влажность в расчетном слое почвы под среднеранним картофелем при посадке составляла 75% НВ, к началу

¹ <http://www.esilan.ru>

фазы бутонизации за счет атмосферных осадков выросла до 100% НВ, а к моменту уборки опустилась до предполивного порога. Таким образом, на опытном участке сформировался оптимальный гидрологический режим аллювиальной почвы, дополнительное увлажнение не потребовалось. Уборка картофеля произведена в начале увядания ботвы.

Таблица 1 - Изменение физических показателей дренажной воды при обработке АСВ «Esilan»

Дата и место пробоотбора	Варианты	<i>pH</i>	<i>ОВП, мВ</i>	<i>Eh, мкСм/см</i>
14.05.2015 «Тинки 2» МК	Контроль	6,85	+6,6	204
	АСВ*	6,95	+1,6	204
14.05.2015 Канал-накопитель ДВ ОПУ «Пойма»	Контроль	6,0	+58,0	273
	АСВ	6,17	+49,2	286
18.06.2015	Атмосферные осадки	5,6	+80	76,5

Средняя урожайность картофеля на опытном участке составила 20 т/га, обработка клубней атомарно структурированной водой в объеме до 1 л на 1 кг посадочного материала повышала урожайность до с 18,86 до 20,58 т/га, или на 9,1%. Среднее повышение урожайности от применения нанотехнологии составило 1,5 т/га, или 7,9% ($НСР_{05}=0,875$ т/га), что достоверно на пятипроцентном уровне значимости (табл. 2). Отметим, что общим фоном в опыте был сидеральный посев, из агрохимикатов применялся только инсектицид против колорадского жука. В 2015 г. средняя урожайность картофеля в хозяйствах всех категорий Рязанской области, по данным регионального минсельхоза, составила 17,3 т/га², что на 3 т/га ниже, чем в опыте.

Таблица 2. Действие нанотехнологии на урожайность среднераннего картофеля сорта «Красавчик», т/га. ОПУ «Пойма», 2015 г.

Увлажнение (А)	Нанотехнология (В)		Средние по фактору (А) ($НСР_{05}=0,619$ т/га)
	Не применялась	Применялась	
контроль	18,86	20,58	19,72
ПРУ	18,78	20,03	19,41
Средние по фактору (В) ($НСР_{05}=0,619$ т/га)	18,82	20,31	19,57
Для сравнения частных средних – $НСР_{05}=0,875$ т/га			

Качество товарных клубней картофеля характеризуется данными таблицы 3. Содержание крахмала изменялось в диапазоне 16,6...19,0%, что выше сортового стандарта (11-12%). Содержание нитратов было близко или незначительно превышало предельно-допустимую концентрацию (ПДК=250мг/кг) для условий открытого грунта.

² <http://www.ryazagro.ru/news/6809/>

Таблица 3 - Показатели качества товарной продукции картофеля среднераннего сорта «Красавчик», (клубни), ОПУ «Пойма», 2015 г.

Варианты опыта	Удельный вес, г/см ³	Содержание крахмала, %	Содержание NO ₃ , мг/кг сырой массы
ПРУ	1,097	17,5	247
ПРУ+нано	1,093	16,6	233
Нано	1,095	17,1	242
контроль	1,104	19,0	253

Экологическая эффективность определена по показателю ресурсоемкости изучаемых технологий (табл. 4). Поскольку полив в текущем сезоне не требовался, то ресурсоемкость определена по водопотреблению (при поливе она определялась еще и по расходу оросительной воды). Водопотребление определялось из уравнения водного баланса расчетного слоя почв (0,4 м):

$$E = W_n - W_k + x + \Sigma m + g$$

где W_n и W_k - влагозапасы в расчетном слое почвы в начале и конце расчетного периода, мм; x - атмосферные осадки за расчетный период, мм; Σm - сумма поливных норм за расчетный период, мм; g - вертикальные влагообмен между почвой и грунтовыми водами.

По общему расходу воды на единицу продукции наиболее эффективным оказался вариант «нано» - 118,6 м³/т, далее следуют «ПРУ+нано», «контроль» и вариант «ПРУ» - 137,6 м³/т. Экономия воды в вариантах с применением атомарно структурированной воды (варианты «нано») по отношению к контролю составляла от 5 до 10,6%.

Таблица 4 – Расход воды на единицу продукции (среднеранний картофель сорта «Красавчик»), ОПУ «Пойма», 2015 г.

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Сезонная норма увлажнения, м ³ /га	Водопотребление, м ³ /га	Ресурсоемкость, м ³ /т	
				по водопотреблению	по оросительной норме
ПРУ	18,78	0	2584	137,6	0
ПРУ+нано	20,03	0	2486	124,1	0
Нано	20,58	0	2438	118,5	0
Контроль	18,86	0	2347	124,4	0

Заключение

В условиях средневлажного по тепловлагообеспеченности вегетационного периода сельскохозяйственных культур 2015 г. и отсутствии паводкового затопления опытного участка весной сформировался водный режим почвы под ранним картофе-

лем, характеризующийся средним за период наблюдений уровнем грунтовых вод 1,56 м от поверхности и благоприятной влажностью почвы в корнеобитаемом слое.

Воздействие АСВ *Esilan* на дренажные воды изменяло реакцию среды в направлении к нейтральному значению, т.е. происходило раскисление дренажных вод, значение *Ph*-индекса росло на 0,17 ед. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) изменялся в пределах 10 мВ в направлении от окислительного к восстановительному режиму.

Средняя урожайность картофеля сорта «Красавчик» первой репродукции в условиях обработки клубней атомарно структурированной дренажной водой составила 20,3 т/га, что на 3 т/га выше средней урожайности картофеля в хозяйствах всех категорий Рязанской области. Средняя урожайность на контроле составила 18,82 т/га, обработка клубней атомарно структурированной водой повышала урожайность на 1,25 – 1,72 т/га, или от 6,7 до 9,1%. Дисперсионным анализом установлено, что эти прибавки достоверны на 5% уровне значимости.

Экологическая эффективность определена по показателю ресурсоемкости изучаемых технологий возделывания среднераннего картофеля «Красавчик», который определялся по общему водопотреблению на единицу товарной продукции. По затратам воды на единицу продукции наиболее эффективным оказался вариант «нано» – 118,6 м³/т. Экономия воды в вариантах «нано» по отношению к контролю составила от 5 до 10,6%.

В опытах сформировался урожай хорошего качества, характеризующийся средним содержанием крахмала от 16,6 до 19%, что существенно больше сортового стандарта (11...12 %). Содержание нитратов в клубнях не превышало ПДК.

Список использованных источников

1. Пыленок П.И., Гавриков А. Обоснование гидромелиоративного рециклинга// Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель: тезисы докл. международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика С. Г. Скоропанова (15-17 сентября 2009г.). - Минск: ИВЦ «Минфина», 2010.

2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973.

3. Пыленок П.И., Ершова Г.И., Родькина В.Н., Шлыков Д.А. Оценка эффективности атомарного структурирования дренажных вод, утилизируемых при возделывании среднеспелого картофеля// Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля: материалы междунар. науч. практ. конф. (Рязань, 19 февраля 2015) /под ред. Д.В. Виноградова - Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2015, с. 342-347.

УДК 631.672.1

ПРОБЛЕМЫ ОБВОДНЕНИЯ И ВОСТАНОВЛЕНИЯ ПАСТБИЩНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАЗАХСТАНА

А.М. Жакашов, О.К. Карлыханов

ТОО «КазНИИВХ», г. Тараз, Казахстан

Общая площадь пастбищ в Республике Казахстан составляет 187,7 млн. га. Из них 80 % находятся на засушливых территориях. Более 86,8 млн. га (46 %) пастбищ находятся в государственной собственности (земли запаса), которые в сельскохозяйственном обороте практически не используются из-за отсутствия надлежащей пастбищной инфраструктуры, как-то: дороги, колодцы, водопойные сооружения, жилье, электроснабжение, связь и другие жизненно необходимые условия. 61 млн. га (32,5 %) пастбищ сельскохозяйственного назначения и 21 млн га. (11,19 %) пастбищ вокруг

населенных пунктов находятся в землепользовании у собственников и землепользователей, из которых 26,5 млн. га (14,12 %) сбитые и требуют улучшения [1]. Строительство водохозяйственных сооружений позволит обводнить пастбищные территории, необеспеченные естественными источниками воды.

В зависимости от глубины залегания вод для водоснабжения используется несколько решений. Водозабор может осуществляться из поверхностных водоносных слоев, грунтовых вод и подземных артезианских вод. Если водоносный горизонт находится на глубине до 20 метров, используются шахтные колодцы, при уровне более 20 метров – трубчатые колодцы. В советские годы для обводнения пастбищных угодий наибольшее распространение имели шахтные колодцы. Трубчатые колодцы использовались реже, т.к. требовали высоких затрат на строительство и обустройство. На сегодня почти все обводнительные сооружения Республики находятся в непригодном для использования состоянии и требуют ремонта или не подлежат восстановлению.

Точное техническое состояние водохозяйственных сооружений на пастбищных территориях в текущий момент неизвестно, что требует проведения обследования колодцев на пригодность к восстановлению, оценки их технического состояния. Полная инвентаризация и паспортизация колодцев требуется для определения затрат на восстановления колодцев на пастбищных угодьях республики [2].

Для проведения обследований технического состояния колодцев необходимо привлечение специализированных организаций.

В зависимости от глубины залегания подземных вод, типа колодцев, дебита скважины устанавливаются различные по мощности типы насосов. Для подъема воды из трубчатых и шахтных колодцев наиболее применимы глубинные электронасосы ЭЦВ. Погружные центробежные электронасосы ЭЦВ предназначены для подъема воды из скважин с целью осуществления водоснабжения, орошения и других подобных работ. Мощность насосов определяется исходя из дебита скважины и составляет от 2,5 до 120 и более м³/ч, при этом мощность двигателя соответственно – от 1,1 до 33 кВт. Электронасос ЭЦВ предназначен для подъема воды с общей минерализацией не более 1500 мг/л в сухом остатке, с водородным показателем (рН) 6,5-9,5, температурой до 25°С. Стоимость насосов находится в пределах от 110 до 470 тыс. тенге, в зависимости от мощности [3].

Кроме того, для подъема воды из колодцев глубиной не более 20 метров можно использовать ветровые водоподъемники, разработанные Казахским НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства. В настоящее время Производится 2 вида ветровых водоподъемников мощностью 2-2,5 м³/ч, и 3-4 м³/ч. Также рекомендуются механические ветронасосы ТОО «POLYSET» производительностью 20-300 м³/сутки в зависимости от вида оборудования при скорости ветра 5-8 м/сек.

На отдаленных пастбищах нет доступа к электросетям общего назначения. В связи с этим, для обеспечения хозяйства электроэнергией необходимо обеспечить автономное электроснабжение. Существует множество автономных решений, в том числе дизельные и бензиновые генераторы, ветровые энергетические установки и солнечные модули различной мощности. В зависимости от типа установленного насоса и его мощности, определяется мощность электрогенерирующей установки.

Поскольку мощность насосов для каждого колодца различна, генератор должен обеспечивать соответствующую мощность для работы, как насосов, так и осветительных и бытовых приборов хозяйства.

Дизельные установки наиболее просты в эксплуатации и подходят для высокодебитных колодцев. Однако для их работы необходимо поставлять топливо и иметь

запас. По расчетам, при использовании электронасоса мощностью 10 м³/ч и дизельного генератора мощностью 4,8 кВт/ч, расход топлива на 10 м³ воды составляет 1,4 л, что, при ценах в 90 тенге за литр, составит 123 тенге за 10 м³ воды. Стоимость дизельного генератора в зависимости от мощности варьируется от 200 до 600 тыс. тенге.

Следует заметить, что в некоторые отдаленные регионы периодическая доставка топлива до водопойных пунктов может быть затруднена или экономически нецелесообразна. В этих случаях применимы ветровые и солнечные электрогенерирующие установки [4].

На сегодняшний день, на рынке предлагаются различные варианты ветровых установок, в том числе и отечественного производства. Казахский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства производит ветроэлектрическую двухмодульную установку ВЭ-5Е-2М, предназначенную для подъема воды из трубчатых и шахтных колодцев, и автономного водоснабжения фермерских хозяйств, с использованием энергии ветра. Мощность установки составляет 4 кВт, емкость аккумуляторных батарей – 800 А·ч, что достаточно для работы насоса мощностью 10 м³/ч. Стоимость установки составляет около 1,5 млн. тенге.

Кроме того, существует большое предложение ветровых установок, так в частности хорошо зарекомендовавшая себя на отечественном рынке гибридные установки ТОО «POLYSET». Для различных по потребности в воде и электроэнергии хозяйств можно подобрать ветровые установки различной комплектации [5].

Следует еще раз отметить, что экономическая целесообразность использования того или иного решения будет зависеть от размера хозяйства, состояния колодца, его суточного дебита, расстояния до заправочной станции, стоимости топлива и других факторов.

Казахстан располагает тремя источниками кормов: пастбища, природные и сеяные сенокосы, пашня для выращивания кормовых культур. Площадь пастбищ – 188,0 млн. га, площадь естественных и сеяных сенокосов – 4,8 млн. га, площадь пашни, используемой для производства кормов – 2,5 млн. га.

Специализация многих сельскохозяйственных предприятий на производстве зерна (преимущественно пшеницы) привела к тому, что в последние десятилетия в основном осваивались полевые севообороты, максимально насыщенные зерновыми культурами. Это привело к тому, что во многих хозяйствах животные не обеспечивались в достаточной мере кормами. Резко ухудшилось их качество, особенно обеспеченность протеином, сахаром, каротином. [6].

Потеря баланса между поголовьем скота и пастбищными ресурсами оказывает отрицательное влияние на состояние и продуктивность пастбищ, выход животноводческой продукции, ее качество. Пастбищные угодья, переданные в частную собственность или долгосрочную аренду, как правило, используются нерационально. Главная причина этого заключается в отсутствии научно-обоснованной организации пастбищной территории, которая должна обеспечить учет типологии пастбищ, возможности их рационального использования, с учетом смены выпасных участков, обводнения и оптимальной нагрузки, регулирования сроков начала и окончания выпаса, соблюдения предельного уровня полноты использования травостоя.

Большинство животноводов считают систему сезонной миграции идеальной для содержания животных. Однако многие из них, будучи собственниками небольшого поголовья, не в состоянии осуществлять сезонные перекочевки в силу дефицита рабочей силы и транспорта. Следует отметить, что переход к сезонным миграциям на

расстояния до 50-60 км и более от аула значительно снизит нагрузку на приаульные пастбища.

Однако возрождение практики мобильного животноводства в настоящее время сдерживается отсутствием нормальных жилищно-бытовых условий животноводов, недостаточным использованием альтернативных источников энергии (ветер, солнце) для электро- и водообеспечения, разрушенностью источников водоснабжения и водопойных сооружений, дорог и средств связи на отгонных пастбищах.

Главной причиной неполноценного использования потенциала отгонных пастбищ до последнего времени явилась отсутствие комплексной программы, нацеленной на возрождение отгонного животноводства, и государственной поддержки создания надлежащей пастбищной инфраструктуры, а также научного и кадрового обеспечения этой важной отрасли аграрного сектора.

При нынешней практике пастбище пользования имеются ряд негативных привычек со стороны пользователей пастбищных угодий:

- острый дефицит грубых кормов заставляет владельцев скота начинать выпас сразу после схода снега. Животные стравливают отрастающие побеги многолетников, лишая растения нормального фотосинтеза. Как показывает наблюдения ученых и практиков, такой подход к использованию пастбищной растительности через 3-4 года приводит к полной гибели ценных многолетних пастбищных растений, что усиливает процесс деградации земель;

- одним из главных недостатков использования пастбищ является не соблюдение норм нагрузки выпаса. Повсеместно ее нормативы превышает допустимые показатели в 3-4 и более раза, что является главной причиной деградации и сбоя пастбищ;

- пастбища хорошо сохраняются и продуцируются тогда, когда после окончания выпаса остается на корню, как минимум, 25-30 % биомассы. При этом хорошо сохраняются почки возобновления многолетних растений, заложенные на высоте 15-20 см от поверхности почвы. Ежегодное отчуждение этой части растений приводит к их истощению и гибели.

К сожалению, такая практика использования пастбищ с каждым годом укореняются. В связи с этим необходимы кардинальные меры по изменению действующей практики использования пастбищных ресурсов и разработке научно обоснованных систем устойчивого управления ими.

Список использованных источников

1. Отчет Агентства Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами 2012 г. www.kaztag.KZ.
2. Хасенов С. Вывести кормопроизводство на новый уровень. <http://agrozhharshy.kz>.
3. Почвы Казахской ССР. - Алма-Ата, 1969.
4. Агроклиматические ресурсы Казахской ССР. –Ленинград: Гидрометеиздат, 1978.
5. Растительный покров Казахстана. -Алма-Ата: Наука, 1966.
6. Н.Ф. Федин, Г.Л. Шимкевич. Водные ресурсы // Тр. института водного хоз-ва. 1960. том 2.

ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Е.Д. Жапаркулова¹, К.А. Анзельм², Н.Р. Бекбаев³, К. Қурмашев³

¹Казахский НИИ водного хозяйства, г.Тараз, Казахстан;

²Южно-Казахстанская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция, г. Шымкент, Казахстан;

³Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

В статье рассмотрено влияние технического состояние ирригационных систем на уровень залегания грунтовых вод. Установлена доля участия грунтовых вод в суммарном водопотреблении растений при изменении уровня залегания грунтовых вод.

Ключевые слова: гидромелиоративная система, водообеспеченность, почва, грунтовая вода.

Эффективность орошения главным образом предопределяется техническим уровнем оросительной системы, т.к. неудовлетворительное техническое состояние оросительной сети и орошаемых земель неизбежно приведет к переполиву или недополиву сельскохозяйственных культур. В результате этого резко ухудшается эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель, замедляются темпы роста сельскохозяйственных культур и происходит снижение продуктивности орошаемого гектара. При этом, техническое состояние гидромелиоративных систем оценивается коэффициентом полезного действия (КПД) [1].

Исследованиями многих ученых установлено, что КПД гидромелиоративных систем зависит от КПД оросительной сети и КПД технологии полива сельскохозяйственных культур [1, 2, 3]. Установлено, что на Юге Казахстана, где находятся более 90 % площади используемых орошаемых земель, каналы различного порядка имеют земляное русло. Например, в Махтааральском массиве, который является флагманом орошаемого земледелия Казахстана, магистральный канал «Достык» длина которого на территории Казахстана составляет 40 км проходит в земляном русле.

Анализ материалов Южно-Казахстанской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции (ЮКГГМЭ) показывает, что около 95,6 % межхозяйственных и 79,2 % внутрихозяйственных каналов выполнены в земляном русле, в полувыемке-полунасыпи. Дамбы каналов заросли сорной растительностью и при создании необходимых горизонтов наблюдается сильная фильтрация воды. Так КПД магистрального канала Достык изменяется в пределах 0,8-0,85. Средневзвешенный КПД систем межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов по Махтааральскому массиву составляет 0,69. Поэтому КПД оросительной сети Махтааральского массива составляет 0,57 (табл. 1). Это свидетельствует, что при транспортировке оросительной воды от источника орошения до орошаемых земель, около 43 % объема воды от водозабора теряется на фильтрацию, сброс и испарения [4, 5]. Основную долю потерь оросительных вод составляют – потери на фильтрацию. Это приводит к подъему уровня залегания грунтовых вод на гидромелиоративных системах.

Таблица 1 - Показатели КПД оросительной сети в Махтааральском массиве

КПД каналов		КПД оросительной сети
МК «Достык»	Межхозяйственные и внутрихозяйственные	
0,8-0,85	0,69	0,57

Другим фактором, оказывающим влияние на уровень залегания грунтовых вод, является потеря оросительной воды на ирригационных системах. В этом случае объемы потерь, в зависимости от технического состояния систем и применяемых технологий полива, составляет 30-50% от объема водоподачи. КПД ирригационных систем Южных регионов Казахстана изменяется в пределах 0,30-0,40. В результате, при существующем техническом состоянии каналов и используемых технологиях полива, потери воды на ирригационных системах составляют 60-70 % от объема водозабора. В результате, практически во всех гидромелиоративных системах Южного Казахстана происходит рост дефицита водных ресурсов.

В сложившиеся ситуации на гидромелиоративных системах Южного Казахстана одним из путей повышения водообеспеченности орошаемых земель является использование грунтовых вод на субирригацию и орошение [5].

На возможность использования грунтовых вод на субирригацию указывает уровень залегания и минерализация грунтовых вод. Например, в Махтааральском массиве орошения большие потери оросительной воды на фильтрацию и снижение дренарованности орошаемых земель привело к росту площади орошаемых земель с близким залеганием грунтовых вод. Так, в 1994 г., когда работали скважины вертикального дренажа, площадь орошаемых земель с уровнем залегания грунтовых вод до 1 м, составляла 105 га или 0,1 % от общей площади (табл. 2). Площадь орошаемых земель с уровнем залегания грунтовых вод 1-2 м составляла 7792 га или 6,2 % от общей площади. С выходом из строя скважин вертикального дренажа и ухудшением технического состояние коллекторно-дренажных систем произошел рост площадей орошаемых земель с близким залеганием грунтовых вод.

Таблица 2 - Распределение орошаемых земель по глубине залегания грунтовых вод, тыс.га/% от общей площади орошаемых земель

Годы	Общая площадь, га/%	Глубина залегания грунтовых вод, м				
		0-1	1-2	2-3	3-5	более 5
1994	125715	105	7792	72084	43441	2293
	100	0,1	6,2	57,3	34,6	1,8
2014	150948	2620	34606	64854	47401	1467
	100	1,7	22,9	43,0	31,4	1,0

Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что 2014 г. площадь орошаемых земель с уровнем залегания грунтовых вод до 1 м составила 2620 га или 1,7% от общей площади. Это свидетельствует, что доля с уровнем залегания грунтовых вод до 1 м относительно 1994 г. возросла в 17 раз. В 2014 г. площадь орошаемых земель с уровнем залегания грунтовых вод 1-2 м составила 34606 га или 22,9 % от общей площади. При этом рост площади орошаемых земель с глубиной 1-2 м относительно 1994 г. составил в 3,69 раза. Площадь орошаемых земель имеющих уровень залегания грунтовых вод 2-3 м, в 2014 г. составила 64854 га, что меньше на 25 % относительно 1994 г. Опыт эксплуатации гидромелиоративных систем показывал, что доля грунтовых вод в суммарном водопотреблении предопределяется уровнем залегания и минерализацией грунтовых вод. При этом с ростом минерализации грунтовых вод возрастают темпы накопления солей в корнеобитаемом слое почв. Поэтому для экологически безопасного использования грунтовых вод на субирригацию и орошение, установлены площади распределения орошаемых земель по минерализации грунтовых вод (табл. 3).

Таблица 3 - Распределение орошаемых земель по минерализации грунтовых вод, га/%

Годы	Всего орошаемых земель, га/%	Минерализация, г/л			
		<1	1-3	3-5	>5
1994	<u>125715</u> 100	<u>2718</u> 2,2	<u>66270</u> 52,7	<u>37491</u> 29,8	<u>19236</u> 15,3
2014	<u>150948</u> 100	<u>143</u> 0,1	<u>73238</u> 48,5	<u>53472</u> 35,4	<u>24095</u> 16,0

Анализ приведенных данных показывает, что в 2014 г. Площадь орошаемых земель с минерализацией грунтовых вод до 1 г/л, относительно 1994 г. уменьшилась в 22 раза. Площадь орошаемых земель с минерализацией 1-3 г/л относительно 1994 г. уменьшилась на 8,6 %. Вместе с тем произошел рост площади орошаемых земель с минерализацией 3-5 г/л и выше.

Характер распределения орошаемых земель по минерализации грунтовых вод показывает, что на 48,9 % площади орошаемых земель можно широко использовать грунтовые воды на субиригацию. На 35,4 % площади, где минерализация грунтовых вод составляет 3-5 г/л, при использовании грунтовых вод на субиригацию и орошение необходимо оценивать ионо-солевой состав вод на протекание процессов осолонцевания и ощелачивания в корнеобитаемом слое почв. На 16 % площади орошаемых земель необходимо не допускать поступления грунтовых вод в корнеобитаемый слой почв. Это достигается путем снижения уровня залегания грунтовых вод ниже критической глубины.

Для установления доли участия грунтовых вод в суммарном водопотреблении составлен водный баланс. Расчет водного баланса позволил выявить темпы и направленность протекания экологических процессов в корнеобитаемом слое орошаемых земель. При этом, водный баланс был составлен для орошаемых земель Мактааралского массива с уровнем залегания грунтовых вод 1-1,5, 1,5-2, 2-3 м и минерализацией грунтовых вод 1-1,5 г/л, 2-3 г/л и 5-6 г/л.

Для установления темпов расходования грунтовых вод на испарение и транспирацию проводились исследования в лизиметрическом павильоне Казахского НИИ водного хозяйства (г. Тараз, Республика Казахстан). На основе полученных данных установлено, что темпы участия грунтовых вод в эвапотранспирации растений зависят от температуры и относительной влажности воздуха, влажности корнеобитаемого слоя почв, уровня залегания грунтовых вод, роста и развития возделываемых культур.

Результаты исследований показали, что в мае месяце, интенсивность расходования грунтовых вод изменялась в пределах 1,2-2,3 мм/сут. В дальнейшем по мере развития сельскохозяйственных культур, интенсивность расходования грунтовых вод увеличивалась и в июне месяце находилась в пределах 43-92 м³/га в сутки.

Экспериментальными исследованиями установлено, что после полива растений интенсивность использования почвенной влаги на эвапотранспирацию устойчиво снижается за счет увеличения расхода грунтовых вод. Однако, количество влаги, капиллярно поднимающейся от уровня грунтовых вод в корнеобитаемый слой почвы, имеет некоторые пределы и зависит от глубины залегания грунтовых вод, водно-физических свойств почв. Результаты водного баланса приведены в таблице 4.

Данные статей водного баланса показывают, что при уровне залегания грунтовых вод 1-1,5 м, доля участия грунтовых вод в суммарном водопотреблении составляет 71,3 %, при 1,5-2 м – 56,9 %, при 2-3 м – 50,3 %. Следовательно, при уровне залегания

ния грунтовых вод 1-1,5 м, объем грунтовых вод, участвующих в субиригации, по сравнению со вторым вариантом больше на 33,1 %, по сравнению с третьим вариантом на 56,5 %.

Таблица 4 - Водный баланс орошаемых земель при изменении уровня залегания грунтовых вод

Статьи баланса	Уровень залегания грунтовых вод, м		
	1-1,5	1,5-2	2-3
Приход			
Исходные запасы влаги, м ³ /га	3010	3010	3010
Осадки, м ³ /га	532	532	532
Оросительная норма, м ³ /га	1400	2400	3000
Поступление грунтовых вод, м ³ /га	4320	3245	2760
Итого, м³/га	9262	9287	9302
Расход			
Инфильтрационные потери, м ³ /га	220	710	1085
Конечные запасы влаги, м ³ /га	2986	2875	2730
Суммарное водопотребления, м ³ /га	6056	5702	5487
Итого, м³/га	9262	9287	9302

Таким образом, при близком залегании грунтовых вод с минерализацией до 3 г/л необходимо стремиться снизить размеры поливных норм. Это дает снижение потерь оросительной воды на инфильтрацию, вынос питательных элементов из корнеобитаемого слоя почв.

Указанные проблемы можно решить путем интегрированного управления водными ресурсами на ирригационных системах. В результате этих мероприятий снизятся объемы водозабора на орошение сельскохозяйственных культур, водоотведения за пределы ирригационных систем и повысится экологическая устойчивость водоземельных ресурсов в различных ирригационных системах. Поэтому при разработке информационных технологий интегрированного управления водными ресурсами необходим комплекс мероприятий, направленных на снижение объемов водозабора и водоотведения, темпов накопления токсичных солей в корнеобитаемом слое почв, ухудшения качества источников орошения.

Список использованных источников

1. Костяков Н.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1951. - 751 с.
2. Айдаров И.П., Голованов А.И., Мамаев М.Г. Оросительные мелиорации. – Москва: Колос, 1982. - 176 с.
3. Ибатуллин С.Р., Бекбаев Р.К., Вышпольский Ф.Ф., Бекбаев У.К., Басманов А.В. Объемы водосбережения при реконструкции ирригационных систем // Водное хозяйство Казахстана. – 2011. № 1(29). – С. 38-43.
4. Бекбаев Р.К. Технический уровень голодностепского массива орошения и его влияние на объемы коллекторно-сбросных вод // Вестник. – 2012 – №4. – С.40-44.
5. Бекбаев Р.К. Факторы оказывающие влияние на эффективность реконструкции ирригационных систем //Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства и пути их решения» Часть I «Комплексное обустройство ландшафтов». –Москва, 2011. – С. 42-48

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ГИДРОАГРОЛАНДШАФТОВ

Г.Е. Жидекулова¹, Ж.С. Мустафаев¹, А.Т. Козыкеева¹, П.Е. Есенгельдиева²

¹Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

²Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Научные предпосылки формирования высокопродуктивных агроландшафтов - согласно современному представлению, агроландшафт выполняет средообразующие, ресурсосодержащие и ресурсовоспроизводящие функции [1]. Мерой возможного выполнения агроландшафтом этих функций является природно-ресурсный потенциал, частными составляющими которого являются: климатический и биологический. Агроландшафт как многоструктурная система представлен геологической, геохимической, экологической и биотической структурами. Взаимодействие этих структур обеспечивает реализацию ресурсовоспроизводящей функции агроландшафта на основе законов сохранения вещества, энергии, количества движения.

В качестве яркого примера такой трансформации отношений обратим внимание на дрейф понятия «ландшафт» - основополагающего в эмпирическом крыле физической географии, и произведенных понятий «агроландшафт», «антропогенные ландшафты» и «культурные ландшафты» [2]. За последние годы из достаточно однозначного понятия об определенном уровне географической оболочки, оно трансформировалось во множество интерпретационных, преимущественно эстетических категорий, которые не противоречат введению понятия «гидроагроландшафт», вытекающих из выполняемой технологической деятельности на орошаемых землях в процессе возделывания сельскохозяйственных культур вместо естественного растительного сообщества, так как нет сложных форм симметрии, достаточных для определения земных объектов [3]. Все они вычлняются предметно, если ландшафтоведение осознает соответствующие познавательные конструкции - научный объект и научный предмет.

При этом следует отметить, что чем больше природный ландшафт преобразован человеком, тем больше входят дополнительные элементы в структуру агроландшафта или гидроагроландшафта, то есть, тем больше требуется вложения дополнительной энергии для сохранения его устойчивости и продуктивности. Изменение структуры ландшафтов происходят в результате антропогенной деятельности по направлению: «воздействие – изменение – следствие».

Особое внимание концентрируют на ресурсовоспроизводящих функциях агроландшафта и гидроагроландшафта на воздействие – определяющий фактор в анализе ситуации и прогноза. Изменения и последствия рассматривают как отклик на воздействия, как средство по выявлению характера и особенности воздействия. Предел воздействия должен обеспечивать саморегуляцию и природосберегающее антропогенное управление агроландшафта и гидроагроландшафта [4; 5].

При этом структурно-логическая модель функционирования ландшафтов-агроландшафтов-гидроагроландшафтов представлена в виде блочной структуры, которая содержит три блока [3]:

- климатические ресурсы, которые характеризуются атмосферными осадками и испаряемостью и их соотношение является показателем естественной влагообеспеченности почвенного и растительного покрова ландшафтных систем;

- биологические ресурсы, характеризуются почвенными и растительными покровами, а также животными мирами, представляющие видовое разнообразие растительного сообщества и почвы;

- гидрологические ресурсы, представлены поверхностными и подземными водами, то есть подземные (грунтовые) воды являются дополнительными естественными ресурсами повышения влагообеспеченности почвенного и растительного покрова.

Таким образом, климатические, биологические и гидрологические ресурсы и их совокупность представляют информационно-аналитическую базу определяющую инфраструктуру функционирования системы «ландшафт – агроландшафт – гидроагроландшафт».

С этой точки зрения, три уровня понимания пространственного аспекта системы «ландшафт-агроландшафт-гидроагроландшафт», ландшафтоведение представляется важным для сельского хозяйства и, в том числе, для мелиорации сельскохозяйственных земель:

- ландшафт, это генетически однородный территориальный комплекс, сложившийся в только ему свойственных условиях, который включает в себя единую материнскую основу, геологический фундамент, рельеф, гидрографические особенности, почвенный покров, климатические условия и единый биоценоз;

- агроландшафт, это генетически однородный территориальный комплекс, естественная растительность которого на подавляющей части территории заменена сельскохозяйственными культурами, развитие которых обеспечено естественными природными ресурсами;

- гидроагроландшафт - это генетически однородный территориальный комплекс, естественная растительность которого на подавляющей части территории заменена орошаемыми сельскохозяйственными культурами, развитие которых обеспечено техногенными ресурсами.

В гидроагроландшафтные системы, специализирующие сельское хозяйство, при деятельности мелиорации сельскохозяйственных земель в активный биогеохимический круговорот поступают огромные массы химических соединений в процессе водоподдачи и испарения влаги из слоя почвы. Их дальнейшая судьба определяется параметрами среды, в которую они поступают, то есть в зависимости от ландшафтно-геохимических условий орошаемых земель, происходит рассеяние или локализация веществ в природных и техногенных системах. Результатом такой локализации часто является аккумуляция солей, особенно ее основной, наиболее консервативной депонирующей части, которой является почва.

Для оценки необходимости конструирования агроландшафтов и гидроагроландшафтов на первом уровне определяются с помощью коэффициента естественного увлажнения (K_{yi}), то есть, если коэффициент естественного увлажнения обеспечивает следующие условия - $K_{yi} \geq 0.45$, тогда можно ограничиваться конструированием агроландшафтов, а если $K_{yi} \leq 0.45$, тогда для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур возникает необходимость конструирования гидроагроландшафтов [3].

Во втором уровне конструирования агроландшафтов и гидроагроландшафтов определяются экологические продуктивности ландшафтов, включающих продуктивности почвенного и растительного покрова, а также интенсивности и направленности гумусообразования.

В третьем уровне конструирования гидроагроландшафтов, критерием необходимости их проектирования являются затраты почвообразовательного процесса, как следствие, повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур.

В четвертом уровне, введение коэффициента экологической устойчивости гидроагроландшафтов, как интегральных критериев, вызвано необходимостью учета возможных процессов, приводящих к потере энергии (плодородия) почвы при управлении и регулировании их деятельностью в геоэкосистеме.

При таком построении целесообразно выделить лимитирующие факторы, обуславливающие основные закономерности почвообразовательного процесса, то есть характеризующие их направленности и интенсивности в соответствии с законами эволюции. Наиболее универсальной зависимостью такого рода является полученная В.Р. Волобуевым связь затраты энергии на почвообразование (Q , кДж/см³) с радиационным балансом (R , кДж/см²) и естественной тепло- и влагообеспеченностью (\bar{R}) [6]:

$$Q = R \cdot \exp[-(\alpha \cdot R / L \cdot O_c)] = R \cdot \exp(-\alpha \cdot \bar{R}),$$

где α – коэффициент, равный 0.47; O_c - годовое количество осадков, мм; L - скрытая теплота парообразования, кДж/см³.

Таким образом, комплексный гидротермический показатель, то есть «индекс сухости» (\bar{R}) М.И. Будыко [7], во-первых, характеризует баланс энергии и вещества и определяет интенсивность протекания биохимических и геохимических процессов на Земле, во-вторых, определяет в значительной степени формирования почвенных, гидрогеологических и геохимических условий и, в-третьих, позволяет учесть характер и интенсивности антропогенной деятельности.

Поэтому, при научном обосновании математической модели функционально-адаптивной системы формирования высокопродуктивных и устойчивых гидроагроландшафтов можно руководствоваться законом сохранения энергии и использовать радиационный «индекс сухости» как критерий для оценки продуктивности растений и почвы и должна соответствовать ряду следующих принципиальных положений:

- обеспечивать многоцелевой подход, то есть предусматривать смену приоритетов, которые могут меняться с течением времени, где вместо максимально возможного урожая, рационального водопользования, мелиоративного состояния орошаемых земель и экологического равновесия приходит понятие оптимальный почвообразовательный процесс;
- учитывать состояние гидроагроландшафтов во времени и пространственном масштабе при возрастании напряженности антропогенной деятельности;
- обеспечить управление гидроагроландшафтами с учетом планирования конкретного результата, ожидание которого наиболее целесообразно с точки зрения экологической устойчивости природной системы;
- предусматривать получение с помощью непрерывной обратной связи достоверной информации о состоянии гидроагроландшафтов, определяющей направление и интенсивность почвообразовательного процесса.

В этом случае объектом воздействия сельскохозяйственных мелиорации является не система «растения–почвы–поверхностные воды –грунтовые воды», а гидроагроландшафты в целом, куда они входят как составные части, которые требуют разрабо-

тать математическое выражение этих процессов, учитывающих состояние всех подсистем гидроагроландшафтов через качественные характеристики.

Список использованных источников

1. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение – М.: Колос, 2005.-216с.
2. Захаренко А.В. Теоретические и технологические основы формирования высокопродуктивных агроландшафтов//Земледелие, 2004.- №1. - С.16-19.
3. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мусабеков К.К., Есенгельдиева П.Е. Структурно-логическая модель устойчивого функционирования ландшафт-агроландшафт-гидроагроландшафтов //Материалы между-народной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Казахского национального аграрного университета / «Новая стратегия научно-образовательных приоритетов в контексте развития АПК».- Алматы, 2015.- том IV.- С. 30-33.
4. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами / Под редакцией доктора технических наук, профессора Л.В. Кирейчевой.- Москва, 2010.- 240 с.
5. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель.- Тараз, 2004.- 306 с.
6. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования.- М.: Наука, 1974.- 120 с.
7. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. - Л.: Гидрометеиздат, 1956.-255 с.

УДК 631.347.4: 631.587.002.5

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПОЛИВА НА ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИНАХ

В. Э. Завалюев, А. Е. Шепелев

Российский НИИ проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Россия

В статье приводится описание основных характеристик современных модулей, блоков и панелей управления дождевальными машинами для осуществления полива сельскохозяйственных культур по принципу технологии гидромелиорации.

Ключевые слова: дождевальная машина, полив, панель, блок, система управления.

За последние десять лет технологии по управлению, контролю за осуществлением полива дождевальными машинами (ДМ) и выполнению агротехнических операций интенсивно развиваются в направлении автоматизации, экономии энергетических, водных и других ресурсов, увеличения числа осуществляемых задач дождевальной техникой непосредственно при выполнении технологических операций полива с одновременным внесением с поливной водой удобрений и химикатов в режиме реального времени с привязкой к изменяющейся потребности в воде и питательных элементах сельскохозяйственных культур [1].

На рынке сельскохозяйственной техники для комплексного полива представлен широкий спектр модулей, блоков и систем управления дождевальными машинами. В качестве анализируемых дождевальных машин и их систем управления представлены несколько широко используемых в нашей стране и за рубежом импортных дождевальных машин ведущих фирм-производителей, таких, как «Reinke», «Valley» и «Zimmatic».

Дождевальные машины «Valley» [2] позволяют орошать круговые, квадратные, прямоугольные и неправильной формы участки площадью от 2 до 21 га, осуществлять полив нескольких полей, проводить утилизацию животноводческих стоков, вносить минеральные удобрения с поливной водой, работать при давлении от 4 до 21 атм.

Система управления машиной «Valley Cams™» (рис. 1) обеспечивает автоматическое программное управление выдачей нормы полива, концевыми устройствами полива углов, секторным поливом с реверсом машин и ее положения, включает опции индикации параметров орошения и положения машины, связь по радио или телефонной линии с центрального пульта управления, сотового телефона или местного пульта, установленного на машине.

Иерархическая связь с вышестоящими системами управления совместима с ПО «Windows» и другим программным обеспечением. Базовая центральная система управления (пульт дежурного оператора) – «Cams™» имеет расширенные возможности мониторинга, управления ДМ и составления отчетов, выдачу сообщений о сбоях на экран, слежения за работой насоса, клапанов и других устройств и управление ими.

Система управления «Pocket Pro» позволяет производить в режиме онлайн мониторинг систем орошения и управление ими с карманного ПК (программируемого контроллера). На дождевальными машинах других фирм можно использовать ту же систему управления или средства автоматики (контроллеры).

Для управления объектами полива, фирмы «Rain Bird», «Nelson», «Hunter», «Allegro» и др. выпускают контроллеры для управления клапанами, двигателями, насосами по временной программе от датчиков дождя, метеостанций по проводным линиям связи, радиоканалу, спутниковой и сотовой связи.

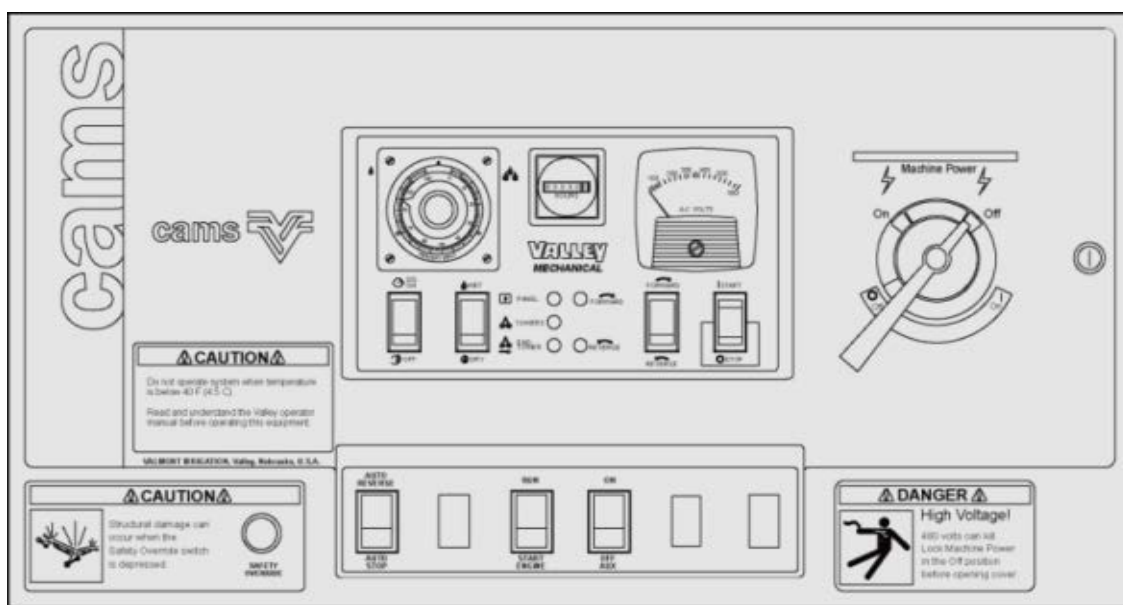


Рисунок 1 – Пульт управления дождевальной машины «Valley»

Панель управления «BASIC» фирмы «Zimmatic» [3] (рис. 2, а) включает в себя следующие опции:

- светодиодные системные индикаторы, позволяющие выполнять процесс пусконаладки дождевальной машины и предоставлять текущую информацию о необходимых параметрах ее запуска в работу;
- регулирование работы насосов и направления движения (смену направления и включение/выключение подачи воды);
- полупроводниковый таймер процентной нормы, управляющий скоростью движения дождевальной машины;
- устройство контроля напряжения с удобным снятием показаний, предоставляющее сведения о состоянии питания в режиме онлайн.

Компьютерная панель управления «VISION» (рис. 2, б) мгновенно предоставляет всю необходимую информацию и все современные функции, которые делают орошение простым и эффективным:

- область просмотра – отображает границы поля дождевальной машины кругового действия, ее местонахождение и близость к границам или точкам остановки;
- отчет о состоянии – информативное меню;
- индикаторы состояния – отображают рабочее состояние используемой дождевальной машины кругового действия;
- средства управления функциями. В число этих функций входят остановка дождевальной машины, смена направления ее движения, регулировка вспомогательного оборудования и подачи воды, изменение нормы полива и программирование остановок;
- элементы навигации – навигация в меню осуществляется за счет интерфейса, как в сотовом телефоне или ТВ-пультах ДУ.

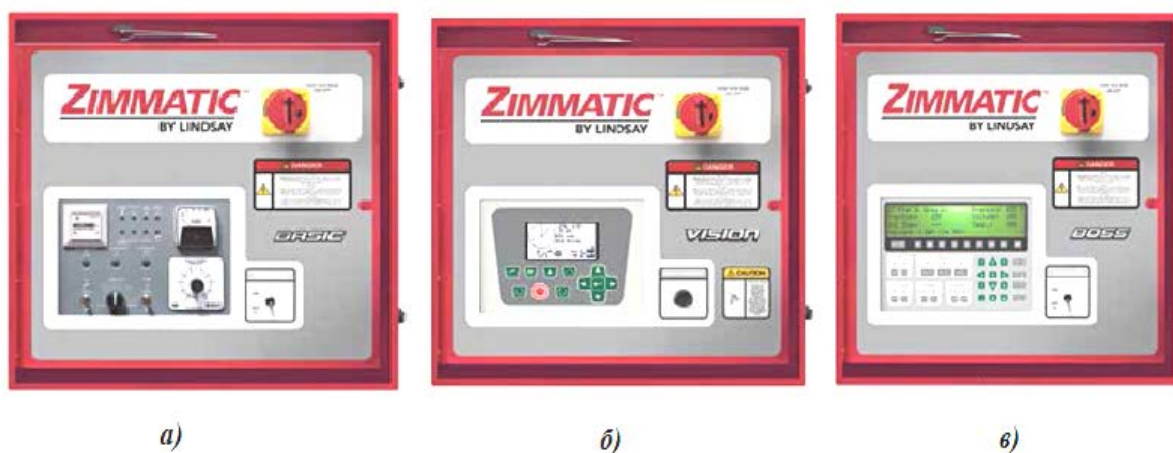


Рисунок 2 – Панели управления фирмы «Zimmatic»:
а) «BASIC»; б) «VISION»; в) «BOSS»

Система управления орошением «BOSS» (рис. 2, в) помогает обеспечивать точность и повторяемость позиционирования с целью прецизионного управления орошением, внесением химикатов и работой вспомогательных приспособлений, что важно для экономии ресурсов и повышения эффективности работы дождевальной машины.

Система управления орошением «BOSS» включает следующие опции:

- функцию «EZ Plan», обеспечивающую быстрый доступ к часто используемым параметрам планирования;
- функцию регулировки подачи воды в зависимости от потребностей сельскохозяйственной культуры;
- функцию настройки интенсивности дождя в зависимости от впитывающей способности почвы;
- функцию управления вспомогательным оборудованием для внесения химикатов и удобрений;
- функцию планирования орошения, осуществляемую программно для нескольких сельскохозяйственных культур, частичного прохождения круга, различных свойств почвы и особенностей микрорельефа орошаемого участка;
- функцию самодиагностики, определяющую проблемы и неисправности и снижающую время простоя до минимума.

В зависимости от порядка использования панель «BOSS» может способствовать экономии энергии, минимизации вымывания минеральных веществ, снижению расхода химикатов и сокращению трудозатрат.

Панель управления «Precision Management (RPM)» фирмы «Reinke» [4] может быть установлена по любую сторону центральной опоры на трех различных позициях по высоте. С помощью данной панели ведется контроль за скоростью передвижения машины, направлением движения, подачей воды и функцией автостопа-автостарта.

Панель управления «RPM ADVANCED» используется для более точного управления нормой полива, его равномерности, равномерности внесения удобрений и пестицидов. Также панель применяется на дождевальными машинами фронтального действия.

Этот вид панели управления позволяет разделить поле на участки (до 10 ед.) с различными требованиями по орошению и внесению удобрений и пестицидов. Она может контролировать до 2-х конечных пушек и совместима с системой дистанционного контроля и управления «OnTrac®».

Панель управления «RPM PREFERRED» оборудована специальным RAMS-компьютером, который легко программируется, запоминает до 1000 событий и до 64 операций для одного оборота пивота.

Данный блок легко соединяется USB-кабелем с ноутбуком для осуществления передачи данных. Он контролирует две конечные пушки, или одну пушку. Имеется опция подключения связи с мобильным телефоном и дистанционного управления «OnTrac®».

Использование системы «Reinke Navigator® GPS» позволяет панели управлять концевым дождевальным аппаратом и крылом дополива углов с достаточной точностью (до 3 м²).

Панель управления «RPM Preferred Touch Screen» оборудована компьютером на основе Windows™, с помощью которого имеется возможность:

- графического отображения данных о машине и показаниях датчиков;
- наблюдения и записи показаний метеостанции (осадки, температура, скорость ветра и т. д.);
- программирования и корректировки настройки конечной пушки;
- программирования и корректировки настройки мест остановки и барьеров;
- программирования сектора для выполнения полива в нужное время и при определенных условиях.

Реализация технологий гидромелиорации осуществляется с помощью дождевальных машин, которые должны отвечать существующим подходам к реализации принципов точного земледелия, а основные элементы воздействия, такие как интенсивность дождя, крупность капель и прочие должны дифференцироваться в зависимости от агрофона и особенностей микрорельефа водохозяйственного участка.

Дальнейшее внедрение перспективных машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур возможно при использовании программно-аппаратных средств, как глобальная система позиционирования (ГСП), геоинформационных систем (ГИС), а также дождевальных машин, способных осуществлять дифференцированное внесение оросительной воды, удобрений и пестицидов с учетом внутривидового почвенного плодородия.

Список использованных источников

1 Жалнин Э.В. Методологические аспекты механизации производства зерна в России / Э. В. Жалнин. – М.: Полиграф сервис, 2012. – 368 с.

2 Широкозахватные дождевальные машины Valley [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agroserver.ru/b/mashiny-dlya-poliva-valley-ssha-147453.htm>, 2015.

3 Круговые, фронтальные, мобильные и ипподромные оросительные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jpagro.com/zimmatic>, 2015.

4 Дождевальные машины «Reinke» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agroserver.ru/b/reinke-dozhdevalnye-mashiny-336819.htm>, 2015.

УДК - 631

СИСТЕМА ДЛЯ МАЛОГО ОРОШЕНИЯ

О.З. Зубаиров, Т.И. Есполов, М.Ж. Нусипбеков, М.С. Набиоллина

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

На современном этапе сельскохозяйственная мелиорация в Казахстане требует пристального внимания. Положение усугубилось тем, что проведение мелиоративных работ происходит в условиях дефицита водных, энергетических и материальных ресурсов. В этих условиях требования сельскохозяйственного производства к технике орошения, а, следовательно, и к качеству ее научного обоснования непрерывно повышается.

Вся история техники орошения – это поиск решений оптимального рассредоточения и равномерного распределения потока воды в процессе ее перевода в состояние почвенной и воздушной влажности. В современных условиях водопользования, фермеры, крестьянские и другие формы хозяйствования не совсем согласны со способами перевода природной воды в почвенную и воздушную влагу, в этом случае огромное количество поданной воды теряется бесполезно. Воду необходимо подавать непосредственно в растение по ее водопотребности, а другие расходы воды свести к нулю. Теоретические и экспериментальные исследования последних лет, проведенные мелиораторами и физиологами, позволили установить факт достижения биологического оптимума урожая при приближении интенсивности водоподачи к интенсивности водопотребления [1, 2, 3].

Следовательно, нужны новые подходы к использованию оросительной воды. Здесь наиболее важными являются технические средства, осуществляющие подачу воды растениям. Настало время переходить от полива «почвы» к поливу «растений». В этом плане нами получено авторское свидетельство на «Инъекционный способ полива» (АС 22126), позволяющий подавать воду непосредственно в ксилему растений, а также предварительные патенты РК и положительные решения на выдачу предпатентов РК на несколько их вариантов [4, 5].

Успешное внедрение этой системы, позволяет хозяйственным структурам создать автономную систему орошения на малых площадях без строительства дорогостоящих каналов, гидротехнических сооружений, насосных станций и других элементов оросительной системы. Экономичность данной системы бесспорна.

Новизна работы заключается в том, что впервые удалось подать оросительную воду непосредственно в активную биологическую точку в зоне распространения корневой системы растений. Поданная вода по ксилеме за счет сил осмотического давления двигается вверх к клеткам листового аппарата. Вода используется растениями только на транспирацию через листовой аппарат, а остальные потери воды сводятся к нулю. Работоспособность инъекционной системы орошения подтвердилась материалами 5-ти летних экспериментальных исследований, проведенных в условиях юго-востока Казахстана.

Основными составляющими инъекционной системы орошения являются: задающее устройство транспортирующий трубопровод из резиновых шлангов, поливных труб и наконечники (иглы) для инъектирования.

Инъекционная система орошения – новое направление, поэтому исследования будут проходить длительное время, возможно, расширится ассортимент культур. Мы рекомендуем орошать пропашные ценные культуры, продукцией которых являются надземные органы (кукуруза, подсолнечник, сорго, хлопчатник, томаты, огурцы, тыква, баклажаны, перец, молодые побеги малины, смородины, и др.).

Не исключено орошение молодых плодовых деревьев (при этом диаметр иглы увеличится).

Инъекционную систему орошения целесообразно использовать на малых площадях, где подача воды с помощью каналов затруднительна так например, в теплицах в условиях закрытого грунта, в опытных хозяйствах для полива небольших участков с дорогостоящими культурами.

В условиях инъекционного способа полива растения находятся в режиме самополива и не страдают от недостатка влаги (рис. 1). Растения регулярно без перерыва снабжаются водой с помощью инъекционной иглы. Поэтому фотосинтез будет проходить нормально и без каких-либо нарушений. При обычном способе полива в межполивные периоды наблюдаются недостаток или избыток воды в почве. При избытке воды растения будут угнетены из-за плохой аэрации, а при недостатке – водное голодание.



Рисунок 1 – Инъекция в растение

При обычном способе полива методы установления режима орошения сельскохозяйственных культур широко известны. При инъекционном способе полива режим орошения имеет свои особенности. Этот вопрос изучался впервые, поэтому мы предлагаем временную рекомендацию по установлению режима орошения при инъекционном способе полива.

Суммарное водопотребление растений рекомендуется определять по сокращенной формуле водного баланса:

$$E = M + W_d + O + W,$$

где, E – суммарное водопотребление растений, м³/га;

M – оросительная норма, м³/га;

W- используемая влага из почвы, м³/га;

O – использованный осадок, м³/га;

W- использование влаги из грунтовых вод, м³/га.

Здесь оросительная норма (M) определяется по зависимости:

$$M = \varepsilon * N$$

где, - ε количество воды, подаваемой при инъекции на одно растение, м³/штук.

Она устанавливается опытным путем. Для кукурузы в наиболее увлажненный год расход воды составил 1,0 л/растение, а средний по увлажненности год 3,1 л/растение, а для сухого года 4-4,2 л/растение N – число растений на 1 га. Для томатов в средний сухой год расход воды составляет 9 – 10 литров.

Остальные составляющие формулы определяются теми же методами, что принято в обычной ирригации.

Следует учесть тот факт, что при инъектировании корни растений продолжают всасывать воду из почвы. Так, например, кукуруза на силос в 2003 году (более увлажненный год) из запасов почвы при инъекционном способе полива использовала 1000 м³/га, а в более сухой год (2004 год) – 1900 м³/га.

При инъекционном способе полива отсутствует понятие поливная норма. Вода в ксилему поступает непрерывно в течение оросительного периода. Но можно выделить количество подаваемой воды при инъекции в каждом месяце по фактическим замерам.

Например, томаты в условиях Жамбылской области с 5 мая по 31 июля при инъекции использовали 150 л воды, в июне 250 л, в июле 250 л, а в августе 7,8 л воды.

Таблица 1 - Основные показатели режима орошения кукурузы на силос за 5 лет

Годы исследования	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Оросительная норма м ³ /га	Число поливов	Урожайность, ц/га	Коэфф. водопотребления м ³ /ц	Продукт оросит. воды, ц/м ³
Алматинская область						
2001 менее сухой год	$\frac{5574}{2938^*}$	$\frac{3900}{264}$	$\frac{5}{-}$	$\frac{419}{456}$	$\frac{11,3}{6,3}$	$\frac{0,11}{1,9}$
2002 влаж. год	$\frac{3958}{2418}$	$\frac{1600}{60}$	$\frac{2}{-}$	$\frac{428}{430}$	$\frac{9,2}{5,6}$	$\frac{0,34}{7,5}$
2003 влаж. год	$\frac{5399}{4083}$	$\frac{830}{31}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{496}{500}$	$\frac{11,3}{8,7}$	$\frac{0,62}{16}$
Жамбылская область						
2004 сухой год	$\frac{6098}{2718}$	$\frac{4810}{300}$	$\frac{6}{-}$	$\frac{528}{558}$	$\frac{11,6}{3,0}$	$\frac{0,11}{1,86}$
2005 средне сухой год	$\frac{7000}{3225}$	$\frac{4140}{365}$	$\frac{5}{-}$	$\frac{400}{480}$	$\frac{17,8}{6,8}$	$\frac{0,1}{1,3}$

*Примечание. В числителе данные по бороздам, в знаменателе – данные инъекционного полива

Таким образом, водный режим растений, как при инъекционном, так и при обычных способах полива подчиняется общей закономерности природы. Но если при обычном поливе оросительная норма расходуется на физическое испарение, на транспирацию и на инфильтрацию, то при инъекционном способе полива она расходуется только на транспирацию. В этом и заключается экономия оросительной воды.

В таблице 1 приводятся основные показатели опытных исследований за 5 лет по орошению кукурузы на силос поверхностным и инъекционным способами.

Эти данные показывают высокую продуктивность оросительной воды при инъекционном орошении.

Для обеспечения непрерывного поступления воды в ксилему растений при инъекционном способе полива необходимо поддерживать определенный напор воды (H) в задающей установке над инъекционной иглой (рис. 2).



Рисунок 2 - Задающая установка

Наши наблюдения показали, что расход воды инъекционной иглы находится в прямой зависимости от напора воды над иглой. Оптимальный уровень напора воды над иглой отмечается в среднем в пределах 8-10 см (рис 3).

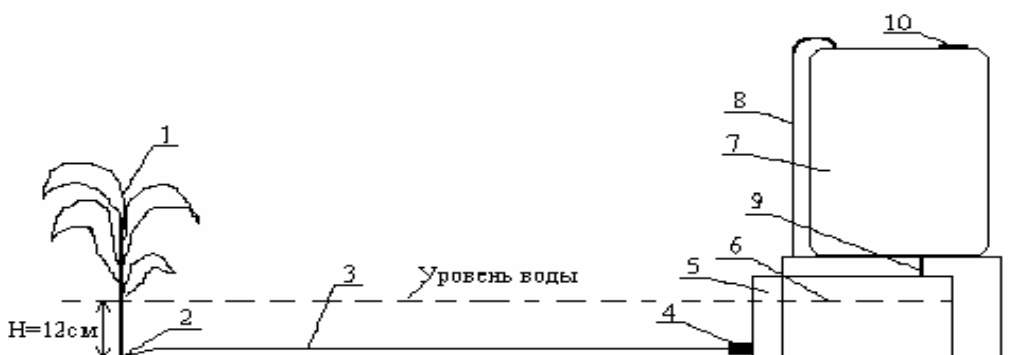


Рисунок 3 - Схема напора над инъекционной иглой:

- 1 – растения; 2 – игла; 3 – шланга для подача воды к иглу; 4 – кран для подачи воды;
- 5- регулирующая установка; 6 – уровень воды в регулирующей установке; 7 – бак; 8 – шланг измерения расхода воды; 9 – шланг для подачи воды в регулирующую установку; 10 – место для заправки бака

Выводы

Инъекционный способ полива позволяет подать оросительную воду непосредственно в ксилему растений в зоне распространения корневых волосков (биологическая активная зона) и позволяет расходовать воду только на транспирацию.

Список использованных источников

1. Петин Н.С. Физиологические основы рационального поливного режима сельскохозяйственных культур. Сб. «Режим орошения сельскохозяйственных культур». Издат-во М.: «Колос», 1965. С3-54.
2. Варисова Н.Н., Шустова А.Л. Физиология растения. Издательство М.: «Колос», 1969. С48-49.
3. Карманов В.Г., Радченко С.С. О водном обмене растений и режиме его самоуправления. Сб. «Режим орошения сельскохозяйственных культур». Издательство М.: «Колос», 1965. С199-203.
4. Инновационные способы полива и использования их для орошения. Зубаиров О.З. Алматы: Нур-Принт, 2012. С 225.
5. Авторское свидетельство на «Инъекционный способ полива» АС 22126.

УДК 631.617 (470.47)

ТЕХНОЛОГИИ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ РАСТЕНИЯМИ СОЛОДКИ ГОЛОЙ И ПЫРЕЯ СОЛОНЧАКОВОГО

С.Н. Зунгруева

КФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Элиста, Калмыкия

Природно-климатические условия Калмыкии экстремальны, почти на всей территории республики ощущается острый дефицит влаги: величина испаряемости превышает количество выпадающих осадков, коэффициент увлажнения колеблется в пределах 0,18...1,44 при высоком уровне радиационного баланса R 50,7...53,5 ккал/см² год. Основную часть земельного фонда республики (до 90 % от общей площади и до 80 % от площади пашни) составляют солонцы с солонцеватыми каштановыми и бурыми полупустынными почвами и их комплексами. Эти почвы содержат соли в количестве, при котором продуктивность земель при обычной агротехнике снижается на 25 % и более.

Для повышения продуктивности земель и обеспечения стабильного земледелия в регионе проводятся оросительные мелиорации по устранению неблагоприятных условий увлажнения. Однако, мониторинг состояния орошаемых земель в настоящее время в зоне деятельности обводнительно-оросительных систем Калмыкии показывает, что в хорошем мелиоративном состоянии по степени засоления почв (в слое 0...1,0 м) находится всего 2206 га (2 %), удовлетворительном - 42017 га (37%), неудовлетворительном – 69125,4 га (61,0 %), из них со средней степенью засоления - 48 %. По глубине залегания грунтовых вод в хорошем мелиоративном состоянии - 24451,6 га (21,6 %), удовлетворительном - 35036,8 га (30,9 %), неудовлетворительном - 53860 га (47,5 %) [1].

В Калмыцком филиале ВНИИГиМ проводятся полевые испытания экологически специализированных видов растений - фитомелиорантов пырея солончакового и солодки голой для восстановления нарушенных земель.

Пырей удлиненный (*Elytrigia elongata*(Host) Nevski) сорт «Солончаковый» выдерживает сульфатное и хлоридное засоление до 2 %, подтопление минерализованными водами до 0,8...0,9 м и затопление до 3 месяцев. Опытным полигоном испыта-

ний пырея солончакового являлся участок орошаемой пашни вдоль дренажно-сбросного коллектора Черноземельской обводнительно-оросительной системы, выведенный из сельхозоборота [5]. Почвенный покров отличался значительной ($1,41...1,68 \text{ г/см}^3$) плотностью, низким содержанием гумуса ($1,1...1,3 \%$) и легкодоступных питательных элементов. Зональные бурые полупустынные почвы опытного участка содержали легкорастворимых солей $0,67...1,76 \%$, а токсичных солей – $0,59...1,21 \%$ при устойчивом залегании грунтовых вод на глубине $1,0...1,5 \text{ м}$ с минерализацией $5,8...6,2 \text{ г/л}$.

Семена пырея высевали беспокровно сплошным рядовым способом посева сеялкой СЗТ-3,6 в раннеосенний и весенний сроки, с послепосевным прикатыванием катками ЗККШ-6 для обеспечения лучшего контакта семян с почвой. Норма высева семян в опыте составляла – $20...22 \text{ кг/га}$ или $6...6,5 \text{ млн.}$ кондиционных семян на 1 га , с заделкой на глубину $0,02...0,04 \text{ м}$, внесение азотно-фосфорных удобрений осуществлялось с поливом в фазу кущения – N_{40-50} , P_{20-30} , в фазу колошения – N_{30-40} , P_{15-25} и после проведения укосов – N_{20-30} , P_{15-20} , влажность почвы поддерживалась на уровне $60...70 \%$ НВ.

Проективное покрытие пырея солончакового в 1-й год жизни составило $60...70\%$, 2-й и 3-й годы жизни $80...100 \%$, 4-й и 5-й – $80...90 \%$. В процессе вегетации пырей солончаковый формирует мощную корневую систему, благодаря которой происходит непрерывный процесс биологического дренирования почвы. Пырей солончаковый 2-го...4-го годов жизни оставлял в пахотном и корнеобитаемом горизонтах почвы до $2,8...5,1 \text{ т/га}$ органического вещества с поукосными и корневыми остатками, улучшая водно-физические и агрохимические свойства почв. Травостой высотой до $1,5 \text{ м}$ защищал почву от выдувания почвенных частиц, предотвращая почвенную эрозию. Происходило вытеснение поглощённого натрия из ППК в процессе жизнедеятельности растений, и его содержание снижалось к концу вегетации в среднем на $56,7 \%$. Катионы и анионы равномерно перераспределялись по почвенному профилю (а не накапливались в пахотном горизонте), что способствовало снижению содержания токсичных солей до $46...67 \%$.

Солодка голая (Glycyrrhiza glabra L.) как фитомелиорант, выполняет средообразующую, санирующую, дренажную и рассолительную функции (В.Ф. Мамин, 2001; А.М. Салдаев, В.В. Бородычев, 2007). Полевые опыты с солодкой голой с разными сроками посадки и способами закладки плантаций были заложены в двух различных природно-климатических зонах Калмыкии [2]. В *пустынной зоне* опытный участок расположен вдоль приканальной зоны сбросного канала УС-5 Черноземельской ООС. Почвы бурые полупустынные легкосуглинистые, с содержанием гумуса в пахотном слое ($0...0,2 \text{ м}$) – $1,18...1,30 \%$, в активном слое ($0,2...0,4 \text{ м}$) – $0,31...0,68 \%$. Минерализация грунтовых вод достигает $6,1 \text{ г/л}$. В *полупустынной зоне* была заложена плантация на бурых тяжелосуглинистых почвах на выведенном из севооборота рисовом чеке Сарпинской ООС. Содержание гумуса в слое $0...0,2 \text{ м}$ – $1,64...1,73 \%$, в слое $0,2...0,4 \text{ м}$ – $0,50...1,14 \%$. Емкость поглощения почвы низкая и составляла $7...11 \text{ мг-экв/100 г}$ почвы, реакция почвенного раствора нейтральная и слабощелочная. Грунтовые воды находились на глубине $1,8...2,2 \text{ м}$ с минерализацией до $12,3 \text{ г/л}$.

Закладку плантации солодки голой проводили осенью и ранней весной. Корневища солодки длиной $10...15 \text{ см}$ укладывали в предварительно подготовленные борозды: на легких по гранулометрическому составу почвах в пустынной зоне на глубину $0,1...0,15 \text{ м}$, на средне- и тяжелосуглинистых почвах на бросовых рисовых чеках – на глубину $0,05...0,10 \text{ см}$. При посадке локально вносили минеральные удобрения в

дозах N₄₀₋₅₀ P₂₀₋₃₀ кг/га д.в. В целях увеличения скорости выщелачивания солей из корнеобитаемой зоны и создания нисходящих токов воды и выноса солей из корнеобитаемой зоны в первый год вегетации солодки поддерживали предполивную влажность почвы на уровне 75...80 % НВ.

Как показали полевые исследования, продуктивность урожая сена солодки голой на деградированных орошаемых землях полупустынной и пустынной зон Калмыкии зависит от сроков и способов посадки (табл. 1). Первый укос надземной массы солодки голой в варианте с осенним сроком посадки проводили в период вегетации бутонизации – начало цветения (III декада мая), второй укос – в I декаде сентября. В варианте с весенним сроком посадки проводили один укос надземной массы I декаду сентября.

Таблица 1. - Урожайность сена солодки голой первого года жизни (т/га)

Сроки закладки плантации	Способ укладки корневищ	Первый укос	Второй укос
<i>Полупустынная зона</i>			
Осень	вертикальный	0,98	0,27
	горизонтальный	1,75	0,45
Весна	вертикальный	0,45	–
	горизонтальный	0,75	–
<i>Пустынная зона</i>			
Осень	вертикальный	1,84	0,78
	горизонтальный	2,12	1,06
Весна	вертикальный	1,25	–
	горизонтальный	1,68	–

Результаты исследований показали, что максимальный урожай сена первого укоса был в варианте при горизонтальном способе посадки в пустынной зоне на легких почвах и составил 1,84 т/га, что больше на 0,28 т/га, или на 15 %, по сравнению с вертикальным способом. В полупустынной зоне урожай сена первого укоса осеннего срока составил 0,98...1,75 т/га, что на 0,37...0,86 т/га меньше, чем в пустынной зоне. Разница продуктивности надземной массы связана с тем, что на легких по гранулометрическому составу почвах рост и развитие солодки лучше, чем на тяжелых.

Однако, при одновидовом посеве семян солодки становится проблематичной создание устойчивых растительных сообществ как из-за погодных условий, так и трудностей прорастания семян солодки в силу их окаменелости. Скарификация и ростостимулирующие препараты не обеспечивают получение даже 80...90 % всходов семян солодки. В одновидовых посевах при наличии устойчивых солодковых растительных сообществ не достигается максимального рассоляющего эффекта [2].

Разработан способ формирования смешанного пырейно-солодкового агрофитоценоза на вторично засоленных почвах при близком залегании грунтовых вод [3]. На деградированных, вторично засоленных почвах с содержанием водорастворимых солей 0,4...1,2 % и близким залеганием грунтовых вод, проводят основную и предпосевную обработку почвы осенью, затем в I...II декаду октября формируют пырейно-солодковый агрофитоценоз чередованием полос солодки голой (3 ряда) и пырея солончакового (5 рядов). Посадку корневых черенков солодки голой осуществляют в подготовленные борозды с расстоянием между ними 0,3 м. Посев семян пырея солон-

чакового проводят рядовым способом с шириной междурядий 0,15 м (рис.1). Таким образом, формируют загущенный растительный массив.

В 1-й год создания плантации производят двукратное скашивание на сено пырейной наземной массы на высоту 0,12...0,15 м. Со 2-го по 5-й годы, когда активно подрастает и наземная масса солодки, осуществляют по 2...3 укоса пырейно-солодкового сена. В течение 5-ти лет после каждого укоса надземной массы пырейно-солодкового агрофитоценоза проводят минеральные подкормки, орошают водой с минерализацией не более 1,8...3,0 г/л при поддержании порога предполивной влажности почвы не ниже 65...70 % НВ, что способствует созданию нисходящих токов воды, выносу солей из корнеобитаемого слоя и предотвращению их реставрации в межполивные периоды. При этом 27 % от общего водопотребления пырейно-солодковый агрофитоценоз потребляет из близко залегающих грунтовых вод, чем значительно понижает их уровень.

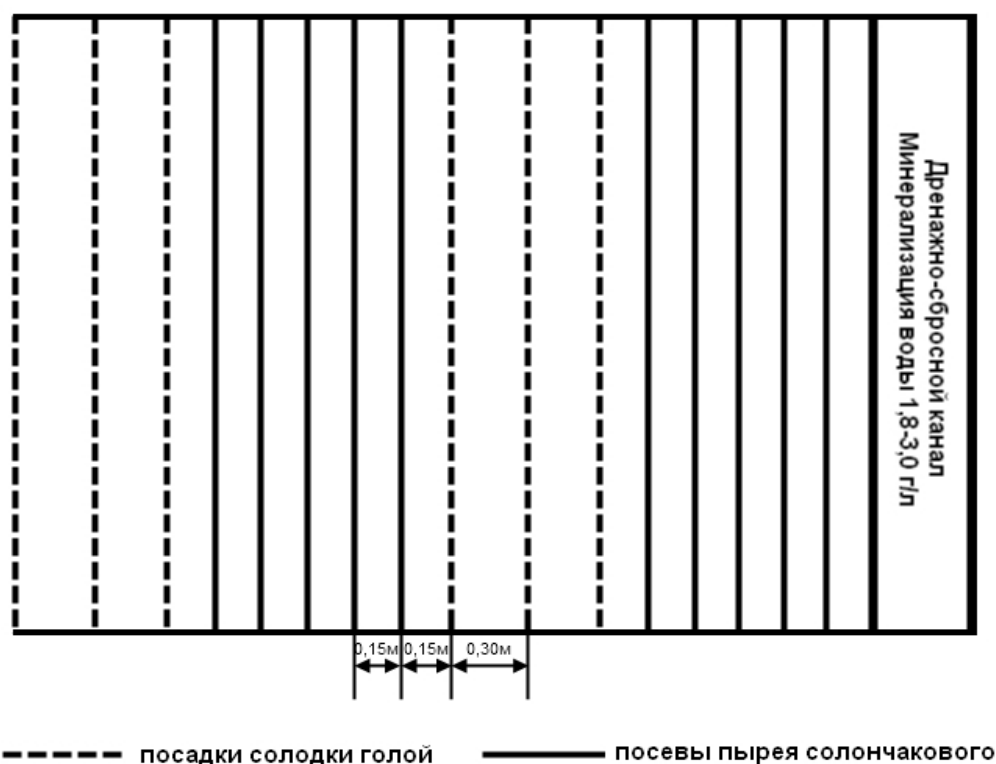


Рисунок 1 - Схема посева пырейно-солодкового агрофитоценоза

Проективное покрытие плантации в пырейно-солодковом агрофитоценозе уже в первый год продуцирования достигает 60...70 %, что существенно повышает его фитомелиоративный эффект, способствующий уменьшению содержания водорастворимых солей в пахотном горизонте почвы с 0,4...1,2 % до 0,28...0,8 % и снижению уровня грунтовых вод на 0,5...0,7 м. Вследствие 5-летнего возделывания пырейно-солодкового агрофитоценоза уменьшается плотность сложения почвы в слое 0...0,4 м на 15...18 %, увеличивается общая пористость и пористость аэрации по сравнению с исходным состоянием соответственно на 3 % и 5 %, снижаются затраты ручного труда. К тому же, пырейно-солодковое сено в отличие от пырейного сена имеет более высокобелковый состав, а в отличие от солодкового сена – не осыпается и содержит больше сахаров, то есть оптимально сбалансировано по составу и структуре.

Механизм мелиоративного воздействия фитомелиорантов на слабо- и среднесоленные почвы заключается в том, что при близком залегании уровня грунтовых вод

интенсивно развивающиеся растительные ассоциации предохраняют почву от засоления и осолонцевания за счет использования основной части капиллярной влаги грунтовых вод на транспирацию, препятствуя тем самым передвижению солей в верхние почвенные слои. Благодаря снижению уровня грунтовых вод, создается достаточно свободная емкость в зоне аэрации для поступления нисходящих токов влаги при поливах и выносе солей вместе с ними. Также мелиоративный эффект обуславливается способностью ее подземных органов данных растений к активной регенерации, устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, общим высоким биологическим потенциалом. Таким образом, существующие фитомелиоративные технологии позволяют вернуть деградированные орошаемые земли в сельскохозяйственный оборот и получать дополнительный урожай высокобелкового пырейно-солодкового сена и солодкового корня.

Список использованных источников

1. Дедова, Э.Б. Состояние и проблемы мелиоративного комплекса Республики Калмыкия/ Э.Б. Дедова// Инновационные технологии в мелиорации. Мат-лы междунар.науч.-пр. конф. (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2011. - С. 47-51.
2. Нохашкиева, С.Н. Солодка голая как средство биологической мелиорации земель в условиях Республики Калмыкия. / С.Н. Нохашкиева// Актуальные проблемы современных аграрных технологий. Мат-лы III Всероссийской научн. конф. студентов и молодых ученых. – г. Астрахань, 2008. - С.26-27.
3. Патент № 2485746 С 1. МПК А 01 В 79/02, А 01 G 25/00. Способ формирования пырейно-солодкового агрофитоценоза на вторично засоленных почвах при близком залегании грунтовых вод / Э.Б. Дедова, М.П. Чапанова, С.Н. Нохашкиева. - Изобретения. Полезные модели. - 2013. - Бюл. №18.
4. Салдаев, А.М. Современные технологии фитомелиорации деградированных орошаемых земель растениями солодки / А.М. Салдаев, В.В. Бородычев// Новые технологии и экологическая безопасность в мелиорации: Сб. науч. докл. междунар. 4-й Всеросс. конф. молодых ученых и специалистов. – Коломна: ФГНУ ВНИИ “Радуга”, 2007. – С. 251 – 261.
5. Чапанова, М.П. Фитомелиоративная технология возделывания пырея солончакового на вторично засоленных почвах / М.П. Чапанова// Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «Научно-производственное обеспечение развития комплексных мелиораций Прикаспия»: Сб. науч. тр. – г. Астрахань, 2006. – С. 268-373.

УДК: 631.61

ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ САНАЦИИ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЁННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ

А.В. Ильинский

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

В результате техногенного воздействия в почве накапливаются поллютанты, оседающие из атмосферы, сбрасываемые вместе со сточными водами при выпуске их на грунт, а также твёрдые отходы. К числу таких загрязнений относятся тяжёлые металлы, нефть, нефтепродукты, ил очистных сооружений, ядохимикаты, минеральные удобрения, применяемые в сельском хозяйстве, и др. [7, 9, 10]. Поступающие в почву химические соединения вызывают постепенное изменение химических и физических свойств почвы, ухудшают её плодородие, снижают численность почвенных организмов [8, 10]. Загрязнённость почвы поллютантами приводит к снижению урожайности и ухудшению качества растениеводческой продукции, деградации почвенного покрова и потере плодородия [1, 2, 4, 5, 9]. Реализация мероприятий по реабилитации тех-

ногенно загрязнённых почв земель сельскохозяйственного назначения, в первую очередь, должна предполагать наличие рабочего проекта по каждому конкретному объекту почвовосстановительных работ, подготовленного на основании результатов комплексных инженерных изысканий, учитывающих качественный и количественный состав содержащихся в почве поллютантов, площадь и глубину загрязнённости почв, природно-климатические условия местности, а также предусматривать применение современной системы комплексного контроля процесса и результатов реабилитационных работ [3, 6].

Система контроля за проведением реабилитационных работ должна состоять из технологического и химико-аналитического контролей. Технологический контроль включает в себя визуальный, а при необходимости, инструментальный контроль, процесса и результатов, выполняемых подрядчиком реабилитационных работ непосредственно на месте их осуществления с последующей камеральной обработкой собранной на объекте информации. Цель технологического контроля заключается в повышении качества работ по очистке загрязнённых земель путем выявления и устранения нарушений, т.е. любых фактов ненадлежащего выполнения подрядчиком работ, которые выражаются в отклонении наблюдаемой фактической ситуации от установленных требований и нормативов. Химико-аналитический контроль является элементом натурного обследования объекта работ, включающим отбор почвенных образцов, а, при необходимости, отбор других компонентов природной среды, количественный химический анализ проб, либо иные лабораторные испытания проб почв в аккредитованной лаборатории по показателям, установленным программой проведения наблюдений в составе проектных решений, а также обработку полученных данных и подготовку соответствующего экспертного заключения об эффективности (достаточности) выполняемых по проекту видов и объемов реабилитационных работ.

Условия проведения химико-аналитического контроля как, впрочем, и технологического контроля, рекомендуется определять уже на стадии разработки проектной документации и плана производства работ в виде программы проведения наблюдений, в которой должны быть четко и подробно представлены контролируемые компоненты природной среды, показатели, точки отбора, периодичность наблюдений, а также критерии для оценки результатов химико-аналитических исследований. Как правило, уже на стадии проведения комплексных инженерных изысканий и проработки в составе проектных решений соответствующих мелиоративных приёмов по восстановлению техногенно загрязнённых и нуждающихся в проведении реабилитационных работ земель осуществляется предварительное обследование рекультивируемых площадей, включающее комплексное агрохимическое исследование отобранных образцов почвы в специализированной аккредитованной лаборатории по стандартным методикам на содержание нефтепродуктов, усвояемых форм азота, фосфора, калия, органического вещества, величины рН, гидролитической кислотности, влажности почвы, а, при необходимости, и определение содержания тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути), мышьяка и других компонентов, набор которых устанавливается техническим заданием на проведение контроля, в зависимости от стадии изысканий и предполагаемого состава загрязнителей, с учетом вида деятельности, вызывающей загрязнение (СНиП 11-02-96, СП 11-102-97). Например, исходя из полученных результатов предварительного комплексного агрохимического обследования для проведения реабилитационных работ по очистке почв от нефтепродуктов и восстановлению плодородия загрязнённых нефтепродуктами земель, должно быть предусмотрено внесение в почву дополнительных мелиорантов, минеральных и органиче-

ских удобрений, извести, а при недостатке влаги для деятельности углеводородокисляющих микроорганизмов в составе технологических схем процесса проведения реабилитационных работ - поливы и рыхление почвы. Такие агрохимические анализы и мероприятия должны быть проведены не только с целью создания оптимальных условий, например, для жизнедеятельности интродуцируемых штаммов аэробных углеводородокисляющих микроорганизмов, но также и для последующего успешного выращивания сельскохозяйственных культур на очищенных от поллютантов землях.

Структура системы комплексного контроля за выполнением работ по ликвидации загрязнённости поллютантами почв земель сельскохозяйственного назначения должна включать в себя следующие направления:

1) контроль процесса ведения работ по реабилитации загрязнённых поллютантами почв;

2) контроль результатов выполненных работ по реабилитации загрязнённых поллютантами почв, качеству и объемам заявленных к сдаче работ и проведение итогового контроля и натурного обследования объектов работ;

3) контроль соблюдения подрядчиком требований в области охраны окружающей среды, промышленной безопасности и охраны труда при проведении реабилитационных работ;

4) контроль, проверка содержания рабочей документации по проекту и разработка документов и материалов в рамках договора и технического задания;

5) оценка работы подрядной организации, контроль реагирования подрядчика на замечания контролирующих организаций. При этом каждое из обозначенных направлений системы комплексного контроля должно иметь свои чётко сформулированные показатели для объективной оценки выполнения подрядной организацией мелиоративных работ.

Разработанная система комплексного контроля за реализацией проектных решений при реабилитации техногенно загрязнённых земель позволяет, с использованием широкого ряда критериев, объективно оценивать соблюдение требуемого качества, видов и объемов мелиоративных работ по ликвидации загрязнённости земель поллютантами, а также последствия негативного техногенного воздействия, вовремя выявить, а порой и предотвратить, нарушения персоналом подрядчика требований действующего законодательства Российской Федерации, регламентов заказчика, нормативно-технических документов, проектной документации и условий договоров, заключенных заказчиком с подрядчиком, а также повысить эффективность реабилитационных работ. Информация, собранная с помощью системы комплексного контроля за соблюдением технологического процесса проведения работ по реабилитации техногенно загрязнённых земель, должна быть обработана и в виде ежедневных сообщений, оперативных сообщений о нарушении, ежедневных сводок по видам и объемам выполненных реабилитационных работ, ежемесячных докладов, заключений о возможности (либо невозможности) приёмки видов и объемов работ, заявляемых к сдаче подрядной организацией, с обязательным приложением фотографических и табличных материалов, должна оперативно и систематично передаваться заказчику проекта для её анализа и принятия мер оперативного реагирования в зависимости от складывающейся на объекте работ ситуации.

Следует отметить, что разработка и реализация современных методов контроля и управления процессами в организации и выполнении природовосстановительных работ может быть достигнута во многом благодаря использованию представлений о системном подходе и на основе механизма обратной связи в блок-схеме «загрязнён-

ная почва - система комплексного контроля - мелиоративные мероприятия». Предлагаемая модель системы комплексного контроля за процессом выполнения природовосстановительных мероприятий по реабилитации загрязнённых поллютантами земель направлена на поддержку принятия управленческих решений при реализации проектных задач и включает в себя ключевые направления контроля за процессом и качеством выполнения мелиоративных работ и наличие механизма обратной связи в блок-схеме «загрязнённая почва - система комплексного контроля - мелиоративные мероприятия». Такая связь способствует достижению требуемых параметров системы и её регулированию. Основным действенным рычагом такого подхода является экономическая мотивация, заключающаяся в комплексе штрафных санкций, применяемых к подрядчику, в случае обнаружения во время технологического контроля за выполнением реабилитационных мероприятий нарушений и необоснованных отклонений от проектных решений в работе подрядчика, а также перспектива внесения конкретного подрядчика в «черный список неблагонадежных компаний» заказчика на основе анализа оперативных данных, получаемых благодаря механизму обратных связей при использовании представленной структуры системы комплексного контроля за процессом проведения природовосстановительных мероприятий. Рекомендации по использованию системы комплексного контроля за процессом и качеством выполнения работ по реабилитации техногенно загрязненных территорий были успешно применены на практике: при оказании услуг по контролю за выполнением природовосстановительных работ при реализации в 2013-2014 гг. проекта по очистке загрязнённой продуктами переработки нефти территории одного из крупных предприятий России в сфере нефтепереработки. Так, анализ выявленных в работе подрядной организации нарушений показал, что 38,9% из них пришлось на направление «контроль процесса ведения работ», 38,9% - на направление «контроль результатов выполнения работ по качеству и объемам заявленных к сдаче работ» и 22,2% - на направление «контроль, проверка содержания рабочей документации и разработка документов и материалов». Следует также отметить, что благодаря предложенной модели системы комплексного контроля за процессом выполнения мероприятий по реабилитации загрязнённых поллютантами территорий, направленной на повышение их эффективности и качества проводимых мелиоративных работ посредством поддержки принятия управленческих решений при реализации поставленных проектом задач, в процессе реализации проекта подрядчиком были устранены все ранее допущенные запротоколированные нарушения. Проведённый, благодаря использованию системы комплексного контроля, анализ процесса и результатов выполнения работ по реабилитации техногенно загрязненных территорий позволил сформулировать предложения по совершенствованию технологий производства и организации природовосстановительных работ, рекомендации по улучшению качества и повышению эффективности выполнения подобных работ.

Список использованных источников

1. Аммосова, Я.М. Охрана почв от химического загрязнения [Текст] / Я.М. Аммосова, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 96 с.
2. Ильинский, А.В. О возможности использования биологической очистки почвогрунта, загрязнённого нефтепродуктами, применительно к условиям природовосстановительных работ крупного нефтеперерабатывающего предприятия [Текст] / А.В. Ильинский, Л.В. Кирейчева, С.В. Перегудов // Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах: Матер. между. Науч.-практ. Конф. / НГСХА. – Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2014. – С. 160–164.
3. Ильинский, А.В. Некоторые аспекты обоснования системы комплексного контроля при проведении мероприятий по реабилитации техногенно загрязнённых земель [Текст] / А.В. Ильинский,

Д.В. Виноградов, П.Н. Балабко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 4 (28). – С. 10–15.

4. Ильин, В.Б. Оценка защитных возможностей системы почва-растение при модельном загрязнении почвы свинцом (по результатам вегетационных опытов) [Текст] / В.Б. Ильин // Агрохимия. – 2004. – №4. – С. 52–57.

5. Ильинский, А.В. Обоснование биологической очистки земель, загрязнённых продуктами переработки нефти [Текст] / А.В. Ильинский, С.В. Перегудов // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научной конференции. – М.: Изд. ВНИИА, 2014. – С. 69–74.

6. Ильинский, А.В. Структура системы комплексного контроля за проведением мелиоративных мероприятий по реабилитации техногенно загрязнённых земель [Текст] / А.В. Ильинский // Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах: Материалы международной научно-практической конференции НГСХА. – Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2014. – С. 156–159.

7. Кирейчева, Л.В. Санация загрязнённых мышьяком почв с использованием комбинированного мелиоранта [Текст] / Л.В. Кирейчева, А.В. Ильинский // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – № 4. – С. 37–39.

8. Оценка экотоксичности тяжелых металлов и нефти по биологическим показателям чернозема: монография / М.Г. Жаркова, С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, И.В. Кутузова, Е.В. Налета; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. – 240 с.

9. Овчаренко, М.М. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение [Текст] / М.М. Овчаренко // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – №4. – С. 8–16.

10. Черников, В.А. Агроэкология [Текст] / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

УДК: 631.453

ОБОСНОВАНИЕ САНАЦИИ ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ ФИТОРЕМЕДИАНТОВ

А.В. Ильинский¹, Л.В. Кирейчева²,

¹Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия;

²ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Наиболее ядовитыми для растений и ряда микроорганизмов являются ртуть, медь, никель, свинец, кобальт и кадмий [1, 2, 3]. Характерная особенность физиологии этих элементов состоит в том, что если и некоторые из них необходимы для роста растений, они входят в состав биологически активных веществ, регулирующих нормальный ход жизнедеятельности организмов, то при высоких концентрациях они могут оказать токсичное действие на клетки, способны нарушать нормальный ход биохимических процессов, влиять на синтез и функции многих активных соединений: ферментов, витаминов, пигментов [1, 3, 4]. Высокие концентрации в почве меди, цинка, свинца и кадмия приводят к снижению количества хлорофилла, вследствие ингибирования синтеза магний-порфирина [3].

Добиться предотвращения негативных последствий загрязнения отдельных компонентов окружающей среды тяжёлыми металлами (ТМ) и реабилитации техногенно загрязнённых земель возможно только с помощью разработки современных, высокоэффективных, экологически безопасных и экономически приемлемых отечественных мелиоративных технологий [4, 5, 6, 7]. Становится очевидным, что при разработке приёмов очистки почв, загрязнённых тяжёлыми металлами, требуется проработка регионального подхода, учитывающего особенности почвообразовательного процесса, свойства почв, природно-климатические особенности, специфичность сочетания тя-

жёлых металлов территории [6, 7, 8]. В этой связи, изучение толерантности сельскохозяйственных растений к загрязнённости почв комплексом поллютантов приобрело особую актуальность.

Механизмы проявления биологической активности металлов, в свете которых трактуются общетоксические и специфические стороны повреждающего действия заключаются в их способности связываться с доступными ионизированными карбоксильными, фосфатными, амино- и сульфогидрольными группами мембран клеток, приводящей к нарушению ферментных систем и изменению проницаемости мембран [8, 9, 10]. Нарушение жизнедеятельности растений при их росте на засоленных почвах обусловлено не столько высоким осмотическим давлением почвенного раствора, сколько токсическим действием солей, которые приводят к разрушению цитоплазматических мембран, снижают активность ферментных систем, связанных с мембранами, а это, в свою очередь, снижает фото- и окислительное фосфорилирование и нарушает энергетический процесс. Засоленность ведёт к нарушению белкового обмена, вызывая интенсивное накопление свободных аминокислот, и способствует образованию токсичных продуктов, таких, как кадаверин, путресцин и аммиак [11].

В современных условиях растущего техногенного воздействия на природную среду при решении вопросов очистки и реабилитации загрязнённых комплексом тяжёлых металлов почв особый научный интерес и важное практическое значение приобретают так называемые «зелёные» технологии «in situ», к которым относится фиторемедиация [4, 12, 13, 14]. Современные технологии фиторемедиации могут основываться на разных методологических подходах и нуждаются в специальном рассмотрении [5, 12, 16]. В настоящее время наиболее распространённым методом фиторемедиации загрязнённых тяжёлыми металлами почв является фитоэкстракция, заключающаяся в поглощении растениями поллютантов из почвы и концентрировании их в надземных органах с последующей уборкой и утилизацией загрязнённой фитомассы [2, 4, 12]. Доступность применения фитоэкстракции связана с мобилизацией тяжёлых металлов под воздействием корневых выделений растений, способностью растений к аккумуляции и транслокации поллютантов, устойчивостью к их высоким концентрациям и урожайностью. Доступность металлов растениям может быть усилена с помощью различных мелиорантов [4, 12, 16, 17].

Толерантность не представляет собой единый механизм, а включает в себя несколько метаболических процессов: селективное поглощение ионов; пониженная проницаемость мембран; иммобилизация ионов в корнях, листьях, семенах; удаление ионов из метаболических процессов путем отложения их в фиксированных или нерастворимых формах в различных органах и органеллах; изменение характера метаболизма; адаптация к замещению физиологического элемента токсичным в энзиме; удаление ионов из растений при вымывании через листья, соковыделении, сбрасывании листьев и выделении через корни [1]. По механизму поглощения металлов толерантные растения А.Л. Ковалевский [18] подразделил на безбарьерные и барьерные. Для фиторемедиации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами, целесообразно использовать безбарьерные и низкобарьерные толерантные растения, способные интенсивно накапливать поллютанты, формируя при этом большую фитомассу. Вместе с тем, выращивание на загрязнённых тяжёлыми металлами почвах средне- и высокобарьерных толерантных растений позволят получать растениеводческую продукцию, удовлетворяющую санитарно-гигиеническим нормативам [1, 8, 19, 20].

Для очистки загрязнённых почв до достижения ПДК или ОДК ТМ с помощью фитоэкстракции требуется обычно продолжительное время, измеряемое единицами и

десятками лет. К несомненным достоинствам фиторемедиации следует отнести экономическую эффективность, экологическую безопасность, эстетическую привлекательность и общественное признание [4, 5, 12, 20]. Однако, прогресс в области коммерциализации фитоэкстракции тормозится недостаточным пониманием сложных взаимоотношений в ризосфере и механизмов транслокации и аккумуляции металлов в растениях [4, 12, 21]. При подборе фиторемедиантов для фитоэкстракции большое значение имеют приспособленность растений к местным почвенно-климатическим условиям, толерантность к высоким концентрациям тяжёлых металлов, способность к быстрому росту и производству большой биомассы, наличие мощной корневой системы, эффективность транспорта из корней в побеги, сопротивляемость болезням и вредителям, возможности агротехнической обработки и уборки [12].

Выполненные на экспериментальной базе Мещерского филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» вегетационные исследования доказали высокую толерантность овса, гречихи, бобов и сои к загрязнённости оподзоленного чернозёма комплексом меди, цинка, свинца и кадмия и способность испытуемых растений накапливать достаточно высокое количество поллютантов в фитомассе, что позволяет использовать их в качестве фиторемедиантов при биологической очистке загрязненной почвы в условиях умеренно опасной загрязнённости. При этом вынос фитомассой бобов меди, цинка и свинца за счёт большего урожая заметно выше, чем овсом, гречихой и соей, что необходимо учитывать при выборе фиторемедианта для реабилитации загрязнённой почвы. В качестве толерантной высокобарьерной сельскохозяйственной культуры, позволяющей, при умеренно опасной загрязнённости почвы тяжёлыми металлами, получать зерновую продукцию, удовлетворяющую требованиям санитарно-гигиенических нормативов, возможно выращивание ярового ячменя.

В заключение хочется отметить, что хотя биологическая очистка почв с помощью фитомелиорантов и является «мягким» и экстенсивным методом санации, тем не менее, он основан на биологическом круговороте элементов в природе и поэтому является экологически безопасным и относительно дешевым мелиоративным мероприятием. Как один из возможных вариантов утилизации загрязненной фитомассы следует рассматривать приготовление удобрительных смесей на основе золы от фиторемедиантов и торфа с обязательным контролем за содержанием тяжёлых металлов. Практическая значимость работы заключается в возможности использования фиторемедиантов при проведении работ по санации загрязнённых тяжёлыми металлами почв земель сельскохозяйственного назначения на территории Российской Федерации в условиях «in situ» на больших площадях с неоднородным характером загрязнённости поллютантами.

Список использованных источников

1. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. [Текст] / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
2. Черных, Н.А. Экологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами [Текст] / Н.А. Черных, Н.З. Милащенко, В.Ф. Ладонин. – М.: Агроконсалт, 1999. – 176 с.
3. Соколов, О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 1. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды [Текст] / О.А. Соколов, В.А. Черников. – Пущино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.
4. Ильинский, А.В. Очистка и детоксикация оподзоленных и выщелоченных чернозёмов, загрязнённых тяжелыми металлами (на примере Рязанской области): автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук [Текст]: 06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель, 03.00.16 – Экология / Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – Москва, – 2003. – 26 с.

5. Копчик, Г.Н. Современные подходы к ремедиации почв, загрязненных тяжёлыми металлами (обзор литературы) [Текст] / Н.Г. Копчик // Почвоведение. – 2014. – № 7. – С. 851–868.
6. Ильинский, А.В. Некоторые аспекты обоснования системы комплексного контроля при проведении мероприятий по реабилитации техногенно загрязнённых земель [Текст] / А.В. Ильинский, Д.В. Виноградов, П.Н. Балабко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 4 (28). – С. 10–15.
7. Кирейчева, Л.В. Санация загрязнённых мышьяком почв с использованием комбинированного мелиоранта [Текст] / Л.В. Кирейчева, А.В. Ильинский // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – № 4. – С. 37–39.
8. Бурлакова, Л.М. Экоотоксиканты в системе «почвы-растения-животные» (на примере отдельных зон Алтайского края) [Текст] / Л.М. Бурлакова, О.И. Антонова, Н.Г. Деев, Г.Г. Морковкин и др. Монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – 236 с.
9. Ершов, Ю.Н. Механизмы токсического действия неорганических соединений [Текст] / Ю.Н. Ершов, Т.В. Плешкова. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.
10. Чекунова, А.В. Механизмы повреждающего действия металлов и вопросы избирательности [Текст] / А.В. Чекунова, О.В. Фролова // Современные проблемы профилактической токсикологии. – М., 1991. С. 26 – 36.
11. Третьяков, Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений [Текст] / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин и др. – М.: Колос, 2000. – 640 с.
12. Копчик, Г.Н. Проблемы и перспективы фиторемедиации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами (обзор литературы) [Текст] / Н.Г. Копчик // Почвоведение. – 2014. – № 9. – С. 1113–1130.
13. Галиулин, Р.В. Очистка почв от тяжелых металлов с помощью растений [Текст] / Р.В. Галиулин, Р.А. Галиулина // Вестник Российской академии наук. – 2008. – Т. 78. – № 3. – С. 247–249.
14. Галиулин, Р.В. Фитоэкстракция тяжелых металлов из загрязненных почв [Текст] / Р.В. Галиулин, Р.А. Галиулина // Агрохимия. – 2003. – № 3. – С. 77–85.
15. Ильинский, А.В. К вопросу детоксикации загрязнённого мышьяком оподзоленного чернозёма с помощью комбинированного мелиоранта на основе диатомита и голубой глины [Текст] / А.В. Ильинский, Л.В. Кирейчева, Д.В. Виноградов, Л.И. Московкина // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 3 (27). – С. 9–13.
16. Prasad, M.N.V. Metal hyperaccumulation in plants – Biodiversity prospecting for phytoremediation technology [Text] / M.N.V. Prasad, H.M.O. Freitas // Electronic J. of Biotechnology. – 2003. – V. 6. – № 3. – P. 285–321.
17. Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами [Текст]. – Москва, 2005. – 71 с.
18. Ковальский, В.В. Субрегионы биосферы и биогеохимические провинции Армении, обогащённые свинцом [Текст] / В.В. Ковальский, А.И. Макарова // Биогеохимическое районирование – метод изучения экологического строения биосферы. – М.: Наука. 1978. – С. 75–88.
19. Евтюхин В.Ф. Влияние систем удобрений на продуктивные функции сельскохозяйственных культур в условиях смоделированного загрязнения чернозема тяжелыми металлами [Текст] / В.Ф. Евтюхин, А.В. Ильинский, О.В. Черникова // Агрохимический вестник. – 2011. – № 3. – С. 24–26.
20. Ильинский, А.В. Биологическая очистка почв, загрязнённых тяжёлыми металлами [Текст] / А.В. Ильинский // Агрохимический вестник. – 2003. – № 5. – С. 30.
21. Lasat, M.M. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms [Text] / M.M. Lasat // J. Environ. Qual. – 2002. – V. 31(1). – P. 109–120.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕОТЛОЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ПЕСКОВ РЕКИ ПЯНДЖ НА ТЕРРИТОРИИ ИШКАШИМСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

А. Кадамов*, И.И. Икромов**

*Памирский биологический институт им. Х. Ю. Юсуфбекова;

**Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемур, г. Хорог, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Подвижными называются пески перемещаемые под воздействием ветра [1]. При перемещении песков ветром происходит засорение прилегающих земель песчаными частицами, вредно сказывающимися на их плодородии и продуктивности. Поэтому борьба с подвижными песками и их мелиорация занимает особое место в системе работ по противоэрозионной организации территории [2].

В Ишкашимском районе (особенно в верховьях р. Пяндж) в силу геолого-литологических условий, ежегодно в половодье вдоль берегов реки Пяндж отлагается огромное количество песчаных взвесей [3]. В межень под воздействием ветра эти песчаные толщи перемещаются вверх по склону, засоряя и погребая под собой огромные территории. Мощность отложения наносов различна и зависит от рельефа и мутности потока [4]. Последнее тесно связано с эрозионной деятельностью боковых притоков, которые являются основными «поставщиками» аллювиальных взвесей и наносов. Относительная мутность воды реки Пяндж равна 2,0-5,0 кг/м³ [5]. Однако отложение аллювия происходит не на всем протяжении реки, а локально в местах расширения долины. Следовательно, отложения аллювия вдоль всего русла во время половодья возможно только на тех участках, где река заливает часть плоского берега, т.е. на нижних террасах и окраинах конусов выноса. На исследуемой территории таких участков очень много.

В пределах Ишкашимского района аллювиальные пески занимают площадь более 1850 га и расположены в основном в верхней части долины Ишкашим, в Вахане. Эти участки характеризуются эрозионно-опасным рельефом, почвами легкого механического состава и пестрой растительностью.

Объектами исследования служили аллювиальные песчаные образования реки Пяндж на территории Ишкашимского района около населённых пунктов Бойбар, Змудг и Птуп. В процессе полевых работ определялись границы зон переотложения аллювиальных песков. В каждой зоне было заложено по 3 прикопки, с которых отбирались образцы почвы для лабораторного анализа. Гранулометрический анализ образцов проводился с помощью набора сит методом сухого рассева по Савинову [6]. Границы зон определялись при помощи GPS.

На исследуемой территории выделялись три зоны: образования, транзита или переноса и аккумуляции (или переотложения) песчаного материала. Границами зоны образования являются уровни воды в реке в половодье и в межени, так как именно в половодье начинается отложение песков, а в межени – ее полное прекращение. В этой зоне происходит активная аккумуляция взвешенных наносов из мутной речной воды.

По гранулометрическому составу свежееотложенный аллювий является супесчаным, связнопесчаным грунтом (табл. 1). В случае, когда река заливает часть плоского берега, зона «образования» охватывает сравнительно большую территорию. В противном случае она простирается узкой полосой вдоль берега.

Таблица 1 - Гранулометрический состав свежееотложенного аллювия

№ п/п	Наименование участка	Механический состав фракций отложений в %, мм									
		>10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	> 0,01
1	Бойбар	-	-	-	0,03	0,12	0,19	0,17	0,11	0,20	0,18
2	Змудк	-	-	-	0,01	0,14	0,21	0,27	0,19	0,10	0,08
3	Птуп	-	-	-	0,02	0,09	0,11	0,13	0,24	0,21	0,20

Зона транзита располагается между зонами образования и аккумуляции. Она начинается от уровня стояния воды в реке в половодье до препятствия на пути движения песка. Территория охвата данной зоны может быть различной и зависит от местных условий. Следует отметить, что гранулометрический состав песка данной зоны подвержен изменению в течение сезона. В результате переработки ветром аллювиальные отложения сортируются, крупные частицы перемешаются на незначительное расстояние, более мелкие заносятся на склоны и отлагаются там. Наиболее мелкие частицы в большей степени подвергаются развеиванию. Фракционный состав аллювиальных песков перечисленных зон приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Механический состав аллювиальных песков разных зональных участков, подвергшихся развеиванию

№п/п	Высотный участок	Механический состав фракций в %, мм									
		>10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	> 0,01
1	Зона образования	-	1,5	8,6	19,4	15,8	10,5	18,8	19,7	11,6	4,1
2	Зона транзита	-	-	-	4,7	5,8	45,8	31,5	10,5	0,2	1,5
3	Зона аккумуляции	-	-	-	-	-	5,7	30,8	51,8	0,3	11,4

Анализ данных таблицы 2 показывает, что по мере заноса песков от места их отложения вверх они сортируются. Если на первом участке имеются частицы размером более 10 мм, то на среднем участке они полностью отсутствуют. Наиболее крупные частицы здесь не превышают 5 мм. При этом преобладающей фракцией среднего участка являются фракции размером от 0,25 до 3 мм, в то время как в верхней части преобладающими являются частицы размером 0,05 – 0,5 мм.

В ближайшем к урезу воды участке ни одна из фракций не доминирует из-за неотсортированности его отложений. Важно отметить наличие частиц размером 0,3-1 мм на высоте более 50 м от уреза воды, что свидетельствует о значительной силе завихрений в исследуемом районе. В местах контакта этих зон наблюдается налегание более мелких частиц на более крупные, зандров на галечники, песков на зандры.

В соответствии с зональным переотложением аллювия, в каждой отдельной полосе, ровно, как и в контактных зонах, создается свой особый гидрологический режим грунтов, особый ход почвообразовательного процесса, формируются самостоятельные, отличные друг от друга фитоценотические группы (рис. 1).

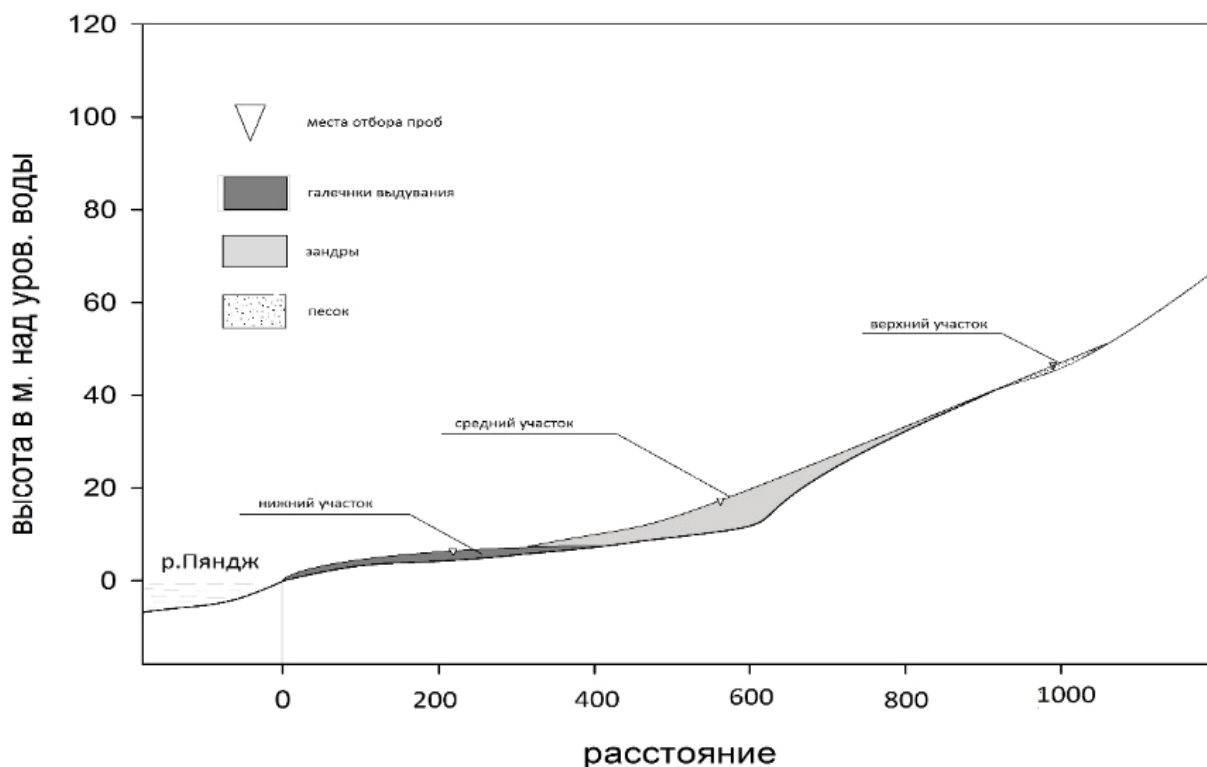


Рисунок 1 - Схема поперечного зонального переотложения аллювия у кишлака Бойбар

Однако следует отметить, что подобный зональный профиль аллювиальных переотложений наблюдается лишь в отдельных местах, где имеются обширные террасы. Во всех остальных случаях она усложняется в зависимости от характера рельефа, микро-орографической обстановки и динамики ветра на каждом отрезке долины. Необходимо также отметить, что основная масса песка в исследуемом районе перемешается в продольном к оси долины направлении, а приведенная на рисунке 1 схема справедлива лишь в тех случаях, когда переотложение аллювия происходит также и в поперечном к оси долины направлении.

Такое переотложение аллювиальных песков происходит только в местах расширения долины, т.е. когда дно долины имеет U-образную форму вместо V-образной. В нашем случае эта схема справедлива для участков Бойбар и Птуп.

Обобщая вышеизложенные результаты исследования можно прийти к следующим основным выводам:

1. В исследуемом районе отложение аллювиальных наносов происходит локально, в местах расширения долины или по террасовым площадям, поэтому отложение аллювия во время половодья возможно только на участках, где река заливает часть плоского берега, т.е. на нижних террасах и окраинах конусов выноса.

2. Установлено, что по вертикальному разрезу аллювиальные частицы различного механического состава последовательно сменяют друг друга: внизу отлагаются галечники, выше – крупные песчаные частицы и зандры, а вверху - пески и тонкие иловатые частицы, которые впоследствии подвергаются эоловому переотложению.

3. Переотложение аллювиальных наносов приводит к образования зон отличных друг от друга агрегатным составом частиц. Выделено три таких зоны: образования, переноса и аккумуляции. Каждая зона отличается своеобразным гидрологическим режимом грунтов, ходом почвообразования, а также фитоценоотическими группировками.

4. Слоистое переотложение аллювиальных песков облегчает их последующее выдувание и перераспределение по поперечному профилю долины. Стратификация аллювия и интенсивность дальнейшего его переотложения зависит в значительной мере и от его гранулометрического состава.

Список использованных источников

1. Заславский М.Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия / М.Н. Заславский. - М.: Высшая школа, 1987. - 376 с.

2. Бараев А.И. Защита почв от ветровой эрозии // Тр. 10 Международного конгресса почвоведов. - М., 1974. - С. 25-31.

3. Гурский А. В. – Пески Ишкашима, их укрепление и использование. Изв. Отд. ест. наук. АН Таджикской ССР, № 10, 1955.

4. Маргайлик Г. И., Косумбеков А. Лесоразведение на Западном Памир – Лесное хозяйство, 1976, II. с. 67-68.

5. Косумбеков А. К. Облесение песков и галечников в верховьях Пянджа. Сельское хозяйство Таджикистана, 1973. №5, с. 44-46.

Качинский Н. А – Механический и микроагрегатный состав почвы, методы ее изучения. М.: Изд. АН ССР, 1958. 192 с.

УДК 631.674.6:620.91

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОНАПОРНЫХ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В ЖУАЛЫНСКОМ РАЙОНЕ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

П.А. Калашников, Д.А. Першуков

ТОО «Казахский НИИ водного хозяйства», г. Тараз, Казахстан

В связи со сложившейся экономической ситуацией в стране, высокой стоимостью энергоресурсов, нарастающим дефицитом оросительной воды в южном регионе и в целом по Республике наиболее перспективным и экономически целесообразным является разработка и внедрение водосберегающих технологий орошения с использованием возобновляемых источников энергии.

Одним из перспективных и интенсивно развивающихся способов орошения является капельное орошение. В последние двадцать лет площади, занятые капельным орошением, расширились более чем в 6,5 раз и в настоящее время в мире составляют порядка 10,3 млн. га. Капельное орошение может применяться в различных по климатическим условиям в районах как с влажным, так и с аридным климатом.

Основное достоинство капельного орошения – значительная экономия оросительной воды при локальном увлажнении почвы. С помощью капельного орошения можно поливать крутые склоны, подавать вместе с оросительной водой удобрения и микроэлементы. Капельное орошение рекомендуется применять в районах с ограниченными водными ресурсами, на землях со сложным рельефом (горные, предгорные), где затруднено или невозможно применение другой техники полива, на легких незасолённых почвах, при малой минерализации оросительной воды [1, 2].

Особенно эффективным представляется применение капельного орошения в сочетании с использованием возобновляемых источников энергии, в частности энергии потока воды.

Самонапорная система капельного орошения с использованием возобновляемой энергии потока воды исключает применение традиционных источников энергии, а значит и затрат на их приобретение. Принцип работы такой системы капельного орошения основан на использовании для подачи воды от водозабора (канал, ручей, малая река) через резервуар-отстойник к орошаемому участку естественного уклона местности.

Для обеспечения оптимальной работы капельниц в системе капельного орошения необходимо обеспечить в капельной ленте давление не менее 0,5 атм. Вместе с тем при транспортировке оросительной воды от точки водозабора до распределительного трубопровода неизбежны потери напора:

- по длине трубопровода;
- на местные сопротивления (повороты, изменение диаметра магистрального трубопровода и др.);
- при очищении оросительной воды в узлах фильтрации.

Потери напора в зависимости от конфигурации участка, конструкции системы и других факторов могут составлять от 0,6 до 1,5 атм. Следовательно, для нормальной работы самонапорной системы капельного орошения необходим перепад высот между точкой водозабора и орошаемым участком от 11 м и более в зависимости от площади орошаемого участка.

Экономическая эффективность использования самонапорной системы капельного орошения очевидна и не требует каких-либо дополнительных подтверждений, так как при капельном орошении одних и тех же сельскохозяйственных культур на идентичной площади и конфигурации участка, исключает значительную часть капитальных и эксплуатационных затрат, что в конечном итоге ведет к повышению конкурентоспособности продукции растениеводства.

В Жуалынском районе Жамбылской области протекает множество малых рек, на части из них отсутствуют гидротехнические сооружения и соответственно не ведутся систематические наблюдения. Исходя из вышесказанного, и по результатам систематизации собранной информации по малым рекам, для рассмотрения возможности внедрения самонапорных систем капельного орошения, были выбраны три реки Жуалынского района – р. Аксай, р. Коксай и р. Шакпак. Основными критериями выбора являлись: наличие гидротехнических сооружений, существующая, исправно функционирующая сеть каналов, водность источника (т.е. достаточный сток по рекам в течение всего вегетационного периода), а также наличие определенного естественного уклона местности (т.е. достаточный естественный перепад высот между водозабором и орошаемым участком).

Для выявления зон возможного применения самонапорных систем капельного орошения были определены гидрологические характеристики и созданы карты малых рек Аксай, Коксай и Шакпак с прилегающими к ним орошаемыми землями.

Река Аксай входит в бассейн реки Асса. Расстояние от устья реки до впадения ее в реку Терс составляет 35 км. Площадь водосбора составляет 41,8 км². Река ледникового питания с многочисленными притоками с общей длиной притоков 42 км.

На р. Аксай в месте выхода реки из ущелья Аксай в 20 км южнее с. Б. Момышулы Жуалынского района Жамбылской области РК расположен Аксайский гидроузел. Максимальная пропускная способность гидроузла 31,5 м³/сек. Назначение гидроузла - ирригация Жуалынского района.

Аксайский гидроузел предназначен для орошения земель Жуалынского района площадью 3986 га. Водозабор для систем орошения осуществляется из Аксайского гидроузла, а перераспределение воды через распределительный резервуар.

На большей части орошаемых земель нет возможности применить самонапорные системы капельного орошения из-за недостаточных уклонов местности. Однако в нижнем течении р. Аксай (рис. 1), в восточном направлении от пос. Талапты расположены орошаемые земли, на которых рельеф местности позволяет использовать самонапорные системы капельного орошения. Площадь этих орошаемых земель составляет более 340 га.

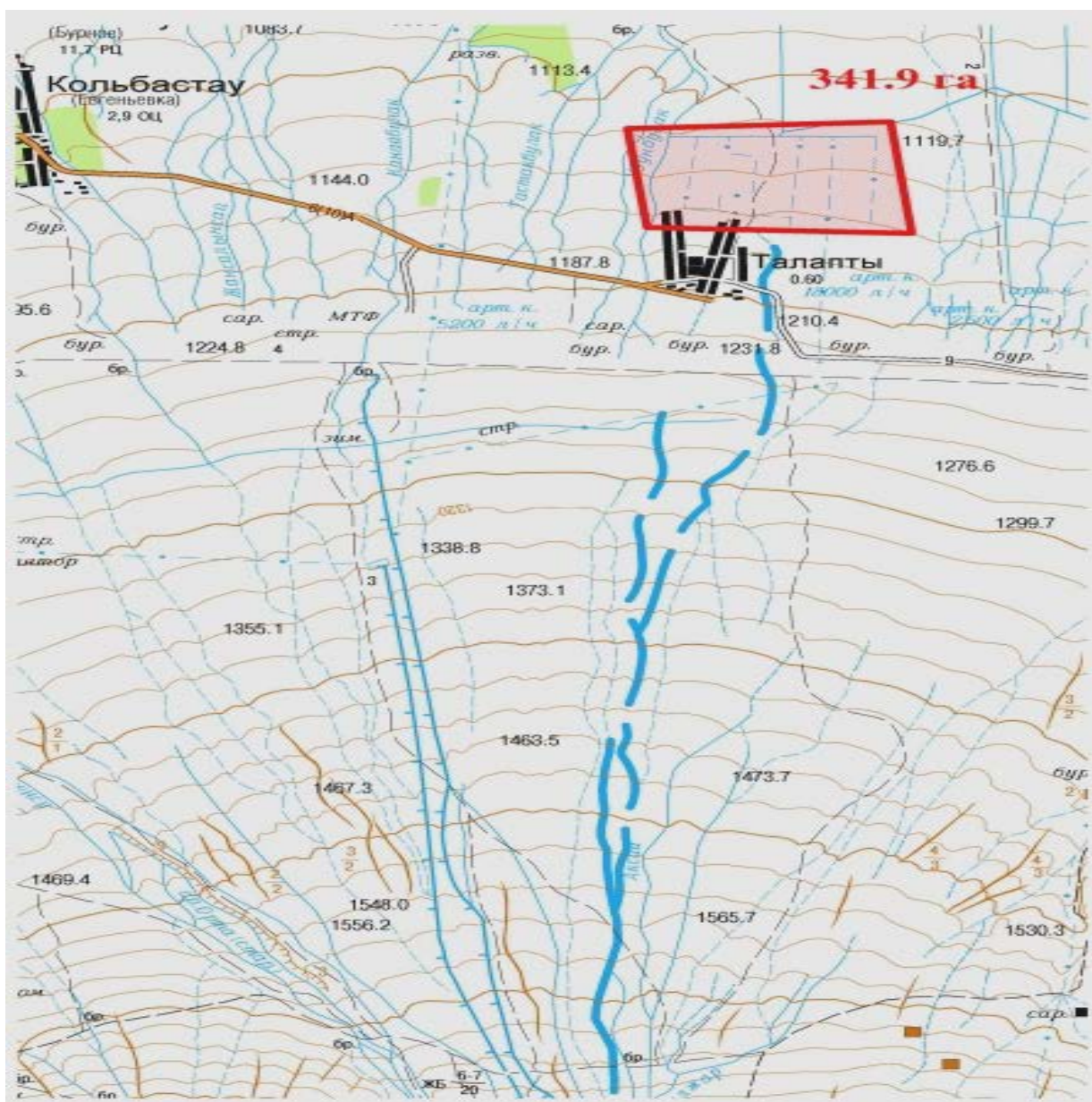


Рисунок 1 – Карта-схема р. Аксай

Коксай входит в бассейн реки Асса. Расстояние от устья реки в 5,0 км. восточнее с. Андреевка, составляет 28 км. Площадь водосбора составляет 42,0 км². Река ледникового питания с многочисленными притоками с общей длиной притоков 13 км.

На реке Коксай имеется гидроузел, который предназначен для орошения земель Жуалынского района. К магистральному каналу «Коксай» подвешены земли бо-

лее 70 крестьянских хозяйств, 7 ТОО и 8 населенных пунктов с общей площадью 1774 га. Орошаемые земли пригодные для использования под самонапорные системы капельного орошения расположены в нижнем течении реки Коксай (рис.), площадь их составляет около 620 га.

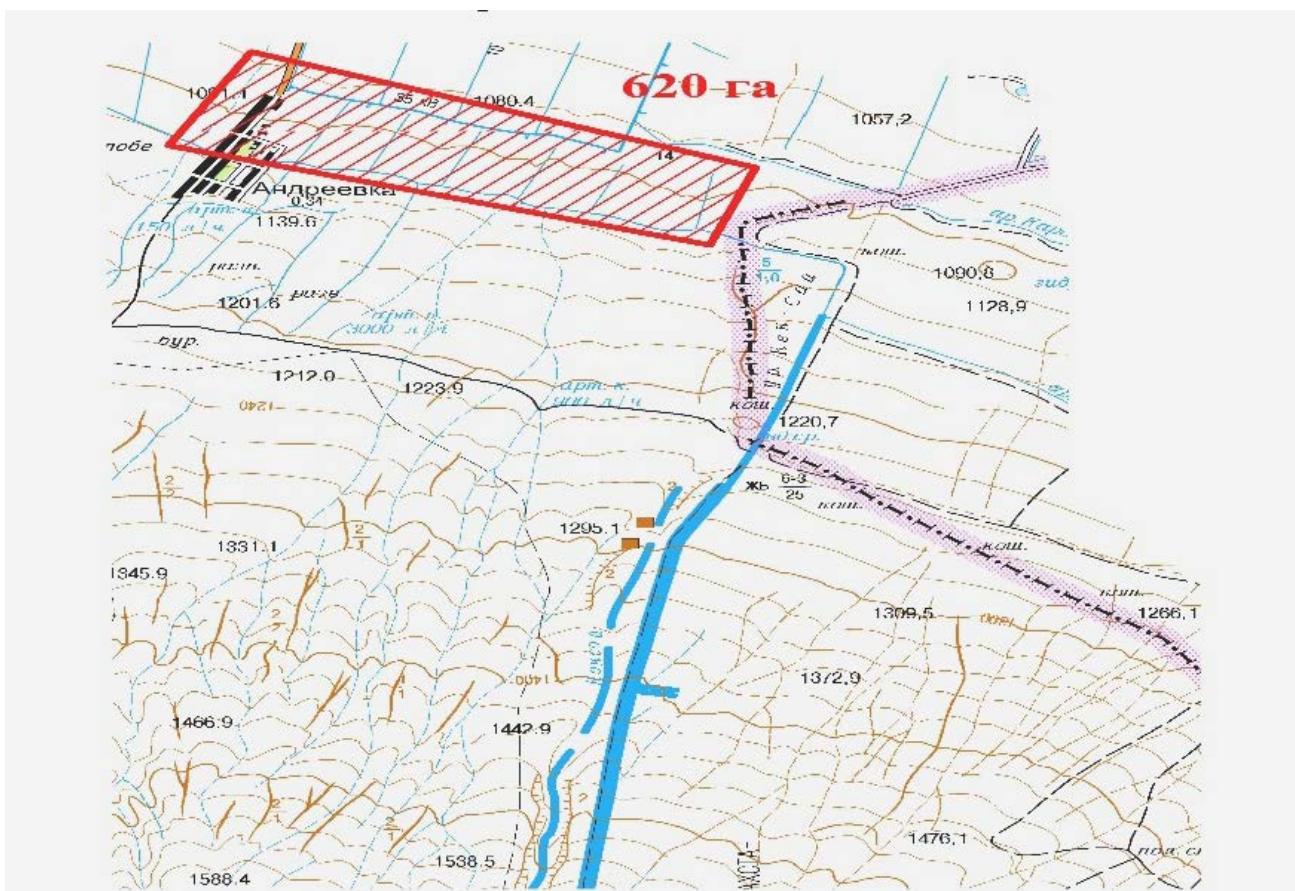


Рисунок 2 – Карта-схема р. Коксай

Река Шакпак входит в бассейн реки Асса. Расстояние от устья реки, составляет 26 км. Площадь водосбора составляет 164,0 км². Впадает в р. Карасу. Река ледникового питания с многочисленными притоками. Орошаемых земель в бассейне р. Шокпак (рис. 3) в настоящее время нет. Тем не менее существует возможность использования гидроэнергетического потенциала (рис. 4) данной реки вблизи населенных пунктов (пос. Шакпаката и др.) для самонапорных систем капельного орошения, в связи с имеющимися достаточными геодезическими перепадами.

Исходя из приведенных карт-схем малых рек Аксай, Коксай и Шокпак, в Жуа-лынском районе Жамбылской области на площади более 960 га имеется возможность применения самонапорных систем капельного орошения.

Список использованных источников

1. Орошение в горных условиях. / под ред. Носенко В.Ф. – М.: Колос, 1981. – 144 с.
2. Справочник по механизации орошения / под ред. Штепы Б.Г. – М.: Колос, 1979. – 303 с.

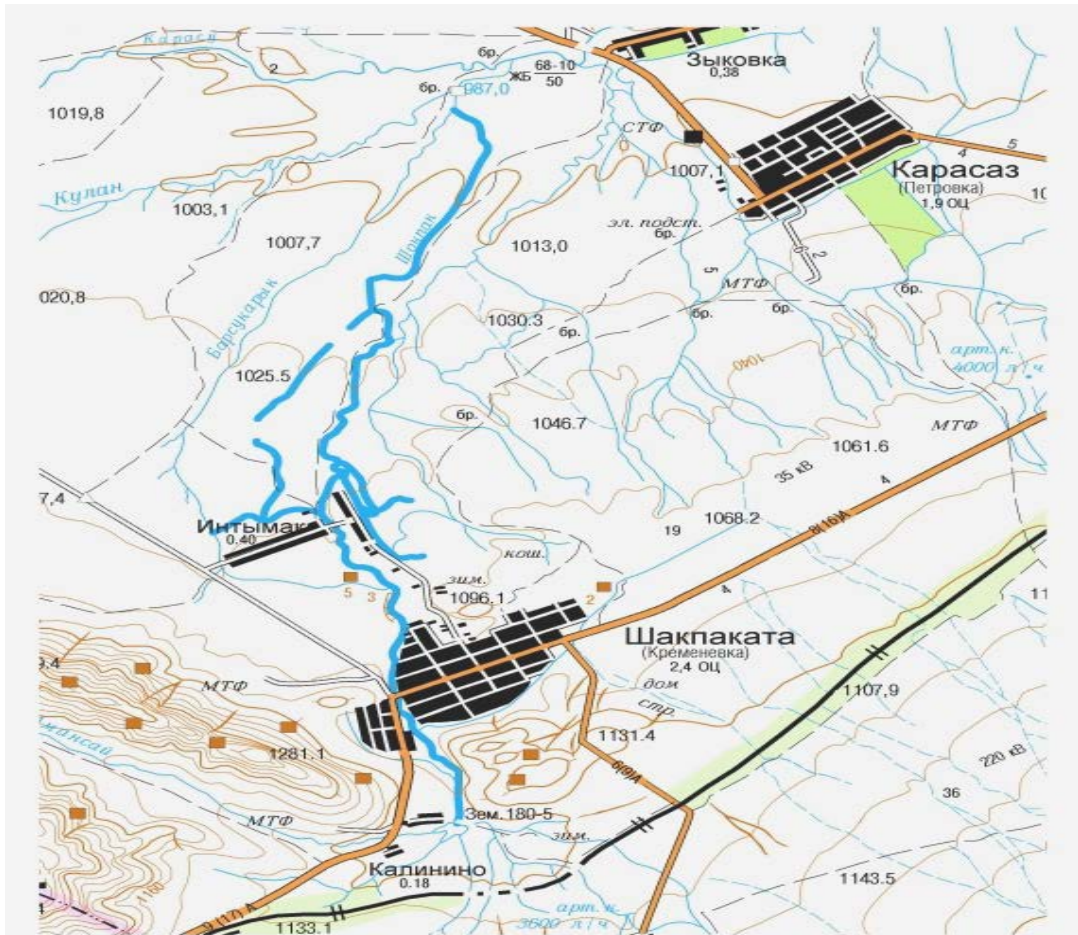


Рисунок 3 - Карта-схема р. Шокпак

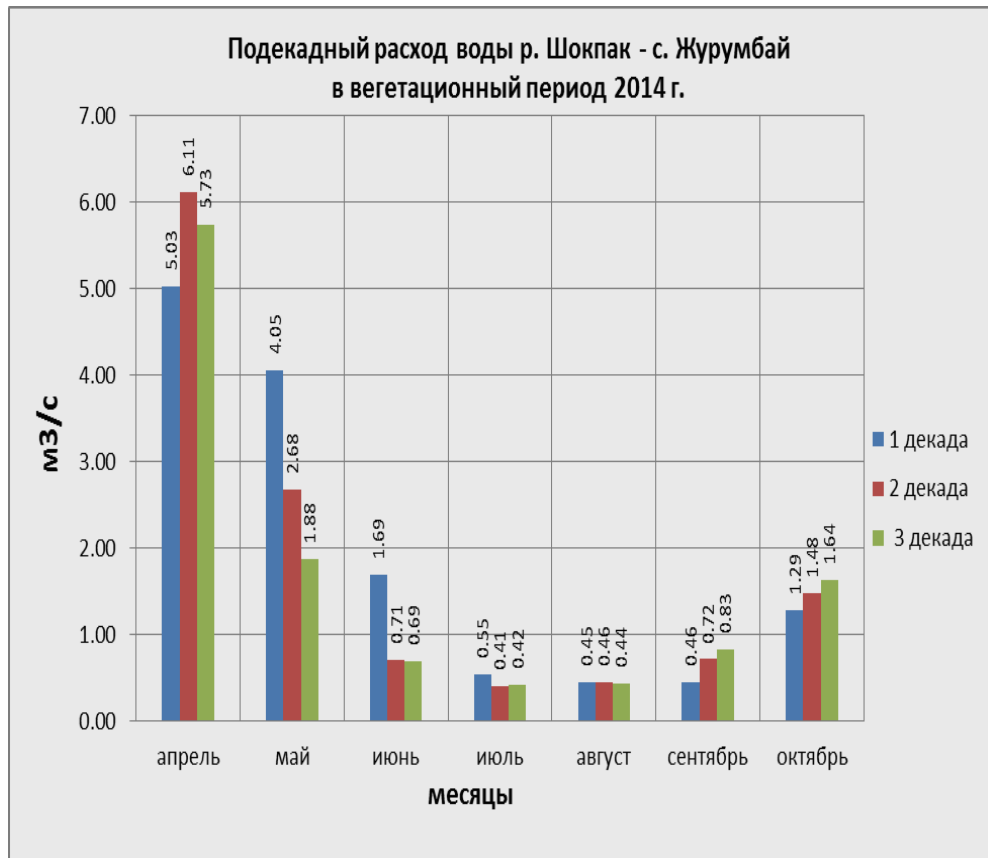


Рисунок 4 – Подекадный расход воды р. Шокпак в 2014 году

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО КАРКАСА ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ

Н.П. Карпенко¹, Ж.С. Мустафаев², А.Т. Козыкеева², Ж.Е. Ескермесов³

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

²Казахский национальный аграрный университет, г Алматы, Казахстан;

³Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Функционирование орошаемого агроландшафта предполагает наличие постоянного антропогенного, в том числе мелиоративного, воздействия на все его компоненты, которые могут быть различным по интенсивности и продолжительности. Поэтому, чтобы предотвратить возможность возникновения необратимых изменений, важно предвидеть результаты этих воздействий, знать предельно допустимые величины нагрузок, а также уровень устойчивости составляющих агроландшафтов к антропогенному фактору и экологической опасности функционирования орошаемых агроландшафтов.

Экологическая опасность функционирования орошаемых агроландшафтов определяется экологическими требованиями, которые представляют собой комплекс ограничений по природопользованию и условий сохранения окружающей среды в процессе мелиоративной деятельности и дают возможность получить экологически обоснованную величину продуктивности сельскохозяйственных культур, соответствующих затратам солнечной энергии на почвообразовательный процесс [1; 2].

На основе выше приведенных принципов мелиорации сельскохозяйственных земель можно сформировать экологические требования для обеспечения эколого-мелиоративной устойчивости, то есть разработать эколого-мелиоративные мероприятия, обеспечивающие коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов в пределах $K_{эму} > 0,40$, что обеспечивается оптимизацией инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов орошаемых агроландшафтов в низовьях реки Сырдарьи [2; 3].

При этом, начальными условиями оценки целесообразности проведения эколого-мелиоративных мероприятий, обеспечивающих коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов является качество воды реки Сырдарьи, являющейся источником орошения сельскохозяйственных культур и регулирования гидрогеохимического режима почвы гидроагроландшафтов.

Для принятия решения о целесообразности использования водных ресурсов реки Сырдарьи для регулирования гидрогеохимического режима почвы гидроагроландшафтов можно использовать методологический подход, разработанный Ж.С. Мустафаевым [2], то есть соотношение концентрации почвенного раствора (C_p^n) в зависимости от степени засоления почвы к минерализации речных вод (C_o^e): $K_n^e = C_p^n / C_o^e$, то есть если $K_n^e = C_p^n / C_o^e > 1,0$, тогда речные воды пригодны для регулирования гидрогеохимического режима почвы гидроагроландшафтов, если $K_n^e = C_p^n / C_o^e < 1,0$, тогда не пригодны.

В настоящее время минерализация воды реки Сырдарьи в створе Шардара 1,8 г/л, что показывает возможность использования их для регулирования гидрогеохими-

ческого режима от средnezасоленных до сильнозасоленных почв гидроагроландшафтных систем Кызылординской области.

Для оптимизации инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов орошаемых агроландшафтов можно использовать модель коэффициента эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов ($K_{эму}$), то есть:

$$K_{эму} = \frac{1}{5} (K_{эснз} + K_{эссв} + K_{эсспз} + K_{эссв} + K_{эсосз})$$

где $K_{эснз}$ - коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости незасоленных гидроагроландшафтов; $K_{эссз}$ - коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости слабозасоленных гидроагроландшафтов; $K_{эсспз}$ - коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости средnezасоленных гидроагроландшафтов; $K_{эссв}$ - коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости сильнозасоленных гидроагроландшафтов; $K_{эсосз}$ - коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости очень сильнозасоленных гидроагроландшафтов.

Для оценки эколого-мелиоративной устойчивости почвы гидроагроландшафтных систем по степени засоления можно использовать следующие формулы:

$$K_{эси} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_i \cdot k_3 \cdot k_m \cdot k_d \right) \text{ или } K_{эму} = \frac{1}{n} \left(k_3 \cdot \frac{F_3}{F_0} + k_2 \cdot \frac{F_2}{F_0} + k_m \cdot \frac{F_M}{F_0} \right),$$

где f_i - площадь i -ых элементов гидроагроландшафтов (степень засоления, глубина залегания и минерализация грунтовых вод), входящих в ее состав, то есть $f_i = F_i / F_0$, здесь F_i - площадь i -ых элементов гидроагроландшафтов, га; F_0 - общая площадь агроландшафтов; k_3 - коэффициент, учитывающий экологическую значимость засоленных земель; k_2 - коэффициент, учитывающий экологическую значимость глубины залегания грунтовых вод; k_m - коэффициент, учитывающий экологическую значимость минерализации грунтовых вод; F_3 - площадь гидроагроландшафтов по степени засоления; F_2 - площадь гидроагроландшафтов по глубине залегания грунтовых вод; F_M - площадь гидроагроландшафтов по степени минерализации грунтовых вод.

На основе приведенного методологического подхода произведена оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов орошаемых агроландшафтов (гидроагроландшафтов) в низовьях реки Сырдарьи, то есть на примере Тогускенского и Казалинского массива орошения (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, поэтапное улучшение эколого-мелиоративного состояния гидроагроландшафтных систем в низовьях реки Сырдарьи показало, что на первом этапе перевод сильнозасоленных почв в средnezасоленные почвы может обеспечить повышение коэффициента эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов до 0,261-0,323, то есть перевести эколого-мелиоративное состояние почвы от очень неустойчивого состояния в неустойчивое состояние. При втором этапе, когда сильнозасоленные и средnezасоленные почвы переводятся в слабозасоленные почвы, коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов повышается до 0,429-0,440, то есть обеспечивает эколого-мелиоративную устойчивость гидроагроландшафтов близкую к природным условиям низовья реки Сырдарьи. Следует отметить, что в сложившихся условиях улучшение эколого-мелиоративное состояние агроландшафтных систем в низовьях реки Сырдарьи в короткий срок осуществить практически невозможно. Следовательно, для проведения первого этапа тре-

буется минимум пять лет, а второго этапа - десять лет, так как уровень годового повышения коэффициента эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов принят равным 0,015 на основе рекомендаций Н.Ф. Реймерса с точки зрения обеспечения предельно-допустимой нагрузки природной системы [4].

Таблица 1 - Оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов орошаемых агроландшафтов (гидроагроландшафтов) в низовьях реки Сырдарья

Показатели	Степень засоления почвы				$K_{эму}$
	незасоленные	слабо-засоленные	среднее засоленные	сильно-засоленные	
Тогускенский массив					
Существующие инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов					
f_3	0.270	0.093	0.538	0.099	
k_3	1.00	0.85	0.65	0.35	
$f_3 \cdot k_3$	0.270	0.079	0.350	0.035	
f_2	0.384	0.314	0.158	0.144	
k_2	0.95	0.85	0.75	0.65	
$f_2 \cdot k_2$	0.364	0.267	0.119	0.094	
f_M	0.088	0.119	0.111	0.682	
k_M	1.00	0.85	0.75	0.50	
$f_M \cdot k_M$	0.088	0.101	0.083	0.341	
$K_{эси}$	0.240	0.149	0.181	0.157	0.182
Оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов (1-этап)					
f_3	0.270	0.093	0.637		
k_3	1.00	0.85	0.65		
$f_3 \cdot k_3$	0.270	0.079	0.414		
f_2	0.384	0.314	0.302		
k_2	0.95	0.85	0.75		
$f_2 \cdot k_2$	0.364	0.267	0.227		
f_M	0.088	0.119	0.793		
k_M	1.00	0.85	0.75		
$f_M \cdot k_M$	0.088	0.101	0.594		
$K_{эси}$	0.240	0.149	0.411		0.267
Оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов (2-этап)					
f_3	0.270	0.730			
k_3	1.00	0.85			
$f_3 \cdot k_3$	0.270	0.621			
f_2	0.384	0.616			
k_2	0.95	0.85			
$f_2 \cdot k_2$	0.364	0.524			
f_M	0.088	0.912			
k_M	1.00	0.85			
$f_M \cdot k_M$	0.088	0.775			
$K_{эси}$	0.240	0.640			0.440

Показатели	Степень засоления почвы				$K_{эму}$
	незасоленные	слабо-засоленные	среднее засоленные	сильно-засоленные	
Казалинский массив					
Существующие инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов					
f_3	0.05	0.237	0.250	0.433	
k_3	1.00	0.85	0.65	0.35	
$f_3 \cdot k_3$	0.05	0.201	0.163	0.152	
f_2	0.226	0.161	0.480	0.133	
k_2	0.95	0.85	0.75	0.65	
$f_2 \cdot k_2$	0.215	0.137	0.360	0.086	
f_M	0.092	0.154	0.216	0.548	
k_M	1.00	0.85	0.75	0.50	
$f_M \cdot k_M$	0.092	0.131	0.162	0.274	
$K_{эси}$	0.119	0.156	0.228	0.171	0.169
Оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов (1-этап)					
f_3	0.05	0.237	0.683		
k_3	1.00	0.85	0.65		
$f_3 \cdot k_3$	0.05	0.201	0.444		
f_2	0.226	0.161	0.613		
k_2	0.95	0.85	0.75		
$f_2 \cdot k_2$	0.215	0.137	0.460		
f_M	0.092	0.154	0.764		
k_M	1.00	0.85	0.75		
$f_M \cdot k_M$	0.092	0.131	0.573		
$K_{эси}$	0.119	0.156	0.694		0.323
Оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов (2-этап)					
f_3	0.05	0.92			
k_3	1.00	0.85			
$f_3 \cdot k_3$	0.05	0.782			
f_2	0.226	0.774			
k_2	0.95	0.85			
$f_2 \cdot k_2$	0.215	0.658			
f_M	0.092	0.918			
k_M	1.00	0.85			
$f_M \cdot k_M$	0.092	0.780			
$K_{эси}$	0.119	0.740			0.430

Список использованных источников

1. Карпенко Н.П., Мустафаев Ж.С., Ескермесов Ж.Е. Анализ экологической ситуации и комплексная мелиоративная оценка состояния орошаемых агроландшафтов в низовьях реки Сырдарьи // Природообустройство, 2015.- №2.- С.8-12.
2. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане.- Тараз, 2012.- 538 с.

3. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее.- Тараз, 2012.-318 с.

4. Реймерс Н.Ф. Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы.-М.: Россия молодая, 1994.- 367 с.

УДК 631.61

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЁННОЙ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ КАРБОНАТНОГО САПРОПЕЛЯ И УГЛЕВОДОДОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Л.В. Кирейчева¹, А.В. Ильинский²

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

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

Нефте- и нефтепродуктопроводные системы можно оценить как комплекс взрывопожарных объектов, представляющий постоянную угрозу населению и окружающей среде, что определяется физико-химическими свойствами транспортируемых углеводородов, а также сложившимися в настоящее время особенностями эксплуатации данного вида транспорта [1, 2]. Одним из характерных и наиболее опасных по своим последствиям видов чрезвычайных ситуаций в данном случае являются аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, влекущие ущерб здоровью людей и окружающей природной среде, приводящие нередко к человеческим жертвам, а также к значительным материальным и финансовым потерям, нарушению условий жизнедеятельности людей, производственной деятельности предприятий и выбытию земель из сельскохозяйственного оборота [3, 4]. При попадании нефти и других токсических веществ в почву происходят глубокие изменения химических, физических, микробиологических свойств почвы, а иногда и существенная перестройка всего почвенного профиля [3, 5, 6]. В этой связи, высокий научный интерес и актуальное практическое значение в настоящее время для подверженных загрязнению нефтью и продуктами её переработки почв земель сельскохозяйственного назначения юга центрального Нечерноземья России приобретает разработка инновационных приёмов очистки, основанных на интенсификации процессов биодеструкции поллютантов [7, 8].

Биологический метод очистки является наиболее экологически чистым. Область его применения лимитируется следующими факторами: содержанием и химическим составом нефтепродуктов, глубиной их проникновения в почву, активностью углеводородоокисляющих микроорганизмов, а также температурой, кислотностью, влажностью, обеспеченностью элементами минерального питания, физико-химическими свойствами очищаемой почвы, включая степень аэрации [9, 10, 11, 12]. Основными биодеструкторами нефтепродуктов являются аэробные хемогетеротрофные бактерии родов: *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Nocardia* и др., а также микроскопические грибы родов: *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Aureobasidium* [13, 14]. В процессе утилизации нефтепродуктов особенно активны бактерии рода *Pseudomonas*, поскольку они одинаково легко используют моноциклические ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол), альдегиды (формальдегид, ацетальдегид), спирты (метанол, глицерин) и другие более сложные соединения [15]. К настоящему времени разработано большое количество отечественных и зарубежных биопрепаратов на основе углеводородоокисляющих микроорганизмов [9, 11]. Большой популярностью пользуются мик-

робные препараты, предлагаемые в широком ассортименте биотехнологическими компаниями Европы, США и Японии. Однако, как свидетельствует практика, применение заполнивших российский рынок зарубежных биопрепаратов, разработанных для районов, по климатическим и экологическим условиям резко отличающихся от регионов России, оказывается малоэффективным. Среди отечественных препаратов наибольшую известность получили «Деворойл», «Ленойл», «Путидойл», «Белвитамил», «Нафтокс», «Биоприн» [9, 16]. При благоприятных условиях окружающей среды и правильно подобранной микробной монокультуры или их ассоциации, возможно за сравнительно короткое время утилизировать нефтяные углеводороды, трансформируя их в органическое вещество собственной биомассы, углекислый газ и безвредные для окружающей среды продукты [2, 11, 17]. В виду того, что региональные почвенные и климатические условия во многом определяют интенсивность процесса деструкции нефтепродуктов в почве, необходимо разрабатывать адаптированные и высокоэффективные приёмы биоремедиации почв земель сельскохозяйственного назначения, подверженных загрязнению нефтепродуктами.

Методологической основой работы является опыт в вегетационных сосудах на дерново-подзолистой супесчаной почве, искусственно загрязненной нефтепродуктами. Цель исследований заключалась в разработке приёмов биологической очистки почвы от нефтепродуктов с использованием природных мелиорантов и бактерий. Анализ результатов химико-аналитических исследований показал, что дерново-подзолистая супесчаная почва по кислотности нейтральная (величина pH_{KCl} 6,3); гидролитическая кислотность составила 0,99 мг-экв/100г; содержание P_2O_5 - 290 мг/кг (очень высокое); K_2O - 144 мг/кг (повышенное); сумма обменных оснований - 4,6 ммоль/100г (очень низкая); массовая доля органического вещества - 2,27% (среднегумусированы), содержание нефтепродуктов 252 мг/кг. В опыте смоделировано загрязнение дизельным топливом - 30 г/кг (3 %). В качестве нефтепродукта (поллютанта) в вегетационном эксперименте использовано топливо дизельное ЕВРО сорт С, вид III (ДТ-Л-К5), повторность вариантов опыта трёхкратная. В эксперименте использованы образцы биопрепарата, произведённые на основе запатентованных Всероссийским нефтяным научно-исследовательским геологоразведочным институтом (ФГУП «ВНИГРИ») штаммов углеводородоокисляющих микроорганизмов под торговой маркой «НАФТОКС», со следующими характеристиками:

- микробный препарат № 1 (*Pseudomonas aeruginosa* -12-Р), основа биопрепарата - запатентованный штамм УОМ 12-Р, титр готового биопрепарата – 10 в 12 кл/мл, рабочий титр использования биопрепарата – 10 в 8 кл/мл;

- микробный препарат № 2 (*Pseudomonas citronelollis* - 48-У), основа биопрепарата – запатентованный штамм УОМ 48-У, титр готового биопрепарата – 10 в 12 кл/мл, рабочий титр использования биопрепарата – 10 в 8 кл/мл.

Постановка опытов проведена согласно разработанной в ФГУП «ВНИГРИ» методике, приготовление биопрепаратов выполнялось по разработанной технологии, до за внесения микробного препарата рассчитывалась на основании результатов ранее проведенных во ФГУП «ВНИГРИ» лабораторных опытов, выполненных под руководством Е.А. Рогозиной. Ежемесячно из вегетационных сосудов осуществлялся отбор почвенных образцов для определения остаточного содержания нефтепродуктов в специализированной аккредитованной лаборатории ФГБУ «Станция агрохимической службы «Рязанская»» методом ИК-спектрии (ПНДФ 16.1:2.2.22-98). В публикации представлены результаты химико-аналитического определения остаточного со-

держания нефтепродуктов в почве по вариантам опыта, выполненные через 30 суток эксперимента (табл. 1).

Таблица 1 - Результаты деструкции нефтепродуктов в почве

№ п/п	Вариант опыта	Остаточное содержание в почве н/п, мг/кг	Деструкция нефтепродуктов (на 30-е сутки)	
			мг/кг	%
1.	без мелиоранта (н/п 3,0 %)	17841	12159	40,5
2.	микробный препарат № 1 (<i>Pseudomonas aeruginosa -12-P</i>)	12090	17910	59,7
3.	микробный препарат № 2 (<i>Pseudomonas citronelollis - 48-Y</i>)	14342	15658	52,2
4.	сапропель + микробный препарат № 1 (<i>Pseudomonas aeruginosa -12-P</i>)	10954	19046	63,5
5.	сапропель + микробный препарат № 2 (<i>Pseudomonas citronelollis - 48-Y</i>)	13723	16277	54,3
6.	сапропель	12228	17772	59,2

Результаты исследований показали, что для биологической очистки почв, загрязнённых нефтепродуктами наиболее эффективно применение комбинированного мелиоранта состоящего из сапропеля, обработанного биопрепаратом серии «Нафтокс», содержащего штамм углеводород окисляющих микроорганизмов *Pseudomonas aeruginosa -12-P*. Доза внесения комбинированного мелиоранта составляет 20 т/га. Использование комбинированного мелиоранта для биологической очистки загрязнённой дизельным топливом дерново-подзолистой супесчаной почвы способствует формированию в ней центров активной деструкции нефтяных углеводородов благодаря сорбции на его поверхности культуры микроорганизмов, что позволило за 30 дней усилить деструкцию нефтепродуктов в почве на 57% и снизить содержание нефтепродуктов в почве на 63,5%. Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработки в виде технологии в условиях «in situ» на больших площадях с неоднородным характером загрязнённости нефтепродуктами при реализации, в составе проектных решений, рекультивационных работ для почв земель сельскохозяйственного назначения на территории, как Российской Федерации, так и в странах ближнего и дальнего зарубежья.

Список использованных источников

1. Лисанов, М.В. Декларирование промышленной безопасности опасных производственных объектов магистральных нефтепроводов [Текст] / М.В. Лисанов, А.С. Печеркин, В.И. Сидоров // Шестая Всероссийская научно-практическая конференция «Управление рисками чрезвычайных ситуаций» г. Москва 20–21 марта 2001 г. – М.: «Круг», 2001. – С. 243–247.
2. Ильинский, А.В. Обоснование биологической очистки земель, загрязнённых продуктами переработки нефти [Текст] / А.В. Ильинский, С.В. Перегудов // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научной конференции. – М.: Изд. ВНИИА, 2014. – С. 69–74.
3. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении [Текст] / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская // Учебное пособие для химических, химико-технологических и биологических спец. вузов. – М.: Высшая школа, 2002. – 234 с.
4. Ильинский, А.В. Некоторые аспекты обоснования системы комплексного контроля при проведении мероприятий по реабилитации техногенно загрязнённых земель [Текст] / А.В. Ильинский,

Д.В. Виноградов, П.Н. Балабко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 4 (28). – С. 10–15.

5. Давыдова, С.Л. Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами: учебное пособие для вузов [Текст] / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. - М.: изд-во РУДН, 2006. – 156 с.

6. Ильинский, А.В. Очистка и детоксикация оподзоленных и выщелоченных чернозёмов, загрязнённых тяжёлыми металлами (на примере Рязанской области): автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук [Текст]: 06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель, 03.00.16 – Экология / Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – Москва, – 2003. – 26 с.

7. Ильинский, А.В. К вопросу использования природных мелиорантов в биологическом методе утилизации нефтешламов применительно к региональным условиям [Текст] / А.В. Ильинский, С.В. Перегудов, Г.В. Побединская // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. Материалы IV международной научной экологической конференции 24-25 марта 2015 г. Ч. I. – Краснодар: Кубанский госагроуниверситет, 2015. – С. 524–528.

8. Ильинский, А.В. Структура системы комплексного контроля за проведением мелиоративных мероприятий по реабилитации техногенно загрязнённых земель [Текст] / А.В. Ильинский // Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах: Материалы международной научно-практической конференции НГСХА. – Н.Новгород: НИУ РАНХиГС, 2014. – С. 156–159.

9. Водянова, М.А. Анализ существующих микробиологических препаратов, используемых для биодegradации нефти в почве [Текст] / М.А. Водянова, Е.И. Хабарова, Л.Г. Донерьян // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 7. – С. 253–258.

10. Ильинский, А.В. О возможности использования биологической очистки почвогрунта, загрязнённого нефтепродуктами, применительно к условиям природовосстановительных работ крупного нефтеперерабатывающего предприятия [Текст] / А.В. Ильинский, Л.В. Кирейчева, С.В. Перегудов // Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах: Матер. между. Науч.-практ. Конф. / НГСХА. – Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2014. – С. 160–164.

11. Сейдов, А. Рынок утилизации нефтешламов в Российской Федерации в 2004–2009 гг. [Текст] / А. Сейдов, С. Август, Ф. Пронин и др. – М.: АТconsulting company, 2010. – 107 с.

12. Рогозина, Е.А. Актуальные вопросы проблемы очистки нефтезагрязнённых почв [Электронные ресурсы] / Е.А. Рогозина // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2006. – Т.1. – <http://www.ngtp.ru/rub/7/02.pdf>

13. Корнейкова, М.В. Комплексы потенциально патогенных микроскопических грибов в антропогенно загрязнённых почвах Кольского Севера [Текст] / М.В. Корнейкова, Г.А. Евдокимова, Е.В. Лебедева // Микология и фитопатология. – 2012. – Т.46., Выпуск 5. – С. 323–328.

14. Хабибуллина, Ф.М. Почвенные микромицеты нарушенных выпасом тундровых биогеоценозов Воркутинского района [Текст] / Ф.М. Хабибуллина, Е.Г. Кузнецова, Т.В. Евдокимова // Освоение Севера и проблемы природовосстановления / под. ред. Е.Г. Кузнецова. – Сыктывкар, 2002. – С. 138–145.

15. Гальченко, С.В. Нефть и нефтепродукты в почвах [Текст] / С.В. Гальченко, Ю.А. Мажайский, Д.В. Хоботов // Материалы V Всероссийского съезда общества почвоведов. – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 42.

16. Рахимова, Э.Р. Очистка почвы от нефтяного загрязнения с использованием денитрифицирующих углеводородокисляющих микроорганизмов [Текст] / Э.Р. Рахимова, А.Л. Осипова, С.К. Зарипова // Прикладная биохимия и микробиология, 2004. – Т.40. – № 6. С. 649–653.

17. Кирий, О.А. Биоремедиации почв, загрязнённых нефтепродуктами, при помощи препаратов углеводородокисляющих бактерий [Текст] / О.А. Кирий, С.И. Колесников // Экология и биология почв. Материалы международной научной конференции 17-19 ноября 2014 г. / под ред. К.Ш. Казеева. Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. – С. 294–296.

УДК 631.8: 635.2: 631.445

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ УДОБРЕНИЙ И СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР И НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Н.Г. Ковалев, Е.В. Широкова, Л.И. Андрианова

ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь, Россия

Развитие рыночной экономики в Российской Федерации привело к насыщению рынка удобрений и агрохимикатов их новыми видами и формами, как поступавшими из-за рубежа, так и произведенными в нашей стране. Появление в России в большом ассортименте новых видов удобрений (комплексных водорастворимых, микробиологических, кремний содержащих, гуматов разного происхождения и т.д.), а также регуляторов и стимуляторов роста требует их апробации: проверки эффективности и безопасности применения по сравнению с традиционными видами.

Исследования эффективности некорневых подкормок новыми видами удобрений и стимуляторов роста проводились в 2013-2015 гг. на основных овощных культурах в центральной части Яхромской поймы (Московская область) на стационаре «Дальний» Дмитровского отдела ФГБНУ ВНИИМЗ, где торфяные низинные почвы используются более 50 лет.

В качестве фонового удобрения в полевых опытах под белокочанную капусту было внесено $N_{60+30} P_{90} K_{120+60}$, под столовую свеклу - $N_{90} P_{90} K_{120+60}$, под морковь - $N_{85} P_{85} K_{85}$. Для некорневых подкормок использовались следующие концентрации рабочих растворов: мочевины и террафлекс – 0,5 %, мегафол и флоргумат – 0,25 %, мивал-агро – 0,0033 %, экстрасол – 1 %.

Необходимо отметить, что традиционно используемые удобрения под капусту и столовую свеклу (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий), обеспечили высокие урожаи овощей: стандартных кочанов капусты 80,6 т/га, корнеплодов свеклы 53,8 т/га. Прибавки урожая составили, соответственно, 140,6 и 54,9 % по сравнению с неудобренными вариантами и связаны с высокой требовательностью этих культур к непосредственному внесению туков, в отличие от моркови. Урожай капусты на вариантах с внесением удобрений составил от 80,6 до 92,4 т/га стандартных кочанов, корнеплодов свеклы 53,8-58,1 т/га.

Дело в том, что для капусты условия вегетационного периода 2013 года складывались очень благоприятно: год был влажным, прохладным, но переизбытка влаги не было, так как торфяные почвы были хорошо дренированы. Высокая эффективность НРК-удобрений была связана еще и с тем, что питательные вещества из почвы вымывались частыми дождями, а их недостаток компенсировался новым поступлением азота и калия с почвенными и некорневыми подкормками. Этот факт свидетельствует о правильности выбранной системы удобрений, служившей нам в опыте фоном (табл. 1).

Внесение террафлекса в лунку при посадке рассады дало существенную прибавку по сравнению с НРК-фоном - 8,9 т/га, что составило 11,0 %.

Биологическую эффективность некорневых подкормок выбранными препаратами оценивали по сравнению с некорневыми обработками растений водой, а также с некорневыми подкормками растений мочевиной, так как это азотное удобрение традиционно используется для некорневых подкормок в первой половине вегетации, не вызывая ожога листьев.

Таблица 1 - Биологическая эффективность некорневых подкормок овощных культур современными удобрениями и стимуляторами роста

Варианты опыта	Урожайность культур и прибавка урожая, т/га					
	Капуста белокочан.		Морковь		Столовая свекла	
	2013 г.		2014 г.		2015 г.	
Без удобрений	33,5		-	-	28,4	
НРК- Фон (Ф)	80,6	-	50,0		53,8	
Ф+ Террафлекс при посадке	89,5	8,9*	-	-	-	-
Ф+ Н ₂ O _{н.к.}	80,1	-	49,7	-	53,6	
Ф + Мочевина _{н.к.}	88,5	8,4	52,0	2,3	53,6	-
Ф + Мегафол _{н.к.}	84,2	4,1	55,7	6,0	53,6	-
Ф + Террафлекс _{н.к.}	89,6	9,5	51,5	1,8	58,1	4,5
Ф+ Флоргумат _{н.к.}	92,4	12,3	49,8	0,1	56,2	2,6
Ф+ Лигногумат _{н.к.}	-	-	-	-	59,3	5,7
Ф+ Мивал-агро _{н.к.}	-	-	47,2	-	50,9	-
Ф + Экстрасол _{н.к.}	-			-	52,0	-
НСР ₀₅		3,7		4,6		2,1

*- прибавка урожая кочанов по сравнению с фоном (Ф)

В посадках капусты все испытанные препараты обеспечили достоверные прибавки урожая на фоне обработки водой. Некорневая подкормка посадок капусты флоргуматом дала максимальный эффект по сравнению с остальными препаратами. Прибавка урожая кочанов составила 12,3 т/га (15,0 %). Высокие прибавки были получены также при проведении некорневых подкормок мочевиной – 8,4 т/га (10,5%) и террафлексом – 9,5 т/га (11,7%). Мегафол также обеспечил достоверную прибавку урожая кочанов, но она минимальна (4,1 т/га – 5,0 %) и очень близка к НСР₀₅. Если сравнивать биологическую эффективность испытуемых препаратов с подкормкой растений мочевиной, то достоверная прибавка была получена только при обработке капусты Флоргуматом (3,9 т/га – 4,4 %).

В условиях 2014 года достоверные прибавки корнеплодов моркови были получены только при некорневой обработке посевов мегафолом (6,0т/га), обеспечив максимальный эффект (12,1%). Значительные прибавки были получены при обработке посевов мочевиной (2,3 т/га – 4,6 %) и террафлексом (1,8 т/га – 3,6 %). Если обработка посадок капусты флоргуматом обеспечила в 2013 году максимальную прибавку кочанов (15%), то в условиях 2014 года обработка посевов моркови этим препаратом оказалась неэффективной.

В 2015 году некорневая подкормка посевов столовой свеклы растворами мочевины и мегафола не обеспечили прибавку урожая, несмотря на то, что в предыдущие годы эффект от таких обработок посевов капусты и моркови был достоверным, а для мегафола на моркови был максимальным. Отсутствие эффекта при обработке Мочевиной посевов столовой свеклы понятно: весной в составе основного удобрения, была внесена достаточно высокая доза азота (N₉₀), т. к. столовая свекла очень требовательна к уровню минерального питания. Кроме того, низкий уровень грунтовых вод в июне (100-104 см) и в июле (110-122 см) при достаточно благоприятной температуре воздуха (20-24°) и небольшом количестве осадков до 10 июля, обеспечивал хорошую минерализацию торфа с высвобождением большого количества нитратного азота. По нашему мнению, по той же причине более низкая урожайность

была отмечена на варианте 10 – при обработке посевов экстразолом (52,0 т/га) по сравнению с фоновыми вариантами, так как это - препарат ризосферных, азотфиксирующих бактерий.

Положительный эффект был зафиксирован от некорневых подкормок посевов комплексным водорастворимым удобрением террафлекс, марки 17+17+17, и гуминовыми удобрениями на основе калия: флоргумата и, особенно, лигногумата. Прибавки урожая корнеплодов на этих вариантах составили, соответственно 4,5 т/га (8,4 %), 2,6 т/га (4,9 %) и 5,7 т/га (10,6 %).

Самый низкий урожай получен при некорневой подкормке посевов свеклы кремний органическим регулятором роста растений, мивал-агро – 50,9 т/га.

Резюмируя результаты биологической эффективности новых видов удобрений и стимуляторов роста на овощных культурах за 2013-2015 годы необходимо отметить для капусты высокую эффективность (11 %) комплексного водорастворимого удобрения террафлекс при высадке рассады капусты. Высокие прибавки стандартных кочанов обеспечили некорневые подкормки посадок капусты флоргуматом (15 %), террафлексом (11,7 %), мегафолом (5,0 %),

На моркови максимальная эффективность отмечена для мегафола (12,1 %), на столовой свекле: лигногумата (10,6 %), террафлекса (8,4 %), флоргумата (4,9 %).

При проведении исследований для нас было важным выяснить, как действуют испытанные нами препараты не только на растения, но и на верхний слой торфяной почвы, особенно на её биологические характеристики. Дело в том, что интенсивное и длительное использование химических средств защиты растений при возделывании овощных культур приводит к ухудшению биологического состояния торфяных почв, нарушению устойчивости микробных сообществ. В структуре микроорганизмов происходит перегруппировка в сторону снижения сапрофитных бактерий и увеличения доли микробов-деструкторов сложной органики (актиномицеты). Среди сапрофитных бактерий большинство составляют деструкторы гербицидов. Поэтому в настоящее время заметно снижается самоочищающаяся способность торфяников от ХСЗР, в первую очередь гербицидов.

Для того, чтобы оценить возможные изменения биологических свойств торфяной почвы повариантно изучалась суммарная биологическая активность методом Вострова И.С. и Петровой А.Н. (1961 г.) и токсичность почв методом проростков (В.В. Заболотских, А.В. Васильев, С.Н. Танких, 2012 г.).

Для изучения возможного влияния некорневых подкормок удобрениями и стимуляторами роста на суммарную биологическую активность в верхнюю часть пахотного горизонта была заложена хлопчатобумажная ткань перед проведением некорневых подкормок. Ткань предварительно взвешивалась, прикреплялась к стеклам и закладывалась ниже поверхности почвы на 1 см, то есть ткань находилась в почве на глубине 1-8 см. Экспозиция ткани в почве – два месяца. Ткань закладывалась на всех вариантах с некорневыми подкормками. Повторность трехкратная.

Было установлено, что все изученные препараты благотворно влияли на биологическое состояние верхней части пахотного горизонта, увеличивая суммарную биологическую активность торфяных почв с 23,6 % до 31,0-43,3 % (табл. 2). Максимальная суммарная биологическая активность отмечена при обработке свеклы мочевиной (43,3%), террафлексом (38,1 %) и лигногуматом (37,7 %); минимальная – при обработке посевов мегафолом (31,0 %) и флоргуматом (32,1 %).

Таблица 2 - Влияние некорневых подкормок овощных культур удобрениями и стимуляторами роста на биологическую активность торфяных почв

Варианты обработки посевов столовой свеклы препаратами							
Вода (контроль)	Мо- чеви- на	Мега- фол	Тер- раф- лекс	Флор- гумат	Лигно- гумат	Мивал- агро	Экс- тра- сол
Разложение х/б ткани на глубине 1-8 см, % (суммарная биологическая активность почвы)							
23,6	43,3	31,0	38,1	32,1	37,7	34,4	35,2

Для оценки влияния новых видов удобрений и стимуляторов роста на токсичность верхнего слоя почвы отбирались почвенные образцы повариантно на глубину 0-5 см после снятия стекол с тканью. Для этого на каждом варианте были отобраны на двух несмежных повторностях и подготовлены смешанные образцы для каждого варианта двух повторностей. В лаборатории этими образцами почв заполнялись чашки Петри, доводили влажность почвы до 80 % от НВ, затем высевали тест-культуру (пшеница). Повторность четырехкратная. Влажность почвы поддерживалась в заданных параметрах до конца экспозиции опыта. По развитию проростков тест-культуры оценивалась сравнительная токсичность почвы по вариантам опыта и возможное влияние удобрений на этот показатель.

Результаты лабораторного опыта показали положительное влияние применяемых удобрений на развитие проростков. Максимальное увеличение длины ростка и корня отмечено для лигногумата (1,5 и 2,0 см), что согласуется с максимальными урожайными данными столовой свеклы на этом варианте. Несколько ниже эти показатели на варианте с экстразолом (1,2 и 1,4 см), ещё меньше для варианта с мивал-агро (0,6 и 1,0 см). Близкие показатели прироста ростков, как для мивал-агро, зафиксированы для мочевины, террафлекса и флоргумата (0,5-0,7 см). Уменьшение длины корней по сравнению с контролем на этих вариантах не свидетельствует о снижении ростовых процессов, т.к. на этом этапе развития растения в первую очередь важно развитие ростка, для того, чтобы сформировать ассимиляционный аппарат, что и обеспечивает корневая система. Необходимо отметить, что при внесении флоргумата на всех растениях тест-культуры, было сформировано не два, а четыре равноценных корня, практически одинаковой длины, что свидетельствует о положительном влиянии этого препарата на корневую систему.

На основании проведенных исследований токсичности торфяной почвы методом проростков, можно сделать вывод, что удобрения, применяемые нами в посевах столовой свеклы, благотворно влияли на биологическое состояние верхней части пахотного горизонта почвы, снижая её токсичность (табл. 3).

Таким образом, нами установлена высокая эффективность комплексного водорастворимого удобрения террафлекс при посадке рассады капусты (11 % прибавки урожая по отношению к фону-NPK). При проведении некорневых подкормок посевов и посадок овощных культур наиболее эффективными оказались следующие удобрения: флоргумат (4,9-15,0 %), террафлекс (8,4-11,7 %), лигногумат (10,6 %) и стимулятор роста мегафол (5,0-12,1 %).

Таблица 3 - Изменение биологических параметров тест-культуры (пшеница) под воздействием удобрений и стимулятора роста

Варианты опыта	Параметры тест-культуры, см			Изменение параметров тест-культуры по отношению к контролю, см	
	Росток	Корень	Кол-во корней	Росток	Корень
H ₂ O - контроль	10,6	12,7	2	-	-
Мочевина	11,1	12,1	2	0,5	-0,6
Мегафол	10,5	12,8	2	-0,1	0,1
Террафлекс	11,2	11,9	2	0,6	-0,8
Флоргумат	11,3	12,4	4	0,7	-0,3
Лигногумат	12,1	14,7	2	1,5	2,0
Мивал-агро	11,2	13,7	2	0,6	1,0
Экстрасол	11,8	14,1	2	1,2	1,4

Все изученные удобрения благотворно влияли на биологическое состояние верхней части пахотного горизонта, увеличивая суммарную биологическую активность торфяных почв с 23,6 % до 31,0-43,3 % и снижали её токсичность.

УДК 631.67 «5»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО УРОЖАЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОРОШЕНИЯ

А. Л. Кожанов

ФГБНУ «РосНИИППМ», г. Новочеркасск, Российская Федерация

В настоящее время в ФГБНУ «РосНИИППМ» ведется поиск, разработка и адаптация перспективных направлений, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства на орошаемых землях. Суть этого направления заключается в поливе дополнительных участков богарного земледелия в случае наличия неиспользованных лимитов оросительной воды, которые образуются в зависимости от влагообеспеченности года [1].

Система периодического орошения (СПО) с точки зрения анализа определяется большим числом одновременно и совокупно действующих факторов. В этой связи, для оценки эффективности использования СПО, необходимо установить зависимость энергии дополнительного урожая за год (зависимая переменная Z) от обеспеченности и дополнительной площади, которая освобождается при использовании СПО – объясняющие переменные X и Y соответственно. Причина выбора вышеуказанных переменных связана с тем, что обеспеченность дефицита водного баланса и предполагаемая дополнительная площадь от использования СПО наиболее точно характеризуют экономическую эффективность.

Решая данную задачу, добивались достижения следующих результатов:

- установление зависимости энергии дополнительного урожая от обеспеченности дефицита водного баланса и площади периодического орошения;
- нахождение оптимальных значений объясняющих переменных;
- анализ полученной зависимости;

- выявление значимости уравнения регрессии и коэффициентов объясняющих переменных.

Безусловно, выявление зависимости средней дополнительной урожайности от обеспеченности дефицита водного баланса упрощается применением метода множественной регрессии, с помощью которой устанавливается линейная множественная регрессия вида:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 \cdot X + \beta_2 \cdot Y. \quad (1)$$

Но зависимость (1) не дает ясную картину изучаемого явления и не может в полном объеме охарактеризовать преследуемые цели. В связи с этим была использована квадратичная зависимость, которая определяет не только влияние каждой переменной, но и совокупное влияние объясняющих переменных на зависимую переменную.

Основываясь на экспериментальных данных, применили элементы множественного регрессионного анализа и встроенные функции системы компьютерной математики (СКМ) «MathCad».

Примем следующие обозначения: объясняющие переменные X (обеспеченность дефицита водного баланса) и Y (дополнительная площадь) представлены в виде матрицы M , зависимая переменная Z обозначена матрицей V , n – степень уравнения регрессии, $g(x, y)$ – полученная зависимость, $\text{regress}(M, V, n)$ – встроенная функция СКМ «MathCad», определяющая регрессию задаваемой степени n , I и h – матрицы соответствующих коэффициентов уравнения регрессии, T – матрица значений функции $g(x, y)$, E – матрица отклонений от значений зависимой переменной Z , Q_E – остаточная сумма квадратов, характеризующая влияние неучтенных факторов, Q_R – сумма квадратов, обусловленная регрессией, Q – общая сумма квадратов отклонения зависимой переменной от средней, \bar{Z} – среднее значение зависимой переменной, R^2 – множественный коэффициент детерминации, F – критерий значимости уравнения.

Таким образом, матрицы объясняющих переменных и зависимой переменной имеют вид (табл. 1) [2].

После присвоения соответствующих матриц и степени уравнения:

$$M := \text{augment}(X, Y) \quad V := Z \quad n := 2 \quad (2)$$

а также применения встроенной функции $\text{regress}(M, V, n)$ получим следующую матрицу:

$$\text{regress}(M, V, n) = \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \\ 2 \\ -0,195 \\ -5,542 \cdot 10^{-4} \\ 2,818 \\ -538,77 \\ 14,865 \\ 0,064 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Таблица 1 – Матрицы объясняющих переменных и зависимой переменной

X _i	Y _i	Z _i	X _i	Y _i	Z _i	X _i	Y _i	Z _i
94	471,1288	2496,773	77	98,6231	1552,041	60	44,512	991,374
93	407,5399	2413,829	76	89,7232	1488,085	59	42,1749	955,352
92	352,4816	2327,652	75	87,3925	1470,334	58	39,903	919,121
91	305,2897	2240,922	74	84,0774	1443,634	57	37,6963	882,752
90	265,3	2156,064	73	80,8275	1416,010	56	35,5548	846,296
89	231,8483	2075,193	72	77,6428	1387,499	55	33,4785	809,821
88	204,2704	2000,067	71	74,5233	1358,135	54	31,4674	773,391
87	181,9021	1932,030	70	71,469	1327,958	53	29,5215	737,070
86	164,0792	1871,971	69	68,4799	1297,008	52	27,6408	700,927
85	150,1375	1820,270	68	65,556	1265,329	51	25,8253	665,027
84	139,4128	1776,759	67	62,6973	1232,966	50	24,075	629,439
83	131,2409	1740,674	66	59,9038	1199,963	49	22,3899	594,233
82	124,9576	1710,613	65	57,1755	1166,371	48	20,77	559,478
81	119,8987	1684,498	64	54,5124	1132,239	47	19,2153	525,246
80	115,4	1659,533	63	51,9145	1097,619	46	17,7258	491,607
79	110,7973	1632,168	62	49,3818	1062,565	45	16,3015	458,633
78	105,4264	1598,059	61	46,9143	1027,131			

Так как матрица regress (M, V, n) не определяет соответствие коэффициентов, то применив компьютерную программу, написанную в среде СКМ «MathCad», легко установим соответствие степеней объясняющих переменных и их коэффициенты, представленные ниже в виде матриц I и h :

$$I = \begin{pmatrix} 11 \\ 02 \\ 01 \\ 00 \\ 10 \\ 20 \end{pmatrix} \quad h = \begin{pmatrix} -0,195 \\ -5,542 \cdot 10^{-4} \\ 20,818 \\ -538,77 \\ 14,865 \\ 0,064 \end{pmatrix} \quad (4)$$

При этом столбцы матрицы I соответствуют степеням переменной X и Y , элементы матрицы h ставятся в соответствие строкам матрицы I , являются коэффициентами переменных и их произведений.

В общем виде искомая зависимость (функция) $g(x, y)$ будет иметь вид:

$$g(x, y) = \sum_{i=0}^{last(h)} \left(h_i \cdot x^{I_{i,0}} \cdot y^{I_{i,1}} \right) \quad (5)$$

В развернутом виде функция (5) примет следующий вид:

$$g(x, y) = -0,195 \cdot x \cdot y - 5,542 \cdot 10^{-4} \cdot y^2 + 20,818 \cdot y + 14,865 \cdot x + 0,064 \cdot x^2 - 538,77 \quad (6)$$

График полученной зависимости представлен ниже (рис. 1).

Для проекции на плоскость xOy функции $g(x, y)$ обозначим ее через α и при различных значениях α получим различные линии уровня.

$$-0,195 \cdot x \cdot y - 5,542 \cdot 10^{-4} \cdot y^2 + 20,818 \cdot y + 14,865 \cdot x + 0,064 \cdot x^2 - 538,77 = \alpha \quad (7)$$

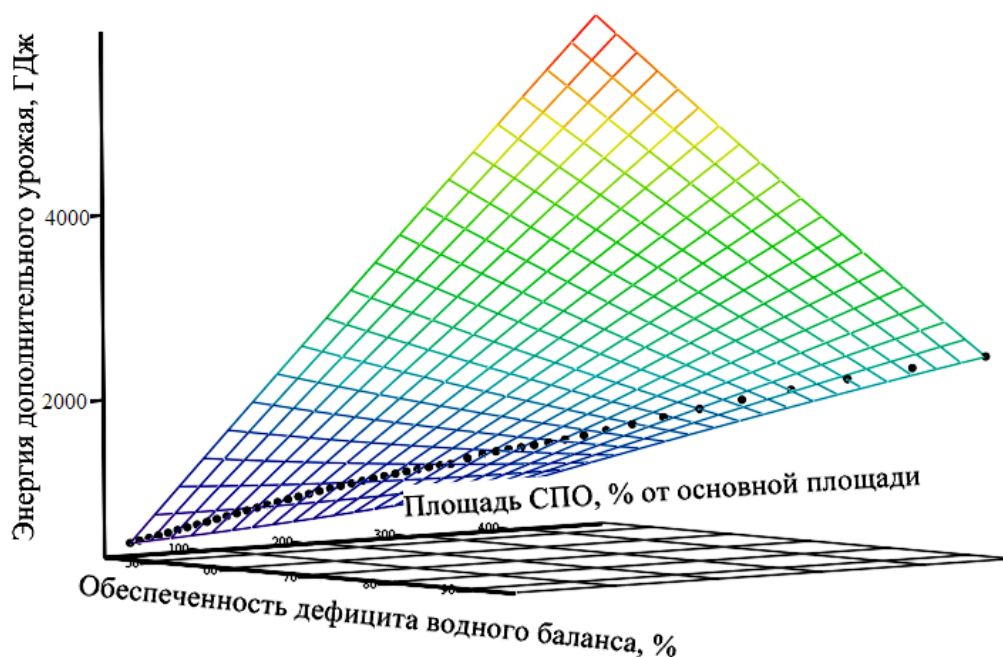


Рисунок 1 – График зависимости энергии дополнительного урожая от обеспеченности дефицита водного баланса и площади системы периодического орошения

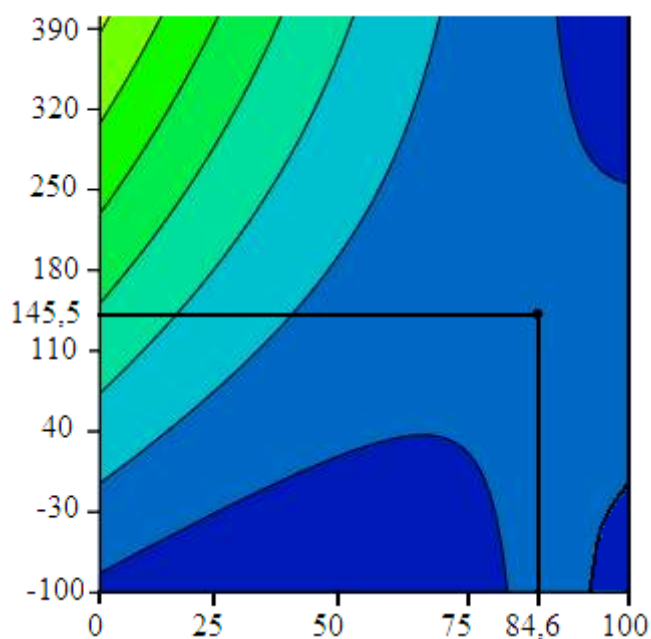


Рисунок 2 – Спектральная номограмма линий уровня

Решим квадратное уравнение относительно y , и придавая различные значения α , получим линии уровня, изображенные на рисунке 2. Исследование на условный экстремум предполагает поиск максимума функции $g(x, y)$ вдоль линии $y(x)$, которая в свою очередь связывает объясняющие переменные x и y .

$$y(x) = \begin{cases} 0,0323 \cdot x^2 - 1,5423 \cdot x + 19,69 & \text{при } 25 \leq x \leq 75 \\ 0,1107 \cdot x^3 - 26,62 \cdot x^2 + 2138,2 \cdot x - 57251 & \text{при } x \geq 75 \end{cases} \quad (8)$$

Как видно из рисунка 2 функция $g(x, y)$ достигает своего максимума в точке $x = 84,6$, $y = 145,5$. Таким образом, в первом приближении можно утверждать, что использование системы периодического орошения позволяет максимально возможное

выделение дополнительных площадей в размере приблизительно 145,5 га при площади регулярного орошения в 100 га.

Оценим значимость уравнения регрессии, т. е. установим соответствие математической модели, выражающей зависимость между переменными. Проверку произведем на основе дисперсионного анализа. Согласно основной идее, предполагающей изучение качества регрессионной модели:

$$Q = Q_R + Q_E$$

$$\sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2 = \sum_{i=1}^n (g(x, y) - \bar{Z})^2 + \sum_{i=1}^n (Z_i - g(x, y))^2 \quad (9)$$

Для этого находим значения функции $g(x, y)$ в точках X и Y , а также разницу между функцией $g(x, y)$ и значениями Z , которые обозначены как T и E (табл. 2) [3, 4].

В нашем случае: $Q = Q_R + Q_E = 1,465 \cdot 10^7 + 0,11052 \cdot 10^7 = 1,57552 \cdot 10^7$.

Таблица 2 – Значения функции $g(x, y)$ в точках X и Y и разница между функцией $g(x, y)$ и значениями Z , которые обозначены как T и E

T_i	E_i	T_i	E_i	T_i	E_i
$2,473 \cdot 10^3$	23,572	$1,552 \cdot 10^3$	0,169	988,292	-3,082
$2,399 \cdot 10^3$	-15,235	$1,494 \cdot 10^3$	6,246	952,839	-2,513
$2,316 \cdot 10^3$	-11,559	$1,473 \cdot 10^3$	2,763	917,211	-1,913
$2,23 \cdot 10^3$	-10,489	$1,445 \cdot 10^3$	1,236	881,448	-1,304
$2,145 \cdot 10^3$	-10,59	$1,416 \cdot 10^3$	-0,109	845,597	-0,699
$2,064 \cdot 10^3$	-10,935	$1,386 \cdot 10^3$	-1,29	809,687	-0,134
$1,989 \cdot 10^3$	-11,005	$1,356 \cdot 10^3$	-2,295	773,748	0,357
$1,921 \cdot 10^3$	-10,598	$1,325 \cdot 10^3$	-3,119	737,847	0,777
$1,862 \cdot 10^3$	-9,735	$1,293 \cdot 10^3$	-3,77	701,993	1,066
$1,812 \cdot 10^3$	-8,572	$1,261 \cdot 10^3$	-4,252	666,235	1,208
$1,769 \cdot 10^3$	-7,342	$1,228 \cdot 10^3$	-4,574	630,621	1,182
$1,734 \cdot 10^3$	-6,259	$1,195 \cdot 10^3$	-4,731	595,18	0,947
$1,705 \cdot 10^3$	-5,473	$1,162 \cdot 10^3$	-4,744	559,95	0,472
$1,679 \cdot 10^3$	-5,013	$1,128 \cdot 10^3$	-4,631	524,969	-0,277
$1,655 \cdot 10^3$	-4,726	$1,093 \cdot 10^3$	-4,381	490,288	-1,319
$1,628 \cdot 10^3$	-4,238	$1,059 \cdot 10^3$	-4,034	455,933	-2,7
$1,595 \cdot 10^3$	-2,914	$1,024 \cdot 10^3$	-3,598		

Оценим взаимосвязь между зависимой переменной $g(x, y)$ – среднюю дополнительную урожайность за год в ГДж от использования СПО и совокупностью объясняющих переменных – обеспеченность дефицита водного баланса (x , %) и дополнительная площадь (y , га), используя совокупный коэффициент (индекс) детерминации R^2 . Совокупный индекс детерминации показывает долю вариации зависимой переменной, обусловленную регрессией или изменчивостью объясняющих переменных. Таким образом, R^2 можно рассматривать как меру качества уравнения регрессии, характеристику прогностической силы анализируемой регрессионной модели.

Индекс детерминации определяется по формуле:

$$R^2 = \frac{Q_R}{Q} = \frac{1,465 \cdot 10^7}{1,57552 \cdot 10^7} = 0,92985. \quad (10)$$

Полученное значение индекса детерминации позволяет сделать вывод о том, что:

- уравнение регрессии значимо, т.е. исследуемая зависимая переменная $g(x, y)$ достаточно хорошо описывается включенными в регрессионную модель переменными X и Y ;

- значение R^2 , равное 0,929 указывает на тесную взаимосвязь зависимой переменной $g(x, y)$ – энергии дополнительного урожая за год в ГДж от использования СПО и совокупностью объясняющих переменных – обеспеченность дефицита водного баланса ($x, \%$) и дополнительная площадь ($y, \text{га}$).

Список использованных источников

1 Кожанов, А. Л. Прогнозирование размеров периодически орошаемых дополнительных площадей / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – Вып. 44. – Ч. 1 – С. 184-190.

2 Кожанов, А. Л. Организация периодического орошения на оросительных системах Ростовской области: дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Кожанов Антон Леонидович. – Новочеркасск, 2009. – 177 с.

УДК 631.671

НОРМЫ ВОДОПОТРЕБНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

А.Т. Козыкеева, Ж. Саржанкызы

Казахский государственный национальный университет, г. Алматы, Казахстан

Современное экологическое и социально-экономическое развитие Мактаралского района Южно-Казахстанской области во многом определяется дефицитом водных ресурсов, которые создаются в бассейне трансграничной реки Сырдарьи в связи, во-первых, с нерегулированностью принципов использования водных ресурсов с соседними государствами, во-вторых, с уменьшением объема стока в связи с изменением климата региона. В связи с этим, возникает необходимость научного обоснования нормы водопотребности сельскохозяйственных культур и технологии полива с целью рационального и эффективного использования водных ресурсов региона. Как известно, основной целью мелиорации является за счет выбора оптимальной технологии возделывания сельскохозяйственных культур обеспечить эффективность использования потенциальных ресурсов природной системы. С этой позиции, с учетом образовавшегося дефицита водных ресурсов, совершенствование технологий полива, обеспечивающих экологическое обоснование нормы водопотребности сельскохозяйственных культур в условиях Мактаралского района Южно-Казахстанской области, является одной из актуальных проблем мелиорации сельскохозяйственных земель [1; 2].

Природно-климатические условия Мактаралского района Южно-Казахстанской области, с одной стороны, очень засушливые с большими испаряющими способностями (1000 мм) и с другой стороны, очень малы атмосферные осадки (250 мм), они не позволяют без орошения обеспечить водопотребности сельскохозяйственных угодий. В таких противоречивых природно-климатических условиях сельскохозяйственные товаропроизводители занимаются возделыванием сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Таблица 1 – Природно-климатические ресурсы Мактаралского района Южно-Казахстанской области по данным метеостанции Мактарал

№	Агроклиматические показатели	Количественные показатели
1	Абсолютная высота, м	642
2	Биологическая активная сумма температур воздуха ($\sum t^{\circ}\text{C}$)	3400
3	Сумма дефицита ваджаности воздуха ($\sum d$, мб)	1860
4	Радиационный баланс (R , кДж/см ²)	170.9
5	Атмосферные осадки (O_c , мм)	287
6	Испаряемость (E_o , мм)	1020

Как видно из таблицы 1, природно-климатические ресурсы Мактаралского района Южно-Казахстанской области достаточно высокие, что подтверждается биологической активной суммой температуры воздуха ($\sum t^{\circ}\text{C}$) – 3400^oC и радиационным балансом (R) - 170.9 кДж/см², однако не высокое годовое значение атмосферных осадков (O_c) – 287 мм, не покрывает потребности в воде для растительного и почвенного покровов в естественных условиях. Для оценки тепло- и влагообеспеченности потребностей растительного и почвенного покровов использованы агроклиматические показатели, то есть коэффициент увлажнения ($K_y = O_c / E_o$), «индекс сухости» ($\bar{R} = R / LO_c$) и биолого-климатическую продуктивность ($БКП = K_y(\sum t/1000)$) (табл. 2).

Таблица 2 - Оценка тепло- и влагообеспеченности Мактаралского района Южно-Казахстанской области

№	Показатели тепло- и влагообеспеченности	Количественные показатели
1	«Индекс сухости»- $\bar{R} = R / LO_c$	5.00
2	Коэффициент естественного увлажнения - $K_y = O_c / E_o$	0.20

Таким образом, как показатели оценки тепло- и влагообеспеченности Мактаралского района Южно-Казахстанской области, коэффициент естественного увлажнения (K_y) - 0.20 и «индекс сухости» (\bar{R}) – 5.0, показывают, что влагообеспеченности растительного и почвенного покровов ландшафтной системы региона очень низкие.

По данным ГП «Южно-Казахстанская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция» в условиях Южно-Казахстанской области при капельном орошении и поливе по бороздам можно получить высокий урожай хлопчатника, то есть в фермерском хозяйстве «Икан» Туркестанского района при капельном орошении получили 30-35 ц/га и при бороздковом поливе - 25-30 ц/га, в фермерском хозяйстве «Пахтаарал» Мактаралского района при капельном орошении получили 45 ц/га и при бороздковым поливе - 45 ц/га, а на орошаемых полях Пахтааралской сортоиспытательной станции при капельном орошении - 35.6 ц/га и при бороздковым поливе - 32 ц/га, однако удельная водопотребность хлопчатника при различных способах полива будет различна [3; 4].

В настоящее время, очень доступным для сельскохозяйственных товаропроизводителей способом полива хлопчатника в условиях Мактаралского района Южно-Казахстанской области является полив по бороздам и, в связи с этим, в период 2012-

2014 гг. на орошаемых полях фермерского хозяйства проводились производственные исследования для совершенствования технологии бороздкового полива в следующих вариантах:

- полив по бороздам в открытых пространствах между бороздами (рисунок 1А);
- полив по бороздам с покрытием пространства между бороздами с использованием остатков растений (рисунок 1Б);
- полив по бороздам с покрытием пространства между бороздами с использованием полиэтиленовой пленки (рисунок 1В).

В фермерских хозяйствах Мактаралского района Южно-Казахстанской области при возделывании хлопчатника расстояния между рядками принимаются 60х60 см, которые обеспечивают оптимальный питательный режим (рис. 2).



Рисунок 1 - Технологические схемы производственных и экспериментальных исследований бороздкового полива хлопчатника в условиях Мактаралского района Южно-Казахстанской области:

- А - полив по бороздам в открытых пространствах между бороздами; Б - полив по бороздам с покрытием пространства между бороздами с использованием остатков растений; В - полив по бороздам с покрытием пространства между бороздами с использованием полиэтиленовой пленки

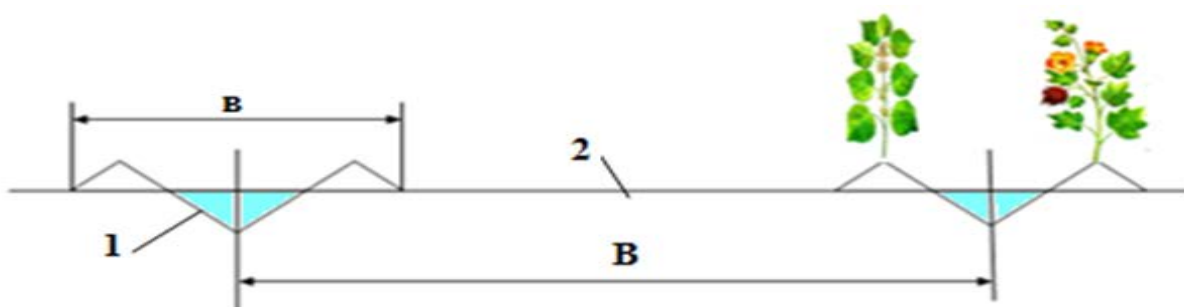


Рисунок 2 - Ориентировочная схема посадки хлопчатника:

- 1- поливные борозды; 2 – пространство между бороздами; в - ширина поливной борозды; В - ширина пространства между бороздами

При производственном испытании различных технологий бороздкового полива в условиях Мактаралского района Южно-Казахстанской области, норма водопотребности хлопчатника определялась по рекомендации Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства при коэффициенте естественного увлажнения $K_y = 0.15-0.20$, которая равна $6950 \text{ м}^3/\text{га}$ [5; 6].

Поливная норма (m) хлопчатника определялась по формуле А.Н. Костякова с учетом водно-физических свойств почвы: $m = 100 \cdot H \cdot d(\beta_{нв} - \beta_0)$, где $\beta_{нв}$ – наименьшая влагоемкость почвы, % от веса сухой почвы; d - пористость почвы, г/см³; β_0 - предполивная влажность почвы, % от веса сухой почвы; H - мощность корнеобитаемого слоя хлопчатника, см.

Таблица 3 - Нормы водопотребности хлопчатника при различных технологиях полива по бороздам в условиях Мактаралского района Южно-Казахстанской области

Показатели	Месяцы						Сумма
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1	2	3	4	5	6	7	8
Природно-климатические ресурсы							
$t^{\circ C}$	11.1	16.0	22.6	25.4	22.9	16.5	-
$\sum t^{\circ C}$	333	496	678	787	710	495	3499
K_{ti}	0.10	0.15	0.19	0.21	0.20	0.15	1.0
Полив по бороздам в открытых пространствах между бороздами							
ΔE_{pi} , м ³ /га	695	1042	1320	1460	1390	1043	6950
Δe_i , м ³ /га	23.0	33.6	44.0	47.0	44.8	34.7	-
$\sum \Delta E_{pi}$, м ³ /га	695	1737	3057	4517	5907	6950	
Полив по бороздам с закрытым пространством между бороздами с использованием остатков растений							
ΔE_{pi} , м ³ /га	520	780	988	1092	1040	780	5200
Δe_i , м ³ /га	17.3	26.0	32.9	36.4	33.5	26.0	
$\sum \Delta E_{pi}$, м ³ /га	520	1300	2288	33804	4420	5200	
Полив по бороздам с закрытым пространством между бороздами с использованием полиэтиленовой пленки							
ΔE_{pi} , м ³ /га	350	525	665	735	700	525	3500
Δe_i , м ³ /га	11.7	15.9	22.2	23.7	22.6	17,5	
$\sum \Delta E_{pi}$, м ³ /га	350	875	1540	2275	2975	3500	

Норма водопотребности или оросительная норма хлопчатника с учетом технологии полива по бороздам определялась по следующей формуле:

$$O_{pm} = \Delta E_m = \Delta E \cdot K_m,$$

где ΔE – оросительная норма сельскохозяйственных культур (хлопчатника) в различных расчетных обеспеченностях, м³/га; $O_{pm} = \Delta E_m$ - оросительная норма сельскохозяйственных культур (хлопчатника) в различных расчетных обеспеченностях с учетом технологии бороздкового полива, м³/га; K_m - коэффициент, учитывающий особенности технологии бороздкового полива, который определяется по формуле: $K_m = [(B - \epsilon) / B] \cdot (1 - K_u)$, здесь $B - \epsilon$ – ширина закрытого пространства между поливными бороздами, м; B - расстояние между бороздами, м; K_u - коэффициент, характеризующий влагопропускную способность материала использованного для покрытия пространства между бороздами.

На основе материалов производственного исследования в Мактаралском районе Южно-Казахстанской области установлены нормы водопотребности хлопчатника при различной технологии полива по бороздам (табл. 3).

Таким образом, как видно из таблицы 3, за счет покрытия пространства между бороздами растительными остатками и полиэтиленовой пленкой соответственно можно снизить нормы водопотребности хлопчатника на 25 и 50 %, что позволяет уменьшить суточную норму водопотребности ($\Delta e_i = \Delta E_{pi} / T$, где T - количество дней в месяцах) и коэффициент водопотребления хлопчатника ($K_b = O_{pi} / Y_i$, где Y_i - урожайность хлопчатника, м³/ц)

Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Сейсенов С.Б. Водохозяйственная система Южно-Казахстанской области (Аналитический обзор).- Тараз, 2011.- 48 с.
2. Мустафаев Ж.С., Сейсенов С.Б. Анализ и оценка природно-ресурсного потенциала Южно-Казахстанской области (Аналитический обзор).- Тараз, 2011.- 52 с.
3. Анзельм К. А. Анализ результатов внедрения водосберегающих технологий орошения в Южном Казахстане // Водное хозяйство Казахстана, 2011. - №2.-С.29-40.
4. Безбородов Ю.Г. Ресурсосберегающая технология полива пропашных культур по мульчированным бороздам (монография).- М.: Компания-Русь, 2005.- 418 с.
5. Ибатуллин С.Р., Кван Р.А., Парамонов А.И., Балгабаев Н.Н. Нормирование орошения в водохозяйственных бассейнах Казахстана.- Тараз, 2008.- 112 с.
6. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане.- Тараз, 2012.-528 с.

УДК 633.282:631.53:631.67

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕНА СУДАНСКОЙ ТРАВЫ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ КАЛМЫКИИ

Г.Н. Кониева, А.В. Чинкарикова, А.П. Танктырова

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

Основным звеном развития сельского хозяйства и базой для роста продукции животноводства является увеличение производства кормовых культур. Одной из таких культур является суданская трава (*Sorghum sudanense* Starf) - засухоустойчивая и высокопродуктивная культура, приспособленная к природно-климатическим и почвенным условиям Республики Калмыкия [3, 4, 5].

Необходимо шире внедрять кормовые культуры, не только дающие более высокие урожаи, но и содержащие в каждой кормовой единице большее количество переваримого протеина, незаменимых аминокислот и витаминов. Однако в среднем по республике урожаи этой культуры при орошении остаются еще невысокими. В связи с этим проводились комплексные исследования по выявлению рационального сочетания водного и минерального питания суданской травы на опытном полигоне Калмыцкого филиала ФГБНУ ВНИИГиМ, размещенном в юго-восточном районе республики на территории п. Адык Черноземельского района. Почвы опытного участка - бурые полупустынные средне- и легкосуглинистые, характеризуются низким содержанием гумуса и легкодоступных питательных элементов [1, 2].

Опыт по фактору А (режим орошения) включал 3 варианта: контроль - без орошения, два варианта с различной предполивной влажностью почвы; уровень минерального питания (фактор В) предусматривал следующие варианты: без применения удобрений (контроль); три варианта с внесением минеральных удобрений в дозах 100,

140 и 220 кг д.в. на 1 га для формирования планируемой урожайности сена 10, 15, 20 т/га. Суданскую траву сорта Многоотрастающая высевали в первой декаде мая, по предшественнику яровая пшеница, способ посева рядовой с междурядьем 15 см, нормой 4,5 млн. шт/га.

Средняя урожайность сена I укоса по всем вариантам опыта варьировала от 4,20 до 9,83 т/га, в то время как в богарных условиях и без внесения удобрений продуктивность составляла до 1,90 т/га. Урожайность сена второго укоса по вариантам опыта варьировала от 2,27 т/га до 5,77 т/га, третьего укоса – от 0,58 т/га до 2,61 т/га. В целом за вегетационный период суданской травы в 2010...2015 гг. за три укоса получено 7,87...17,31 т/га сена (табл. 1).

Таблица 1 - Урожайность сена суданской травы при различной влажности почвы и уровнях минерального питания по укосам (ср. за 2010...2015 гг.)

Фактор А: предполивная влажность почвы, %НВ	Фактор В: уровень минерального питания	Урожайность сена суданской травы		
		I укос	II укос	III укос
без орошения	без удобрений	1,90±1,40	0,95±0,40	-
65...70	без удобрений	4,20±0,27	2,90±0,18	0,77±1,32
	N ₆₀ P ₄₀	5,37±0,19	4,13±0,20	0,94±2,35
	N ₈₀ P ₆₀	6,56±0,31	4,40±0,24	1,36±0,86
	N ₁₂₀ P ₁₀₀	7,20±0,10	4,68±0,14	1,72±0,30
75...80	без удобрений	4,66±0,46	3,13±0,65	0,98±1,28
	N ₆₀ P ₄₀	6,03±0,08	4,36±0,12	1,45±0,40
	N ₈₀ P ₆₀	8,57±0,06	5,05±0,17	1,82±1,08
	N ₁₂₀ P ₁₀₀	9,83±0,10	5,29±0,46	2,19±0,70
НСР ₀₅ фактора А		0,05	0,08	0,05
НСР ₀₅ фактора В		0,07	0,08	0,06
НСР ₀₅ взаимодействие факторов АВ		0,12	0,11	0,09

Корреляционный анализ свидетельствует о прямой зависимости между показателями продуктивности и урожайностью сена суданской травы (коэффициент корреляции (r) варьирует от 0,95 до 0,98).

Применение минеральных удобрений оказывает влияние не только на увеличение урожайности сена суданской травы, но и улучшают его качество. Внесение минеральных удобрений в дозе N₆₀P₄₀ приводит к увеличению содержания сырого протеина в зависимости от укоса до 44,97...52,60 %. Дальнейшее увеличение дозы минеральных удобрений сопровождалось незначительным повышением содержания протеина (табл. 2). В результате исследований выявлено, что увеличение предполивной влажности почвы не приводит к повышению содержания протеина, однако сбор его с одного гектара увеличивается за счет роста урожайности. Уровень минерального питания оказал существенное влияние на содержание сырой клетчатки, жира, золы. Так в первом укосе содержание клетчатки составило по вариантам опыта 25,89...29,16 %, жира – 1,62...2,56 %, зольных элементов - 6,29...8,36 % (на сухое вещество). Качество сена во втором и третьем укосах имело следующие показатели: содержание клетчатки 23,00...28,30 %, содержание жира 1,50...2,48 %, содержание золы 5,84...8,04 %.

Таблица 2 - Влияние орошения и уровней минерального питания на качественные показатели сена суданской травы

Фактор А: предполивная влажность почвы, %НВ	Фактор В: уровень ми- нерального питания	Протеин, на 1 к.ед., г	Клетчатка, %	Зола, %	Жир, %	Кормовые единицы на 1 кг сухого вещества
без орошения (контроль)	без удобрений	7,04...7,20	28,30...29,16	5,84...6,29	1,50...1,62	0,45...0,48
65...70	без удобрений	7,45...8,65	26,40...29,02	5,97...6,41	1,46...1,65	0,56...0,57
	N ₆₀ P ₄₀	10,80...13,20	23,50...26,00	6,55...6,98	1,72...1,94	0,62...0,65
	N ₈₀ P ₆₀	11,62...13,85	23,41...26,03	7,03...7,45	1,94...2,16	0,67...0,68
	N ₁₂₀ P ₁₀₀	11,55...14,30	23,10...25,89	7,42...8,00	2,05...2,30	0,70...0,73
75...80	без удобрений	7,84...9,01	26,15...28,80	6,24...6,75	1,67...1,82	0,63...0,65
	N ₆₀ P ₄₀	10,92...12,76	23,34...26,15	6,72...7,31	1,89...2,19	0,69...0,71
	N ₈₀ P ₆₀	11,45...13,27	23,18...26,00	7,25...7,94	2,08...2,40	0,75...0,77
	N ₁₂₀ P ₁₀₀	11,49...13,84	23,00...25,98	7,81...8,36	2,26...2,56	0,78...0,80

При увеличении предполивной влажности почвы с 65...70 % НВ до 75...80 % НВ сбор кормовых единиц увеличивался на варианте без внесения удобрений на 12,5...14,0%, а на вариантах внесения N_{60...120}P_{40...100} кг/га д.в. - на 9,2...14,9 %.

Проведенные полевые исследования на бурых полупустынных почвах Калмыки показали, что суданская трава очень хорошо отзывается на оптимизацию водного и питательного режимов почвы. В условиях оптимальной влагообеспеченности научно обоснованное применение минеральных удобрений не только значительно повышает продуктивность кормовых культур, но и существенно улучшает питательную ценность получаемого корма за счет обогащения ее переваримым протеином, другими зольными элементами, снижения содержания клетчатки и др.

Список использованных источников

1. Дедова, Э.Б. Продуктивность суданской травы при орошении на бурых полупустынных почвах Калмыкии / Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, Е.В. Кравченко, А.Ф. Дружкин // Плодородие. - М.-. 2012. - № 2. - С. 44-46.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта /Б.А. Доспехов/ Изд. 5 доп. и пер. М.: Альянс, 2014. – 351 с.
3. Ильичев, В.Г. Эффективность орошения и азотных удобрений в повышении продуктивности суданской травы // Мелиорация и использование орошаемых земель степной зоны. М.: Агропромиздат, 1988 г., С. 165-174.
4. Кружилин, И.П. Влияние орошения и удобрений на урожайность и качество суданской травы / И.П. Кружилин, Т.Н. Дронова, В.П. Савин // Кормопроизводство. - М.- 2002. - №1.- С. 20-23.
Филин, В.И. Удобрение и орошение однолетних кормовых культур в интенсивном кормопроизводстве Прикаспийского региона /В.И.Филин, М.М. Оконов/ - Элиста: АПП «Джангар», 2004. – 304 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ИСПАРЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД

И.И. Конторович

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

Результаты ранее выполненных исследований [1 - 4] позволяют утверждать, что разработка технологии и технических средств для интенсифицированного испарения минерализованных дренажных вод, полезное использование или сброс которых в существующие водоприемники невозможен, является перспективным направлением утилизации дренажного стока с орошаемых земель, а поиск новых технических решений следует вести в направлении увеличения площади испаряющей поверхности преимущественно за счет применения покрытий и элементов из капиллярно-пористых материалов (КПМ).

В качестве одного из возможных вариантов конструкции пруда-испарителя нового типа предлагается техническое решение, защищенное патентом № 2515041(RU) [5, 6]. Суть технического решения заключается в следующем. На поверхности отсеков интенсифицированного испарения пруда равномерно размещены плавающие пластины со сквозными отверстиями и вставленными в них акселераторами испарения в виде цилиндров из гидрофильного КПМ, по углам плавающих пластин выполнены отверстия, через которые пропущены вмонтированные в дно отсеков вертикальные стержни длиной, превышающей глубину максимального заполнения отсеков, снабженные фиксаторами верхнего и нижнего положения пластины, каждая плавающая пластина имеет покрытие из гидрофильного КПМ, выполненное с выступом за пределы ее нижней поверхности. Новый технический результат состоит в обеспечении восстановления адсорбирующей способности акселераторов испарения промывкой без проведения их демонтажа путем периодического затопления менее минерализованной водой и в значительной интенсификации процесса испарения дренажного стока за счет увеличения площади испаряющей поверхности.

В настоящей статье излагаются результаты экспериментальной оценки возможности использования капиллярно-пористых материалов для интенсификации испарения минерализованных дренажных вод. Цель испытаний – получить данные о принципиальной реализуемости разработанного технического решения (пат. № 2515041) и количественно определить степень увеличения испарения дренажной воды при использовании акселератора вертикального типа из капиллярно-пористого материала «Scotch Brite» (Германия, Китай). Плотность данного материала $0,11 \text{ г/см}^3$, высота капиллярного подъема – 9,0 см за 60 мин., водопоглощение – 5,4 ... 6,1 г воды на 1 г массы материала.

Учитывая отсутствие действующих испарителей дренажных вод в пределах Волгоградской области, испытания акселераторов испарения проводились в лабораторных условиях на модельных растворах поваренной соли (NaCl).

Модели акселераторов испарения были изготовлены в соответствии с разработанным техническим решением [5] – рисунок 1. Варианты эксперимента представлены ниже – таблица 1.

Таблица 1 – Варианты эксперимента

Варианты эксперимента	Обозначение варианта эксперимента при минерализации воды, г/л				
	10	30	50	70	100
1. Естественное испарение (контроль)	A₁₀	A₃₀	A₅₀	A₇₀	A₁₀₀
2. Интенсифицированное испарение	B₁₀	B₃₀	B₅₀	B₇₀	B₁₀₀

Для проведения испытаний акселераторов использованы пластмассовые ёмкости объёмом 6,5 л. Исходный объём растворов NaCl по всем вариантам – 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. Размеры опорной пластины 16,5 x 25,0 см, толщина 1,8 см, площадь без отверстий под акселераторы испарения 305,0 см².



Рисунок 1 – Общий вид испытательной установки

В процессе испытаний по стандартным методикам контролировались следующие параметры: температура и относительная влажность воздуха, скорость ветра, температура поверхности воды и в слое 0–2 см, температура поверхности акселераторов, начальная и конечная (по истечении эксперимента) минерализация воды, уровень воды в сосудах, масса ёмкостей с раствором NaCl и системой акселераторов испарения, масса единичных акселераторов, масса системы акселераторов. Испарение воды определялось весовым способом.

С целью создания условий для функционирования емкостей во всем спектре скоростей ветра, создаваемого вентилятором, использовалась процедура последовательной перестановки сосудов через заданный интервал времени (как правило, 12 часов).

Для изучения функционирования акселераторов испарения вертикального типа, в отличие от исходного технического решения [5], пластины для размещения акселераторов не были покрыты капиллярно-пористым материалом. Эффективность испарения с покрытия пластины оценивалась в ходе отдельного опыта.

Основной эксперимент выполнялся в июле 2013 г. и имел общую продолжительность 120 часов. Диапазон изменения: а) температуры воздуха составил 26,0–29,4⁰ С при среднем значении 28,0⁰ С; б) относительной влажности – 27,0-49,0 % при

среднем значении 38,0 %; в) дефицита упругости водяного пара – 19,0–29,4 мб при среднем значении – 23,6 мб.

В ходе эксперимента установлено:

1) температура поверхностного слоя воды по вариантам интенсифицированного испарения на 2,0–2,5 °С выше, чем на контрольных вариантах. Причины: а) экранирование воды пластиной из пенопласта, на которой размещены акселераторы, и перенос испарения в зону поверхности акселераторов; б) охлаждение воды на вариантах А₁₀ – А₁₀₀ в результате испарения с открытой водной поверхности;

2) прослеживается суточный ход температуры воды по всем вариантам эксперимента в соответствии с аналогичной динамикой температуры воздуха в лаборатории.

Приведём значения продолжительности эксперимента, при которой **впервые** массы испарившейся воды по вариантам естественного и интенсифицированного испарения сравнялись: для вариантов А₁₀ и Б₁₀ – 95 часов, А₃₀ и Б₃₀ – 82 часа, А₇₀ и Б₇₀ – 72 часа и А₁₀₀ и Б₁₀₀ – 46 часов. Основные причины: отложение солей в капиллярах материала акселераторов испарения по вариантам Б и особенности ветрового режима.

Итоговые значения масс испарившейся воды по завершению основного эксперимента составили: а) для вариантов А₁₀, А₃₀, А₇₀, и А₁₀₀ – соответственно 1995,0 г, 1980,0; 1950,0 и 1905,0 г; б) для вариантов Б₁₀, Б₃₀, Б₇₀, и Б₁₀₀ (только через акселераторы испарения) – соответственно 2440,0 г, 2345,0; 2075,0 и 1915,0 г, в которых четко прослеживается влияние минерализации воды на испарение.

Для оценки испарения с покрытия пластины из КПМ был выполнен дополнительный опыт (дополнительный эксперимент), обработка материалов которого позволила получить эмпирическую зависимость между массой испарившейся воды с покрытия (М_{кпм}, г) и массой испарившейся воды с открытой поверхности (М₀, г):

$$M_{\text{кпм}} = 0,922 M_0 - 1,265, \quad R^2 = 0,999.$$

В дальнейшем данное уравнение использовалось для расчета испарения с покрытия из КПМ, при этом в качестве М₀ использовалась масса испарившейся воды конкретной минерализации по вариантам А с учетом глубины расположения пластины с КПМ на заданный момент времени и соотношения площади испарения по варианту А и площади покрытия из КПМ (351,5 см²).

Контрольные итоговые значения массы испарившейся воды из покрытия из КПМ по вариантам эксперимента следующие: Б₁₀ = 1933,0 г; Б₃₀ = 1785,0 г; Б₅₀ = 1690,0 г; Б₇₀ = 1595,0 г и Б₁₀₀ = 1492,0 г.

Полученные экспериментальные данные позволили ответить на вопрос: «Насколько предлагаемое техническое решение обеспечило повышение интенсивности испарения растворов NaCl в условиях лабораторного эксперимента при использовании капиллярно-пористого материала «Scotch Brite» - рисунок 2, таблица 2.

Таблица 2 – Основные показатели интенсификации процесса испарения по вариантам эксперимента

Показатель интенсификации процесса испарения	Отношение масс испарившейся воды по вариантам эксперимента				
	Б ₁₀ / А ₁₀	Б ₃₀ / А ₃₀	Б ₅₀ / А ₅₀ *	Б ₇₀ / А ₇₀	Б ₁₀₀ / А ₁₀₀
Максимальный	2,39	2,30	2,12	1,93	1,91
Минимальный.	2,19	1,88	1,88	1,88	1,84
Среднее	2,30	2,15	2,03	1,91	1,88

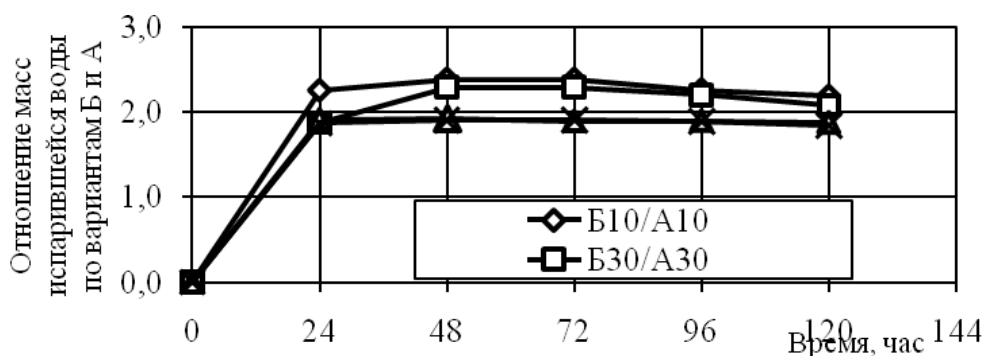


Рисунок 2 - Динамика интенсификации процесса испарения по вариантам эксперимента

Таким образом, интенсификация испарения для растворов поваренной соли в пределах минерализации 10–100 г/л составила 230–188 %.

В результате испарительного процесса произошло концентрирование растворов NaCl по всем вариантам опытов. При равных исходных концентрациях соли по вариантам А и Б, минерализация воды после завершения экспериментов достигла следующих значений: а) для варианта А₁₀, А₃₀, А₇₀, и А₁₀₀ – соответственно 14,8 г/л, 47,9; 108,1 и 139,5 г/л; б) для вариантов Б₁₀, Б₃₀, Б₇₀, и Б₁₀₀ соответственно 13,3 г/л, 43,5; 97,8 и 134,6 г/л.

По всем вариантам Б конечная минерализация растворов оказалась ниже, чем у соответствующих вариантов А, что связано с аккумуляцией части солей в пределах акселераторов испарения: для варианта Б₁₀ – в среднем на один акселератор 3,4 грамма; Б₃₀ – 11,5; Б₇₀ – 21,4; Б₁₀₀ – 25,0 грамм.

Извлечение соли из растворов за 5 суток по вариантам эксперимента следующее: Б₁₀ – 10,2 г или 20,3 %; Б₃₀ – 34,5 г или 22,9 %; Б₇₀ – 64,1 г или 18,3 %; Б₁₀₀ – 75,1 г или 15,0 %.

После завершения эксперимента один из трёх акселераторов по каждому варианту помещался на сутки в ёмкость с водопроводной водой для промывки, второй – высушивался до постоянного веса и разрезался на кольца равной высоты для изучения распределения соли по высоте акселератора, третий – высушивался и помещался на хранение. Промывка акселераторов с последующей сушкой показала полное удаление солей.

Таким образом, в результате выполнения эксперимента: 1) доказана принципиальная возможность практической реализации предлагаемого технического решения (пат. № 2515041); 2) получены данные, достаточно полно раскрывающие физическую картину процесса интенсифицированного испарения с помощью акселераторов вертикального типа; 3) выполнена оценка эффективности предлагаемого технического решения в условиях лабораторного опыта на растворах поваренной соли – интенсификация процесса испарения в среднем на 188–230 % при исходной минерализации растворов 100–10 г/л. При применении капиллярно-пористого материала с высотой капиллярного подъёма 18-20 см (вместо 9 см в условиях эксперимента), что вполне реально, как следует из [4], интенсификация испарения может быть удвоена и будет составлять 376–460 %.

Список использованных источников

1. Бородычев В.В. Концепция использования возобновляемых источников энергии для утилизации минерализованного дренажного стока / В.В. Бородычев, И.И. Конторович. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 104 с.
2. Конторович И.И. Основные направления интенсификации испарения минерализованных дренажных вод на основе использования возобновляемых источников энергии // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России (Костяковские чтения): материалы межд. науч.-практ. конф. – М.: Изд. ВНИИА, 2013. – С. 297 – 302.
3. Конторович И.И. Уровень техники и тенденции развития технических решений для интенсификации испарения с водной поверхности // Научный журнал РосНИИПМ. – 2016. - № 1(21). – С. 241 – 256.
4. Конторович И. И. Использование капиллярно-пористых материалов для интенсификации испарения минерализованных дренажных вод // Труды Юбилейной международной научно-практической конференции, посвященная 90-летию ВНИИГиМ, 26 ноября 2014 г. – М.: ВНИИГиМ, 2014. – С. 89 – 94.
5. Патент № 2515041. RU. С1.МПК E02B 11/00, C02F 1/14 (2006.01). Пруд-испаритель дренажного стока / Б.М. Кизяев, В.В. Бородычев, И.И. Конторович, В.К. Губин. – Заявка № 2012153735/13; Заявлено 13.12.2012. Опубликовано 10.05.2014, Бюл. № 13.
6. Конторович И.И. Накопитель-испаритель минерализованного дренажного стока гидромелиоративных систем // Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сборник науч. тр. / под ред. Н.В. Бышова. – Вып. 12. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. – С. 55 – 60.

УДК 631.559:551.577:001.891.573

СЦЕНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С РЯДОМ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ПО МОДЕЛИ MINTEQA 2

В.А. Корягин, Л.М. Корягина

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

Определенной опасностью для окружающей среды является загрязнение тяжелыми металлами. Для понимания этого процесса можно использовать математические компьютерные модели. Так модель Minteqa 2 является многогранным количественным инструментом по прогнозу поведения тяжелых металлов в разнообразном химическом окружении.

Входными данными для модели Minteqa 2 являются химические, геологические, гидрологические и некоторые физические параметры окружающей среды. Расчеты взаимодействия веществ проводятся в соответствии с базой данных, представленных в этой модели.

Некоторые параметры взаимодействия кадмия и меди с веществами H+1, DOM1(OCN-), NO₃⁻¹, H₂O при pH = 6,8 и температуре от 25°C до 0°C (через 5 °C) и концентрации 10 мг/л представлены в таблице 1, где DOM – растворенное органическое вещество.

Таблица 1 - Некоторые параметры расчета взаимодействия кадмия и меди с веществами H+1, DOM1(OCN-), NO3-1, H2O при рН = 6,8 и температуре от 25°С до 0°С (через 5°С), концентрации 10 мг/л

Параметры	Cd +2						Cu +2					
	25°С	20°С	15°С	10°С	5°С	0°С	25°С	20°С	15°С	10°С	5°С	0°С
Сумма катионов	5,838 E-05	5,836 E-05	5,835 E-05	5,833 E-05	5,832 E-05	5,530 E-05	8,706 E-05	8,842 E-05	8,947 E-05	9,027 E-05	9,087 E-05	9,131 E-05
Сумма анионов	8,617 E-05	8,613 E-05	8,609 E-05	8,606 E-05	8,604 E-05	8,602 E-05	8,099 E-05	8,087 E-05	8,077 E-05	8,068 E-05	8,061 E-05	8,056 E-05
Анионы-катионы/ Катионы+анионы	1,923 E+01	1,921 E+01	1,921 E+01	1,921 E+01	1,920 E+01	1,921 E+01	3,611 E+00	4,459 E+00	5,113 E+00	5,609 E+00	5,981 E+00	6,258 E+00
Процент распределения металла между веществами: металл	96,9	96,9	96,9	96,9	96,8	96,8	80,9	83,7	85,9	87,6	88,8	89,7
тип 1	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4
тип 2							7,7	6,3	5,0	4,0	3,1	2,4
тип 3							4,2	2,8	1,7	1,1		

Таблица 2 - Некоторые параметры расчета взаимодействия ртути, свинца, цинка, хрома, кобальта, никеля, железа, марганца, серебра, мышьяка с веществами H+1, DOM1(OCN-), NO3-1, H2O при pH = 6,8 и температуре 25 °C до 0 °C, концентрации 10 мг/л

Параметры	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Zn ²⁺	Cr ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Ag ⁺	H3AsO3
Сумма катионов	6.020E-05	8.853E-05	5.790E-05	1.002E-04	6.018E-05	9.790E-05	6.017E-05	1.002E-04	3.020E-05	2.030E-07
Сумма анионов	8.774E-05	7.966E-05	8.579E-05	8.774E-05	8.774E-05	8.573E-05	8.774E-05	8.774E-05	8.774E-05	8.795E-05
Анионы-катионы/ Катионы+анионы	1.861E+01	5.279E+00	1.941E+01	6.630E-01	1.863E+01	6.629E+00	1.864E+01	6.628E+00	4.879E+01	9.954E+01
Процент распределения металла между веществами: металл	100.0	85.1	96.0	100	99.9	97.7	99.9	100	100	99.6
тип 1		8.4	3.7			2.3				
тип 2		6.5								
тип 3										

По модели Minteqa 2 проведены расчеты по взаимодействию ртути, свинца, цинка, хрома, кобальта, никеля, железа, марганца, серебра, мышьяка с веществами, указанными ниже. Входные данные: вещества H+1, DOM1(OCN-), NO3-1, H2O при pH = 6,8, температуре 25 °C и концентрации 10 мг/л. Некоторые результаты расчетов представлены в таблице 2. Пример выходной информации по свинцу приведен в таблице 3

Таблица 3 - Результаты расчета взаимодействия свинца с веществами H+1, DOM1 (OCN-), NO3-1, H2O при pH = 6,8 и температуре 25° C, концентрации 10 мг/л

PART 1 of OUTPUT FILE

```

MINTQA2 v4.03  DATE OF CALCULATIONS: 27-MAR-2015  TIME: 11:54:38
Test file for Gaussian DOM model
DOC = 10 mg/L, Pb binding at pH 6.8
Component file (COMP.DBS):      comp.dbs    COMP v4.00 09/30/1999
Thermodynamic file (THERMO.UNF): thermo.unf  THERMO V4.00 09/30/1999
Gaussian DOM file (GAUSSIAN.DBS): gaussian.dbsGAUSSIAN V4.00 09/30/1999
Solids file (TYPE6.UNF):       type6.unf   TYPE6 V4.00 09/30/1999
-----
Temperature (Celsius): 25.00
Units of concentration: MOLAL
Ionic strength: 0.100 molal; FIXED
If specified, carbonate concentration represents total inorganic carbon.
Do not automatically terminate if charge imbalance exceeds 30%
Precipitation is allowed only for those solids specified as ALLOWED
in the input file (if any).
Maximum iterations: 200
The method used to compute activity coefficients is: Davies equation
Intermediate output file
-----
330 0.000E+00 -6.80 y
144 0.000E+00 -6.00 y
600 5.000E-05 -4.40 y
492 6.000E-05 -4.00 y
H2O has been inserted as a COMPONENT
3 1
330 6.8000 0.0000
INPUT DATA BEFORE TYPE MODIFICATIONS
ID Name ACTIVITY GUESS log GUESS ANAL TOTAL
330 H+1 1.585E-07 -6.800 0.000E+00
144 DOM1 1.000E-06 -6.000 0.000E+00
600 Pb+2 3.981E-05 -4.400 5.000E-05
492 NO3-1 1.000E-04 -4.000 6.000E-05
2 H2O 1.000E+00 0.000 0.000E+00
-----
*** SPECIAL PARAMETERS for Dissolved Organic Matter:
DOC (mg/l): 10.00
Charge on DOM species are determined from fixed database values
** DOC COMPONENT 144:
Total Acidity (umol/mgC): 1.00
Total site concentration (mol/l): 1.000E-05
-----
Charge Balance: UNSPECIATED
Sum of CATIONS= 1.000E-04 Sum of ANIONS = 8.800E-05
PERCENT DIFFERENCE = 6.383E+00 (ANIONS - CATIONS)/(ANIONS + CATIONS)

```

PART 2 of OUTPUT FILE

MINTEQA2 v4.03 DATE OF CALCULATIONS: 27-MAR-2015 TIME: 11:54:38

CONSTRAINTS ON COMPONENT ACTIVITIES

As specified, this chemical system is OPEN with respect to the following components:

H2O H+1

Activities of the following components are constrained by the species shown:

COMPONENT	SPECIES	TYPE
H+1	H+1	3
H2O	H2O	3

PART 3 of OUTPUT FILE

MINTEQA2 v4.03 DATE OF CALCULATIONS: 27-MAR-2015 TIME: 11:54:38

PARAMETERS OF THE COMPONENT MOST OUT OF BALANCE:

ITER	NAME	TOTAL mol/L	DIFF FXN	LOG ACTVTY	RESIDUAL
0	Pb+2	5.000E-05	2.904E-06	-4.40000	2.899E-06
1	Pb+2	5.000E-05	6.406E-05	-4.42431	6.405E-05
2	Pb+2	5.000E-05	2.083E-06	-4.78196	2.078E-06
3	Pb+2	5.000E-05	1.323E-07	-4.79969	1.273E-07
4	Pb+2	5.000E-05	8.679E-09	-4.80084	3.679E-09

ID No	Name	Total Conc(M)	Conc (M)	log Activity	Diff fxn
492	N03-1	6.000E-05	5.999E-05	-4.32936	-1.626E-19
144	DOM1	1.000E-05	5.793E-06	-6.07923	-1.584E-10
600	Pb+2	5.000E-05	4.253E-05	-4.80091	5.705E-10
2	H2O	0.000E+00	-3.330E-06	0.00000	0.000E+00
330	H+1	0.000E+00	2.030E-07	-6.80000	0.000E+00

Type I - COMPONENTS AS SPECIES IN SOLUTION

ID No	Name	Conc (M)	log Act	Charge	Act Coef	New logK
330	H+1	2.030E-07	-6.80000	1.00	0.78089	0.107
144	DOM1	5.793E-06	-6.07923	-2.80	0.14385	0.842
600	Pb+2	4.253E-05	-4.80091	2.00	0.37184	0.430
492	N03-1	5.999E-05	-4.32936	-1.00	0.78089	0.107

Type II - OTHER SPECIES IN SOLUTION OR ADSORBED

ID No	Name	Conc (M)	log Act	Charge	Act Coef	New logK
6004920	PbNO3+	1.403E-08	-7.96027	1.00	0.78089	1.277
6004921	Pb(NO3)2 (aq)	8.519E-13	-12.05963	0.00	1.02329	1.390
1443300	H DOM	3.748E-09	-8.77422	-1.80	0.44873	4.218
1446000	Pb DOM	4.204E-06	-5.44513	-0.80	0.85360	5.269
3300020	OH-	8.136E-08	-7.19700	-1.00	0.78089	-13.890
6003300	PbOH+	3.232E-06	-5.59791	1.00	0.78089	-7.490
6003301	Pb(OH)2 (aq)	4.956E-09	-8.29491	0.00	1.02329	-17.104
6003302	Pb(OH)3-	4.126E-13	-12.49191	-1.00	0.78089	-27.984
6003303	Pb2OH+3	5.860E-09	-9.19882	3.00	0.10797	-5.430
6003304	Pb3(OH)4+2	2.182E-11	-11.09074	2.00	0.37184	-23.458
6003305	Pb(OH)4-2	1.348E-17	-17.29991	-2.00	0.37184	-39.269
6003306	Pb4(OH)4+4	5.333E-11	-11.99165	4.00	0.01912	-18.269

Type III - SPECIES WITH FIXED ACTIVITY

ID No	Name	Conc (M)	New logK	Enthalpy
2	H2O	-3.330E-06	0.000	0.000
330	H+1	3.123E-06	6.800	0.000

PART 4 of OUTPUT FILE

MINTEQA2 v4.03 DATE OF CALCULATIONS: 27-MAR-2015 TIME: 11:54:38

PERCENTAGE DISTRIBUTION OF COMPONENTS AMONG

TYPE I and TYPE II (dissolved and adsorbed) species N03-1

100.0	Percent bound in species #	492	N03-1
DOM1	57.9	Percent bound in species #	144 DOM1
42.0	Percent bound in species #1446000	Pb	DOM
Pb+2	85.1	Percent bound in species #	600 Pb+2
8.4	Percent bound in species #1446000	Pb	DOM
6.5	Percent bound in species #6003300	Pb	OH+
H2O	2.4	Percent bound in species #3300020	OH-
97.1	Percent bound in species #6003300	Pb	OH+
H+1	2.6	Percent bound in species #3300020	OH-
103.5	Percent bound in species #6003300	Pb	OH+

PART 5 of OUTPUT FILE

MINTEQA2 v4.03 DATE OF CALCULATIONS: 27-MAR-2015 TIME: 11:54:38

EQUILIBRATED MASS DISTRIBUTION

IDX	Name	DISSOLVED		SORBED		PRECIPITATED	
		mol/L	percent	mol/L	percent	mol/L	percent
492	N03-1	6.000E-05	100.0	0.000E+00	0.0	0.000E+00	0.0
144	DOM1	1.000E-05	100.0	0.000E+00	0.0	0.000E+00	0.0
600	Pb+2	5.000E-05	100.0	0.000E+00	0.0	0.000E+00	0.0
2	H2O	3.330E-06	100.0	0.000E+00	0.0	0.000E+00	0.0
330	H+1	-3.123E-06	100.0	0.000E+00	0.0	0.000E+00	0.0

Charge Balance: SPECIATED

Sum of CATIONS = 8.853E-05 Sum of ANIONS 7.966E-05

PERCENT DIFFERENCE = 5.279E+00 (ANIONS - CATIONS)/(ANIONS + CATIONS)

EQUILIBRIUM IONIC STRENGTH (m) = 1.000E-01

EQUILIBRIUM pH = 6.800

DATE ID NUMBER: 20150327

TIME ID NUMBER: 11543892

PART 6 of OUTPUT FILE

MINTEQA2 v4.03 DATE OF CALCULATIONS: 27-MAR-2015 TIME: 11:54:38

Saturation indices and stoichiometry of all minerals

ID No	Name	SI	Composition by stoich. of components				
2060000	MASSICOT	-4.095	[1.000]	600 [1.000]	2 [-2.000]	330	
2060001	LITHARGE	-3.895	[1.000]	600 [1.000]	2 [-2.000]	330	
2060002	PbO:0.3H2O	-4.181	[-2.000]	330 [1.000]	600 [1.330]	2	
2060004	Pb(OH)2	0.649	[-2.000]	330 [1.000]	600 [2.000]	2	
2060005	Pb2O(OH)2	-8.590	[2.000]	600 [3.000]	2 [-4.000]	33	

Выводы

Из приведенного ряда тяжелых металлов и мышьяка с рассчитываемыми веществами наибольшее взаимодействие наблюдается у меди – 19,1 %. На втором месте – у свинца. Ртуть, хром, марганец и серебро с расчетными веществами в реакцию не вступают.

Список использованных источников

1. Корягин В.А., Корягина Л.М. Сценарные исследования зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от склонового поверхностного стока при их возделывании в ряде регионов России. В сб. Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научно-практической конференции. 26 – 27 ноября 2014 г. Москва 2014.

2. Jerry D. Allison, David S. Brown, and Kevin J. Novo-Gradac. Miteqa 2/Prodefa 2, Geochemical assessment model for environmental systems: version 3.0 user's manual. EPA/600/3-91/021 March 1991. Environmental research laboratory office of research and development u.s. environmental protection agency Athens, Georgia 30605

УДК 631.87.633.34

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И СПОСОБОВ ПОСЕВА СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

¹ Т.С. Кошкарлова, ² В.В. Толоконников, ¹ О.Г. Чамурлиев, ¹ С.В. Иленева

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия;
²ФГБНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия

В статье показана эффективность использования биологически активных препаратов: гумимакса и соевого ризоторфина при обработке семян перед посевом с различной шириной междурядий (0,7 и 0,45 м) сорта сои ВНИИОЗ-76 внесенного в Государственный реестр селекционных достижений по Нижневолжскому региону. Исследования по факторам А (варианты обработки) и В (способы посева) способствовали отбору лучших вариантов применения биорациональных средств в комплексе – гумимакс + соевый ризоторфин как при ширине междурядий 0,7 м, так и 0,45 м, с получением самых высоких прибавок урожайности – до 26,5-28,1 %, по сравнению с контролем без обработки и другими вариантами эксперимента (16-21,7 %).

Важным резервом увеличения урожайности сои является расширение орошаемых земель, особенно в засушливых условиях Нижнего Поволжья, где эта культура обеспечивает получение двух-пяти кратного повышения урожая зерна по сравнению с возделыванием в посевах без орошения.

На формирование высокой урожайности – 3 т/га зерна орошаемому агроценозу сои требуется до 200 кг азота, 60 кг фосфора и 100 кг калия [1]. До 70 % требуемого азота эта культура использует в процессе бобово-ризобиального симбиоза. Значительную роль при этом, кроме содержания в почве макроэлементов, играет наличие микроэлементов, таких как молибден, бор, кобальт, сера, цинк, марганец. Комплекс микроэлементов содержат многие регуляторы роста растений, используемые в сельском хозяйстве (бишофит, никфан, витариз, соевый ризоторфин и др.). Кроме того, соевый ризоторфин способствует активизации симбиотического процесса сои.

Изучению влияния биорациональных средств на урожайность сои посвящен ряд работ [2, 3, 4]. Прибавки урожая составляли от 3,1-35,5 %.

Тем не менее, вопросы применения биоактивных препаратов для эффективного возделывания сои решены недостаточно полно и требуется их комплексное изучение, особенно в агроценозах с различной шириной междурядий, поскольку уменьшение ширины междурядий – до 0,15-0,45 м, по сравнению с традиционным возделыванием при 0,7 м, сопровождается существенным увеличением урожайности зерна.

Учитывая это, в период 2013-2015 гг., нами проводились исследования по выявлению эффективности современных биопрепаратов при подготовке семян сои к посеву в условиях Волго-Донского междуречья в агроценозах с шириной междурядий 0,7 и 0,45 м.

Фосфорно-калийные удобрения (P₉₀K₆₀ д.в) вносили осенью под вспашку, азотные (N₉₀) – под предпосевную культивацию. Семена обрабатывали водными растворами биорациональных средств гумимакса 0,025 л на гектарную норму семян – 100 кг и районированного соевого ризоторфина штамма № 646 из расчета 300 г/100 кг семян.

Опыты закладывались методом расщепленных делянок с использованием вне-сенного в Госреестр сорта сои ВНИИОЗ-76. Учетная площадь делянок посева с шириной междурядий 0,7 м – 336 м², с междурядьями 0,45 м-288 м². Норма посева 600 тыс. штук семян на 1 га. Повторность четырехкратная. Поливная норма назначалась в зависимости от фазы развития: до 450 м³/га в период «цветение-налив семян» и по 200 м³/га в период «всходы-бутонизация». Оросительная норма в среднем за годы исследования изменялась от 2-х до 3-х тыс. м³/га.

Очень засушливые условия сложились для культуры сои в 2014 г. (ГТК 02) и в 2015 г. (ГТК 01). Более благоприятные метеоусловия наблюдались в период 2013 года (ГТК 07). Прибавки урожая зерна в среднем за годы проведения исследований составляли от 0,49 т/га до 0,81 т/га или от 16 % до 28,1 % (табл.1).

Таблица 1 - Урожайность сои в зависимости от предпосевной обработки семян биорациональными средствами и способов посева в условиях орошения, т/га

Способы (В) посева при ширине междурядий, м	Варианты обработки семян (А)	Годы проведения исследований				Отклонение от контроля без обработки	
		2013	2014	2015	среднее	т/га	%
0,7	Контроль, без обработки	2,82	2,39	2,26	2,49	-	-
	Инокуляция семян: ризоторфином	3,29	3,02	2,68	3,0	0,51	20,5
	Инокуляция семян: гумимаксом	3,31	3,06	2,72	3,03	0,54	21,7
	Ризоторфин+гумимакс	3,58	3,1	2,88	3,19	0,7	28,1
0,45	Контроль, без обработки	3,23	3,06	2,9	3,06	-	-
	Инокуляция семян: ризоторфином	3,75	3,51	3,	3,55	0,49	16
	Инокуляция семян: гумимаксом	3,89	3,65	3,24	3,59	0,53	17,3
	Ризоторфин+гумимакс	4,11	3,88	3,63	3,87	0,81	26,5
		А	0,1	0,08	0,07		
НСР ₀₅ (т/га)		В	0,16	0,12	0,11		
		АВ	0,17	0,13	0,12		

Наибольшая отзывчивость на инокуляцию семян отмечена на вариантах совместной обработки семян гумимаксом и ризоторфином при ширине междурядий 0,7 м (28,1% прибавки) и 0,45 м (26 % прибавки). Обработка семян только соевым ризоторфином или одним гумимаксом показала менее значимые результаты, особенно в посевах при ширине междурядий 0,45 м (16-17,3 % прибавки).

Применение биорациональных средств в комплексе (гумимакс + ризоторфин) способствовало более значительному, чем на контроле, увеличению общей высоты растений - до 0,87-0,91 м. Это оказало положительное влияние на формирование бобов – их образовалось 42,7-43,3 шт. и массу зерен на растении, которых сформировалось 9,1-9,8 г. Совместное применение гумимакса и ризоторфина способствовало высокой сохранности растений к уборке – до 35-39,7 шт./м², что, наряду с высокой зерновой продуктивностью, повысило семенную продуктивность орошаемого агроценоза. Формирование к уборке более технологичных растений с высотой прикрепления бобов до 0.12-0.14 м на вариантах комплексного применения биостимуляторов дало

возможность провести более качественную комбайновую уборку с меньшими потерями, чем на контроле без обработки семян, и тем самым достигнуть высоких уровней уборочной (хозяйственной) урожайности – до 3,19-3,87т/га зерна.

Таким образом, результаты исследований показали различную реакцию сорта сои ВНИИОЗ 76 на обработку семян распространенными биостимуляторами в агроценозах с различными по ширине способами посева в условиях орошения. Наибольшую прибавку зерна обеспечивает этот сорт при совместной обработке семян гуми-максом и ризоторфином, как при посеве с шириной междурядий 0,7м – до 28,1%, так и при агроценозе 0,45 м-до 26,5%.

Список использованных источников

1. Енкин В.Б. Соя / В.Б. Енкин. – М.:Сельхозгис, 1959.-621с.
2. Кочегура, А.В.Селекция сортов сои разных направлений использования: автореф. дис. докт. с.-х. наук / А.В. Кочегура. – Краснодар, 1988 – 47с.
3. Толоконников В.В. Эффективность предпосевной обработки семян различных сортов сои биологически-активными препаратами в условиях капельного орошения / В.В.Толоконников, В.Ф. Лобойко, Н.Г. Дезорцев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – Волгоград, 2013. – С.35-38.
4. Чернышев, В.И. Влияние агротехнических приемов и сортов особенностей сои на урожай и его качество в условиях орошаемого земледелия Волгоградской области: автореф. дис. докт. с.-х. наук / В. И. Чернышев – Астрахань, 2005 – 23с.

УДК 633.854.78:631.674.6

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

С.А. Курбанов, Д.С. Магомедова, Л.Ю. Караева

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова», г. Махачкала, Россия

В Российской Федерации подсолнечник является основной масличной культурой, возделываемой на площади более 7 млн. га, занимая в общем объеме производства масличного сырья более 80 % [1]. В то же время, сегодня почти 50 % потребляемого растительного масла в стране покрывается за счет импортных поставок. В настоящее время, когда остро стоит проблема импортозамещения сельскохозяйственной продукции, разработка и внедрение прогрессивных технологий возделывания подсолнечника в агроландшафтных системах земледелия весьма актуально. В настоящее время средняя урожайность культуры в России не превышает 1,2 т/га. Немного она выше и в Южном федеральном округе, где сосредоточены основные посевные площади культуры, всего 1,4 т/га [2]. Но потенциальные возможности культуры далеко не реализованы, в том числе и в Дагестане, где при площади посевов всего 7,0 тыс. га урожайность составляет 1,14 т/га [3].

В формировании высококачественного урожая ведущая роль принадлежит листьям и корням. Еще в 1876 г. К.А. Тимирязев писал: «Лист доставляет главную, в количественном и качественном отношении, пищу растения, можно сказать, что в жизни листа выражается самая сущность растительной жизни, что растение – это лист» [4]. Существует прямая зависимость урожая от фотосинтеза, но его коэффициент полезного действия зависит прежде всего от обеспеченности растений водой и минеральным питанием.

В этой связи нас интересовал вопрос повышения продуктивности фотосинтеза путем регулирования таких элементов агротехники возделывания подсолнечника, как густота посевов и оптимизация поливного режима культуры. Исследования проводились в учебно-опытном хозяйстве Дагестанского государственного аграрного университета на луговых среднесуглинистых почвах, типичных для региона исследований. В качестве объекта исследований был выбран сорт СПК, относящийся к межеумочной форме подсолнечника. Разные варианты режима орошения поддерживались в слое 0,4 м до начала образования корзинки и 0,8 м в остальной период вегетации с помощью капельного орошения. Расстояние между поливными капельными трубопроводами 0,7 м, между полукомпенсированными капельницами – 0,3 м. Посев проводили с междурядьями 0,7 м в конце апреля – начале мая.

Существенное влияние на суммарное водопотребление имели изучаемые предполивные пороги влажности активного слоя, что видно из таблицы 1. Анализ значений используемых запасов почвенной влаги показывает, что с ростом уровня предполивной влажности почвы снижается эффективность ее использования до 451 м³/га или на 38,9% по сравнению с жестким режимом орошения и на 19,8 % по сравнению с умеренным орошением (контролем). Это также подтверждается при анализе структуры суммарного водопотребления. Так, при уровне 60 % НВ на долю запасов почвенной влаги приходится 20,7 % от величины суммарного водопотребления, а с увеличением предполивного порога до 70 и 80 % НВ роль запасов почвенной влаги в суммарном водопотреблении снижается соответственно до 16,6 и 13,6 %.

Таблица 1 – Суммарное водопотребление подсолнечника в зависимости от густоты посевов и предполивного порога влажности почвы, м³/га (2011...2014 гг.)

Предполивной порог влажности почвы, % НВ	Почвенные запасы влаги	Атмосферные осадки	Оросительная норма	Суммарное водопотребление	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
60	737	557	2268	3562	854
70 к	562	557	2265	3384	716
80	451	557	2296	3304	660
НСР ₀₅ (м ³ /га)				205	

Что касается количества осадков, используемых посевами подсолнечника, то ввиду незначительных отличий в длине вегетационных периодов между изучаемыми вариантами, эта составляющая суммарного водопотребления по уровням предполивной влажности практически не отличалась. В то же время, отмечено увеличение влияния атмосферных осадков в суммарном водопотреблении с 15,6 до 1,9 % при увеличении уровня предполивной влажности почвы.

Более существенную роль в суммарном водопотреблении играет оросительная норма и если в количественном выражении она между вариантами существенно не отличается, то ее значимость с увеличением уровня предполивного порога влажности почвы возрастает с 63,7 % при 60 % НВ до 69,5 % при 80 % НВ. Усредненные за 4 года исследований показатели суммарного водопотребления свидетельствуют о том, что рост предполивных порогов влажности почвы способствует некоторому снижению суммарного водопотребления, однако все это по результатам дисперсионного анализа несущественно.

Коэффициент водопотребления, характеризующий рациональность использования влаги растениями, свидетельствует о том, что наиболее эффективно используется влага при предполивном пороге влажности почвы 80 % НВ, где для образования 1 тонны семян расходуется наименьшее количество влаги - 660 м³ и наименьшее количество оросительной воды – 459 м³/т.

При всех уровнях предполивной влажности почвы с увеличением густоты посевов коэффициент водопотребления снижается до 60 тыс. шт./га, а дальнейшее увеличение густоты посевов до 70 тыс. шт./га не способствует эффективности использования влаги, так как коэффициент водопотребления возрастает на 4,8...11,5 %. Что касается влияния густоты посевов на значения коэффициента водопотребления, то независимо от предполивного порога влажности почвы он снижается с 882 м³/т при 40 тыс. шт./га до 640 м³/т при 60 тыс. шт./га.

В наших исследованиях изменение густоты стояния растений и предполивного порога влажности почвы оказали существенное влияние на фотосинтетическую деятельность посевов подсолнечника (табл. 2).

Таблица 2 - Показатели фотосинтетической деятельности посевов подсолнечника при капельном орошении (2011...2014 гг.)

Предполивная влажность, % НВ	Густота посевов, тыс. шт./га	Площадь листьев, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² сутки/га	Накопление сухого вещества, т/га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² ·сутки	КПД ФАР, %
60 к	40	30,34	1367	8,92	6,52	0,87
	50 к	41,42	1755	11,83	6,74	0,95
	60	45,62	1919	12,85	6,70	1,21
	70	46,73	1933	12,68	6,56	1,20
70	40	32,61	1452	9,59	6,60	0,99
	50	43,67	1864	12,66	6,79	1,08
	60	47,39	1958	13,54	6,91	1,33
	70	48,79	1962	13,17	6,71	1,28
80	40	33,31	1507	9,94	6,59	1,01
	50	42,35	1824	12,45	6,82	1,11
	60	48,26	1965	13,79	7,02	1,44
	70	49,00	1941	13,38	6,89	1,37

Анализ данных таблицы показал, что на площадь листовой поверхности наибольшее влияние оказали изменения в густоте посевов, что привело к росту площади ассимиляционной поверхности на 50,2 %, а при увеличении предполивного порога влажности с 60 до 80 % НВ только на 5,4 %.

С увеличением площади листьев увеличивается и фотосинтетический потенциал посевов, а наибольшие значения фотосинтетического потенциала получены при густоте 60 и 70 тыс. м² сутки/га независимо от режима орошения. Обобщающим показателем фотосинтетической деятельности посевов является коэффициент полезного действия фотосинтетически активной радиации (КПД ФАР), который имеет максимальные значения при густоте 60 тыс. м²/га и поддержании предполивного порога влажности активного слоя почвы не ниже 80 % НВ – 1,44 %, что на 22,3 % выше контроля.

Проведенные исследования показали, что на вариантах с густотой стояния растений 60 тыс. шт./га, независимо от условий увлажнения, отмечены наиболее высокие уровни урожайности – 4,89...5,83 т/га. При этом наибольшая масса семян с 1 корзинки и масса 1000 семян формируется при густоте 60 тыс. шт./га. Переход от жесткого режима орошения (60 % НВ) к оптимальному (80 % НВ) обеспечивает за счет более благоприятных условий увлажнения увеличение урожайности семян подсолнечника на 0,74...0,92 т/га. Максимальная урожайность семян подсолнечника получена при густоте 60 тыс. шт./га и поддержании дифференцированного предполивного порога влажности активного слоя почвы не ниже 80% НВ – 5,83 т/га (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность подсолнечника в зависимости от густоты посевов и предполивного порога влажности почвы (2011...2014 гг.)

Предполивной порог влажности почвы, % НВ	Густота посевов, тыс.шт./га	Диаметр корзинки, см	Число семян в корзинке, шт.	Урожайность, т/га
60	40	22,2	1151	3,52
	50 к	20,3	1112	3,86
	60	19,5	1014	4,92
	70	17,9	871	4,41
70	40	22,8	1234	4,03
	50	20,7	1082	4,41
	60	20,2	983	5,36
	70	18,1	930	5,12
80	40	21,7	1167	4,15
	50	19,4	1068	4,56
	60	18,9	1037	5,83
	70	17,8	950	5,51
НСР ₀₅			73	0,37

Одной из задач современных технологий возделывания любой культуры является получение семян хорошего качества. В наших исследованиях самая высокая масличность семян отмечена при густоте 50 тыс. шт./га – 46,1 %, а при росте уплотненности посевов масличность снижается до 42,9 %. Увеличение увлажненности почвы не приводит к снижению масличности семян. Наибольший сбор масла получен при густоте 60 тыс. шт./га и поддержании предполивного порога влажности не ниже 80 % НВ – 2,55 т/га.

Выводы

В аридных условиях равнинной зоны Дагестана капельное орошение подсолнечника обеспечивает наиболее высокий уровень урожайности, который формируется при густоте 60 тыс. шт./га и предполивном пороге влажности почвы 80 % НВ – 5,83 т/га.

На фоне капельного орошения увеличение густоты посевов и предполивного порога влажности почвы приводит к снижению лужистости семян на 2,1...4,8 %, возрастанию массы 1000 семян на 14,1 г и повышению сбора масла до 2,55 т/га.

Список использованных источников

1. Маклецова О. Влияние норм высева на продуктивность различных сортов подсолнечника в условиях южной правобережной микрозоны Саратовской области / О. Маклецова, Г. Караваяева, А. Субботин // Главный агроном, 2013. - №12. – С.30-31.

2. Лукомец В.М. Производство подсолнечника в Российской Федерации: состояние и перспективы / В.М. Лукомец, К.М. Кривошлыков // Земледелие, 2009. - №8. – С.3-5.
3. Сельское хозяйство Дагестана - 2015 год. – Махачкала: Изд-во МСХ РД, 2015. – 33 с.
4. Тимирязев К.А. Жизнь растений / К.А. Тимирязев. – М.: Сельхозгиз, 1936. – С.151.

УДК 635.13:631.674.6

СРОКИ И ГУСТОТА ПОСЕВОВ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Л.Г. Курбанова, Д.С. Магомедова, С.А. Курбанов

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова», г. Махачкала, Россия

В России ежегодно производится не более 1,5 млн. т столовой моркови с площади 67 тыс. га при средней урожайности не более 22 т/га, тогда как в некоторых странах получают до 80 т/га [1]. В Республике Дагестан морковь выращивают на площади более 2 тыс. га в основном в личных подсобных хозяйствах, при этом урожайность не превышает 20 т/га, хотя отдельные хозяйства получают до 28 т/га.

Выращивание моркови - одно из перспективных направлений в сельскохозяйственном производстве, особенно для ЛПХ И КФХ, а с появлением новых технологий открываются хорошие перспективы для ее выращивания не только в предгорных районах Республики Дагестан (Акушинский и Левашинский районы), но и условиях засушливого климата равнинной зоны республики [2]. Одной из таких перспективных технологий является выращивание моркови при капельном орошении, позволяющем в заданном поливном режиме создавать оптимальные условия для роста и развития культуры. Однако в условиях равнинной зоны республики некоторые элементы технологии возделывания столовой моркови, а именно, оптимальные сроки ее посева и густота посева, не определены.

В этой связи основной целью наших исследований было решить ряд задач, направленных на определение оптимальных сроков и густоты посевов и за счет оптимизации этих приемов получить урожай на уровне 40...45 т/га.

Для решения этих задач в 2012-2014 гг. в учебно-опытном хозяйстве Дагестанского ГАУ проводились полевые исследования по следующей схеме: сроки посева (фактор А), по датам посева (фактор В) и густота посевов (фактор С). По срокам посева было предусмотрено два варианта: А1 – весенний срок посева; А2 – летний срок посева. По датам посева было предусмотрено 3 варианта для весеннего срока: В1 – посев в 1 декаде марта, В2 – посев во 2 декаде марта, В3 – посев в 3 декаде марта; 3 варианта для летнего срока: В4 – посев в 1 декаде июня, В5 – посев во 2 декаде июня, В6 – посев в 3 декаде июня. По густоте посевов также было 3 варианта: С1 – густота 600 тыс. шт., С2 – 800 тыс. шт. и С3 – 1 млн. шт./га.

Поливы проводились из расчета увлажнения 0,4 м слоя при предполивном пороге влажности почвы не ниже 70% НВ поливными нормами 165 м³/га. Дозы минеральных удобрений рассчитывались из расчета получения 40 т/га корнеплодов. При выращивании моркови применялась 4-х строчная ленточная схема размещения растений. Опыт закладывался методом расщепленных делянок, форма и направление делянок, а также размещение защитных полос принималось в соответствии с требованиями к полевым опытам в овощеводстве [3]. Ранневесенние посевы в соответствии со схемой опыта проводили в начале каждой декады при температуре 3...7 °С, а летние посевы – при температуре 22,0...23,8 °С.

В результате исследований было установлено, что наибольшее влияние на прорастание растениями фенологических фаз, фотосинтетическую деятельность, формирование урожайности и качество корнеплодов оказывают сроки и даты посевов культуры. Наибольшая площадь листьев (26...28 тыс. м²/га), фотосинтетический потенциал (1,6...1,8 млн. м² сут/га) и масса накопленного сухого вещества (5,7...6,1 т/га) формируется при весеннем посеве столовой моркови, а лучшей датой является вторая декада марта. Изучение густоты посевов показало, что наиболее оптимальной для равнинной зоны Дагестана является густота посевов 800 тыс. шт./га (табл. 1).

Летние посевы столовой моркови приводят к снижению урожайности в среднем на 14,5 %, а наиболее оптимальным сроком летнего посева является 3 декада июня и густота 800 тыс. шт./га, которые обеспечивают урожайность на уровне 35...36 т/га.

Таблица 1 – Влияние сроков и густоты посевов на урожайность столовой моркови, т/га (в среднем 2012-2014 гг.)

Сроки посева	Дата посева	Густота стояния, тыс. шт./га		
		600	800	1000
Весна	1 декада марта	36,5	39,4	37,7
	2 декада марта	38,7	42,1	39,3
	3 декада марта	35,2	37,6	35,9
Лето	1 декада июня	29,4	31,3	32,0
	2 декада июня	30,7	32,1	33,5
	3 декада июня	33,6	35,8	34,1

Список использованных источников

1. Овчинников А.С. Обработка почвы, орошение и урожайность моркови в Нижнем Поволжье / А.С. Овчинников, С.А. Лисиченко, В.В. Бородычев, А.А. Мартынова // Плодородие, - 2015. - №3. – С.30-32.
2. Бородычев В.В. Водопотребление и продуктивность моркови при капельном орошении / В.В. Бородычев, А.А. Мартынова, А.В. Шуравилин / Агро XXI. – 2010. - №7-9. – С.34-35.
3. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С.С. Литвинов. – М.: Изд-во ВНИИО, 2011. – 648 с.

УДК 631.62

ВЛИЯНИЕ ДРЕНАЖЕЙ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Т.Б. Лагутина, О.Д. Кононов

ФГБНУ Архангельский НИИ сельского хозяйства, г. Архангельск, Россия

Лимитирующим фактором сельскохозяйственного производства на Европейском Севере является недостаточная теплообеспеченность в период активной вегетации сельскохозяйственных культур и избыточная увлажненность почв. Продолжительность безморозного периода составляет 70-130 дней. Среднемноголетняя сумма активных среднесуточных температур (выше +10°) изменяется от 300° в северной части Мурманской области до 1170° в южной, от 500° до 1600° в Архангельской области, 900-1600° - в Карелии. Во всех регионах, за исключением севера Мурманской области, значения теплообеспеченности довольно близки - 700 - 1400°,

что позволяет возделывать здесь многолетние травы, зерновые (озимая рожь, овес, ячмень), картофель и овощи [1,2, 3].

Торфяные почвы пойм северных рек, как наиболее потенциально плодородные, являются приоритетными для сельскохозяйственного освоения, но, как правило, требуют осушения. Мелиорация, кроме традиционного улучшения водно-воздушного режима, включает оптимизацию агрохимических и агрофизических свойств почв. Однако осушение торфяных почв приводит к деструкции органического вещества, его гумификации и минерализации. В целях предотвращения быстрой деградации этих уникальных природных ресурсов под влиянием землепользования необходимо учитывать не только экономическую сторону (получение высоких урожаев), но и экологическую - их долговечность.

В процессе использования этих почв нужна система мелиоративных мероприятий, увязанная с их органомогенным происхождением и характером необратимых процессов. Для оптимизации водно-физических свойств, стабилизации остаточных запасов органического вещества необходимо обеспечить пополнение торфяных почв свежей органической массой и не допускать чрезмерного уплотнения гумусированного слоя. Это условие приемлемо при использовании торфяных почв под кормовые культуры, особенно многолетние травы [4].

При длительном сельскохозяйственном освоении увеличивается степень разложения торфа, его гумификация и минерализация. Это ведет к снижению пористости торфов и повышению дисперсности, уменьшению коэффициента фильтрации, ухудшению условий осушения и снижению продуктивности. Происходит осадка и сработка торфяной залежи, которая по глубине распространяется неравномерно: максимальная - в зоне неполного насыщения (в слое до уровня грунтовых вод в меженный период), минимальная – в слое ниже глубины каналов (дрен) [5].

Данное положение подтверждают опыты, проведенные на участке «Зеленец», осушенном деревянным дренажем в 1960-1964 годах на глубину 0,9-1,1 м. Глубже дренаж заложить не позволяли уровни горизонтов воды в водоприемнике и низкие отметки поверхности земли, так как предусматривалось самотечное осушение. В настоящее время дренаж конструктивно хорошо сохранился, за исключением устьевых частей коллекторов, которые были отремонтированы, но в связи с недостаточной глубиной расположения дрен, нормальный водный режим для культурного пастбища не обеспечивается.

За период длительной эксплуатации деревянного дренажа (50-53 года) 4 раза проводили замеры глубины расположения дрен от поверхности почвы. Данные по замерам представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Осадка и сработка торфа по периодам исследований

Год исследований	Глубина расположения дрен, см		Осадка и сработка торфа, см	
	Зк-16	Зк-18	Зк-16	Зк-18
1962	85	85		
1989	58	55	27	30
2003	45	43	13	12
2013	41	39	04	04
Всего			44	46

За 50 лет работы дренажных систем на низинных торфяных высокозольных почвах при использовании их под многолетние травы уменьшение торфяной залежи составило 44–46 см, а интенсивность осадки - 0,83-0,87 см в год.

Проведенные по формуле И.М. Нестеренко ($\Delta H = 7,15 \cdot h_{др} \cdot \sqrt{T}$, где ΔH – осадка торфа, см; $h_{др}$ – глубина дренирования, м; T – период осушения, годы) расчеты показали, что за период исследований величина осадки и сработки торфа составила 43 см, интенсивность - 0,86 см в год, что согласуется с полученными данными наших замеров [6].

Наиболее интенсивно осадка торфяной залежи происходит в первые годы после осушения за счет потери вековых запасов воды и уплотнения органического вещества торфа, затем, после 10 - 15-летнего освоения преобладающими становятся процессы гумификации и минерализации. В наших условиях до 1989 года интенсивность осадки составила 0,93-1,03 см в год, в последующие 24 года она снизилась до 0,67-0,71 см в год. Долголетняя культура многолетних трав на торфяных почвах способна стабилизировать и даже полностью устранить опасность исчезновения торфяников, что подтверждается нашими данными, когда в последнее десятилетие сработка торфа составила 0,4 см в год.

Сработка торфяной залежи оказала влияние на основные показатели эффективного плодородия - агрофизические свойства почв, которые связаны с плотностью сложения, пористостью и влагоемкостью почвы.

Проведенные наблюдения показали, что в условиях дельтовой поймы, после 50-летнего освоения, степень разложения торфяной почвы в пахотном горизонте увеличилась до 50-52 %, что существенно повлияло на ее физические и водные свойства. Среди всех агрофизических показателей почвенного плодородия именно плотность почвы наиболее тесно связана с урожайностью сельскохозяйственных культур. Оптимальная плотность почвы, как интегральный показатель плодородия по физическим свойствам, имеет все более актуальное значение, особенно на осушенных землях.

В исследуемой почве плотность сложения в верхнем горизонте (0-30 см) увеличилась с 0,25-27 т/м³ до 0,34 - 0,38 т/м³ в 1989 и к 2014 году и находилась в интервале – 0,39-42 т/м³ (рис. 1). Аналогичные значения плотности сложения для торфяных почв в зависимости от зольности и степени разложения торфа - 0,1-0,7 т/м³ - получены при мелиорации торфяных почв юга Нечерноземья [7].

Под влиянием осушения изменяется не только плотность сложения, но и другие агрофизические свойства торфа. Уменьшилась полная влагоёмкость (ПВ) по весу от 276 до 186 % и пористость почвы по объёму – от 80 до 70 % (рис. 2).

Изменение водно-физических свойств почвы повлияло и на ее водный режим, который тесно связан с воздухоемкостью. Количество воздуха в почве зависит от пористости и влажности. При нарушении оптимального соотношения воды и воздуха за счёт увеличения влажности урожай сельскохозяйственных культур снижается.

Благоприятные условия воздушного режима торфяных почв обеспечиваются оптимальными значениями общей пористости ($P_{общ.}$) - 60-85 % и пористости аэрации ($P_{аэр}$) – 20-21 % для трав. Общая пористость на всех вариантах опыта в слое 0-30 см составляла 69-82 %. Пористость аэрации на всех дренажных системах была близкой к оптимальной и составляла 19 %.

Водный режим почвы, осушенной дренажными системами длительного срока эксплуатации, проследили в течение 2013-2015 годов. Вегетационный период 2013 года был сухим и теплым. Сумма активных температур воздуха составляла 1654 °С, количество осадков – 162,5 мм, что составило 53 % к среднемноголетней величине. В

2014 году погодные условия были близки к среднемноголетним. Сумма активных температур воздуха – 1556 °С, осадков за вегетационный период выпало 97 % к норме, а температурный режим был на 1,3° выше среднемноголетних значений. Вегетационный период 2015 года был прохладным и влажным. Лишь в мае температура воздуха оказалась выше среднемноголетнего значения, в июле-августе - ниже нормы. В июне и августе сумма осадков превышала норму на 38 и 53 % соответственно.

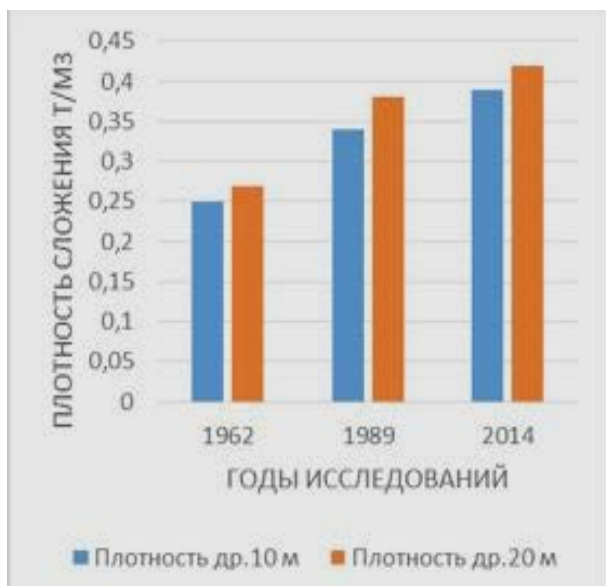


Рисунок 1 - Изменение плотности сложения торфяных почв на дренажных системах деревянного дренажа

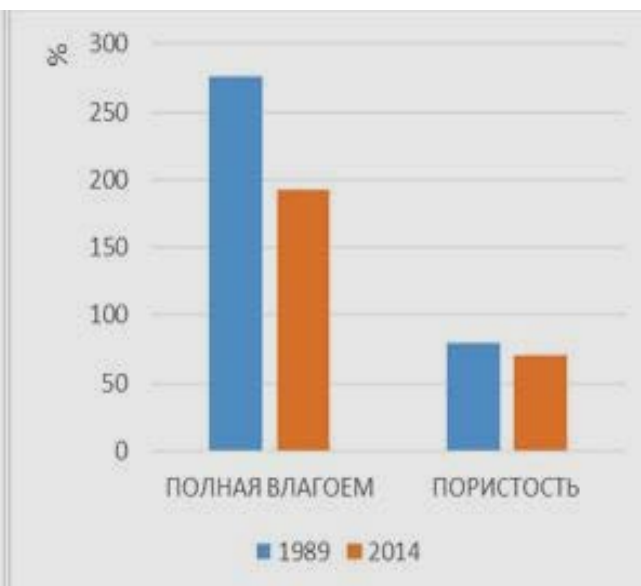


Рисунок 2 – Изменение полной влагоемкости и пористости почвы на системах деревянного дренажа

Анализ водно-воздушного режима почв, осушенных дренажами с междренним расстоянием 10 м и 20 м, проводился по уровню грунтовых вод (УГВ) и влажности почвы в сравнении с оптимальными значениями водного режима для многолетних трав: влажность - 55-75 % в слое 0-30 см, уровень грунтовых вод - 65-85 см [5]. В течение вегетационного периода 2013 года (сухой год) УГВ находился в пределах 60-88 см. Недостаточное количество выпавших осадков в сентябре способствовало понижению УГВ до 95-98 см. Влажность почвы на деревянном дренаже через 10 м составляла 63-75 % ПВ. На дренажных системах деревянного дренажа с междренным расстоянием 20 м значения влажности были близки к оптимальным, но выше (70-85 % ПВ), чем на почве, осушенной через 10 м.

В 2014 году, когда погодные условия были также близки к среднемноголетним, как по температурному режиму, так и осадкам влажность почвы в течение вегетационного периода находилась в пределах оптимальных значений лишь на системах с междренным расстоянием 10 м в слое 0-30 см - 63-80 % ПВ, уровень грунтовых вод (УГВ) - в пределах 62-98 см. Близкими к оптимальным были значения влажности почвы на деревянном дренаже с междренным расстоянием 20 м.

Во влажный 2015 год осадки в течение вегетации выпадали крайне неравномерно. Так, в июне и августе 2015 года выпало 138 и 153 % к норме. В этом многоводном году удалось проследить осушающее действие дренажных систем длительного срока эксплуатации. В периоды выпадения дождей грунтовые воды быстро поднимались. Наивысший уровень их составлял 44-47 см от поверхности почвы и отмечался на деревянном дренаже через 20 м. Влажность почвы на дренаже через 10 м была 73-78 %

ПВ, что соответствует оптимальным значениям. На системе с дренажем через 20 м влажность была близка к оптимальным значениям и лишь в августе, когда выпала полупорционная норма осадков она оказалась выше оптимальных значений на 5-15 %.

Требования сельскохозяйственных культур к водно-воздушному режиму оцениваются значениями оптимальной влажности и количественным содержанием воздуха в корнеобитаемом слое почвы, интервалами оптимального колебания уровня грунтовых вод в вегетационный период. Влажность почвы является одним из основных показателей развития и формирования урожайности сельскохозяйственных культур, постоянным источником водоснабжения корневой системы растений и зависит от глубины залегания УГВ.

Как показали наблюдения, в условиях разных лет по обеспеченности осадками, деревянный дренаж длительного срока эксплуатации (50- 54 года) обеспечивал водный режим, оптимальный для многолетних трав. Это повлияло на сохранение высокопродуктивных агроландшафтов на осушенных торфяных почвах и дало возможность утверждать, что при длительной эксплуатации мелиоративных систем в условиях Европейского Севера сохраняется нормальное осушающее действие дренажа.

Список использованных источников

1. Агроклиматические ресурсы Архангельской области. Л., 1971. - 136 с.
2. Агроклиматические ресурсы Карельской АССР. Л., 1974. - 115 с.
3. Агроклиматические ресурсы Мурманской области. Л., 1971. - 91 с.
4. Чернов А. Е., Томин Ю.А., Мажайский Ю.А., Кричевский С.М. Агротелиоративные направления охраны торфяных почв при сельскохозяйственном использовании // Мелиорация и водное хозяйство. – 2012. - №6. – С. 8-10.
5. Справочник. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение под редакцией Б.С. Маслова. Москва, «Ассоциация Экост», 2001. - 607 с.
6. Нестеренко И.М. Мелиорация земель Европейского Севера СССР. - Л.: «Наука», 1979. - 380с.
7. Экологические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья/ Под редакцией Ю.А. Мажайского. – М.: Из-во МГУ, 2003. – 319 с.

УДК 628.515

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАДИИ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ СКО

Ламскова М.И.¹, Филимонов М.И.¹, Новиков А.Е.^{1,2}

¹ВолгГТУ, г. Волгоград, Россия

²ФГБНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия

Закрытые мелиоративные системы в сельском хозяйстве в процессе эксплуатации подвержены коррозионному воздействию. Трёхвалентное железо при контакте с окислителем, например воздухом или с поверхностью труб в изношенных системах водораспределения, гидролизуеться в нерастворимый гидроксид железа Fe(OH)₃, который образует осадок или взвесь. В открытых водоисточниках также содержатся ионы железа и марганца. Марганец считается одним из наиболее часто встречающихся токсичных элементов в составе природной воды, способных накапливаться в почве и растениях. Использование воды с повышенным содержанием железа приводит не только к зарастанию трубопроводов и арматуры солями железа и продуктами жизнедеятельности железобактерий, но и к болезням сельхозкультур, в частности, ожогам и побурению.

На рисунке 1 показаны результаты анализа на содержание ионов железа и марганца основных источников природной воды Волгоградской области: Цимлянское (1) и Варваровское (3) водохранилища (Калачёвский район), Волго-Донской судоходный канал (2) (шлюз 4-5), р. Волга (4) (г. Камышин). Нормы содержания рассматриваемых ионов для различных областей народного хозяйства и промышленности регламентированы специализированными документами, в частности в поливной воде содержание железа и марганца не должно превышать 0,1 мг/л.

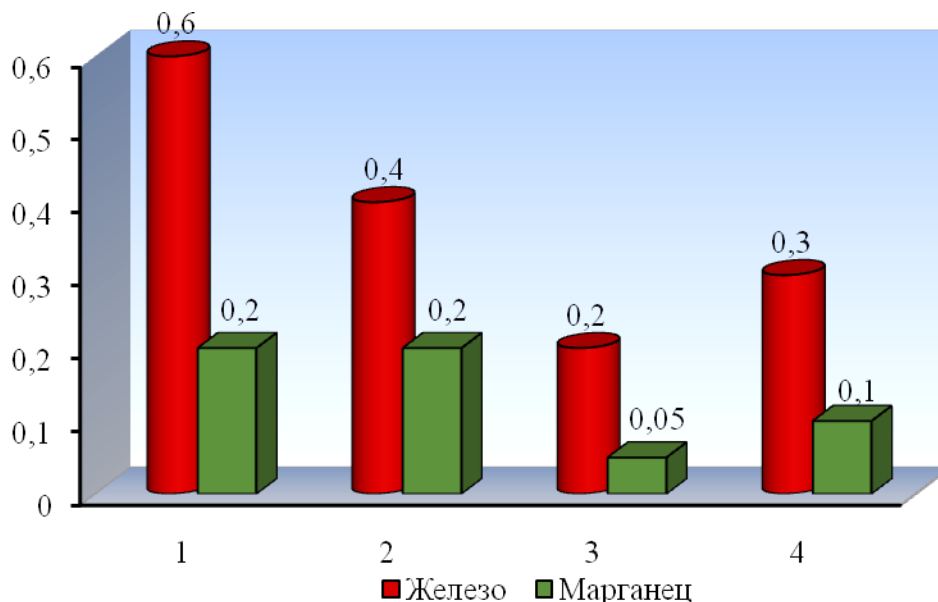
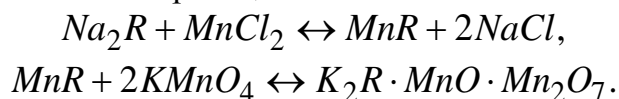


Рисунок 1 – Показатели содержания железа и марганца в воде, мг/л

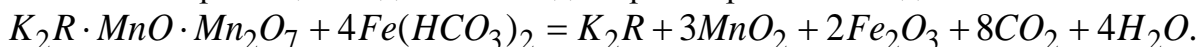
Все изучаемые источники по содержанию железа выходят за предельно-допустимые концентрации, а по марганцу только 3-й водоисточник (Варваровское водохранилище) соответствует нормативу [1].

Одним из методов обезжелезивания и улавливания марганца является предварительное окисление данных ионов до нерастворимых форм с последующим извлечением. Окисление можно проводить с использованием модифицированного глауконита.

Модификация глауконита заключается в его предварительной последовательной обработке растворами $MnCl_2$ и $KMnO_4$. Хлорид марганца необратимо поглощается глауконитом, а после его обработки перманганатом калия на поверхности гранул образуется слой высших окислов марганца:



Модифицированный таким образом глауконит служит источником кислорода, который окисляет ионы железа и марганца, при этом также происходит частичное обеззараживание органических и биологических загрязнений. В окисленном состоянии железо и марганец осаждаются в виде нерастворимых оксидов:



Нами предложен узел водоподготовки с использованием процесса фильтрации через загрузку с ионообменными свойствами (рис. 2).

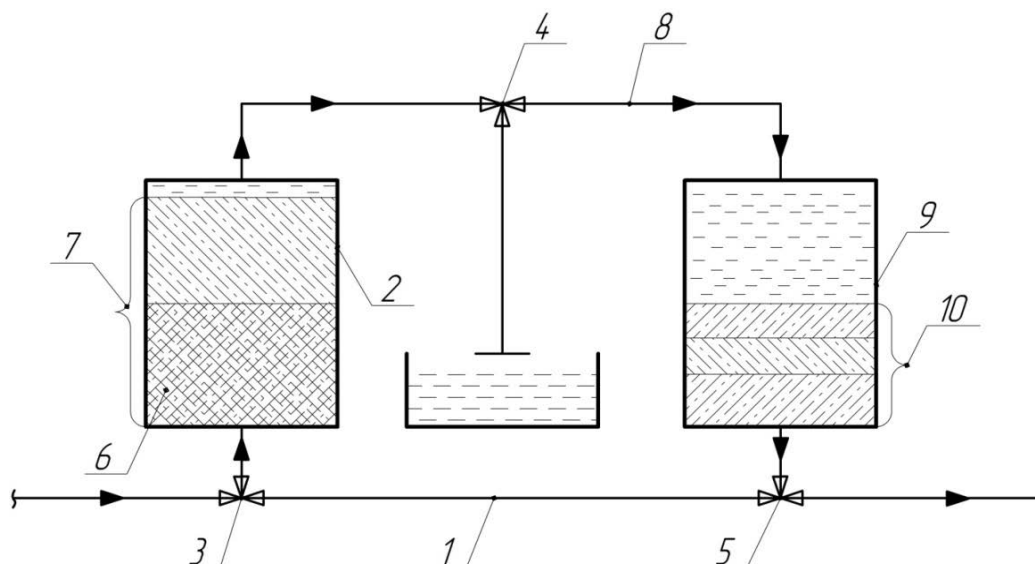


Рисунок 2 – Схема узла водоподготовки:

1 – распределительный трубопровод; 2 – фильтр первой ступени; 3, 4, 5 – трёхпозиционный вентиль (кран, клапан); 6 – загрузка в неподвижном состоянии в фильтре первой ступени; 7 – загрузка в псевдооживленном состоянии в фильтре первой ступени; 8 – соединительный трубопровод; 9 – фильтр второй ступени; 10 – загрузка в неподвижном состоянии в фильтре второй ступени

Фильтровальный комплекс содержит не менее двух последовательно установленных фильтров первой и второй ступеней, причём в качестве загрузки в фильтре первой ступени используют модифицированный глауконит, а в фильтре второй ступени – композицию из двух и более компонентов, расположенных послойно. Нижний слой составляет модифицированный глауконит, объём которого не менее 40 % от общего объёма композиции. Фильтрацию в фильтре первой ступени проводят в направлении снизу вверх с образованием псевдооживленного слоя, а в фильтре второй ступени – сверху вниз. Процесс регенерации загрузки осуществляют с образованием псевдооживленного слоя в фильтрах первой и второй ступеней.

В качестве дополнительных слоёв композиции могут быть использованы шунгизит, антрацит, керамзит, активированный уголь. Гранулометрический состав модифицированного глауконита 0,1-0,5 мм, шунгизита, антрацита или керамзита – 0,5-1,0 мм, активированного угля – 1,0-2,5 мм.

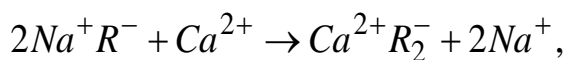
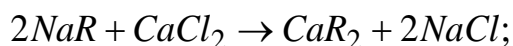
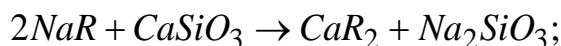
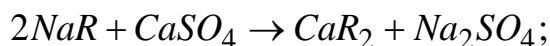
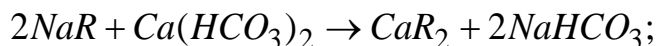
Выбор модифицированного глауконита в качестве загрузки определён его высокой селективностью, способностью к регенерации, физико-механическими, фильтрационными и катионнообменными свойствами по отношению к тяжёлым металлам, радионуклидам, солям, органическим и иным токсичным веществам. Кроме того, при прохождении поливной воды через слой загрузки глауконита происходит её насыщение макро- и микроэлементами (оксидами кремния, калия, магния, фосфора, а также медью, цинком, молибденом, кобальтом и другими веществами), необходимыми для дополнительного поддержания пищевого режима сельскохозяйственных культур. В частности, оксид кремния переходит в состояние биогенного кремния, который, в том числе с другими растворёнными веществами, переносится поливной водой, например, через систему капельного орошения точно в корнеобитаемый участок, на котором произрастают растения. При этом в почве происходит образование нитритов кремния, силанов и алкосиланов, которые токсичны для вредителей и возбудителей болезней и безопасны для сельскохозяйственных культур. Кроме того кремниевая кислота вы-

полняет фитосанитарную функцию, снижая популяцию сапрофитных грибов, в том числе корневых гнилей. При питании растений такой водой в эпидермальных тканях происходит образование защитного кремниевого барьера. В результате корневая система растений более развита, площадь поверхности листьев, толщина и прочность стебля увеличивается, податливость болезням снижается, а продуктивность возрастает.

Качественным показателем оросительной воды является её жёсткость. При значении этого показателя выше допустимой нормы необходимо проводить умягчение воды. Непостоянная жёсткость характеризуется присутствием в воде, в большей степени, растворённых гидрокарбонатов кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, в меньшей степени, магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ и железа $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, а постоянная – кальциевых и магниевых солей сильных кислот (сульфатов и хлоридов): MgSO_4 , CaSO_4 , MgCl_2 , CaCl_2 .

При поливе жёсткой водой (более 8 мг-экв/л) в растениях происходит нарушение процесса образования хлорофилла, а также снижение фотосинтезирующей способности, культуры поражаются хлорозом. Из-за высокого содержания в почве солей кальция питательные вещества переходят в недоступную (связанную) для растений форму. Кроме того, регулярное орошение жёсткой поливной водой постепенно нейтрализуют, а далее и защелачивают почву с образованием солевых отложений. Незначительная (оптимальная) жёсткость (4-8 мг-экв/л) наоборот благоприятно сказывается на общем режиме питания и развития растений. Магний входит в состав хлорофилла и задействован в белковом обмене, железо участвует в синтезе хлорофилла, а кальций – важный компонент клеточных оболочек растений. Дефицит этих макроэлементов также негативно сказывается на развитии культур.

На модифицированной глауконитовой загрузке происходит реакции замещения катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} катионами Na^+ :



где R – сложный радикал катионита, образующий с ионами кальция, и магния соединения не растворимые в воде и выполняющий роль аниона; NaR – натрий-катионит; CaR_2 и др. – солевые формы катионита. Уравнения с катионом Mg^{2+} аналогичны.

Режим фильтрации, умягчения, обезжелезивания и насыщения воды макро- и микроэлементами с использованием предлагаемого фильтровального комплекса происходит следующим образом. Поливная вода подаётся насосом или насосной станцией по распределительному трубопроводу 1 в фильтр первой ступени 2, при этом трёхпозиционные вентили 3, 4 и 5 находятся в соответствующих движению потока положениях. В фильтре первой ступени 2 вода проходит через слой загрузки 6 в направлении снизу вверх с образованием псевдооживленного слоя 7. Создание псевдооживленного слоя способствует интенсивному перемешиванию и устранению застойных зон, и как следствие увеличению поверхности контакта фаз – воды и загрузки. Принятый

гранулометрический состав модифицированного глауконита 0,1-0,5 мм позволяет достигнуть максимальной суммарной удельной поверхности взаимодействия, так как, чем меньше гранулы, тем больше суммарная удельная поверхность загрузки в псевдоожиженном состоянии.

Далее вода по соединительному трубопроводу 8 транспортируется в фильтр второй ступени 9 в направлении сверху вниз. При прохождении воды через слои загрузки 10 с различным гранулометрическим составом, по ходу движения от грубозернистых гранул до мелкозернистых, происходит её фильтрация. Грубозернистые гранулы задерживают грубодисперсные примеси, а мелкозернистые – тонкодисперсные примеси. Далее подготовленная вода поступает по распределительному трубопроводу 1 в сеть поливных трубопроводов системы капельного орошения, где через микроводовыпуски точечно подаётся в корнеобитаемый участок почвы, на котором произрастают растения.

При наличии большого количества грубодисперсных примесей может быть использована предварительная ступень очистки воды, например напорный гидроциклон.

Таким образом, предлагаемый способ водоподготовки с применением модифицированного глауконита и проведения процесса фильтрации с образованием псевдоожиженного слоя способствует улучшению качественных свойств воды, а именно насыщению макро- и микроэлементами, умягчению и обезжелезиванию.

Список использованных источников

1. Новиков, А.Е. Оценка водных бассейнов Волгоградской области / А.Е. Новиков, М.И. Ламскова, М.И. Филимонов // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 12. – С. 26-29.
2. Technical and agro-ecological estimation of water resources Volgograd region / А.Е. Novikov, М.И. Lamskova, М.И. Filimonov, D.V. Moiseeva // British Journal of Science, Education and Culture. – 2014. – No. 1. – P. 24-30.
3. Заявка № 2015136412. Способ водоподготовки / В.В. Мелихов, А.Е. Новиков, М.И. Ламскова, М.И. Филимонов [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИОЗ. – Заявл. 27.08.2015.

УДК 631.6

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ЗОНАЛЬНО-ПРОВИНЦИАЛЬНЫХ ПОЧВ

***Е.А. Лентяева, *Л.В. Кирейчева, **Ю.Г. Безбородов**

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

**РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Рост населения в мире и спрос на продовольствие в обозримом будущем будет резко возрастать. Россия потенциально может стать значительным экспортером сельскохозяйственной продукции на мировом рынке, так как обладает достаточными земельными и водными ресурсами. В России площадь пашни на душу населения составляет 0,85 га, что выше мирового показателя, а по количеству водных ресурсов она занимает второе место после Бразилии. Однако, сдерживающими факторами являются природно-климатические условия России: дефицит осадков наблюдается на 80 % пахотных земель в стране, а избыточное переувлажнение характерно для 10 % пашни, а также процессы деградации почвенного покрова, которые истощают почву, снижают ее плодородие, повышая риски ведения сельскохозяйственного производства. По экспертным данным свыше 60% сельхозугодий в России подвержены процессам истощения почвы и снижения плодородия.

Понятие «деградация почв» (soil degradation) используется весьма широко с различными вариациями содержания. Это отмечают практически все авторы. Общая содержательная часть определений – под деградацией понимают процесс ухудшения свойств и качеств почв. Различия касаются трех аспектов: 1) причин процесса; 2) результатов, на которые влияет процесс; 3) объектов, по отношению к которым рассматривается процесс [1]. По определению Н.Б. Хитрова, деградация почвы – это вызванный человеком процесс ухудшения и/или утраты свойств и качеств почвы (в пределах элементарного почвенного ареала), результат которого способствует увеличению затрат различного рода ресурсов (энергетических, сырьевых, информационных и проч.) для достижения ранее получаемого количества и качества продукции и/или увеличению ограничений на дальнейшую деятельность человека. С других позиций, деградация почвы – результат деструктивной трансформации ландшафта, связанной с изменением направленности и интенсивности потоков вещества и энергии в соответствии с изменением растительного покрова, грунтового и поверхностного стока, микроклимата и других условий, и под деградацией почв следует понимать устойчивое ухудшение их свойств и связанное с ним сокращение или утрату экологических и производительных функций, а также изменение эволюционной направленности [2]. С нашей точки зрения существуют природные и антропогенные причины, вызывающие деградацию почв. Принципиальное отличие антропогенной деградации от естественных процессов заключается в преимущественном выносе с урожаем питательных веществ, аккумулируемых в урожае, что приводит к уменьшению содержания гумуса и утрате запасов внутрипочвенной энергии, т.е. обуславливает деградацию базиса. Но наибольшая опасность возникает тогда, когда природные и антропогенные процессы деградации действуют совместно, в одном направлении, что может вызвать эффект синергизма. Поэтому под *деградацией почвы мы будем понимать такое снижение ее энергетического состояния, при котором наблюдаются необратимые изменения основных показателей, что приводит к нарушению функционирования почвы.* Исходя из этого определения для восстановления или предупреждения деградации почвы, связанной с процессами дегумификации, необходимо восполнение энергетических затрат как на производство растениеводческой продукции, так и на воспроизводство почвенного плодородия.

На основе обобщения работ [3, 4, 5] (Орлов, Бирюкова, Суханова, 1996; Пегов, Хомяков, 1991, Елизарова и др., 1999 и мн. др.) были выбраны показатели, определяющие энергетическое состояние почвы. Продуктивность почв и их энергетическое состояние определяется количеством поступающей солнечной энергии и соотношением тепла и влаги [6, 7]. Среди агрохимических показателей важнейшая роль принадлежит гумусовому состоянию почв и объемной массе (α) [8, 9, 10]. Не менее важную роль для устойчивого состояния плодородия играет и соотношение в гумусе гуминовых и фульвокислот ($C_{гк/фк}$) [4]. Важное значение для обеспечения высокой продуктивности имеют основные элементы питания растений (NPK), находящиеся в доступных для растений формах и определяющие актуальное плодородие почвы. С точки зрения физико-химических показателей, понижающих плодородие и, следовательно, энергетическое состояние почвы, следует учитывать гидролитическую и обменную кислотность ($pH_{КС}$) [9] и наличие засоления и осолонцевания почв [11].

По данным многочисленных литературных источников были получены максимальные и наилучшие значения вышеприведенных показателей для зонально-провинциальных почв, а также их значения, соответствующие слабой, средней и сильной степени деградации (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели зонально-провинциальных типов почв Европейской части России при различной степени деградации [12-28]

Показатель	Содержание/значение		Содержание/значение при деградации		
	Максимальное	Оптимальное	Слабой степени	Средней степени	Сильной степени
Дерново-подзолистая суглинистая почва [12, 13, 14, 15]					
pH _{KCl}	>6,0	5,8	5,6-5,8	5,4-5,5	4,8-5,4
Гумус, %	>3,3	3,0-3,3	2,0	1,5	1,0
α , г/см ³	1,25	1,25-1,32	1,4-1,45	1,45-1,5	1,5-1,55
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	65	50	20	10	5
P ₂ O ₅ , мг/кг	150-200	100-150	50-100	25-50	<25
K ₂ O, мг/кг	250	170-250	120-170	80-120	40-80
C _{гк/фк}	>1,0	0,6-0,8	0,5	0,4	0,3
Серая лесная тяжелосуглинистая почва [12, 15, 16, 17, 18, 19]					
pH _{KCl}	>6,0	5,0-5,9	4,5-5,0	4,0-4,5	4,0
Гумус, %	>3,5	3,0-3,5	2,5	2,0	1,5
α , г/см ³	1,2	1,2-1,25	1,3-1,35	1,35-1,4	1,4-1,45
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	>100	80-100	60-80	40-60	20-40
P ₂ O ₅ , мг/кг	300	200	150	100	75-80
K ₂ O, мг/кг	300	200	150	100	70
C _{гк/фк}	>1,5	1,3-1,5	1,2-1,3	1,0-1,2	<1,0
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый [12, 15, 16, 19, 20, 21, 22]					
pH _{KCl}	6,8	6,5-6,8	6,8-7,0	7,0-7,2	7,4
Гумус, %	6,5	6,0-7,0	5,5-6,0	4,5-5,5	4,0-4,5
α , г/см ³	1,1	1,1-1,2	1,25	1,3	1,35
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	>100	80-100	60-80	40-60	20-40
P ₂ O ₅ , мг/кг	200	150-200	100-150	75-100	50
K ₂ O, мг/кг	>130	90-120	50-80	40	20
C _{гк/фк}	2,0	1,5-2,0	1,3-1,5	1,2-1,3	1,1-1,2
Чернозем выщелоченный легкосуглинистый [16, 17]					
pH _{KCl}	6,8	6,5-6,8	6,8-7,0	7,0-7,2	7,4
Гумус, %	5,5	4,0-4,5	3,5-4,0	3,0-3,5	2,5-3,0
α , г/см ³	1,1	1,1-1,2	1,25	1,3	1,35
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	>80	65-80	50-65	35-50	20-35
P ₂ O ₅ , мг/кг	>150	100-150	80-100	70-80	40
K ₂ O, мг/кг	>100	80-100	40-60	30	15
C _{гк/фк}	2,0	1,5-2,0	1,3-1,5	1,2-1,3	1,1-1,2
Чернозем типичный тяжелосуглинистый [12, 15, 20, 21, 22, 23]					
pH _{KCl}	7,0	6,8-7,0	7,0-7,2	7,2-7,4	7,6
Гумус, %	>10	7-10	6,5-7,5	6,0-6,5	5,5-6,0
α , г/см ³	1,1	1,1-1,2	1,2-1,25	1,25-1,3	1,35
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	>100	80-100	60-80	45-60	35-45
P ₂ O ₅ , мг/кг	>200	200	140-150	100-120	<80
K ₂ O, мг/кг	>130	130	120	100	<80
C _{гк/фк}	>2,5	1,9-2,5	1,7-1,9	1,5-1,7	<1,5

Показатель	Содержание/значение		Содержание/значение при деградации		
	Максимальное	Оптимальное	Слабой степени	Средней степени	Сильной степени
Чернозем типичный легкосуглинистый [12, 15, 20, 21, 22, 23]					
pH _{KCl}	7,0	6,8-7,0	7,0-7,2	7,2-7,4	7,6
Гумус, %	>9	7,0-9,0	6,0-7,0	5,5-6,0	4,5-5,5
α, г/см ³	1,1	1,1-1,2	1,2-1,25	1,25-1,3	1,35
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	>90	70-90	55-70	40-55	30-40
P ₂ O ₅ , мг/кг	>160	160	120-140	80-110	<70
K ₂ O, мг/кг	>130	130	120	100	<80
C _{гк/фк}	>2,5	1,9-2,5	1,7-1,9	1,5-1,7	<1,5
Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый [12, 19, 25, 15, 20, 21, 22, 24]					
pH _{KCl}	8,0	8,0	8,1-8,2	8,2-8,3	8,3-8,5
Гумус, %	8,0	6,0-7,0	5,5-6,0	5,0-5,5	5,0
α, г/см ³	1,0	1,0-1,2	1,2-1,25	1,25-1,3	1,3
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	>80	70	60-70	40-50	30-40
P ₂ O ₅ , мг/кг	>150	150	120-130	80-100	<80
K ₂ O, мг/кг	>110	110	100	90	<80
C _{гк/фк}	2,3	1,95-2,1	1,85-1,95	1,75-1,85	1,7-1,75
Чернозем обыкновенный легкосуглинистый [12, 15, 20, 21, 22, 24]					
pH _{KCl}	8,0	8,0	8,1-8,2	8,2-8,3	8,3-8,5
Гумус, %	7,0	5,6-6,0	5,1-5,5	4,5-5,0	4,2-4,5
α, г/см ³	1,0	1,0-1,2	1,2-1,25	1,25-1,3	1,3
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	>70	60-70	50-60	35-50	25-35
P ₂ O ₅ , мг/кг	>130	110-130	90-110	75-90	<70
K ₂ O, мг/кг	>95	85-95	75-85	65-75	<65
C _{гк/фк}	2,3	1,95-2,1	1,85-1,95	1,75-1,85	1,7-1,75
Чернозем южный тяжелосуглинистый [12, 17, 18, 20, 21, 22, 26]					
pH _{KCl}	7,4	7,2-7,4	7,4-7,5	7,5-7,6	7,6-7,7
Гумус, %	5,0	4,5-5,0	3,5-4,0	3,0-3,5	2,5-3,0
α, г/см ³	1,2	1,2-1,25	1,25-1,3	1,3-1,35	1,35
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	70	60	50-60	40-45	30-35
P ₂ O ₅ , мг/кг	>120	100	85-95	75-85	65-75
K ₂ O, мг/кг	>100	100	90	80	70
C _{гк/фк}	1,6	1,55-1,6	1,5-1,55	1,45-1,5	1,4-1,45
Чернозем южный легкосуглинистый [12, 17, 18, 20, 21, 22, 26]					
pH _{KCl}	7,4	7,2-7,4	7,4-7,5	7,5-7,6	7,6-7,7
Гумус, %	4,5	3,8-4,5	3,0-3,8	2,4-3,0	2,0-2,4
α, г/см ³	1,2	1,2-1,25	1,25-1,3	1,3-1,35	1,35
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	60	50-60	42-50	34-40	28-34
P ₂ O ₅ , мг/кг	>100	85	72-85	64-72	55-64
K ₂ O, мг/кг	>90	90	80	70	60
C _{гк/фк}	1,6	1,55-1,6	1,5-1,55	1,45-1,5	1,4-1,45

Показатель	Содержание/значение		Содержание/значение при деградации		
	Максимальное	Оптимальное	Слабой степени	Средней степени	Сильной степени
Каштановая почва тяжелосуглинистая [12, 15, 17, 27]					
pH _{H2O}	7,5	7,5	7,3-7,4	7,2-7,3	7,1-7,2
Гумус, %	>4,0	3,7-4,0	3,4-3,7	3,0-3,4	2,5-3,0
α , г/см ³	1,2	1,2-1,3	1,35-1,4	1,4-1,45	1,45-1,5
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	>40	40	30-40	20-30	10-20
P ₂ O ₅ , мг/кг	>60	50	40-50	30-40	10-20
K ₂ O, мг/кг	600	400-600	300-400	200-300	100-200
C _{гк/фк}	>1,0	1,0	0,9-1,0	0,8-0,9	0,7-0,8
Светло-каштановая почва [12, 15, 17]					
pH _{H2O}	7,5	7,5	7,6-7,8	7,8-8,0	8,0-8,2
Гумус, %	>2,5	2,0-2,5	1,5-2,0	1,0-1,5	0,5-1,0
α , г/см ³	1,2	1,2-1,3	1,3-1,4	1,4-1,5	>1,5
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	>40	30-40	20-30	10-20	<10
P ₂ O ₅ , мг/кг	>50	40-45	30-40	20-30	10-20
K ₂ O, мг/кг	500	350-500	250-300	150-250	100-150
C _{гк/фк}	>1,0	1,0	0,8-1,0	0,6-0,8	0,5-0,6
Бурые пустынно-степные почвы [12, 15, 28]					
pH _{H2O}	7,5	7,5	7,6-7,8	7,8-8,0	8,0-8,2
Гумус, %	>2,0	1,0-1,5	0,7-1,0	0,3-0,7	0,3
α , г/см ³	1,3	1,3-1,4	1,40-1,45	1,45-1,5	>1,55
NO ₃ +NH ₄ , мг/кг	>20	15-20	10-15	5-10	<5
P ₂ O ₅ , мг/кг	>30	25-30	20-25	15-20	<10
K ₂ O, мг/кг	>300	220-300	150-220	100-150	<100
C _{гк/фк}	>1,0	1,0	0,8-1,0	0,6-0,8	0,5-0,6

Анализ основных характеристик зонально-провинциальных почв Европейской части России с учетом степени их деградации показал, что наиболее подвержены процессам деградации дерново-подзолистые и светло-каштановые почвы, в них наблюдается наибольшее снижение запасов гумуса на 70-80 % содержание питательных элементов, в частности азота на 90-75 %, фосфора – 84-80 % и калия на 62-80 %. Одновременно происходит изменение кислотно-щелочного баланса: в дерново-подзолистых почвах наблюдается снижение pH с 6,0 до 4,6, а в светло-каштановых pH повышается с 7,5 до 8,2. Наименее подвержены процессам деградации черноземы: снижение гумуса в черноземе обыкновенном отмечается на 30 %, в черноземах выщелоченном и типичном на 45 %, и в черноземе южном на 50 %, у всех типов черноземов наблюдается увеличение pH. Наиболее заметен этот процесс в выщелоченном черноземе. Также отмечается значительное уплотнение пахотного слоя почвы. Все это приводит к снижению урожайности, а при сильной степени деградации к выводу сельскохозяйственных земель из сельскохозяйственного оборота, потери продукции могут составить, по мнению К.Н Кулика, 3,2-3,9 млн т в зерновом эквиваленте.

Среди широко апробированных способов восстановления плодородия деградированных земель в практической деятельности используются различные технологии. Это внесение аккордных доз органических удобрений и других органических веществ

для увеличения запасов органического вещества почвы, проведение известкования на кислых почвах, гипсования на осолонцованных почвах, промывки засоленных земель, проведение глубокого рыхления на переуплотненных почвах, орошение в зонах недостаточного увлажнения, строительство дренажа на переувлажненных территориях и другие [29].

Однако, для устойчивого восстановления плодородия деградированных почв необходимо применение специально разработанного комплекса агрохимических и мелиоративных воздействий, базирующегося на оценке вещественно-энергетического состояния конкретной почвы, что обеспечит активизацию процессов гумификации и восстановление плодородия деградированных почв. Чтобы оценить количество энергии, необходимой для восстановления деградированных почв, требуется расчет энергетического состояния почвы в оптимальном состоянии и при разной степени деградации на основе вещественно-энергетического баланса, который гибко учитывает последствия разных сочетаний агротехнических и мелиоративных воздействий, включая возможные негативные их последствия, в том числе и различную степень деградации почв. Это позволит обосновать необходимость и эффективность проведения мероприятий в различных природно-климатических зонах Российской Федерации.

Предложена модель управления энергетическим состоянием почвы при проведении комплекса агротехнических и мелиоративных мероприятий через показатель (коэффициент) энергетического ресурса почв ($K_{ЭР}$), который может быть представлен следующим образом [30]:

$$K_{ЭР} = \left(1 - \frac{R - R_P}{R_P} \right) \cdot \frac{\Gamma_{\phi}}{\Gamma_{\max}} \cdot \exp \left(- \frac{|\Delta pH|}{\sqrt[3]{N \cdot P \cdot K} \cdot (C_{гк} / C_{фк})} \right) \quad (1)$$

где R – фактический радиационный баланс, кДж/см²; R_P – радиационный баланс в условиях, необходимых для достижения экологически обоснованной (биологической) продуктивности, кДж/см²; Γ_{ϕ} – фактическое содержание гумуса в почве, %; Γ_{\max} – максимальное содержание гумуса в почве, характерное для данных почвенно-климатических условий, %; ΔpH – отклонение значения pH от оптимального для данных почвенно-климатических условий; N, P, K – содержание элементов минерального питания, в долях от максимального значения доступных форм для данных условий; $C_{гк}/C_{фк}$ – отношение содержания гуминовых кислот к фульвокислотам.

Энергетическое состояние почвы в первую очередь определяется через поступление в систему лучистой энергии (R). В процессе орошения или осушения в почвах происходит изменение составляющих вещественно-энергетического баланса. Результаты расчетов показали, что при оросительных мелиорациях происходит увеличение изменения энергетического состояния почв – от 78.96×10^2 КДж/га (в дерново-подзолистых почвах) до 164.90×10^2 (в бурых полупустынных почвах) [31]. Поэтому проведение гидромелиораций, наряду с внесением необходимых элементов питания растений, приведет к изменению гомеостаза почвы.

Восстановление гумусового запаса возможно путем внесения в почву гумифицированного органического вещества, а регулирование кислотно-щелочной системы обеспечит повышение устойчивости почвы к неблагоприятным воздействиям.

Коэффициент энергетического состояния почв изменяется от 1 до 0, чем выше его значение, тем больше энергетический ресурс почвы. Следует отметить, что в соответствии с поставленной задачей: оценить влияние мелиоративных мероприятий на энергетическое состояние почвы и обосновать наилучший комплекс агрохимического

и мелиоративного воздействия для формирования эволюционирующего мелиоративного режима, мы ограничились минимальным числом параметров. Несомненно, с учетом региональной специфики модель может дополняться другими регионально значимыми параметрами.

Выполненные по формуле (1) расчеты коэффициента энергетического ресурса зональных почв с учетом их характеристик, представленных в таблице 1, показали, что при оптимальных значениях основных анализируемых характеристик почв коэффициент энергетического ресурса практически для всех типов почв довольно высокий и составляет 0,76-0,96 (рис. 1). Наибольшее значение наблюдается у почв черноземного ряда и каштановых 0,92-0,96, что связано с наиболее благоприятными условиями формирования почв в естественных условиях. Эти почвы имеют значительный запас гумуса, хорошо выраженную буферную систему (высокие значения ППК) и высокоорганизованную структуру. В процессе деградации наблюдается снижение коэффициента энергетического ресурса. Наиболее подвержены деградации дерново-подзолистые и серые лесные почвы, при слабой степени деградации коэффициенты энергетического ресурса снижаются в более чем в 2 раза до 0,35-0,37, при средней степени деградации они практически теряют свою продуктивность, что связано с малым содержанием в них гумуса и с сильным нарушением кислотно-щелочного баланса. Достаточно низким энергетическим ресурсом обладают каштановые и бурые полупустынные почвы, коэффициент энергетического ресурса при слабой степени деградации снижается до 0,54 и 0,45 соответственно, это можно объяснить низким содержанием гумуса и развитием процессов осолонцевания. Энергетический ресурс у разновидностей черноземных почв, которые составляют более 50 % пашни и являются достаточно плодородными, даже при слабой степени деградации изменяется от 0,67 – 0,92. Это объясняется значительной устойчивостью почв (рис. 1).

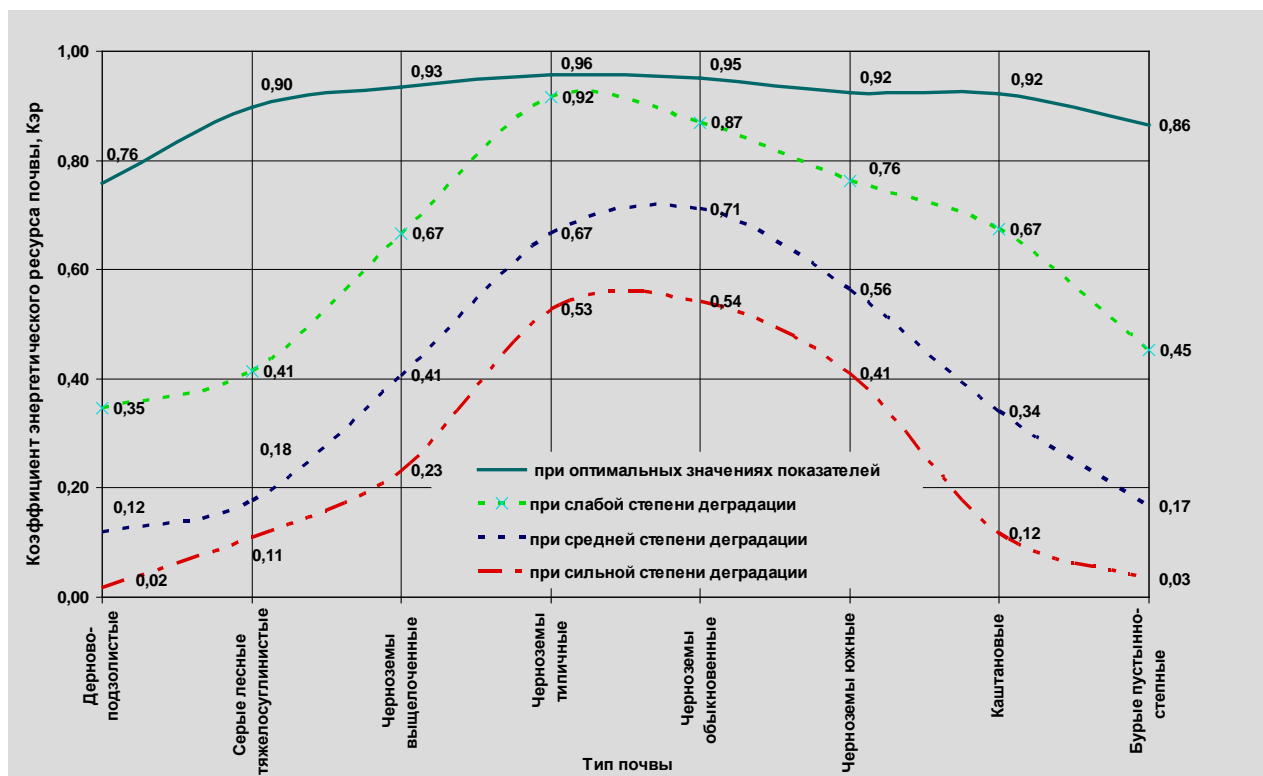


Рисунок 1 - Коэффициенты энергетического ресурса различных типов почв при оптимальных значениях показателей и при разной степени деградации почвы по рассматриваемым показателям

Как видно из рисунка 1 для всех типов почв существует восполняемый энергетический потенциал, который можно реализовать путем разработки и применения комплекса агрохимических и мелиоративных мероприятий применительно к каждому конкретному типу почвы. При оценке уровня деградации почвы в результате снижения гумусового запаса необходимо учитывать не только общее количество утерянного гумуса, но и количество энергии, утраченной данным типом почвы.

Рассчитав предложенным методом дефицит количества энергии в зависимости от степени деградации, связанной с дегуминификацией, можно определить дозу внесения органических удобрений, торфа, сапропеля и др. органических веществ, необходимых для восстановления природного энергетического потенциала почвы и, соответственно, оценить целесообразность мероприятий в данном направлении (табл. 2).

Дозу внесения органических удобрений, навоза, торфа, сапропеля и др. органических веществ необходимых для восстановления природного энергетического потенциала почвы можно определить по дефициту количества энергии. Авторами дозы органического вещества определялись для компоста (торфо-навозная смесь) влажностью 60 %. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Затраты энергии на восстановление деградированных почв

Тип почвы	Количество энергии необходимое для восстановления почвы до:			Всего: ГДж/га
	от сильной до средней степени деградации, ГДж/га	от средней до слабой степени деградации, ГДж/га	от слабой степени деградации до оптимального состояния, ГДж/га	
Дерново-подзолистые	87,97	96,45	180,43	364,85
Серые лесные	106,67	91,00	108,12	305,79
Черноземы выщелоченные	186,76	106,14	101,50	394,40
Черноземы типичные	193,97	134,44	11,57	339,98
Черноземы обыкновенные	144,02	90,23	29,09	263,35
Черноземы южные	124,53	74,97	35,33	234,83
Каштановые	93,80	75,97	51,32	221,09
Бурые пустынно-степные	37,03	68,73	67,70	173,46

Приведенные расчеты показали, что для обеспечения эволюционирующего режима мелиорации, то есть перевода сельскохозяйственных земель на меньшую степень деградации потребуются следующие дозы внесения органических удобрений: для дерново-подзолистых почв – 75 т/га при переводе от средней степени деградации до слабой и порядка 141 т/га для доведения до оптимального состояния. Для серых лесных 71 и 85 т/га, для каштановых почв 60 и 40 т/га и для бурых пустынно-степных 54 и 53 т/га соответственно. Полученные результаты наглядно показывают, что деградационные процессы у всех типов почв развиваются по-разному, поэтому эффективность мелиоративных мероприятий будет напрямую определяться степенью деградации.

Таким образом, энергетический подход к обоснованию процессов деградации позволяет не только оценить степень деградации, определяемую количеством утраченной почвой энергии, но и обосновать необходимое количество органического вещества для ее восполнения.

Таблица 3 – Мероприятия по восполнению органического вещества (гумуса)

Типы почв	Количество органического вещества (компост влажностью 60%) необходимое для восстановления почвы до:			Всего: т/га
	от сильной до средней степени деградации, т/га	от средней до слабой степени деградации, т/га	от слабой степени деградации до оп- тимального состо- яния, т/га	
Дерново-подзолистые	69,16	75,83	141,85	286,83
Серые лесные	83,86	71,54	85,00	240,40
Черноземы выщелочен- ные	146,83	83,45	79,79	310,07
Черноземы типичные	152,49	105,69	9,09	267,28
Черноземы обыкновен- ные	113,23	70,94	22,87	207,04
Черноземы южные	97,90	58,94	27,77	184,62
Каштановые	73,74	59,73	40,34	173,81
Бурые пустынно- степные	29,11	54,03	53,22	136,37

Список использованных источников

1. Хитров Н.Б. Деградация почвы и почвенного покрова: понятия и подходы к получению оценок//Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения. Тез. докл. Всерос. конф. М. Почв. ин-т им. В.В.Докучаева РАСХН 1998. Том 1. –С.20-26.
2. Кирюшин В.И. О методологии оценки и предотвращения деградации почв и агроландшафтов//Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения. Тез. докл. Всерос. конф. М. Почв. ин-т им. В.В.Докучаева РАСХН 1998. Том 1. –С.8-10.
3. Пегов С.А., Хомяков П.М. Моделирование развития экологических систем. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 222 с.
4. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. – 254 с.
5. Елизарова Т.Н., Казанцев В.А., Магаева Л.А., Устинов М.Т. Эколого-мелиоративный потенциал почвенного покрова Западной Сибири. Новосибирск.: «Наука», 1999. – С.237
6. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1971. – 470 с.
7. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. – М., 1967. – 335с.
8. Тюрин И.В. Вопросы генезиса и плодородия почв. М.: Наука – 1966. – 288с.
9. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. – 263 с.
10. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. М.: Изд. МГУ, 1988. – 282 с.
11. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. Деградационные процессы на сельскохозяйственных землях России // Почвоведение, 2000 № 3 – с.366-379.
12. Егоров В.В., Фридланд В.М. и др. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. – 233с.
13. Литвинович А.В. Деградация хорошо окультуренных почв гумидных и аридных регионов / А.В. Литвинович. LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 278 с.
14. Овчинникова М.Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ в разных условиях землепользования (на примере дерново-подзолистой почвы): Автореф. д-ра биол. н. М., 2007. – 48 с.

- 15.Фрид А.С. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях / А.С. Фрид, И.В. Кузнецова, И.Е. Королёв и др. М.: Почв. ин-т. им. В.В. Докучаева, 2010. – 176 с.
- 16.Габбасова И.М. Деградация и рекультивация почв Южного Приуралья: дис. д-ра с.-х. наук. М.: МСХА, 2001. – 45 с.
- 17.Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. М.: ГЕОС, 2003. – 535 с.
- 18.Козловский Ф.И. Генезис и география пахотных почв на Русской равнине. // Известия РАН, Серия географическая. – 1998. – №5. – с. 142-154.
- 19.Просяникова О.И. Почвенно-агрохимическое районирование и применение удобрений в Кемеровской области / О.И. Просяникова. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2007. – 212 с.
- 20.Орлов Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов. М.: МГУ, 1985. –376 с.
- 21.Региональные эталоны почвенного плодородия/ Под ред. Большаков В.А, Козловский Ф.И., М.: Почв. ин-т им. В.В.Докучаева, 1991. – 273 с.
- 22.Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивном ландшафтном земледелии/ Под ред. Молчанов Э.Н., Хитров Н.Б., Фрид А.С., Завалин А.Н., Каштанов А.Н. и др. Т.1. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. – 756 с.
- 23.Овчинникова М.Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ в разных условиях землепользования (на примере дерново-подзолистой почвы): Автореф... д-ра биол. наук. М., 2007. – 48 с.
- 24.Кривоконова Е.Ю. Агроэкологическое состояние плодородия черноземов Центрального Предкавказья : на примере Кировского района Ставропольского края: : Дисс. канд. биол. наук // НГМА. Новочеркасск, 2008. – 48 с.
- 25.Рейнгард Я.Р. Деградация почв на юге Западно-Сибирской низменности. Автореф. дис. д-ра биол. наук., Тюмен. гос. с.-х. акад.. –Омск, 2007. – 45 с.
- 26.Королёв В.А. Физические свойства антропогенно преобразованных чернозёмов ЦЧО / В.А. Королёв // Проблемы антропогенного почвообразования. М.: Почв. инст. им. В.В. Докучаева, 1997. – Т. 2. –С. 166 - 169.
- 27.Зайдельман Ф.Р. Гидрологический фактор антропогенной деградации почв и меры ее предупреждения //Почвоведение. 2000. –№10. –С.1272-1284.
- 28.Орлов Д.С. Органическое вещество почв Российской Федерации / Д.С. Орлов, О.Н.Бирюкова, Н.И. Суханова. М.: Наука, 1996. – 254 с.
- 29.Кизяев Б.М., Кирейчева Л.В. Восстановление плодородия мелиорируемых земель – актуальная задача. //Плодородие. – 2006. –№5. –С.18-19.
- 30.Кирейчева Л.В. Инновационные технологии повышения продуктивности мелиорируемых земель Барабинской низменности. // Мелиорация и водное хозяйство. –2015. –№6. –С.45-50.
- 31.Кирейчева Л.В., Карпенко Н.П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв. // Почвоведение. –2015. –№5. –С.587-586.

УДК 633.491:631.674.6

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ РАННИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ

Д.С. Магомедова, С.А. Курбанов, Н.А. Гаджиева

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова», г. Махачкала, Россия

Главными факторами, ограничивающими получение высоких урожаев раннего картофеля в сухостепной зоне равнинного Дагестана, являются высокие температуры воздуха в начале лета, дефицит почвенной влаги в период бутонизации и плодообразования, низкое естественное плодородие почв, тяжелый гранулометрический состав большинства почв и их засоленность, затрудняющие развитие раннего картофеля. Гарантированное получение урожаев в этих условиях возможно, наряду с подбором

сортов, использованием системы капельного орошения с применением удобрительного орошения.

В современной России менее 18 % всего картофеля производится в промышленных условиях и свыше 82 % приходится на сектор личных подсобных хозяйств населения [1]. При этом импорт картофеля в страну за последние 10 лет вырос на 25 % и составляет около 500 тыс. т, а средняя урожайность в стране не превышает 14 т/га [2]. Аналогичная ситуация и в Дагестане, где картофель занимает 21,8 тыс. га, из которых на долю хозяйств населения приходится 98 % при урожайности всего 17,4 т/га. Связано это с преобладанием в ЛПХ преимущественно мелкотоварного типа производства картофеля с ограниченными возможностями механизации и значительной долей ручного труда [3].

Увеличение урожайности картофеля возможно за счет более полного использования факторов роста и развития, внедрения сортов интенсивного типа, внесения удобрений, применения ресурсосберегающих технологий возделывания, обеспечивающих получение запланированной урожайности с высокими показателями экономической эффективности.

Цель наших исследований заключалась в повышении эффективности производства раннего картофеля за счет подбора сортов и оптимизации режимов обеспечения растений водой, обеспечивающих при капельном орошении получение до 25...30 т/га клубней при минимизации затрат воды на формирование урожая.

Опыты проводились по двухфакторной схеме: сорта (фактор А) и режим орошения (фактор В):

- вариант А1 – сорт Волжанин (стандарт);
- вариант А2 – сорт Предгорный;
- вариант А3 – сорт Ред Скарлетт.

По фактору В было заложено 3 варианта, отличающихся уровнем порога предполивной влажности почвы:

- вариант В1 – поддержание порога предполивной влажности почвы на уровне 70% НВ в течение вегетации, контроль;
- вариант В2 – поддержание порога предполивной влажности почвы 80 % НВ в течение вегетации;
- вариант В3 – поддержание дифференцированного порога предполивной влажности почвы, 70 % НВ в период «посадка-бутонизация» и 80 % НВ в период «начало цветения - пожелтение нижних листьев».

Подбор сортов раннего картофеля является в районах сухостепной зоны едва ли не самым важным условием, так как от сорта зависят количество и качество продукции, сроки ее поступления на продажу и в конечном итоге рентабельность производства культуры.

Исследования показали, что продолжительность вегетационного периода зависила от биологических особенностей сортов и применяемых режимов орошения. Все изучаемые сорта относятся к одной группе - среднеранние, однако, в условиях опыта средняя продолжительность вегетации у сорта Предгорный она составила 88 дней, а у сортов Волжанин и Ред Скарлетт – 91 и 95 дней соответственно. На увеличение продолжительности вегетационного периода повлияло и изменение уровня предполивной влажности почвы. У всех сортов при увеличении предполивного порога с 70 до 80 % НВ период вегетации удлинялся на 3...6 дней, в наибольшей степени у сортов Предгорный и Ред Скарлетт. То есть условия возделывания способствовали переходу этих сортов в группу среднеспелых.

Сырая масса надземной части растений картофеля варьировала в зависимости от сорта и условий выращивания. К концу развития растений она колебалась от 255,3 г у сорта Предгорный до 317,0 г у сорта Ред Скарлетт. Среди сортов наиболее отзывчив на изменение предполивных порогов оказался сорт Ред Скарлетт, у которого прирост надземной массы по сравнению с умеренным увлажнением составил 36,7 %, тогда как у контрольного сорта Волжанин – 29,3 % (табл. 1).

Наблюдения за динамикой роста листовой поверхности показали, что темпы нарастания площади листьев у всех сортов примерно одинаковы и максимальная площадь листьев формируется к окончанию роста ботвы. Однако, по-видимому, за счет различий в продолжительности вегетации и биологических особенностей изучаемых сортов, более отзывчивым на орошение оказался сорт Ред Скарлетт, отмечена максимальная площадь листьев и наибольшая прирост площади листьев от дифференцированного режима орошения – 12,6 %.

Таблица 1 – Основные показатели продуктивности сортов в зависимости от предполивных порогов влажности почвы (2013...2015 гг.)

Сорта	Предполивной порог влажности почвы, % НВ	Площадь листьев, тыс. м ² /га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² ·сут.	Содержание сухого вещества, т/га	Урожайность, т/га
Предгорный	70 к	33,1	4,47	5,72	24,5
	80	34,0	4,63	6,34	25,8
	70...80	35,7	4,50	6,44	26,3
Волжанин (стандарт)	70 к	36,3	4,83	6,99	30,3
	80	38,8	5,00	7,86	31,6
	70...80	40,2	4,90	8,01	33,1
Ред Скарлетт	70 к	38,8	5,10	8,07	31,8
	80	41,3	5,33	9,10	34,2
	70...80	43,7	5,10	9,11	35,9

НСР₀₅, т/га: для сортов – 1,1; для режимов орошения – 0,7;
по взаимодействию факторов – 1,4

Изучение режима орошения сортов раннего картофеля показало, переход на дифференцированный порог увлажнения активного слоя приводит к возрастанию оросительной нормы на 9,4...11,7 % при средней оросительной норме 2413 м³/га и росту урожайности на 7,3...12,9 %.

Таким образом, изучение среднеранних сортов картофеля показало, что наиболее перспективным является сорт Ред Скарлетт, обеспечивающий при поддержании дифференцированного порога влажности 70...80 % НВ урожайность на уровне 35...36 т/га.

Список использованных источников

1. Симаков Е.А. Картофель России: ресурсы и ситуация на рынке / Е.А. Симаков, Б.В. Анисимов, В.С. Чугунов, О.Н. Шатилова // Картофель и овощи. – 2013. - №3. – С.23-26.
2. Ивенин, В.В. Агротехнические особенности выращивания картофеля: Учебное пособие / Под ред. В.В. Ивенина. – СПб: Изд-во Лань, 2015. – 336 с.
3. Сельское хозяйство Дагестана - 2015 год. – Махачкала: Изд-во МСХ РД, 2015. – 33 с.

ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Л.А. Малютина

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», г. Барнаул, Россия

Промышленное птицеводство в мире и в России является источником большого количества органических отходов. Значительную долю в структуре отходов птицеводства занимает птичий помет, ежегодный выход которого в России составляет около 40 млн. т [1]. Нарушение требований экологической безопасности при хранении и использовании птичьего помета приводит к загрязнению почвенной флоры и фауны, атмосферы, водных объектов. Одним из эффективных направлений применения помета является использование его в качестве органического удобрения [2,3]. Помет содержит в легкорастворимой и легкоминерализуемой форме микро- и макроэлементы, аминокислоты, которые под влиянием микроорганизмов быстро становятся доступными для растений [4]. Использование птичьего помета в качестве удобрения позволит улучшить экологическую обстановку в местах накопления пометных масс.

Оценить влияние птичьего помета в качестве органического удобрения на урожайность культур можно с помощью информационно-логического анализа. Информационно-логический анализ является универсальным методом исследования, который позволяет [5, 6]:

- использовать в оценке факторы, выраженные в количественном и качественном выражении;
- оценить форму и тесноту связей явлений;
- выявить главные и второстепенные влияющие факторы;
- построить математическую модель изучаемых процессов и явлений

Информационно-логический анализ влияния содержащихся в птичьем помете макроэлементов в разных дозах на урожайность был проведен на примере полевого опыта с яровой мягкой пшеницей. Многолетний полевой опыт был заложен на территории СПК «Агродар» Зонального района Алтайского края в соответствии с общепринятыми методиками [7]. Опыт заложен в 5-ти вариантах 3-кратной повторности. Варианты опыта: 1 – контроль (без удобрений), 2 – 5 т/га, 3 – 10 т/га, 4 – 15 т/га, 5 – 20 т/га птичьего помета. Почва опытных участков – чернозем оподзоленный маломощный среднегумусный, среднесуглинистый, слабо (средне) смытый. Пахотный слой почвы опытного участка характеризуется близкой к нейтральной реакцией среды (рН водная 6,7-6,9), высоким содержанием подвижного фосфора (227,5-259,26 мг/кг), повышенным содержанием обменного калия (81,98-119,8 мг/кг), средним содержанием гумуса (4,6-4,7).

Исследование влияния различных норм внесения помета проводили при возделывании яровой мягкой пшеницы «Омская 28». Семена пшеницы обрабатывались перед посевом комплексным фунгицидным протравителем семян зерновых культур «Виал ТрасТ» и стимулятором роста «Гуминатрин».

В качестве органического удобрения в полевом опыте был использован смешанный помет от разновозрастных кур ЗАО «Алтайский бройлер». Птичий помет был заложен в бурт, где в течение года под действием анаэробных микроорганизмов проис-

ходило разложение органического вещества и естественное обеззараживание помета. Химический состав птичьего помета приведен в таблице 1.

На основании проведенных исследований было установлено влияние различных норм внесения птичьего помета в качестве органического удобрения на урожайность яровой пшеницы «Омская 28» (табл. 2).

Таблица 1 – Химический состав птичьего помета ЗАО «Алтайский бройлер»
(в пересчете на сухое вещество)

Наименование показателя	Значение		Метод испытаний
	2014 г.	2015 г.	
Влажность, %	66,30	50,00	ГОСТ26713-85
Зольность, %	34,20	21,18	ГОСТ26714-85
Органическое вещество, %	65,80	78,82	ГОСТ26714-85
pHвод	8,20	7,10	ГОСТ27979-88
Азот общий, %	1,75	3,54	ГОСТ26715-85
Фосфор общий, %	2,06	2,20	ГОСТ26717-85
Калий общий, %	0,74	3,30	ГОСТ26718-85

Максимальную прибавку урожайности относительно контрольного в проведенном полевом опыте в 2014 г. показали варианты с внесением 5 и 10 т/га птичьего помета (+34,7 и +31,2 % соответственно), в 2015 г. – варианты с внесением 10 и 15 т/га (+65,8% и +72,8 % соответственно). Снижение урожайности относительно вариантов с максимальной прибавкой урожайности наблюдалось при внесении птичьего помета в дозе 20 т/га. В вариантах с внесением 20 т/га птичьего помета также наблюдалось раннее полегание пшеницы, рост засоренности опытных участков однолетними сорняками.

Таблица 2 – Урожайность яровой мягкой пшеницы сорта «Омская 28»
при внесении разных доз птичьего помета в полевых опытах

Варианты опыта	Урожайность, ц/га		Изменение урожайности относительно контроля			
			2014 г.		2015 г.	
	2014 г.	2015 г.	ц/га	%	ц/га	%
Контроль (без удобрений)	20,3	18,4	0	100	0	100
5 т/га птичьего помета	31,1	29,6	10,8	53,2	11,2	60,9
10 т/га птичьего помета	29,5	30,5	9,2	45,3	12,1	65,8
15 т/га птичьего помета	23,3	31,8	3,0	14,8	13,4	72,8
20 т/га птичьего помета	20,8	25,1	0,5	2,5	6,7	36,4
НСР ₀₅ , ц/га	3,6	5,28	х		х	

Также на второй год применения птичьего помета в качестве удобрения наблюдалось снижение урожайности относительно первого года исследования на контрольном участке и при внесении дозы 5 т/га птичьего помета, что связано с отсутствием восполнения этих элементов (в контрольном варианте) и минимальным содержанием элементов в помете.

При внесении помета в дозах 10 т/га, 15 т/га и 20 т/га на второй год проведения опыта наблюдался рост урожайности относительно данных первого года исследования, что связано с накоплением в почве питательных веществ.

Наличие существенных различий между вариантами в опыте подтвердил дисперсионный анализ данных по урожайности. Степень влияния вариантов на урожайность в 2014 г. составила 89,3 %, в 2015 г. – 83,1 %.

Информационно-логический анализ связи между урожайностью яровой пшеницы и содержанием в дозах птичьего помета основных макроэлементов (азота, фосфора, калия) был проведен с использованием специализированной программы «Ali» (автор – Иваничкин Д.И.) по методике, разработанной д.с.-х.н. Бурлаковой Л.М. [8]. Для проведения анализа использованы данные по урожайности и содержанию макроэлементов за два года исследования. Расчеты были проведены для каждого макроэлемента (азота, фосфора и калия) в отдельности.

Информационно-логический анализ с использованием программы «Ali» проводится поэтапно:

1. Подготовка данных для анализа – сортировка данных, деление на ранги явлений и влияющих факторов, разноска сопряженных данных по рангам;
2. Подготовка таблицы для ввода значений в программе «Ali»;
3. Ввод данных в программу, проведение автоматического расчета;
4. Анализ полученных результатов.

Пример информационно-логического анализа данных в программе «Ali» представлен на рисунке 1.

The screenshot shows the 'Ali' program window with a menu bar (Файл, Расчет, ?) and a toolbar (Таблица ввода значений, Таблица расчетов, Печать). The main area contains a table with 12 columns and 10 rows. The first column contains labels (1, 2, 3, n(bj), P(bj)), and the next six columns contain numerical values. The last six columns contain calculated values (n(aj), P(aj), H(a/b), J(a/b), J(a/b)Pb). Below the table, the program displays the following results:

№	1	2	3	4	5	6	n(aj)	P(aj)	H(a/b)	J(a/b)	J(a/b)Pb
1	0	0	0	0,7778	0,2221	0	9	0,375	0,7641	1,5092	0,5650
C	0	0	0	1,8666	1,7768	0					
2	0,4443	0,1110	0,2221	0,1110	0	0,1110	9	0,375	2,0582	0,2151	0,0807
C	2,6653	0,888	1,7768	0,2664	0	2,6619					
3	0	0,3332	0,1667	0,3332	0,1667	0	6	0,25	1,9182	0,3551	0,0888
C	0	2,6656	1,3336	0,7995	1,3336	0					
n(bj)	4	3	3	10	3	1	24				
P(bj)	0,1667	0,125	0,125	0,4167	0,125	0,0417		1			

$H(A) = 2,2733$
 $H(B) = 1,5613$
 $T = 0,7345$
 $K = 0,4703$

Рисунок 1 – Информационно-логический анализ влияния азота, содержащегося в птичьем помете, на урожайность яровой пшеницы в программе «Ali»

В программе приняты следующие условные обозначения:

A – урожайность, ц/га. Значения по урожайности разделены на 6 рангов и отмечены соответствующими номерами по горизонтали таблицы расчетов;

B – количество внесенного с птичьим пометом макроэлемента (азота, фосфора или калия), кг/га. Значения влияющих факторов были разделены на 3 ранга и отмечены в таблице номерами слева по вертикали (рис. 1);

$H(A)$ – размер неопределенности явления A, бит;

$H(B)$ – размер неопределенности фактора B, бит;

T – общая информативность, т.е. количество информации, поступающей от фактора B к явлению A, бит;

K – коэффициент эффективности передачи информации от фактора B к явлению A;

a_j – отдельный ранг явления A (урожайности);

b_j – отдельный ранг изучаемого фактора В (азота, фосфора или калия);
 $n(a_j), n(b_j)$ – число наблюдений, сопряженных пар;
 $P(a_j)$ – условная вероятность явления А;
 $P(b_j)$ – условная вероятность фактора В;
 $H(a/b)$ – величина неопределенности явления А для каждого состояния b;
 $J(a/b)$ – информация о явлении А, бит;
 C – коэффициент связи, по которому определяется специфичность связи [5].

В полученных результатах расчетов в первую очередь оценивается информативность по значению показателя $J(a/b)$ для каждого фактора, влияющего на урожайность, и определяется форма связи. Проведенный информационно-логический анализ показал, что форма связи между содержанием азота, фосфора и калия в птичьем помете и урожайностью прямая ($J(a/b) > 0$). При отрицательном значении $J(a/b)$ результаты расчета признаются недостоверными.

Оценка специфичных состояний по максимальным значениям коэффициента связи C выявило наиболее вероятную урожайность яровой пшеницы:

а) 22,2-25,2 ц/га при внесении азота 182-252 кг/га (соответствует внесению 15-20 т/га птичьего помета);

б) 22,2-25,2 ц/га при внесении фосфора 153-203 кг/га (15-20 т/га птичьего помета);

в) 34,6 ц/га и выше при внесении калия 77-136 кг/га (10-20 т/га птичьего помета).

Оценка степени связи между влияющими факторами и явлением позволяет определить долю участия каждого фактора по величинам неопределенности $H(A)$ и $H(B)$, общей информативности (T) и коэффициенту эффективности передачи информации (K) (табл. 3).

Таблица 3 – Оценка степени связи между содержанием азота, фосфора и калия в птичьем помете и урожайностью яровой пшеницы

Факторы	H(A), бит	H(B), бит	T, бит	K	Д (доля участия фактора), %
				$K=T/H(B)$	$D=T/H(A)$
Фосфор, кг/га	2,2800	1,5755	0,8091	0,5136	35,5
Азот, кг/га	2,2733	1,5613	0,7345	0,4703	32,3
Калий, кг/га	2,2842	1,1813	0,3894	0,2997	17,1
Совокупность влияния факторов, %	x	x	x	x	84,9

Согласно проведенному анализу наибольшее влияние на урожайность оказывают фосфор ($D=35,5\%$) и азот ($32,3\%$). Совокупное влияние макроэлементов, содержащихся в птичьем помете, на урожайность яровой пшеницы составило $84,9\%$, а $15,1\%$ приходится на прочие факторы.

На основании доли участия каждого фактора можно построить математическую модель урожайности:

$$Y_{\text{яр. пшеницы}} = P_{\text{вал.}} \times N_{\text{вал.}} \times K_{\text{вал.}},$$

где $Y_{\text{яр. пшеницы}}$ – урожайность яровой пшеницы,

$P_{\text{вал.}}$ – валовое содержание фосфора,

$N_{\text{вал.}}$ – валовое содержание азота,

$K_{\text{вал.}}$ – валовое содержание калия.

Математическая модель в виде нелинейного уравнения показывает, что явление А (урожайность) равно среднеарифметическому из суммы факторов ($P_{\text{вал.}}$, $N_{\text{вал.}}$, $K_{\text{вал.}}$). Факторы в модели выстраиваются согласно доли участия фактора от максимального значения к минимальному. Модель может быть дополнена другими факторами, на которые приходится 15,1 % доли участия факторов.

Таким образом, информационно-аналитический анализ в исследовании влияния птичьего помета на урожайность яровой мягкой пшеницы показал наличие прямой связи между фактором и явлением; позволил определить наиболее вероятную урожайность пшеницы 22,2-25,2 ц/га при внесении 15-20 т/га птичьего помета; позволил определить долю участия изучаемых влияющих факторов (84,9 %) и долю неучтенных факторов (15,1 %).

Список использованных источников

1. Юсупов Р.М. Орошение сточными водами, животноводческими и птицеводческими стоками - надежный способ охраны водных объектов [Электронный ресурс] / ФГУП НИИССВ «Прогресс», г. Старая Купавна, Московская область. – Режим доступа: ieek.timacad.ru/science/1/2005_2/2_51.doc – (Дата обращения: 04.03.2016).
2. Лысенко В. Переработка отходов – залог повышения экономики // Птицеводство. – 2013. – № 5. – С. 52-55.
3. Мерзлая Г. Е. Использование органических отходов в сельском хозяйстве // Российский химический журнал. – 2005. – т. XLIX. – № 3. – с. 48-54.
4. Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобзаренко В. И. Агрохимия / Под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Колос, 2002. – 584 с.
5. Овцинов В.И. Экономико-математические методы и моделирование: применение в почвенно-агрохимических исследованиях, землеустройстве и кадастре. Часть I. Математические методы оценки качества и подготовки информации к моделированию: Методические указания к лабораторным занятиям / В.И. Овцинов, А.Б. Совриков. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. – 34 с.
6. Рассыпнов В. А. Сборник задач и упражнений по методике опытного дела: Учеб. пособие/ Алтайский СХИ. – 2-е изд., доп. и перераб. – Барнаул, 1987. – 64 с.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
8. Бурлакова Л.М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза / Л.М. Бурлакова. – Новосибирск: Наука, 1984. – 200 с.

УДК 631.617: 631.413.3 : 633.39 : 582.663

АДАПТАЦИЯ АМАРАНТА МЕТЕЛЬЧАТОГО НА ЗАСОЛЕННЫХ БУРЫХ ПОЛУПУСТЫННЫХ ПОЧВАХ

Т.Н. Манджиева, М.П. Чапланова

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

В настоящее время в Калмыкии уже накоплен богатый опыт по освоению засоленных земель с помощью растений-фитомелиорантов. Основную часть земельного фонда республики Калмыкия (76,6 % пашни - 2163,72 тыс. га) составляют солонцеватые каштановые и бурые полупустынные почвы и их комплексы. Эти почвы содержат соли в количестве, при котором продуктивность земель снижается на 25 % и более, что негативно сказывается как на продуктивности естественных пастбищ, так и сеяных агроценозов, так как является причиной дефицита белка (до 20...25 %) в кормах.

В то же время проблема малой продуктивности засоленных почв не ограничивается Калмыцким регионом, она с каждым годом приобретает более широкий масштаб. Солонцеватые светло-каштановые и бурые полупустынные почвы занимают

около 20...30 % общей площади Астраханской области, юга Оренбургской области, севера и центральной части Казахстана. Следовательно, совершенно очевидна необходимость фитомелиорации подобных угодий [1-3].

Одной из перспективных солеустойчивых культур для возделывания в условиях светло-каштановых и бурых полупустынных почв Калмыкии является амарант метельчатый. Амарант – это травянистый однолетник, ксерофит, сильно солеустойчив, по типу фотосинтеза - C₄-культура, по ритму сезонного развития - коротко-вегетирующий. Однако внедрение амаранта в кормопроизводство сдерживается отсутствием рекомендаций по технологии его возделывания в полупустынной зоне республики Калмыкии. Обеспеченность кормовой единицы амаранта переваримым протеином достигает 142...178 г., что близко к содержанию в бобовых культурах. По этому показателю амарант превосходит кукурузу и сорго, соответственно в 1,5...2 раза [5-8].

Исследования качества надземной массы амаранта говорят о том, что белок амаранта имеет высокое содержание незаменимых аминокислот. В 1 кг сухого вещества вегетативной массы содержится лизина 7,1-7,15 г, а у кукурузы - 2,8 г, т.е. в 2,4 раза меньше. По аминокислотной сбалансированности белок листьев амаранта близок к идеальному для свиней. Каротин, рибофлавин, фолиевая кислота, входящие в состав амаранта регулируют белковый обмен. Это целебное растение богато бетаином, лизином, витаминами С и В₂, усиливающим аппетит, стимулирующим выработку соляной кислоты в желудке и очищающим его. Вещества, содержащиеся в амаранте, обладают способностью повышать иммунитет, что имеет огромное значение для профилактики и лечения многих заболеваний [8].

Амарант в зависимости от влажности почвы и содержания питательных веществ формирует урожай от 0,372 до 0,525 кг/м² абсолютно сухого вещества (а.с.в.) при общем засолении 0,42 и 0,24 % соответственно. Но эта культура в начале вегетации очень требовательна к водному режиму почвы. Требователен амарант и к обеспеченности питательными элементами и гумусированности почвы. Недостаток воды в условиях равной засоленности приводит к недобору одной трети надземной массы [9].

По данным Дедовой Э.Б. биомелиорация засоленных и солонцовых почв осуществляется посевом и посадкой различных жизненных форм растений (деревьев, кустарников, полукустарников и трав) и экологической специализации (ксерофиты, галофиты, галоксерофиты, мезофиты, гигрофиты, фреатофиты). При подборе культур-освоителей необходимо учитывать их отношение к среде обитания, мелиорирующее действие на почву, возможное сельскохозяйственное использование [10].

По данным работников Волгоградского отдела ВНИИГиМа (Е.И. Бородычевой, И.А. Шульца) и Н.Н. Дубенка продуктивность амаранта была наибольшей при норме высева семян 0,8-1,0 кг/га. Суточные приросты сухого вещества в зависимости от влагообеспеченности и уровня минерального питания достигали 181,7-203,6 кг/га. При норме высева семян 0,6 кг/га уменьшалась густота растений и снижался фотосинтетический потенциал с 4827,63 до 4103,43 тыс. м²/га дней. Экономическая оценка возделывания амаранта на семена показала, что наиболее высокие показатели по урожайности достигаются при поддержании предполивного порога влажности почвы на уровне 70-75 % НВ, норме высева семян 0,8-1,0 кг/га и внесении удобрений N₁₃₅₋₁₆₀ P₁₀₀₋₁₂₀ K₁₂₀₋₁₄₀ [6]. Следовательно, исследования по направлению адаптации амаранта на деградированных засоленных землях Калмыкии актуальны и перспективны.

Опыты проводили в лиманной части земель ОПХ «Харада» п. Большой Царын, Малодербетовского района. Почвы бурые полупустынные. Был проведен отбор почвенных образцов из скважин и определена минерализация. Типы засоления варьируют по профилю от хлоридно-сульфатного до сульфатного (табл. 1)

Схема полевого опыта включала пять вариантов: вариант I – амарант бордовый (*Amaranthus paniculatus*); вариант II – амарант зеленый (*Amaranthus cruentus*); вариант III – амарант бронзовый (*Amaranthus paniculatus*); вариант IV – амарант двухцветная смесь (*Amaranthus cruentus*); вариант V – амарант хвостатый (*Amaranthus caudatus*). Опыт был заложен методом организованных повторений, который включал делянки с полным набором всех вариантов схемы. Повторность опытов пятикратная. Площадь делянок для каждого сорта 15 м².

Таблица 1 - Содержание воднорастворимых солей в изучаемой почве под амарантовым агрофитоценозом (май 2012 г.)

Глубина	CO ₃ ²⁻ МГ- ЭКВ %	HCO ₃ ⁻ МГ-ЭКВ %	Cl ⁻ МГ- ЭКВ %	SO ₄ ²⁻ МГ-ЭКВ %	Ca ²⁺ МГ- ЭКВ %	Mg ²⁺ МГ-ЭКВ %	Na ⁺ МГ- ЭКВ %	Сумма солей %	pH
0-20	-	<u>0,78</u> 0,048	<u>1,24</u> 0,044	<u>2,05</u> 0,098	<u>0,80</u> 0,016	<u>0,77</u> 0,009	<u>2,50</u> 0,058	0,273	7,2
20-40	-	<u>0,60</u> 0,037	<u>1,95</u> 0,069	<u>2,38</u> 0,114	<u>1,06</u> 0,021	<u>0,88</u> 0,011	<u>2,99</u> 0,069	0,321	7,2
40-100	-	<u>0,56</u> 0,034	<u>2,70</u> 0,096	<u>3,94</u> 0,189	<u>1,25</u> 0,025	<u>1,70</u> 0,020	<u>4,25</u> 0,098	0,462	7,1
100-120	-	<u>0,50</u> 0,031	<u>5,45</u> 0,193	<u>2,54</u> 0,122	<u>1,80</u> 0,036	<u>1,85</u> 0,022	<u>4,84</u> 0,111	0,515	7,1

Посев опыта 1 был совершен 02.05.2012 г. нормой 0,2—0,3 г всхожих семян на 1 м² на глубину 2-3 см, рядовым способом, расстояние между рядами - 30 см. Перед посевом провели основную обработку почвы, боронование, влагозарядковый полив нормой 300 м³/га, предпосевное и послепосевное прикатывание почвы. В процессе вегетации растений необходимо содержать почву в рыхлом и чистом от сорняков состоянии, неоднократно прореживать.

По данному опыту всходы амаранта появились только у бордового, зеленого и двухцветного сортов раньше (10.05), чем у бронзового и хвостатого (15.05). К середине июня растения амаранта метельчатого достигли полной фазы стеблевания, о чём свидетельствуют биометрические показатели. Развитие растений амаранта зеленого и бордового значительно отстаёт от развития растений амаранта бронзового. Густота травостоя достигала в зависимости от вариантов опыта – 499...1253 шт./м². Надземную массу амаранта убирали в фазу вымётывания, делая срез выше второго яруса листьев (рис. 1, табл. 2-3).

Таблица 2 - Биометрические показатели и структура урожайности амаранта метельчатого в зависимости от сорта

Показатели	Сорт амаранта				
	Бордовый	Зелёный	Бронзовый	Двухцветная смесь	Хвостатый
Высота стебля, см	74,10	91,65	83,67	129,50	87,50
Длина метелки, см	26,00	24,00	20,00	60,00	25,00
Вес зерен с 1 метелки, г	1,80	3,35	3,73	3,08	4,42
Масса 1000 семян, г	0,56	0,76	0,72	0,45	0,51
Кол-во растений на 1 м ² , шт.	174	99	67	78	90

Таким образом, по результатам исследования можно сказать, что в условиях засоления почвы 0,3-0,5 % амарант метельчатый (сортов – бордовый, зелёный, бронзовый, двухцветный и хвостатый) с 1-го года исследований продуцировал и способен был дать урожай в размере 0,4 - 1,9 кг/м² надземной массы (в.с.в.) и 0,25 - 0,42 кг/м² семян.



Рисунок 1 - Амарант метельчатый сортов: 1- бордовый, 2 - зелёный

Таблица 3 - Полевая всхожесть и продуктивность амаранта метельчатого в зависимости от сорта

Варианты опыта (сорт амаранта)	Норма высева г\м ² (шт.)	Количество проросших растений, шт.	Всхожесть, %	Продуктивность, г (в.с.в.)			
				с 1 растения		на 1 м ²	
				семена	листья	семена	листья
Бордовый	0,1 (217)	174	80	1,80	2,22	313,2	386,3
Зелёный	0,1 (132)	99	75	3,35	8,42	331,7	833,6
Бронзовый	0,1 (167)	67	40	3,73	29,0	250,0	1943,0
Двухцветная смесь	0,1 (222)	78	35	3,08	10,30	240,2	804,2
Хвостатый	0,1 (200)	90	45	4,42	11,45	415,5	1030,5

Следовательно, в условиях снижения кормовой продуктивности засоленных бурых полупустынных почв амарант метельчатый может повысить эффективность кормопроизводства и стать источником белка в корме для животных. В то же время внедрение амаранта в сельскохозяйственное производство позволит восстановить плодородие бросовых земель.

Список использованных источников

1. Заслонкин В.П. Роль травосеяния в ландшафтном земледелии // Земледелие, 1998, № 5. – С. 34-35

2. Шматкин В.Ф. Теория и практика мелиорации земель Калмыкии / Сб. науч. Тр. «Мелиорация земель Республики Калмыкия». – М.: ВНИИГиМ, Труды ВНИИГиМ, Том 97. – 1997. С. 22-33.
3. Адыев С.Б., Дедова Э.Б., Сазанов М.А. Перспективы развития комплексных мелиораций в Республике Калмыкия // Плодородие. – 2007, № 6 (39). – С. 18-20.
4. Шунгаева А.Б. Биографическая оценка и мониторинг кормовых агроландшафтов в аридных условиях Калмыкии: дисс. канд. геогр. наук: 25.00.03. – Элиста, 2004. – 174 с.
5. Настинова Г.Э. Адаптивность и продуктивность аридных агроэкосистем: на примере Калмыкии: дисс. доктора геогр. наук: 11.00.11, 06.01.15. – Москва, 2000. – 276 с.
6. Дубенок, Н.Н. Агротехника возделывания амаранта багряного на семена в Нижнем Поволжье / Н.Н. Дубенок, Е.И. Бородычева, И.А. Шульц // Плодородие 2008 (а) - № 1.
7. Зволинский В.П., Богосорьяжская Л.В., Салдаев А.М. Способ создания агрофитоценозов мелиоративного назначения в бросовых рисовых чеках / Патент РФ № 2424643 от 03.04.2009.
8. Мирошниченко Л.А. Выращивание зеленой массы амаранта на кормовые цели [Электронный ресурс] // Технология возделывания ООО «Русская Олива». – Электронная статья (100 кБ). – Режим доступа: <http://www.rusoliva.ru>.
9. Говоров, С.А. Использование пожнивных посевов амаранта багряного и ярового рапса для сидерации карбонатных черноземов/ / С.А. Говоров, А.Н. Смирнов /Плодородие. Журнал для ученых, специалистов и практиков – 06.2008. – С. 14.
10. Дедова, Э.Б. Подбор культур-освоителей засоленных почв Калмыкии// Материалы научной конференции студентов и аспирантов, “Ломоносов – 2001”, Москва, МГУ, 2001.

УДК 635.132

ПРОДУКТИВНОСТЬ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ ПРИ ОРОШЕНИИ СТАЦИОНАРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ СПРИНКЛЕРНОГО ТИПА

А.А. Мартынова, С.А. Дусарь

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

Динамику производства столовой моркови в России за последние 20 лет нельзя охарактеризовать каким-либо устойчивым трендом развития или регрессии. Представленные на рисунке 1 данные официальной статистики показывают относительно продолжительный тренд роста производства моркови с 1993 по 2005 годы включительно, который завершился довольно резким спадом интереса к этой культуре [1]. В результате, начиная с 2007 года и по настоящее время объемы производства столовой моркови составляют около 1,5 млн. тонн, незначительно изменяясь по годам с более или менее благоприятными погодными условиями. Спад производства моркови в России, безусловно, можно объяснить сложившейся макроэкономической обстановкой, в которой не последнюю роль играет опережающее, по сравнению с Россией, развитие технологий в развитых странах дальнего и ближнего зарубежья. Это подтверждается и растущей долей импорта столовой моркови, объемы которого в 1993 году не превышали 4,4 тыс. т, а в 2013 году достигли рекордных 258,0 тыс. т, увеличившись более, чем в 58 раз [2]. Самым стабильным показателем (по приведенным на рисунке 1 графикам) оказалась урожайность столовой моркови, которая с 1993 года практически не изменилась и составляет сегодня 22-24 т/га. Это критически низкий уровень, который определяет высокую себестоимость моркови и не позволяет отечественной продукции эффективно конкурировать с зарубежным импортом.

Еще совсем до недавнего времени основную долю импорта моркови в России составляла продукция производства Бельгии (24,5 тыс. т), Нидерландов (19,4 тыс. т), Польши (13,2 тыс. т), других стран Европы (11,0 тыс. т), а также Турции (2,8 тыс. т). Сегодня, с введением продовольственного эмбарго [3] ситуация на Российском про-

довольственном рынке изменилась и у отечественных сельхозтоваропроизводителей появился реальные условия для ускоренной интенсификации производства моркови и развития отечественных технологий.

Основные сельскохозяйственные зоны России расположены в регионах со сложными агроклиматическими условиями. Устойчивое производство овощной продукции с достижением целевых индикаторов по продуктивности посевов возможно только при орошении [4]. При этом технологии орошения должны быть ориентированы на максимальное ресурсосбережение с целью снижения себестоимости продукции и, как следствие, - повышения ее конкурентоспособности [5, 6].

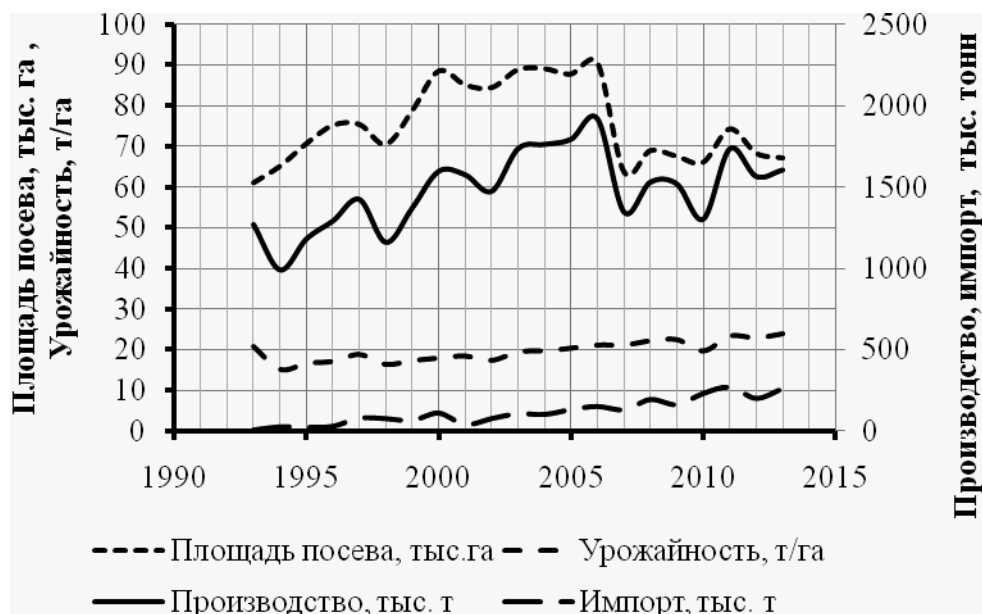


Рисунок 1 – Динамика производства и импорт столовой моркови в России

Общей целью наших исследований является освоение современных высокоэффективных способов орошения и разработка ресурсосберегающих технологий полива столовой моркови с целевыми индикаторами уровня продуктивности не ниже 70-80 т/га. Рабочей гипотезой исследований стало предположение о возможности интенсификации продукционного процесса моркови при совокупном регулировании влажности почвы и воздуха за счет проведения регулярных и освежительных поливов стационарными дождевальными системами спринклерного типа. В основу методологии исследований был поставлен метод полевого эксперимента.

Одним из ключевых преимуществ стационарных систем орошения, к которым относятся системы спринклерного типа, является возможность реализации гибких подходов в формировании поливного режима. Технологическая реализуемость проведения частых поливов малыми поливными нормами и возможность плавного изменения поливных норм обеспечивает возможность поддержания практически любого диапазона влажности почвы в слое почвы любой мощности. Это позволяет ориентировать технологии орошения исключительно на биологические потребности орошаемой культуры.

Ряд исследователей [7, 8] указывают на целесообразность дифференцирования увлажняемого слоя почвы в период формирования корневой системы растений. Отмечается, что в начальные периоды роста и развития корневая система моркови развита чрезвычайно слабо и регулирование водного режима почвы за пределами ее рас-

пространения непродуктивно. С другой стороны, важно учитывать тот момент, что геометрические параметры увлажняемой зоны почвы определяют вектор развития корневой системы. Необходимость определения оптимальных параметров зоны увлажнения почвы при орошении моркови стационарными дождевальными системами спринклерного типа в период активного роста корней обусловило постановку вопросов исследований в рамках фактора А полевого эксперимента. Варианты в рамках фактора А полевого опыта были впервые заложены в 2015 году на трех уровнях:

- вариант А1 – поддержание заданного (80 % НВ) порога предполивной влажности почвы в слое 0,2 м до начала фазы образования 2-го настоящего листа с последующим увеличением расчетного слоя до 0,5 м;

- вариант А2 – поддержание заданного (80 % НВ) порога предполивной влажности почвы в слое 0,3 м до начала фазы образования 2-го настоящего листа с последующим увеличением расчетного слоя до 0,5 м;

- вариант А3 – поддержание заданного (80 % НВ) порога предполивной влажности почвы в слое 0,4 м до начала фазы образования 2-го настоящего листа с последующим увеличением расчетного слоя до 0,5 м.

Другой известной производственной проблемой при выращивании столовой моркови в зоне сухих степей Нижневолжского региона является снижение доли выхода товарной продукции как последствий воздушной засухи. Возможность использования спринклерных систем для проведения освежительных поливов позволяет в определенной степени снимать воздушную засуху и температурную напряженность в среде посева. Учитывая, что научно обоснованных рекомендаций по этому поводу в регионе нет, этот вопрос также был поставлен к исследованию в рамках реализуемого нами полевого эксперимента. В рамках фактора В полевого опыта (проведение освежительных поливов) были заложены следующие варианты:

- вариант В1 (контроль), - без проведения освежительных поливов;

- вариант В2 – проведение освежительных поливов при снижении относительной влажности воздуха ниже 30 %;

- вариант В3 – проведение освежительных поливов при снижении относительной влажности воздуха ниже 50 %;

- вариант В4 – проведение освежительных поливов при снижении относительной влажности воздуха ниже оптимального уровня (70 %).

Полевой эксперимент по такой программе был заложен на опытном участке, расположенного в границах фермерского хозяйства «им. Л.Н. Василенко» Городищенского района Волгоградской области. Почвы на опытном участке светло-каштановые, среднесуглинистые, типичные для региона исследований. Почвенный покров таких почв, как правило, слабогумусирован и малоплодороден, что обуславливает необходимость применения минеральных удобрений. Удобрения в опытах вносили дозой $N_{200}P_{130}K_{140}$, рассчитанной на формирование урожайности корнеплодов на уровне 80 т/га.

Погодные условия в период проведения эксперимента были характерны для климата региона. Совокупный объем атмосферных осадков, поступивших за вегетационный период моркови, составил 126 мм, а сумма среднесуточных температур воздуха достигала 2966 °С. Дефицит естественного увлажнения в опытах восполняли путем проведения регулярных поливов стационарными дождевальными системами спринклерного типа. Сеть поливных трубопроводов диаметром 75 мм монтировалась с шагом 12 м, на которых также через 12 м устанавливались дождевальные аппараты спринклерного типа. Рабочий расход одного дождевального аппарата составляет 500

л/час, что позволяет за час на гектар посевной площади подавать не более 35 м³ оросительной воды. Такое низкоинтенсивное дождевание позволяет практически исключает развитие процессов ирригационной эрозии, и благоприятно отражается на развитии культурных растений, особенно на самых ранних этапах вегетационного периода.

Результаты эксперимента приведены в таблице 1. Из приведенных в таблице данных видно, что применение спринклерного орошения для полива столовой моркови в зоне сухих степей Нижневолжского региона обеспечивает возможность формирования общей урожайности столовых корнеплодов на уровне 77,4-85,2 т/га, что, безусловно, делает рентабельным применение интенсивных агротехнологий. Вариация общей продуктивности в 2015 году составила 7,8 т/га, однако в еще большей степени изменялся выход продукции стандартного качества. Государственным стандартом [9] регламентируется учет здоровых, чистых, не увядших, не треснувших корнеплодов без повреждений сельскохозяйственными машинами, вредителями, типичной для ботанического вида формы и окраски, с установленными геометрическими размерами. Исследование собранного урожая показало, что значимая доля корнеплодов не соответствуют требованиям указанного стандарта из-за растрескивания.

Таблица 1 - Урожайность столовой моркови при спринклерном орошении, т/га (2015 г.)

Фактор А (мощность увлажняемого горизонта почвы, м)	Фактор В (режим проведения освежительных поливов)	Урожайность корнеплодов общая, т/га	Доля выхода стандартной продукции, %	Урожайность стандартной продукции, Y, т/га	ΔY в зависимости от мощности увлажняемого слоя почвы		ΔY в зависимости от режима проведения увлажнительных поливов	
					т/га	%	т/га	%
А1 (0,2-0,5 м)	В1	82,1	85,5	70,2	-	-	-	-
	В2	84,3	87,2	73,5	-	-	3,3	4,7
	В3	85,0	88,7	75,4	-	-	5,2	7,4
	В4	85,0	88,6	75,3	-	-	5,1	7,3
А2 (0,3-0,5 м)	В1	82,2	88,4	72,7	2,5	3,6	-	-
	В2	84,5	91,2	77,1	3,6	4,9	4,4	6,1
	В3	85,2	94,1	80,2	4,8	6,4	7,5	10,3
	В4	85,2	94,2	80,3	5,0	6,6	7,6	10,5
А3 (0,4-0,5 м)	В1	77,4	90,1	69,7	-0,5	-0,7	-	-
	В2	79,5	93,0	73,9	0,4	0,5	4,2	6,0
	В3	82,0	94,4	77,4	2,0	2,7	7,7	11,0
	В4	82,0	94,5	77,5	2,2	2,9	7,8	11,2

Примечание: НСР₀₅ для урожайности корнеплодов общей в рамках фактора А составляет 1,72 т/га, фактора В – 1,99 т/га, для частных средних – 3,45 т/га; для урожайности стандартной продукции в рамках фактора А составляет 2,19 т/га, фактора В – 2,53 т/га, для частных средних – 4,38 т/га

Наибольший процент потрескавшихся корнеплодов наблюдался на участках, где порог предполивной влажности почвы (80 % НВ) поддерживали в слое 0,2-0,5 м, а освежительных поливов не проводилось. Доля выхода стандартной продукции на участке этого варианта не превышала 85,5 %, что снизило общую продуктивность посева с 82,1 т/га до 70,2 т/га.

Проведение освежительных поливов обеспечивало повышение выхода доли стандартных корнеплодов, причем наибольший эффект был получен на участках, где такие поливы проводили при снижении относительной влажности воздуха до 50 (вариант В3) или 70 % (вариант В4). Сочетании такой схемы применения освежительных поливов с поддержанием водного режима почвы по схеме варианта А2 или А3 обеспечило выход стандартного урожая на уровне 94,1-94,5 % и возможность получения до 80,3 т/га стандартных корнеплодов.

Таким образом, использование стационарных спринклерных систем для полива столовой моркови с реализацией технологической возможности проведения освежительных поливов обеспечивает возможность получения не менее 80 т/га стандартных корнеплодов, и формировать устойчивое, конкурентоспособное производство высоко витаминизированной продукции.

Список использованных источников

1. Федеральная служба государственной статистики. - Центральная база статистических данных. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1> (дата обращения 01.03.2016)
2. Корпоративная база статистических данных FAO. Торговля. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E> (дата обращения 04.03.2016)
3. О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 6.08.2014 г. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/46404> (дата обращения 03.03.2016)
4. Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. – Москва: ВНИИО, 2008. - 771с.
5. Бородычев, В.В. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.С. Овчинников, В.С. Бочарников // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4. – С. 21-27.
6. Бородычев, В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур: научное издание / В.В. Бородычев. – Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2010. – 241 с.
7. Санжаровская, М.И. Индустриальная технология выращивания и уборки моркови / М.И. Санжаровская // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2007. – №3. –С.787.
8. Зволинский, В.П. Влияние режимов орошения на продуктивность моркови в условиях Волгоградской области / В.П. Зволинский, А.А. Шершнева // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2012. – № 4 (13). – С. 32-33.
9. ГОСТ 1721-85. Морковь столовая свежая заготавливаемая и поставляемая. Технические условия. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. - 6 с.

УДК 631.51:63:551.5

ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

Н.С. Матюк¹, В.А. Шевченко²

¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия;

²ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Ключевые слова: залежные земли, окультуривание залежных земель, обработки почвы, изменение запасов гумуса.

Важнейшим резервом увеличения производства зерна, кормов и другой продукции растениеводства является окультуривание залежных земель, ранее находящихся под пашней и обладающих высоким потенциальным плодородием.

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.

Освоение этих земель целесообразно не только с позиции продуктивности кормовых угодий, не снижения плодородия почвы, но это и серьезный резерв для улучшения экономического состояния сельского хозяйства России.

Освоение залежных земель важно проводить крупными массивами, чтобы эффективнее использовать современную широкозахватную высокопроизводительную технику нового поколения, оборудованную GPS навигацией, обеспечивающей широкое внедрение в сельскохозяйственное производство систем или отдельных элементов точного земледелия [1].

Выбор способа обработки залежных земель зависит от гранулометрического состава почвы, мощности гумусового слоя и дернины, а также закустаренности и видового состава сорняков.

При наличии древесно-кустарниковой растительности ее удаляют механическим или химическим способом. Кустарник и мелколесье удаляют кусторезами и корчевателями (ДП-24, МП-2Б, ЛД-9, МП-7А, МП-8, МП-12 и др.) или бульдозерами. Для измельчения кустарников и мелкой древесной растительности используют фрезерные машины для освоения закустаренных земель МТП-42А, ФКН-1,7 с последующей заделкой растительной массы.

Глубокая заделка дернины улучшает физические свойства почвы, увеличивает водопроницаемость, препятствует миграции растворимых питательных веществ, что повышает эффективность внесения минеральных удобрений. Последующую разделку пластов осуществляют дисковаторами БДМ-8х4П, БДМ-6х4, БДМ-4х4, БДП-6х4М, Agriset и др., паровыми культиваторами с одновременным выравниванием и прикатыванием почвы КПС-8, КТС-10-1, Smaragd-10. Обработку почвы ведут в поперечном направлении по отношению к вспашке и каждой последующей обработке, что обеспечивает хорошую выравненность поверхности почвы и ее однородность сложения. Все это позволяет создать мелкокомковатый рыхлый посевной слой, обеспечивающий одновременность появления всходов сельскохозяйственных культур. Кислые почвы одновременно известкуют, вносят фосфорные и калийные удобрения с учетом планируемого урожая. В последующие 2-3 года обработку почвы ведут на небольшую глубину на 16...18 см, не затрагивая заделанную при вспашке дернину [2].

Цель наших исследований, установить эффективность разных по интенсивности систем обработки почвы и фонов питания на введенных в сельскохозяйственный оборот залежных землях. Исследования проводились в учхозе «Михайловское» Московской области в 1969-2007 гг. Изучали системы обработки: 1) отвальная (лушение на 8-10 см, вспашка на 20-22 см, ранневесеннее боронование в 2 следа, предпосевная культивация с боронованием на 8-10 см, обработка РВК-3,6 под зерновые культуры, перепашка зяби на 14-16 см с боронованием под пропашные); 2) минимальная ресурсосберегающая (лушение на 8-10 см, ранневесеннее боронование в 2 следа, предпосевное фрезерование на 8-10 см под зерновые, под пропашные на 14-16 см); 3) отвально-дисковая (лушение на 8-10 см, вспашка на 28-30 см один раз в 3 года, ранневесеннее боронование в 2 следа, предпосевная культивация с боронованием, обработка РВК-3,6 под зерновые культуры, перепашка на 14-16 см под пропашные). Эффективность разных по интенсивности систем обработки дерново-подзолистой почвы оценивали на трех фонах питания: естественном (без удобрений), минеральном ($N_{110}P_{95}K_{110}$) и орга-

но-минеральном (навоз 13,8 т/га в год + N₁₁₀P₉₅K₁₁₀ или солома 2,8 т/га в год + та же доза NPK) в зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: вико-овсяная смесь – озимая пшеница – ячмень – картофель – ячмень – овес. Известкование проводили по полной гидролитической кислотности один раз в 6 лет.

Установлено, что длительное применение приемов минимальной обработки почвы приводит к резкой дифференциации корнеобитаемого слоя по содержанию гумуса и доступных питательных веществ, в первую очередь подвижного фосфора и обменного калия. Наиболее высокие ежегодные темпы накопления органического вещества при разных фонах питания отмечались при минимальной ресурсосберегающей системе обработки (760-950 кг/га), что связано со снижением темпов минерализации растительных остатков, соломы и навоза (табл. 1). Снижение темпов накопления гумуса до 420-660 кг/га в год на вариантах отвальной системы обработки обусловлено ежегодным, интенсивным оборачиванием пахотного слоя, что сопровождается усилением минерализации, а на делянках сочетания отвальной с дискованием обработки - с вовлечением в пахотный слой обедненных подпахотных горизонтов (A₂B).

Таблица 1 - Изменение запасов гумуса (т/га) в слое почвы 0-30 см при разных системах обработки почвы и удобрений

Система обработки почвы	Срок определения, изменения	Без удобрений	Удобрения		
			2NPK	2NPK + Солома	2NPK+Навоз
Отвальная, контроль	1969	52,9	52,9	52,9	52,9
	2005	59,2	67,6	76,1	75,2
	Изменение	+6,3	+14,7	+23,2	+22,3
Минимальная ресурсосберегающая	1969	55,4	55,4	55,4	55,4
	2005	58,2	79,8	81,1	98,3
	Изменение	+2,8	+24,4	+25,7	+32,9
Отвальная с дискованием	1969	60,1	60,1	60,1	60,1
	2005	59,6	80,7	84,0	84,2
	Изменение	-0,5	+20,6	+23,9	+24,1

Важным показателем окультуренности дерново-подзолистой почвы является уровень содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия. Применение в течение длительного времени разных по способу, интенсивности и глубине систем обработки в сочетании с разными формами и дозами минеральных и органических удобрений привело к дифференциации слоя почвы 0-30 см на разные по уровням накопления и распределения подвижного фосфора и обменного калия.

В наших исследованиях внесение и заделка минеральных удобрений, а также минеральных в сочетании с соломой или навозом в слой 0-12 см дисковыми орудиями с последующим предпосевным фрезерованием на глубину 6-8 см привело к увеличению содержания подвижного фосфора в слое 0-10 см в среднем за ротацию севооборота в 1,8 раза по сравнению с аналогичным слоем контроля.

В подпахотном слое 20-30 см в вариантах минимальной обработки различия были еще заметнее и составили 84 мг/кг почвы.

При ежегодной вспашке на глубину 20-22 см распределение подвижного фосфора по частям корнеобитаемого слоя было более выровненным, а при сочетании периодической (2 раза за ротацию) отвальной с дискованием обработки - аккумулятивным в поверхностном слое 0-10 см. Так, если содержание фосфора на контроле в слое 0-10

см принять за 100 %, то в слоях 10-20 и 20-30 см при отвальной обработке оно составит 106 и 94 %, а при отвально-дисковой – 114 % в слое 0-10 см, 82 - в слое 10-20 см и 77 % - в слое 20-30 см.

Изучение изменения содержания обменного калия при разных по интенсивности системах обработки и удобрений в зернопропашном севообороте показало, что в слое 0-30 см на неудобренной почве оно уменьшалось в среднем за исследуемый период на 32-39 %, при внесении минеральных удобрений оно увеличивалось в 1,8-2 раза, а при совместном использовании их с соломой или навозом - в 2,2-2,7 и 2,5-3,0 раза соответственно. Из систем обработки наиболее эффективной в накоплении обменного калия была минимальная ресурсосберегающая, где его содержание в слое 0-30 см было в среднем на 10 мг/кг почвы выше, чем при отвальной и на 34 мг/кг почвы, чем при отвальной с дискованием.

Применение разных систем механической обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы и доз удобрений, рассчитанных на простое и расширенное воспроизводство при периодическом известковании, повышало уровень потенциального и эффективного плодородия почвы. При этом системы минимальной обработки почвы приводили к формированию гетерогенного по содержанию элементов питания и гумуса слоя, с более высоким уровнем доступных форм в верхней (0-10 см) части пахотного слоя, чем система отвальной обработки. Это обеспечивало стартовый эффект роста и развития возделываемых культур.

При высоких дозах минеральных удобрений и оптимальных показателях баланса элементов питания чрезмерная концентрация фосфора и калия может превысить оптимальную нагрузку на почву и оказать отрицательное влияние на рост растений. Это вызывает необходимость периодического проведения в севообороте вспашки с целью перераспределения элементов питания в корнеобитаемом слое.

Применение периодической глубокой (28-30 см) вспашки с дискованием способствует созданию сравнительно выровненного по содержанию подвижных форм макроэлементов пахотного и ускорению окультуривания подпахотных слоев дерново-подзолистых почв.

Величина и стабильность урожаев сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется условиями питания растений, то есть количеством элементов, поступающих с удобрениями, находящихся в почве и их доступностью. Позиционное размещение удобрений в обрабатываемом слое определяется приемами их заделки. По результатам наших исследований, в среднем по изучаемым фонам удобрений наиболее эффективной в сумме за 6-летнюю ротацию зернопропашного севооборота была отвальная с дискованием обработка, при которой продуктивность возросла на 7 % в сравнении с контролем.

В этом варианте была получена прибавка урожая однолетних трав 12 %, яровых зерновых – 8 %, озимой пшеницы – 4 %, а урожайность картофеля находилась на уровне отвальной системы обработки. Отказ от ежегодной вспашки и замена ее мелкими поверхностными обработками не привели к существенному снижению урожайности культур зернопропашного севооборота.

Более заметное влияние на изменение урожайности полевых культур оказывали минеральные удобрения и их сочетание с органическими. За ротацию зернопропашного севооборота в среднем по всем вариантам обработки при внесении одинарной дозы (NPK) минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ сбор основной продукции увеличился в 1,8 раза (табл. 2).

Таблица 2 - Урожайность полевых культур (т/га) при разных системах обработки и удобрений, в среднем за 6-летнюю ротацию зернопропашного севооборота

Система обработки почвы, фактор А	Система удобрений, фактор В						В среднем по фактору А
	О	НПК	2НПК	2НПК+С	2НПК+Н	Контроль по РК	
Однолетние травы, сено, НСР ₀₅ =0,45; НСР ^н ₀₅ =0,34							
Отвальная, контроль	2,65	3,06	3,34	3,35	3,67	3,54	3,27
Минимальная ресурсосберегающая	2,86	3,06	3,13	3,15	3,52	3,37	3,18
Отвальная с дискованием	3,21	3,61	3,97	3,86	4,52	4,03	3,87
В среднем, НСР ₀₅ =0,21	2,91	3,24	3,48	3,45	3,90	3,65	НСР ₀₅ =0,27
Озимая пшеница, НСР ₀₅ =0,7; НСР ^н ₀₅ =0,65							
Отвальная, контроль	2,43	4,28	5,02	5,55	5,14	4,58	4,50
Минимальная ресурсосберегающая	2,57	4,49	4,96	5,44	5,12	5,19	4,63
Отвальная с дискованием	2,84	4,16	5,18	5,58	5,46	5,10	4,72
В среднем, НСР ₀₅ =21	2,61	4,31	5,05	5,52	5,24	4,96	НСР ₀₅ =0,26
Картофель, НСР ₀₅ =8,0; НСР ^н ₀₅ =6,1							
Отвальная, контроль	9,6	19,6	23,1	24,9	25,0	26,3	21,4
Минимальная ресурсосберегающая	9,1	20,1	23,6	23,2	23,3	26,6	21,0
Отвальная с дискованием	9,9	21,7	22,5	23,5	24,4	22,0	20,7
В среднем, НСР ₀₅ =0,8	9,5	20,6	23,1	23,9	24,2	25,0	НСР ₀₅ =3,0
Яровые зерновые, НСР ₀₅ =0,73; НСР ^н ₀₅ =0,64							
Отвальная, контроль	1,61	3,44	3,92	4,09	3,91	3,83	3,47
Минимальная ресурсосберегающая	1,30	3,16	3,98	4,09	3,72	3,50	3,29
Отвальная с дискованием	1,51	3,80	4,24	4,24	4,28	4,33	3,73
В среднем, НСР ₀₅ =0,21	1,47	3,47	4,05	4,14	3,97	3,89	НСР ₀₅ =0,34

Повышение дозы минеральных туков (2НПК) до N₁₂₅P₆₅K₁₁₀, а также сочетание их с заделкой 2,6 т/га в год соломы повысило урожайность в 2,2 раза, а совместное внесение такой же дозы удобрений с 15 т/га навоза повысило урожайность в 2,4 раза. Удвоение дозы навоза не дали прибавки.

Выводы

1. В Центральном Нечерноземье разноглубинная система обработки почвы с элементами минимализации на фоне совместного внесения органических и минеральных удобрений и периодического известкования способствует созданию выровненного по содержанию подвижных форм макроэлементов пахотного и ускорению окультуривания подпахотных слоев дерново-подзолистых почв.

2. Минимальную ресурсосберегающую обработку почвы после первичного освоения залежных земель в зернопаровых севооборотах необходимо проводить в первую очередь на хорошо окультуренных почвах слабо засоренных многолетними сорняками под озимые и яровые зерновые культуры.

3. Ускоренное окультуривание залежных земель за счет применения повышенных доз минеральных удобрений и использования соломы в качестве органического удобрения при минимальной ресурсосберегающей обработке может привести к накоплению избытка фосфатов в посевном слое почвы, что оказывает отрицательное влияние на рост и развитие растений в начальный период их вегетации и обуславливает необходимость проведения периодической отвальной обработки в севообороте, в основном под пропашные культуры.

Список использованных источников

1. Матюк Н.С. Принципы ресурсосберегающей обработки почвы в современной системе земледелия / Н.С. Матюк, В.А. Шевченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. № 7. С. 2

2. Матюк Н.С. Урожайность культур и плодородие почвы в зависимости от её обработки и удобрения / Н.С. Матюк, В.Д. Полин, Е.Д. Абражкина, В.А. Шевченко, Зоде Осам // Плодородие. 2008. № 1. С. 38-40.

УДК 631.81: 635.074

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ-МЕЛИОРАНТА В КАЧЕСТВЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИСТОЧНИКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РУККОЛЫ (ИНДАУ)

С.А. Меньшикова

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

Плодородие почвы, прежде всего, зависит от почвообразовательных процессов, характерных для данных климатических условий, химического состава и агрофизических свойств, а также от уровня окультуренности и технологии выращивания сельскохозяйственных растений. Большое значение в сохранении почвенного плодородия имеют применяемые удобрения. Одним из наиболее перспективных направлений, с точки зрения сохранения плодородия на мелиорируемых землях, является использование комплексных медленнодействующих удобрений, к которым относится удобрение-мелиорант ВКФУ [1].

Удобрение-мелиорант отличается от стандартных минеральных удобрений комплексным воздействием на почву и отвечает экологическим требованиям. В состав удобрения-мелиоранта на полимерной основе, наряду с основными элементами питания (НРК), входит широкий ряд микроэлементов [1]. Технология производства удобрения-мелиоранта предусматривает внесение на определенном этапе поверхностно-активных веществ и отходов горнодобывающей промышленности, содержащих бор, железо, марганец, медь, цинк, молибден и другие.

Микроэлементы играют важную биологическую роль для роста и развития растений, являясь обязательной составной частью многих ферментов, витаминов, ростовых веществ, участвующих в важнейших биохимических процессах. Растениям требуется ничтожно малое количество микроэлементов, однако их недостаток, как и избыток, приводят к нарушению обмена веществ.

Например, в связи с сильной распаханностью и интенсивным сельскохозяйственным использованием осушаемые торфяные почвы испытывают дефицит содержания ряда микроэлементов. Авторы приводят разные граничные числа содержания микроэлементов в почвах, ниже которых наблюдается их нехватка для растений. Так, по данным Власюка П.А. [2] граничными числами содержания подвижных форм марганца является 40 мг/кг почвы, цинка и бора - 0,3 мг/кг, молибдена - 0,2 мг/кг, кобальта - 2,5 мг/кг, меди при рН 7,0 - 10 мг/кг, а при рН 5,0 - 7 мг/кг. По сведениям Ковальского В.В. и Андриановой Г.А. [3] нижняя пороговая граница содержания микроэлементов в почвах составляет для меди 6-15 мг/кг, кобальта - 2-7 мг/кг, цинка - до 30 мг/кг, марганца до 400 мг/кг, молибдена до 1,5 мг/кг, бора - 3-6 мг/кг.

Доступность микроэлементов зависит от химического состава используемых почв и геологического строения почвообразующих пород. По обеспеченности подвижными формами микроэлементов осушаемые торфяные почвы характеризуются как почвы с достаточной обеспеченностью бором и медью, но очень низкой обеспеченностью молибденом, кобальтом и цинком и в равной степени средней или повышенной обеспеченностью марганцем [4].

Бор, марганец и молибден относятся к необходимым элементам питания, без которых растения не могут закончить цикл развития и которые не могут быть заменены другими элементами.

Бор играет важную роль при закладке и развитии генеративных органов в фазу цветения и плодоношения растений. Недостаток бора приводит к резкому снижению семенной продуктивности. При недостатке этого элемента снижается фиксация азота атмосферы.

Марганец принимает участие в окислительно-восстановительных процессах, а именно в таких важных реакциях, как фотосинтез, дыхание, а так же усвоение молекулярного и нитратного азота, в образовании хлорофилла. Все эти процессы протекают под влиянием различных ферментов. Марганец является или составной частью ферментов, или их активатором [5; 6].

Молибден принимает участие в ряде биохимических процессов. Данные многочисленных экспериментальных исследований указывают на достаточно сильное, хотя и косвенное, участие молибдена в биосинтезе нуклеиновых кислот, фотосинтезе, дыхании, синтезе пигментов, витаминов у растений. Внесение молибдена приводит к повышению размеров использования азота удобрений и почвы. Это происходит благодаря усилению ассимиляции как нитратной, так и аммиачной формы азота вследствие их быстрой нитрификации [7].

Нитратный азот способен накапливаться в растениях в значительных количествах, не причиняя им вреда. Однако содержание нитратов в кормах, овощах и других растительных продуктах выше определенного уровня вредно действует на организм животных и человека, потребляющих такие продукты.

Листовые овощи, выращенные в теплицах в условиях пониженной освещенности наиболее подвержены накоплению нитратов [8]. Удобрение-мелиорант является дополнительным источником молибдена, который необходимо растения для синтеза аминокислот с последующим образованием белка. Молибден входит в состав фер-

мента нитратредуктазы и является необходимым компонентом цепи редукции нитратов, участвуя в восстановлении нитратов до нитритов. Исследованиями показано, что при недостатке молибдена в питательной среде в растениях нарушается азотный обмен, в тканях накапливается большое количество нитратов, которые при попадании в организм животных и человека образуют канцерогенные соединения-нитрозамины [7].

Накоплен большой опыт по исследованию влияния удобрения-мелиоранта на свойства почвы и повышению урожайности различных сельскохозяйственных культур. Во всех случаях получены результаты, свидетельствующие о хорошей отзывчивости растений на данное комплексное удобрение [9; 10; 11; 12].

В настоящее время ведутся исследования по влиянию удобрения-мелиоранта на агрохимические и водно-физические свойства торфяно-болотной почвы и урожайность рукколы, также именуемой индау или эрука посевная (*Eruca sativa*). Руккола является новой экзотической культурой, ранее не выращиваемой в нашей стране как растение, пригодное в пищу. Однако благодаря своим богатым вкусовым и питательным качествам, а также исключительно ценному химическому составу, она приобретает всё большую популярность и пользуется спросом у производителей, позволяя расширить продовольственный ассортимент и разнообразить питание.

Исследования включали три вегетационных опыта по выращиванию рукколы сорта «Рокет» и проводились в 2014-2015 гг. на территории Московской области (табл. 1). Постановка и проведение опытов осуществлялись по методике З.И. Журбицкого [13]. При закладке вегетационных опытов использовалась торфяно-болотная окультуренная минерализованная почва с полей ГОУ СПО МО «Яхромский аграрный совхоз колледж». Отбор образцов осуществлялся из пахотного слоя (A_n) опытного участка, характеризующегося содержанием: $N_{\text{общ}} - 0,8 \%$, $NO_3 - 25 \text{ мг/кг}$, $P_{\text{общ}} - 0,2\%$, $K_{\text{общ}} - 0,8\%$, $pH_{\text{ксл}} - 5,1$, зольностью 80% .

Таблица 1 - Формирование урожайности рукколы сорта «Рокет» в относительных значениях (Y_i/Y_{max})

Вариант	Доза удобрения-мелиоранта, %	Урожайность, Y_i/Y_{max}
1	Контроль	0,80
2	2	0,86
3	4	0,88
4	6	0,95
5	8	1,00
6	10	0,91

По результатам наших исследований видно, что руккола способна произрастать на минерализованной торфяной почве. Однако внесение удобрения-мелиоранта, содержащего микроэлементы, позволяет повысить урожайность данной культуры до 20 %. О положительном влиянии совместного внесения в почву молибдена, бора и меди, являющихся синергистами, говорится в работах Г.Я. Жизневской [14]; Б.А. Ягодина [7] и других. Г.Я. Жизневская отмечает, что молибден оказывает наибольшее влияние в сочетании с определенными дозами меди [14]. По результатам лабораторных исследований в удобрении-мелиоранте содержится не менее 0,12 мг/кг меди [15]. Полученные данные приводят к выводу, что наличие в составе удобрения-мелиоранта бора, молибдена, меди и марганца наряду с основными элементами питания, способствуют развитию биомассы рукколы, за счет более эффективного использования растением азота для синтеза белка с последующим увеличением урожайности.

Поступление микроэлементов в растения зависит от уровня увлажнения почвы. При оптимальном увлажнении улучшается усвоение растениями микроэлементов, также как и основных элементов питания. При недостатке влаги поглощение элементов питания затрудняется, а при избытке проявляется одностороннее увеличение доступности некоторых ионов с последующим накоплением их в растении до токсичного уровня. Избыточное увлажнение почвы ухудшает аэрацию, что в свою очередь нарушает окислительно-восстановительную способность веществ или систем веществ, необходимых для питания растений. Согласно нашим исследованиям удобрение-мелиорант улучшает аэрацию и способствует оптимизации влажности почвы. Удобрение-мелиорант имеет низкую плотность (8...24 кг/м³) и пористую структуру, с содержанием открытых пор 85 %. При внесении в торфяно-болотную почву уже 2 % воздушно-сухого удобрения плотность получаемого субстрата снижается на 3...4 %. Аналогичные результаты приводятся в работе Ю.С. Поповой [15].

Таким образом, удобрение-мелиорант служит дополнительным источником микроэлементов, присутствие которых содействует повышению урожайности рукколы. Низкая плотность и пористая структура улучшают окислительно-восстановительного потенциал почвы и благоприятствуют усвоению растениями элементов питания.

Список использованных источников

1. Мелкозеров, В.М. Вспененное карбамидоформальдегидное удобрение и способ его получения [Текст] / В.М. Мелкозеров, Л.Д. Нагорный, В.В. Олейник, А.Б. Махновецкий, В.П. Максименко, Ю.А. Мажайский, С.Ю. Деев, В.В. Бородычев, С.Б. Адыяев, М.П. Чапанова // Патент РФ № 2230719, МПК С 05 С1 7С 05 С 9/02; заявитель и патентообладатель ООО «Газостройинвест» (RU). – № 2003124002/15, заявл. 04.08.2003; опубл. 20.06.2004. Бюл. № 17. – 8 с.
2. Власюк, П.А. Микроэлементы и радиоактивные изотопы в питании растений [Текст] / П.А. Власюк. - Киев: Изд. Академии наук Украинской ССР, 1956. – 115 с.
3. Ковальский, В.В. Микроэлементы в почвах СССР [Текст] / В.В. Ковальский, Г.А. Андрианова / Академия наук СССР. Научный совет по проблемам микроэлементов в животноводстве и растениеводстве. - М.: Наука, 1970. - 180 с.
4. <http://www.activestudy.info/zakonomernosti-raspredeleniya-mikroelementov-v-gumusovom-gorizonte-pochvy/>; дата обращения 24.02.2016.
5. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрения, урожай [Текст] / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 51 с.
6. Кабата-Педиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях [Текст] / А. Кабата-Педиас, Х. Педиас. - М.: Мир, 1989. – 439 с.
7. Ягодин, Б.А. Агрохимия [Текст] / Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский [и др.] - М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.
8. 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.
9. Максименко, В.П. Применение модифицированного удобрения-мелиоранта при возделывании картофеля [Текст] / В.П. Максименко, Ю.А. Мажайский, Ю.В. Попова // Плодородие. – 2008. - № 2. - С. 24-25.
10. Чапанова, М.П. Эффективность использования удобрения-аэранта «Меном» при возделывании пырея солончакового // Мелиорация и окружающая среда.: сб.науч.тр. ВНИИГиМ. Том II. [Текст] - М.: ВНИИА, 2004. - С. 50-53.
11. Деев, С.Ю. Влияние высокомолекулярных мелиорантов на плодородие почв [Текст] / С. Ю. Деев // Применение средств химизации - основа повышения продуктивности с.-х. культур и сохранения плодородия почв, 2004. - С. 122-124.
12. Жигулина, Е.В. Влияние комплексного мелиоранта «МЕНОМ» на процессы синергизма при возделывании люпина узколистного [Текст] / Е.В. Жигулина, Р.И. Матюхин // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современной мелиоративной технологии / Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации. – М, 2008. С. 261 – 263.

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

14. Жизневская, Г.Я. Микроэлементы и урожай [Текст] / Г.Я. Жизневская // Тр. Лаборатории биохимии почв и микроэлементов. – Рига: Изд. АН Латвийской ССР, 1961. – 338 с.

15. Попова, Ю.С. Применение удобрения-мелиоранта комплексного действия при возделывании картофеля на серых лесных почвах Рязанской области: дис. канд. с.-х. наук: 06.01.02 [Текст] / Ю.С. Попова; Рязанский гос. с.-х. ун. – Рязань, 2010. – 131 с.

УДК 551.482.211

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ МЕЛИОРАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КАЗАХСТАНЕ

Ж.С. Мустафаев, Т.И. Есполов, А.Т. Козыкеева

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Потребность в развитии мелиорации сельскохозяйственных земель в аридных зонах обусловлена природными факторами, то есть недостаточными естественными увлажнениями для формирования полноценного, соответствующей энергетическим ресурсам природной системы, продуктивности ландшафтных систем. При этом мелиорация земель в аридных зонах рассматривалась как мощный фактор, обеспечивающий интенсификацию почвообразовательного процесса и экологическую устойчивость и стабильность агроландшафтных систем, то есть продовольственную безопасность и независимость государства.

Вместе с тем, как показывает многолетний опыт, при осуществлении мелиоративных мероприятий, прежде всего, в связи с широким развитием антропогенной деятельности резко нарушило практически все естественные процессы: изменился режим постоянных и временных водотоков речных систем; многократно усилились геохимические потоки за счет вовлечения в активный круговорот огромных масс солей, ранее «захороненных» природой; в пределах агроландшафтов и прилегающих к ним территорий изменился микроклимат, почвенные, биологические, гидрогеологические и экологические процессы, в результате чего появились техногенно-нарушенные ландшафты, требующие функционально-компонентную и структурную реконструкцию их восстановления и нормализации [1; 2; 3].

При этом недостаточность знаний о закономерностях природных процессов, развивающихся в природной среде при взаимодействии и взаимном влиянии природных и антропогенных факторов, осуществлении мелиоративных мероприятий, является одним из главных препятствий на пути к созданию экологически устойчивых и экономически стабильных мелиоративных систем и технологий.

Системно-структурный анализ и оценки экологических и мелиоративных процессов при мелиорации сельскохозяйственных земель в аридных зонах показали, что регулирование потоков вещества и энергии в одном отдельно взятом компоненте техноприродной системы – агроландшафте и тем более одного из факторов, то есть водного режима почвы, за счет применения водоемких технологий не дали нужного результата.

Основная причина такого положения, сложившегося в агроландшафтных системах аридной зоны, кроется в противоречиях между глобальным проявлением данных проблем и частными подходами к их решению, связанными целевыми задачами отдельных государств, направленных любой ценой только на решение продовольственной проблемы. При этом вне поля зрения оказывается задача создания условий вос-

производства природных ресурсов и, в том числе, целенаправленного регулирования почвообразовательного процесса на основе законов эволюции, что стало причиной деградации агроландшафтных систем аридной зоны.

При этом были нарушены основные принципы мелиорации сельскохозяйственных земель, то есть повышения биологического и снижения геологического круговоротов химических веществ и воды, неправильно определены объекты и системы ценности при мелиорации агроландшафтов, определяющих основные концептуальные положения развития и совершенствования путей создания ресурсосберегающих технологий и технологических схем орошения, которые могут обеспечить только экологически безопасное сельскохозяйственное производство.

Таким образом, изменение водного режима агроландшафтов и особенно при освоении засоленных земель, солевого режима почвы и минерализации поверхностных и грунтовых вод, требовали необходимости изменения структуры водного баланса орошаемых земель, то есть необходимости создания «комфортных» условий для растений, которые обеспечиваются суммарными водопотреблениями сельскохозяйственных угодий, характеризующие биологическую продуктивность, эффективность биологического кругооборота и внутреннего влагооборота, вертикальный влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, которые непосредственно влияют на почвообразовательный процесс, биологический и геологический круговороты влаги и химических веществ.

При этом вековой опыт мелиорации сельскохозяйственных земель показывает, что человечество для создания оптимальных условий для культурных растений в агроландшафтных системах, несмотря на ограниченность водных ресурсов в зонах орошаемого земледелия, с целью получения рекордных и потенциальных урожаев, соответствующих энергетическим ресурсам природной системы, постоянно повышали нормы водопотребности орошаемых земель и, тем самым, снижая их экологическую эффективность.

В результате в технологических процессах мелиорации сельскохозяйственных земель, для формирования биологических масс культурных растений, направленных на регулирование и управление их основных факторов жизнедеятельности, трансформированы нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий в зависимости от количественного роста: транспирации растительного покрова (T) \Rightarrow экологической водопотребности сельскохозяйственных угодий ($E_{\text{э}}$) \Rightarrow биологической водопотребности сельскохозяйственных культур (E) \Rightarrow почвенно-мелиоративной водопотребности агроландшафтов для комплексного регулирования основных факторов жизнедеятельности растений ($E_{\text{нм}}$) \Rightarrow мелиоративно-промывной водопотребности агроландшафтов для регулирования гидрогеохимического режима почв и грунтовых вод ($E_{\text{мп}}$) [4; 5].

Если учесть, что количественные значения нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий в сравнении с транспирацией, которые непосредственно обеспечивают формирование биологических масс сельскохозяйственных культур, увеличились от двух до пяти раз, тогда на основе закона пирамиды энергии Р. Линдемана [6], можно сформировать пирамиду нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий [4; 5].

Таким образом, для сохранения экономической стабильности агроландшафтных систем в аридных зонах, традиционно основные усилия направляются на борьбу со следствиями, а не с причинами мелиорации сельскохозяйственных земель, что требу-

ет совершенствования научной методологии обоснования мелиорации с учетом экологической устойчивости геосистем к техногенному воздействию ландшафтных систем аридных зон.

При этом расширение предметной области исследований мелиорации сельскохозяйственных земель, должна обеспечивать повышение надежности научного обоснования мелиорации и снижения риска развития таких негативных процессов, как вторичное засоление орошаемых земель, снижение продуктивности растительного покрова и затраты энергии на почвообразовательный процесс в агроландшафтных системах.

Все вышесказанное свидетельствует о необходимости принципиального изменения подхода к обоснованию и проведению мелиорации сельскохозяйственных систем в Казахстане, включающих принципы обоснования необходимости мелиорации, проектирования гидромелиоративных систем, нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий, технологии и технологических схем орошения сельскохозяйственных культур.

Прежде всего, необходимо отметить, что в силу ряда обстоятельств связанных с командно-административным управлением над жизнью общества, то есть распространившихся в сферы идеологии, экономики, науки, культуры, природопользования и другие с философских позиций, которые характеризуются познавательными и созерцательным отношением к окружающему миру и, что еще хуже, среди ученых и специалистов в области сельского и водного хозяйства утвердилось мнение, что главная цель мелиорации - увеличение производства сельскохозяйственной продукции, за счет получения рекордных урожаев. Тем самым, «рекордный» урожай получаемых от сельскохозяйственных культур стало интегральным критерием эффективности использования водных и земельных ресурсов в аридных зонах, а основные его задачи как экологического мероприятия в лучшем случае декларировались, но практически не решались. В результате мелиорации сельскохозяйственных земель превратились в простой агротехнический прием, совершенно не отвечающий сути понятия «мелиорации» - деятельность по оптимизации природной среды в целях улучшения неблагоприятных природных условий, ограничивающих затраты энергии на почвообразовательные процессы и обеспечивающих соответствующих им продуктивности агроландшафтов.

Для выработки конструктивной позиции для грамотных практических действий в области мелиорации сельскохозяйственных земель в аридных зонах, необходимо вернуть ему понятие до Костяковского периода, то есть «управления биологическим и геологическим круговоротами воды и химических элементов в целях прогрессирующего повышения плодородия и продуктивности почвы и недопущения ухудшения окружающей среды», станет ясным, что речь должна идти в первую очередь об обеспечении воспроизводства возобновляемых природных ресурсов (почва, биота, водные ресурсы), улучшение экологической обстановки и решение социально-экономических проблем региона.

Знание и понимание законов функционирования почвы как объекта мелиорации и растений, как субъектов подлежащие к почве – среды его обитания, плюс интуиция приведут человечество к истине и возможности руководства настоящим из будущего в целях выживания не только человечества, но и сохранения биоразнообразия на Земле. При этом почва как объект мелиорации для растений воспринимается как среда для его обитания, необходимая для его жизнеобеспечения, то есть сперинт-партнера.

Решение указанных сложных задач должна базироваться на методологии системных научных исследований в области мелиорации и экологии, учитывающих почвенно-экологические (В.Х. Хачатурьян, Ж.С. Мустафаев), ландшафтно-экологические (А.В. Кологанов, В.Н. Щедрин, Г.А. Сенчуков, А.А. Бурдун) и ландшафтные (А.И. Голованов, С.И. Кошкарлов) особенности мелиорированных сельскохозяйственных земель. При этом в основу проработок должны быть положены: геосистемный подход, рассматривающий природную среду как единую организованную структуру (ландшафт), состоящую из ряда взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов – приземный слой атмосферы, почва, растительность, горные породы, подземные и поверхностные воды (А.Г. Исаченко, А.И. Голованов); учения В.В. Докучаева – В.Р. Вильямса - А.Н. Костякова о генезисе и мелиорации почв, как особого природного тела; В.В. Докучаева - А.А. Григорьева – М.И. Будыко - о законе эволюции и географической зональности почв и В.Р. Волобуева – об энергии почвообразования; модель деятельностно-природной системы (ДПС) В.Х. Хачатуряна и И.П. Айдарова, базирующаяся на деятельностном (Г.П. Щедровцкий) и экосистемном (В.С. Преображенский, Г.П. Александров, Т.П. Купрянов) подходах к оценке преобразующей среды, в которой все протекающие процессы рассматриваются через призму конкретной антропогенной деятельности, а также использованы принципы обоснования экологически допустимых норм техногенных нагрузок в ландшафте (И.П. Айдаров, Ж.С. Мустафаев, Г.А. Сенчуков) и комплексной мелиорации земель (Д.А. Суюмбаев). Все эти положения составляют основу разработки ландшафтно-адаптивной мелиорации, подтверждающих в дальнейшем развитии мелиоративной науки и практики и сформировать основные требования к мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане, обеспечивающие решение социально-экономических и экологических проблем в области природопользования [7; 8; 10]:

1. При обосновании мелиорации необходимо рассматривать природную систему как единое целое, оценивая изменение основных свойств этих систем при техногенном воздействии и установления причинно-следственной связи с установлением экологической продуктивности и емкости ландшафтных и агроландшафтных систем, что определяют формирование зоны государственных и коммерческих деятельностей при мелиорации сельскохозяйственных земель.

2. При определении зоны государственных и коммерческих деятельностей при мелиорации сельскохозяйственных земель, необходимо проводить всестороннюю эколого-географическую оценку климатической комфортности зоны орошаемого земледелия с позиции жизнедеятельности человека, чтобы создать и развивать страхование, регулируемое государством с учетом монопольного характера производственной деятельности отраслях сельского и водного хозяйств.

3. Ландшафтно-адаптивные мелиорации должны создать условия восстановления нарушенных энергетического и водного балансов и увеличения биологического разнообразия агроценозов, в первую очередь, путем жесткого нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий, что предопределяют необходимость введения нового понятия – нижнего порога предельно-допустимого уровня нормы водопотребности ($E_b^{ниж}$) – транспирации растений, обеспечивающих формирования биологических масс (T) и верхнего предельно-допустимого уровня нормы водопотребности ($E_b^{верх}$) – экологических норм водопотребности сельскохозяйственных угодий ($E_э$), обеспечивающих целенаправленное регулирование и управление почвообразо-

вательными процессами на орошаемых землях, что может стать интегральными критериями создания нового поколения ресурсосберегающих оросительных систем и технологии орошения.

4. В связи с вышесказанным, особенно актуальна задача разработки хозяйственного механизма кадастровой оценки земельных и водных ресурсов природных систем, включающих цены земли и воды, как природного ресурса, с учетом качественного состояния почвенного покрова и воды, то есть за счет налогов на земли и воды необходимо создать государственный «Земельный фонд» и «Водный фонд», которые должны обеспечить безвозмездное кредитование товаропроизводителей агропромышленного комплекса, для восстановления техногенных нарушенных земель, для воспроизводства плодородия почв и водных ресурсов аридных зон.

5. Учитывая механизм формирования и функционирования водных ресурсов Казахстана, которые носят трансграничный характер, возникает необходимость разработки положений о сбалансированном использовании водных ресурсов региона, на основе принципа справедливого вододеления, экологического попуска и «не навреди», включающих методологии для обоснования предельно-допустимого уровня и оценки комплексного ущерба при использовании водных ресурсов трансграничных рек.

При таких жестких требованиях к гидротехническим мелиорациям неизбежно возникает вопрос о необходимости разработки концепции мелиорации земель и использования водных ресурсов, с учетом формирования и функционирования водохозяйственных систем Казахстана, которые носят трансграничный характер.

Предлагаемый подход к обоснованию мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане принципиально отличается от традиционных, которые использовались в аридных зонах в XX веке и отражает саму сущность мелиорации - улучшение не только 2,5 млн. га орошаемых земель и вообще ландшафтных систем, что являются основными факторами, обеспечивающим экологическую устойчивость природной системы и экономическую стабильность агроландшафтов.

Казахстан располагает достаточным биоклиматическим потенциалом и экологической емкостью с высоко продуктивными ландшафтными системами, чтобы создать гарантированные системы земледелия, обеспечивающие продовольственную безопасность, однако для этого необходимо, чтобы разработанная концепция мелиорации земель, с учетом рационального использования водных ресурсов должна быть ориентирована, прежде всего, на такие ценности как человек и среда его обитания.

Список использованных источников

1. Айдаров И. П. Перспективы развития комплексных мелиораций в России.- М., 2004. - 52 с.
2. Мустафаев Ж. С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане.- Алматы: Галым, 1997. – 358 с.
3. Айдаров И. П., Голованов А. И. Мелиорация земель в России: научное обоснование, современный подход // Мелиорация и водное хозяйство, 2005. - №5. – С. 22-27.
4. Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т. Экологические проблемы бассейна Аральского моря. – Тараз, 2009.- 354 с.
5. Мустафаев Ж. С. Методологические основы и принципы нормирования водопотребности агроландшафтов: прошлое, настоящее и будущее // Труды международного научно-практического семинара, посвящённой 60-летию доктора технических наук, профессора Ж. С. Мустафаева / Мелиорация: прошлое, настоящее и будущее. – Тараз, 2010. - С. 151-168.
6. Мустафаев Ж. С., Рябцев А. Д., Ибатуллин С. Р., Козыкеева А. Т. Модель природы и моделирование природного процесса. – Тараз, 2009. – 190 с.
7. Мустафаев Ж. С., Сейсенов С. Б. Анализ и оценка природно-ресурсного потенциала Южно-Казахстанской области (Аналитический обзор). – Тараз, 2011. – 52 с.

8. Мустафаев Ж. С., Ибатуллин С. Р., Койбагарова К. Б. Сбалансированное использование водных ресурсов трансграничных рек. – Тараз, 2005. – 111 с.
9. Мустафаев Ж. С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. - Тараз, 2004.- 306 с.
10. Мустафаев Ж. С., Рябцев А. Д., Ибатуллин С. Р., Козыкеева А. Т. Современный подход к мелиорации земель в Казахстане // Материалы международной научно-практической конференции / Повышение эффективности водопользования и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель. - Шымкент, 2011. - С. 127-130.

УДК 633.264:631.67(470.4)

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ, СПОСОБОВ И НОРМ ПОСЕВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОВСЯНИЦЫ ТРОСТНИКОВОЙ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

С.Ю. Невежин, Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, И.П. Ивина
ФГБНУ «ВНИИОЗ», г. Волгоград, Россия

В последние годы получает широкое распространение долговечный вид многолетних мятликовых трав овсяница тростниковая, которая в прифермских севооборотах и на запольных участках способна давать высокие урожаи ценных объемистых кормов. Особенно пригодна она для совместного выращивания с долголетней бобовой культурой козлятником восточным [1, 4, 6]. На орошаемых землях овсяница тростниковая формирует 3-4 полноценных укоса с урожайностью 12-20 т/га сухого вещества. Высока у нее и семенная продуктивность - 400-600 кг/га семян [2, 5, 9].

В исследованиях ВНИИОЗ овсяница тростниковая на орошаемых землях Волгоградской области зарекомендовала себя как прекрасный компонент долгосрочных поливидовых смесей из многолетних мятликовых и бобовых трав [4, 5].

Широкое освоение этой ценной культуры в производстве сдерживается отсутствием научно обоснованной технологии возделывания на семена и налаженного семеноводства. В связи с этим учеными ВНИИОЗ в трехфакторных полевых опытах проводится изучение влияния сроков (фактор А), способов посева (фактор В) и норм высева (фактор С) на семенную продуктивность овсяницы тростниковой (схема опытов представлена в табл. 1).

Полевые опыты проводятся на опытном поле в ФГУП «Орошаемое». Почвы опытного участка светло-каштановые с содержанием 1,52-1,70 % гумуса, 21-26 мг подвижного фосфора и 220-290 мг/кг обменного калия. Плотность 0,7-метрового слоя почвы 1,34 т/м³, наименьшая влагоемкость 22,2 %, порозность 48,4 %. Влажность почвы в течение вегетации поддерживается дождевальными машинами «Bauer», предполивной уровень - 70-75 % НВ, расчетный фон питания – N₂₃₅P₁₈₀K₂₀₀ [8]. Исследования и наблюдения проводили по общепринятым методикам [3, 7].

Плотность травостоев овсяницы тростниковой определялась нами по количеству побегов на 1 м². У овсяницы первого года жизни плотность изменялась по вариантам опыта от 178 до 474 побег./м². С повышением нормы высева семян на рядовом и ширококорядном посевах количество стеблей увеличивалось.

На посевах прошлых лет жизни количество побегов перед уборкой составило 775-1120 шт./м² – на рядовом и 450-632 шт./м² – на ширококорядном посевах, в том числе с выполненными метелками: 100-137 и 97-175 шт./м² (табл. 1).

Таблица 1- Густота стеблестоя овсяницы тростниковой прошлых лет жизни, 2013-2014 гг.

Срок посева, год жизни	Способ посева	Норма высева, млн. шт./га	Количество стеблей, шт./м ²		
			весной	перед уборкой	в т. ч. с выполненными метелками
Весенний посев, третий год жизни	рядовой	4	775	516	129
		5	870	708	102
		6	889	652	110
	широкорядный	2	450	440	163
		3	623	536	134
		4	570	464	116
Летний посев, четвертый год жизни	рядовой	4	856	548	137
		5	964	400	100
		6	1120	416	104
	широкорядный	2	510	400	175
		3	632	508	127
		4	546	388	97

На посевах овсяницы прошлых лет жизни за период формирования семян было проведено в среднем пять поливов оросительной нормой 2000 м³/га (табл. 2).

Таблица 2- Суммарное водопотребление овсяницы тростниковой в 2013-2014гг.

Срок посева, год жизни	Использовано из запасов почвенной влаги		Осадки		Оросительная норма		Суммарное водопотребление, м ³ /га
	м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%	
Весенний, 3 г. ж.	243	9,1	427	15,8	2000	74,1	2699
Летний, 4 г. ж.	357	12,8	427	15,4	2000	71,8	2784

Суммарное водопотребление на весеннем посеве равнялось 2699, на летнем – 2784 м³/га. В его структуре оросительная норма составила 71,8-74,1%, доля атмосферных осадков – 15,4-15,8%, количество влаги, используемой из почвы, колебалось в пределах 9,1-12,8% (табл. 2).

Затраты воды на формирование 1 килограмма семян на весеннем посеве овсяницы составили 8,3-12,1 м³, на летнем посеве - 7,7-10,3 м³ (табл. 3).

Уровень продуктивности мятликовых культур зависит от многих факторов и определяется экологическими условиями обитания, оптимизацией условий водного и пищевого режимов почвы, системой ухода и использования травостоев [4, 5].

В наших опытах овсяница весеннего срока сева в третий год жизни сформировала урожай семян на уровне 284-325 кг/га. Урожайность семенной овсяницы летнего срока сева в четвертый год жизни составила 269-361 кг/га (табл. 4).

На делянках широкорядного посева, по сравнению с рядовым, был сформирован более высокий урожай семян. Среди вариантов норм высева выделились делянки с нормой 5 млн. на рядовом посеве и 3 млн. - на широкорядном. Урожайность семян на этих вариантах составила соответственно 284 и 325 – на весеннем и 332 и 361 кг/га – на летнем посеве (табл. 4).

Таблица 3- Коэффициенты водопотребления овсяницы тростниковой, 2013-2014 гг.

Срок посева	Способ посева	Норма высева, млн. семян/га	Коэффициенты водопотребления, м ³ /кг
Весенний	рядовой	4	12,1
		5	9,5
		6	9,8
	широкорядный	2	9,6
		3	8,3
		4	8,5
Летний	рядовой	4	9,5
		5	8,4
		6	10,3
	широкорядный	2	8,2
		3	7,7
		4	8,6

Таблица 4- Урожайность овсяницы тростниковой, 2013-2014 гг.

Срок посева (А)	Год жизни посева	Способ посева (В)	Норма высева, млн. шт./га (С)	Урожайность се- мян, кг/га
весенний	третий	рядовой 0,15 м	4	224
			5	284
			6	275
		широкорядный 0,30 м	2	280
			3	325
			4	318
летний	четвертый	рядовой 0,15 м	4	293
			5	332
			6	269
		широкорядный 0,30 м	2	338
			3	361
			4	323

НСР₀₅ А – 22,7 В – 22,7 С – 27,8

Возделывание овсяницы тростниковой при оптимизации сроков, способов и норм посева в условиях орошения энергетически эффективно. Соотношение аккумулярованной энергии в урожае к затраченной на его получение на широкорядных посевах изменялось при летних сроках посева от 1,07 до 1,24, при весенних - от 0,72 до 0,89. Несколько выше коэффициенты энергетической эффективности получены в вариантах с высевом 3,0 млн. на широкорядном и 5,0 млн. всхожих семян на гектар при рядовом способе посева.

Таким образом, на орошаемых землях Нижнего Поволжья овсяница тростниковая способна формировать от 224 до 325 кг семян при весенних и от 269 до 361 кг/га при летних сроках посева. Широкорядный способ посева имеет преимущество перед рядовым, прибавка урожая составила 41–56 и 29–54 кг/га. Оптимальной нормой высева при рядовом посеве можно считать 5 млн, при широкорядном 3 млн всхожих семян на гектар.

Список использованных источников

1. Васин, В.Г. Многолетние травы в чистом и смешанном посеве в системе зеленого конвейера/ В.Г. Васин// Кормопроизводство. – 2009. - №2. – С. 14 -16.
2. Волченкова, И.И. Продуктивность овсяницы тростниковой при комбинированном использовании на корм и семена/И.И. Волченкова/Автореф. дисс. ... к. с.-х. н., М., 1994.-18 с.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта/Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1985. – 351 с.
4. Дронова, Т.Н. Возделывание поливидовых посевов многолетних трав на орошаемых землях Нижнего Поволжья/ Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, С.Ю. Невежин//Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2012. - №6. – С. 18-20.
5. Дронова, Т.Н. Интенсивная технология возделывания поливидовых посевов многолетних трав на орошаемых землях /Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, С.Ю. Невежин, И.П. Ивина//Земледелие, 2014. - №8.- С. 30-33.
6. Епифанов, В.С. Резервы травяного поля/ В.С. Епифанов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2004. – С. 109-111.
7. Методика полевого опыта в условиях орошения. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1989. - 56 с.
8. Методические указания по программированию урожаев на орошаемых землях Нижнего Поволжья. - Волгоград: СХИ, ВНИИОЗ, 1984. - С. 10-15.
9. Новоселова, А.С. Селекция и семеноводство многолетних трав/А.С. Новоселова, А.С. Шмакова и др. – М.: ВИК, 2005. – С. 152-207.

УДК 633.621

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ КСЕРОГАЛОФИТНОГО ПОЛУКУСТАРНИЧКА КОХИИ ПРОСТЕРТОЙ (*KOCHIA PROSTRATA* (L.) SCHRAD) В АРИДНЫХ РАЙОНАХ РОССИЙСКОГО ПРИКАСПИЯ*

В.Н. Нидюлин, О.А. Старшинова, В.В. Санжеев

ФГБНУ «ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса», г. Лобня, Россия

Зонально типичные пастбищные экосистемы полупустынной зоны российского Прикаспия представлены полукустарниково-травяной растительностью, издревле используемой в качестве пастбищ для овец, мясного скота, верблюдов и диких животных – сайгаков [1, 2, 3]. В результате нерационального истощительного пастбищепользования из их состава выпали ценные в экологическом и хозяйственном отношении виды кормовых растений [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Одним перспективным ксерогалофитным полукустарничком для восстановления кормовой продуктивности деградированных аридных пастбищ является кохия простертая (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.).

Корневой системе и интенсивности ее развития принадлежит исключительно важная роль в жизни растений аридных областей. Она поглощает из почвы воду и минеральные вещества и участвует в синтезе ряда органических соединений, благодаря чему во многом определяется обмен веществ в растительном организме. Степень развития корневой системы обуславливает не только жизнеспособность растения в целом, но и влияет на его продуктивность. Вопросу изучения корневых систем аридных растений посвящено достаточно много работ [1, 7]. Корневая система кохии простертой стержневого типа и сначала прорастания имеет тенденцию к быстрому углублению.

*Исследование проводилось при поддержке РФФИ, проект № 15-05-08025

Однако особенности формирования подземных органов растений природной флоры, испытываемых в культуре и, в частности кохии простертой, в условиях юга России изучены недостаточно [10].

Подавляющее большинство исследований относительно высокой кормовой и семенной продуктивности кохии простертой является формирование мощноразвитой и глубокопроникающей корневой системы [7, 9]. Между тем особенности формирования корневых систем кохии простертой в условиях аридной зоны российского Прикаспия не изучены.

Раскопка корневых систем кохии простертой проводили по методике М.С. Шалыт [1] на экспериментальном участке Прикаспийского опорного пункта ВНИИ кормов. Район проведения исследований относится к полупустынной зоне зональных светло-каштановых и бурых почв с комплексами солонцов [11].

По условиям влагообеспеченности зона характеризуется следующими показателями: гидротермический коэффициент – 0,3-0,5; годовое количество осадков – 200-220 мм, за теплый период – от 120 до 160 мм. Лето – очень жаркое, сумма активных температур – 3600 °С, среднемесячная июля – 25,5-26 °С. Безморозный период продолжается 180-200 дней. Зима – умеренно мягкая, средняя температура января – минус 4-6 °С.

Перед посевом были определены посевные качества семян [12-16]. Для раскопки отбирали типичные для популяции кохии особи растений. Особое внимание уделялось изучению динамики роста корней в первый год вегетации. Результаты раскопок корней растений кохии простертой первого года жизни представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что 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. 1).

Таблица 1 - Показатели роста и развития корневой системы кохии каменистой 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.

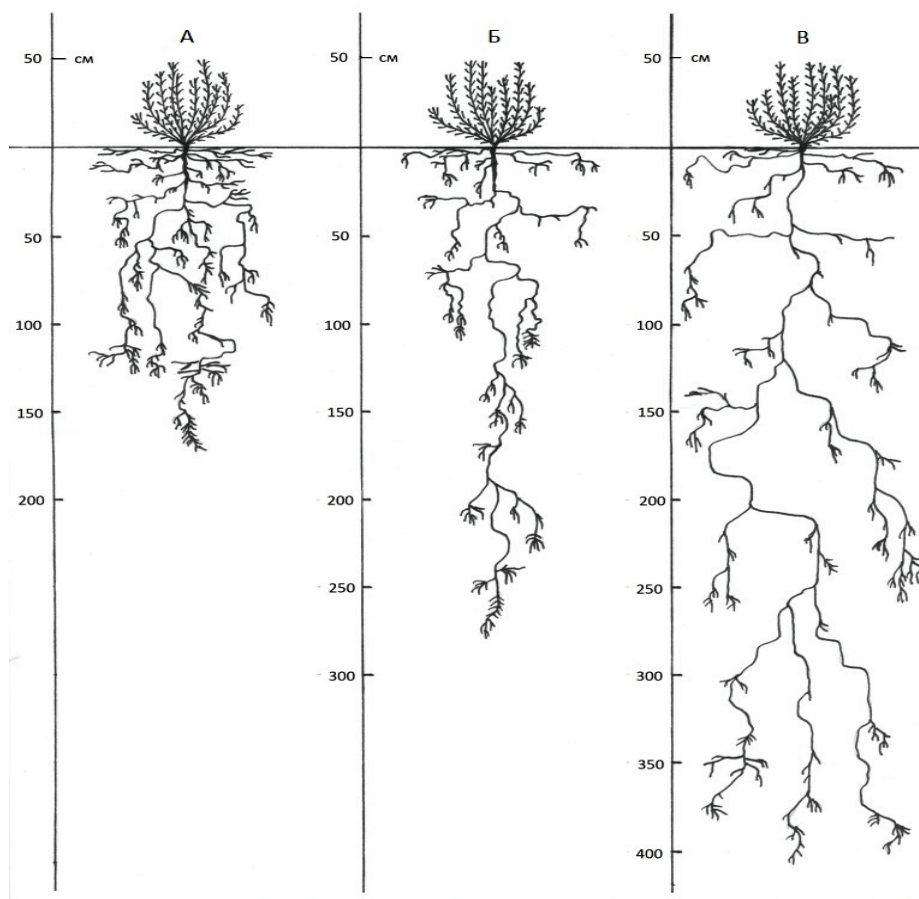


Рисунок 1 - Корневая система кохии простертой (каменистый экотип) первого (А), второго (Б) и третьего (В) годов вегетации на бурых полупустынных почвах Северо-Западного Прикаспия. Прикаспийский опорный пункт ВНИИ кормов. Яшкульский район Республики Калмыкия

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.

Заключение

Кохия простертая в условиях культуры на бурых полупустынных почвах Северо-Западного Прикаспия формирует разветвленную и мощно развитую корневую систему: у каменистого экотипа в первый год жизни корни проникают на глубину 180 см, на второй – 280 и на третий – на глубину более 400 см.

Формирование у кохии простертой мощноразвитой и глубокопроникающей корневой системы, способной использовать материально-энергетические ресурсы большого объема почвенно-грунтовой среды, является одним из важных эколого-биологических свойств, обуславливающих образование ею высокой кормовой и семенной продукции в условиях полупустынного гидротермического режима Северо-Западного Прикаспия.

Список использованных источников

1. 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. Кочергина. – М.-Л. 1960. С. 369-447.
2. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Биогеоценотические принципы и методы экологической реставрации пустынных пастбищных экосистем Средней Азии // Аридные экосистемы. 2012. Т. 8. №3. С. 5-21.
3. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. 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.
4. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Использование галофитов в адаптивной системе кормопроизводства при глобальном изменении климата // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. 2006. №4. С. 79-81.
5. Балнокин Ю.В., Куркова Е.Б., Мясоедов Н.Л., Луцков В.В., Шамсутдинов Н.З. Структурно-функциональное состояние тилакоидов у галофита *Suaeda altissima* L. в норме и при нарушении водно-солевого режима под действием экстремально высоких концентраций NaCl // Физиология растений. 2004. Т. 54. № 6. С. 905-912.
6. Шамсутдинов З.Ш., Хамидов А.Л., Ионис Ю.С., Шамсутдинов Н.З. Селекция аридных кормовых растений для экологической реставрации деградированных аридных пастбищных агроландшафтов // Кормопроизводство. 2004. №7. С. 17-26.
7. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинова Э.З. Учение Л.Г. Раменского о типах жизненных стратегий и его значение для развития аридного кормопроизводства // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 2. С. 32-46.
8. Шамсутдинова Э.З., Шамсутдинов З.Ш. Кормовые и экологические возможности однолетнего галофита кохии веничной в аридных районах России и Центральной Азии // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 6. С. 100-105.
9. Шамсутдинов Э.З., Старшинова О.А., Шамсутдинов З.Ш. Галофитное растениеводство: концепция, опыт, перспективы // Достижения науки и техники АПК. 2013. №11. С. 36-38.
10. Шамсутдинова Э.З. Селекция однолетнего кормового галофита кохии веничной (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) // Кормопроизводство. 2012. №8. С. 28-29.
11. Методические указания по мобилизации растительных ресурсов и интродукции аридных кормовых растений. М.: Россельхозакадемия. 82 с.
12. Методика определения силы роста семян кормовых культур / Карпин В.И., Переправо Н.И., Золотарев В.Н., Рябова В.Э. Шамсутдинова Э.З. Козлова Т.В. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 16 с.
13. Шамсутдинова Э.З. Всхожесть семян кормовых галофитов при разных сроках уборки // Кормопроизводство. 2013. №3. С. 21-22.
14. Шамсутдинова Э.З. Всхожесть и продуктивность кохии простертой в зависимости от размера семян // Кормопроизводство. 2013. №3. 23-24.
15. Шамсутдинова Э.З. особенности цветения и плодообразования *Kochia prostrata* (L.) Schrad. При различных режимах отчуждения их надземной части // Кормопроизводство. 2002. №2. С. 24-28.
16. Шамсутдинова Э.З. Кормовые галофиты: повышение полевой всхожести // Кормопроизводство. 2011. №2. С. 26-28.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ И ДИНАМИКИ ИОННО-СОЛЕВОГО КОМПЛЕКСА ПОЧВ В ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЦЕССАХ

А.Н. Николаенко, А.А. Кавокин

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

Для расчета динамики ионно-солевого комплекса почв приведена детерминированная математическая модель многокомпонентного солепереноса в твердой, жидкой и сорбированной фазах почвы. Модель представлена системой алгебраических и дифференциальных уравнений первого и второго порядка с начальными и граничными условиями. Для задания начального содержания солей в поровом растворе используется подход, основанный на расчете системы нелинейных термодинамических уравнений физико-химических равновесий по данным водной вытяжке, температуры и исходной влажности почвы.

Под ионно-солевым комплексом почв понимается совокупность ионов и солей в почвенном растворе (ПР), твердой фазе (ТФ) и почвенном поглощающем комплексе (ППК). При мелиоративных воздействиях и изменениях условий природной среды происходит нарушение равновесного состояния ионно-солевого комплекса почв, и как следствие, может изменяться структура почвы, условия роста и развития растений.

Перераспределение вещества в почве в пространстве и во времени в процессе взаимодействия ее с почвенной влагой может быть описано уравнением конвективной диффузии. Для учета физико-химических превращений в это уравнение добавляются слагаемые, отражающие наличие источников и стоков ионов в системе почва-поровый раствор. Источниками веществ могут служить такие процессы, как десорбция ионов почвами, растворение твердой фазы солей, а стоками - сорбция и кристаллизация. В случае многокомпонентной системы (наличие нескольких солей в ПР, ТФ и ППК) пространственно-временное перераспределение ионов и солей описывается системой уравнений, число которых будет определяться числом независимых компонентов системы.

При орошении почвы водой определенного химического состава или при испарении почвенной влаги устанавливается определенный состав ионов в ПР и ППК, который определяет водные, структурные и агрохимические свойства почв и условия роста и развития растений. Поэтому моделирование процессов массопереноса и расчеты количественного состава ионно-солевого комплекса почв в зависимости от различных мелиоративных воздействий является важной задачей мелиоративного земледелия. Для описания динамики ионно-солевого комплекса почв при орошении или испарении влаги предлагается математическая модель многокомпонентного солепереноса с учетом основных физико-химических процессов: конвективно-диффузионный перенос, растворение-кристаллизация, ионный обмен.

Модель состоит из системы дифференциальных и алгебраических уравнений и включает уравнения конвективной диффузии ионов в ПР, а также уравнений, описывающие основные межфазные физико-химические процессы и взаимодействия:

$$W \frac{\partial C_i}{\partial t} = D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - V \frac{\partial C_i}{\partial x} - \beta_i (C_i - C_{Pi}) - \delta_{kl} (C_{kl} - C_{Hkl}), \quad (1-5)$$

где C_i - концентрация i -го иона в ПР, мг.экв/л ($i=1,2,\dots,5$ соответствует ионам Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-}); C_{kl} - концентрация гипотетической соли в ПР, образованной

k-катионом и l-анионом, мг.экв/л; C_{Hkl} - концентрация насыщения соли в растворе; C_{pi} - равновесная концентрация катионного обмена; W - влажность почвы (объемная), соответствующая активной пористости; t - время, сут; x - пространственная координата, м; D_i - коэффициент конвективной диффузии иона в растворе, м²/сут; V - скорость фильтрации или испарения воды, м/сут; β_i - коэффициент скорости ионнообменной сорбции катионов ($i=1,2,3$), 1/сут; δ_{kl} - коэффициент скорости растворения-кристаллизации соли, 1/сут.

Межфазное взаимодействие, обусловленное ионообменной сорбцией, описывается следующей системой уравнений:

$$\frac{N_i^{\frac{1}{z_i}}}{N_j^{\frac{1}{z_j}}} = K_{ij} \frac{C_{pi}^{\frac{1}{z_i}}}{C_{pj}^{\frac{1}{z_j}}}, \quad i \neq j \quad (6,7) \quad \sum_{i=1}^n N_i = Q \quad (8)$$

$$\xi \frac{dN_i}{dt} = \beta_i (C_i - C_{ip}), \quad i=1,2,3, \quad (9-11)$$

где N_i - содержание i -го катиона в ППК, мг.экв/100 г; K_{ij} - константы парного катионообменного равновесия; z_i - заряд катиона; ξ - коэффициент пересчета концентрации между твердой или сорбированной фазой и раствором ($\xi=10d/W$), d - плотность естественного сложения почвы, г/см³; уравнения (6,7) - изотермы парного ионообменного равновесия Б.П. Никольского [6]; уравнение (8) отражает постоянство емкости обмена - Q для ППК данного типа почв; уравнения (9-11) описывают кинетику катионного обмена. Система уравнений (6-11) решается относительно неизвестных N_i , C_{pi} . Равновесные концентрации C_{pi} входят как параметры в уравнения (1-3) и должны вычисляться на каждом временном шаге при численном решении системы уравнений.

Уравнения кинетики растворения-кристаллизации солей ТФ почв, ходящие в правую часть уравнения (1), могут быть записаны в виде:

$$\xi \frac{dN_{kl}}{dt} = \delta_{kl} \left(\frac{N_{kl}}{N_{Okl}} \right)^\alpha (C_{kl} - C_{Hkl}), \quad (12)$$

где N_{kl} - содержание соли твердой фазы почвы, образованной k - катионом и l - анионом мг.экв./100 г.; N_{Okl} - содержание соли в начальный момент времени, мг.экв./100 г.; C_{kl} - концентрация соли в поровом растворе, мг.экв/л; C_{Hkl} - растворимость соли; δ - коэффициент скорости растворения, 1/сут; α - число, определяемое дисперсностью соли твердой фазы и ее удельной кристаллической поверхностью.

Начальное содержание солей твердой фазы почв определяется путем связки ионов водной вытяжки в гипотетические соли. Выбран следующий порядок связки: Ca^{2+} связывается с SO_4^{2-} , остаток SO_4^{2-} связывается с Mg^{2+} , остаток SO_4^{2-} связывается с Na^+ , остаток Na^+ связывается с Cl^- . В формализованной записи это можно представить следующим образом: если $C_{Ca} \geq C_{SO_4}$, то $C_{CaSO_4} = C_{SO_4}$ ($C_{MgSO_4} = C_{Na_2SO_4} = 0$); если $C_{Ca} < C_{SO_4}$, то $C_{SO_4} = C_{Ca}$; $C_{MgSO_4} = \min(C_{Mg}, C_{SO_4} - C_{Ca})$; если $C_{Mg} > C_{SO_4} - C_{Ca}$, то $C_{NaCl} = C_{Na}$ ($C_{Na_2SO_4} = 0$), иначе $C_{Na_2SO_4} = \min(C_{SO_4} - C_{Ca} - C_{Mg}, C_{Na})$, если $C_{Na} > C_{Na_2SO_4}$, то $C_{NaCl} = C_{Na} - C_{Na_2SO_4}$, иначе $C_{NaCl} = 0$.

Система уравнений (1-12) должна быть дополнена начальными и граничными условиями. В начальный момент времени задаются концентрации ионов в ПР, их содержание в ППК и в ТФ почвы:

$$C_i|_{t=0} = C_{0i}, \quad i = 1, \dots, 4; \quad C_5|_{t=0} = (C_1 + C_2 + C_3 - C_4)|_{t=0}; \quad N_i|_{t=0} = N_{0i}, \quad i = 1, 2, 3. \quad N_{kl}|_{t=0} = N_{0kl}.$$

На поверхности почвы ($x=0$) записывается граничное условие для концентрации C_i в зависимости от знака скорости:

$$C_i|_{x=0}=C_{Gi}, \text{ при } V \geq 0; \quad (D_i \frac{\partial C_i}{\partial x} - VC_i)|_{x=0}=0, \text{ при } V < 0.$$

На нижней границе расчета ($x=L$) запишем условие, не зависящее от знака скорости:

$$\frac{\partial C_i}{\partial x}|_{x=L}=0.$$

Решение системы уравнений (1-12) при выбранных начальных и граничных условиях проводится методом конечных разностей [7], реализовано в программе «S-Trance», разработанной совместно с А.А. Кавокиным.

В математическую модель входят параметры и коэффициенты, которые необходимо определить для проведения практических расчетов. Это коэффициенты конвективной диффузии ионов в воде D_i , коэффициенты катионообменного равновесия K_{ij} , коэффициенты скорости ионообменной сорбции катионов β_i , коэффициенты скорости растворения солей ТФ почв $\delta_{k,l}$, параметры ξ , α . Некоторые из них, такие как K_{ij} , отражают физико-химические закономерности ионного обмена и определяются экспериментально для пар катионов в конкретных почвах. Другие же коэффициенты, такие как β_i , δ_{kl} , зависят от условий протекания процессов и могут быть оценены на основе экспериментальных данных [1,5]. Метод расчета коэффициентов конвективно-диффузионного переноса в почвах D_i приведен, например, в работе [2]. Нужно отметить, что для большинства почв при использовании математических моделей солепереноса, в которых коэффициент конвективной диффузии имеет смысл, отражающий соответствующий физический процесс, можно полагать $D \sim 10^{-3} \text{ м}^2/\text{сут}$.

Для коэффициентов парного ионообменного равновесия, согласно нами полученных данных для солонцовых почв и черноземов Заволжья, можно положить

$$K_{31}=0,121 \pm 0,018; K_{12}=1,155 \pm 0,145.$$

Методы расчета коэффициентов скорости ионообменной сорбции β приведены в работах [1,5].

Удовлетворительное соответствие расчета экспериментальным данным [3] позволяет применять программу «S-Trance» решения практических важных задач в мелиорации засоленных и солонцовых почв, использование минерализованных вод для орошения и др., например [4]. Успешность конечного расчета зависит и от точности задания начальных и граничных условий. В этом аспекте значительную сложность представляет задание начального содержания ионов порового раствора в начальный момент времени $C_i|_{t=0}=C_{0i}$, так как поровый раствор наиболее мобильная и быстро изменяющаяся часть ионно-солевого комплекса.

Для решения этого вопроса предполагается воспользоваться подходом, разработанным Зеличенко Е.Н., Кавокиным А.А., Соколенко Э.А. [8]. Содержание этого подхода состоит в следующем. Задача о вычислении равновесного состояния ионно-солевого комплекса решается на основе составления системы уравнений, состоящей из уравнений $N-(N_1+1)$ ионного равновесия; N_1 уравнений материального баланса вида $M_k = \sum v_{ik}n_i$; уравнений баланса заряда $A = \text{const} = \sum n_i z_i$, где M_k – общее количество соединений k -го химического элемента, v_{ik} – стехиометрические коэффициенты, n_i – число молей i -го компонента в системе, A – емкость почвенного поглощающего комплекса, z_i – заряд i -го компонента, N – общее число компонентов в системе. $1 \leq k \leq N_1 \leq N$. В работе рассмотрена система содержащая следующие ионы и комплексы и нейтральные молекулы: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , OH^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Cl^- , H^+ , HCO_3^- , CO_2 ,

H_2CO_3 , $CaHCO_3^+$, $MgHCO_3^+$, $NaHCO_3$, $CaCO_3$, $MgCO_3$, $NaCO_3^-$, $CaSO_4$, $MgSO_4$, $NaSO_4$, $CaCl^+$, $MgCl^+$, $NaCl$, $CaOH^+$, $MgOH^+$, H_2O , $Na^+_{ппк}$, $Ca^{2+}_{ппк}$, $Mg^{2+}_{ппк}$, $CaCO_3$, тф, $MgCO_3$, тф, $CaSO_4$, тф, Na_2SO_4 , тф, $NaCl$ тф, $MgSO_4$, тф, $MgCl_2$, тф.

Таким образом, для расчета равновесия ионно-солевого комплекса почв требуются данные о содержании химических элементов в 100 г почвы, значение констант ионных равновесий: константы диссоциации ионных пар, произведения растворимости твердой фазой солей, коэффициенты изотерм ионного обмена, в зависимости от выбранных изотерм.

Для проверки адекватности расчетов по программы «ISK» были поставлены опыты, для которых были взяты образцы почв разных участков Южных Алеппских земель: Саракебское плато, серо-коричневые почвы, образец В1(0-25 см); долина р. Кувейк, аллювиальные и лугово серо-коричневые почвы, образцы В3 (0-25см), В3 (150-200 см). Химические характеристики почв - данные водной вытяжки приведены в первой строке каждого типа почв (таб. 1). Содержание опытов состояло в следующем. Образцы почв массой около 500 г заливались водой для создания влажности, достаточной для отделения твердой фазы от раствора после установления равновесия и отдавались на стандартные химические анализы для определения основных ионов в фазе равновесного раствора и ППК.

Для расчета по программе «ISK» равновесной фазы использовались данные водной вытяжки, влажности, рН, коэффициенты ионообменного равновесия изотермы Гапона K_{01} , K_{02} . Экспериментальные результаты и данные расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Сопоставление экспериментальных и расчетных данных состава равновесной фазы (РФ) поровых растворов (мг-экв/л) и ППК (мг-экв/100г) почв по данным водной вытяжки (мг-экв/100г), влажности-W(вес.%) и рН

Почва	Данные	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	$Ca_{п}$	$Mg_{п}$	$Na_{п}$	Cec
В1(25см) рН= 8.1 W=33%	Водн.в.	0.70	0.10	0.23	0.25	0.20	0.58	19.0	4.6	1.4	25.0
	РФ,экс	3.0	2.0	2.0	4.0	0.0	3.0	19.0	4.6	1.4	25.0
	Расчет	2.0	1.0	2.3	2.5	2.0	5.8	18.7	4.8	1.5	25.0
В3(25см) рН=8.4 W=54%	Водн.в.	0.90	0.15	0.25	0.15	0.10	0.50	13.5	5.9	2.8	22.2
	РФ,экс	4.0	2.0	2.0	2.0	0.0	6.0	13.8	5.9	3.5	23.2
	Расчет	5.2	1.5	2.4	0.1	0.1	9.0	13.3	6.0	2.9	22.2
В3(150см) рН=8.2 W=50%	Водн.в.	0.70	1.00	0.85	0.20	0.35	2.0	12.2	7.3	3.3	22.8
	РФ,экс	2.0	15.0	12.0	5.0	6.0	17.0	11.8	8.7	3.6	24.1
	Расчет	2.1	10.0	7.6	8.7	2.0	19.4	11.5	7.7	3.6	22.8

Из приведенных в таблице 1 данных видно, что наилучшее совпадение экспериментальных и расчетных значений получено для образца почвы В3 (0-25см). Для этого случая рассчитанные значение коэффициентов ионообменного равновесия изотермы Гапона составили: $K_{01}(Mg-Ca) = 0,601$, $K_{02}(Ca-Na) = 7,800$. Такие расчеты, произведенные с помощью программы «ISK» для ЭВМ, дают удовлетворительные результаты при их сравнении с экспериментальными данными и могут применяться в почвенно-мелиоративных прогнозах, а совместное использование программ «ISK» и «S-Transce», позволяет рассчитывать как состояние равновесия, так и динамики ионно-солевых комплексов почв при внешних воздействиях и мелиорациях.

Список использованных источников

1. Кавокин А.А., Николаенко А.Н. К оценке скорости ионообменной сорбции натрия и кальция в почвах. Почвоведение, 1981, №11. С. 71-76.

2. Моделирование и управление водно-солевым режимом почв. Алма-Ата, 1976. – 180 с.
3. Николаенко А.Н. Математическая модель многокомпонентного солепереноса в почвах с учетом кинетики межфазных процессов. Почвоведение, 1987, №5. С. 128-133.
4. Николаенко А.Н. Математическое описание физико-химических процессов азотно-солевого комплекса почв. Доклады РАСХН, 2002, №2. С. 38-41.
5. Николаенко А.Н., Пельцер А.С. Изучение кинетики сорбции иона кальция из раствора солонцевой почвой методом радиоактивной индикации. Изв. ТСХА, вып.3, 1983. С. 180-182.
6. Никольский Б.П., Парамонова В.И. Законы обмена между твердой фазой и раствором. Успехи химии, 1939, т.8, вып. 10. С. 14-17.
7. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. М., 1978.- 457с.
8. Теоретические основы процессов засоления-рассоления почв. Алма-Ата. Наука, 1981. -296 с.

УДК 631.61

КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО АГРОТЕХНИЧЕСКИМ МЕЛИОРАЦИЯМ НА ЮГО-ВОСТОКЕ РОССИИ

А.Е. Новиков¹, В.И. Пындак², А.С. Межевова²

¹ФГБНУ ВНИИОЗ; ВолгГТУ, г. Волгоград, Россия

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия

Для засушливых условий юго-востока России традиционные способы поддержания плодородия агроландшафтов и производства сельхозпродукции не отличаются эффективностью. Суглинистые почвы с малогумусным горизонтом при часто повторяющихся засухах не дают устойчивых и достаточных урожаев. Более того, наметилась тенденция деградации и опустынивания земель.

Засушливые условия и интенсификация технологических процессов привели к уплотнению и переуплотнению почвенных горизонтов на глубину до 1,2 м. Плотность (ρ) переуплотненных горизонтов достигает 1,50-1,75 г/см³ (оптимально $\rho=1,10-1,25$ г/см³). В результате переуплотнения в почве нарушается водно-воздушный баланс и, как следствие, ухудшаются среда обитания микроорганизмов и жизнедеятельность корневой системы.

Традиционная основная обработка почвы посредством отвально-лемешных плугов на глубину до 27 см не решает проблему переуплотнения более глубоких горизонтов. На границе пахотного горизонта формируется иллювиальная прослойка (плужная «подошва»), которая дополнительно угнетает корневую систему.

Для борьбы с переуплотнением глубоких почвенных горизонтов необходимо использовать комбинированные орудия с почвоуглубителями, например чизельные орудия, позволяющие проводить дифференцированную основную обработку почвы с разуплотнением подпахотных горизонтов и внесением мелиорантов (рис. 1).

Рабочий орган включает стойку 1, на которой смонтированы подрезающие лапки 2, имеющие возможность изменять за счёт эксцентрикового механизма угол атаки, плоскорезную лапу 3 с винтообразными рыхлителями 4, тукопровод 5 для подачи сыпучих мелиорантов в почву, а также соответствующие ёмкости, дозаторы и напорные устройства, размещённые на раме орудия (на рисунке не показаны).

В качестве сыпучего удобрения-мелиоранта предлагается использовать композицию из илового осадка хозяйственно-бытовых сточных вод и природных минералов-ионитов. Удобрение-мелиорант по массе состоит из илового осадка 80-85 % (табл. 1), глауконита (цеолита) 7,5-10 % и бентонита 7,5-10 % (табл. 2). Композиция характеризуется высокой сорбционной, ионообменной и влагоудерживающей активностью, спо-

способностью к нейтрализации в почве тяжелых металлов и пестицидов, способствует повышению механической прочности и водопрочности почвенных агрегатов.

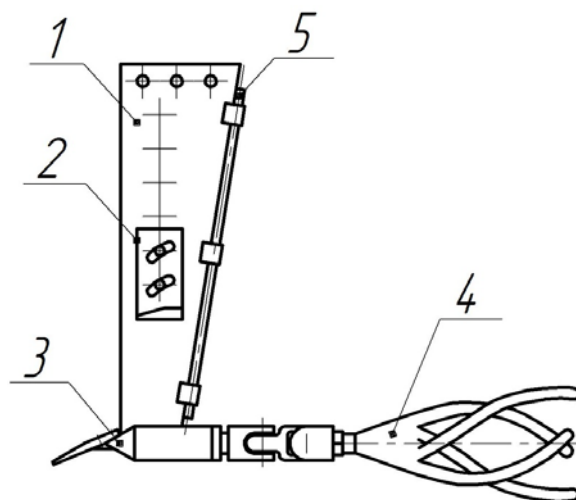


Рисунок 1 – Комбинированный рабочий орган чизельного орудия (позиции по тексту)

Таблица 1 – Физико-химические показатели переработанного илового осадка

Контролируемые показатели	Значения по НТД	Фактическое значение
<i>pH</i> солевой, ед.	5,5-8,5	6,7
Влага, %	< 82	35
Органическое вещество, %	> 20	15
Азот общий, %	> 1,0	2,54
Фосфор общий, %	> 4,0	4,2
Калий общий, %	> 0,3	1,25
Сера подвижная, мг/кг	не норм.	1950
Медь подвижная, мг/кг	не норм.	8,2
Цинк подвижный, мг/кг	не норм.	35,0
Кобальт подвижный, мг/кг	не норм.	0,18
Марганец подвижный, мг/кг	не норм.	56,5
Патогенная микрофлора	не допускается	отсутствует
Тяжелые металлы, мг/кг:		
Свинец	1 000,0	60,6
Кадмий	30,0	24,4
Ртуть	15,0	0,20
Цинк	4 000,0	553,9
Мышьяк	20,0	3,0
Фтор	10,0	2,56

Кроме этого, использование иловых осадков в качестве удобрений-мелиорантов в сельском хозяйстве позволяет решить и другую, не менее важную экологическую проблему – утилизации отходов.

Другой вариант перспективного удобрения-мелиоранта представляет собой композицию в основе которой хвалынские глины с содержанием глинистых минера-

лов, включающих гумус (1,5-2,5 %), органический углерод (0,5-1,0 %), $CaCO_3$ (до 10 %), SiO_2 (до 60 %), Al_2O_3 (20-30 %), магниевые элементы MgO , обменные катионы Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , изотопы калия ^{40}K , при среднем значении относительного набухания 0,46.

Таблица 2 – Состав и основные показатели минералов-ионитов

Наименование минералов	Глауконит	Бентонит	Цеолит
Химический состав, %			
SiO_2	49-56	53-55	57-68
FeO, Fe_2O_3	≤ 21	8-9	≤ 4
Al_2O_3	≤ 18	19-20	11-16
K_2O	≤ 10	≤ 3	≤ 5
MgO	≤ 7	≤ 3	$\leq 1,9$
Технологические свойства			
Отношение к влаге	Аккумуляция + катионный обмен		
Биологическая активность	Высокая		
Отношение к солям и тяжелым металлам	Сорбирует частично		
Действие	Длительное		
Отношение к минеральным удобрениям	Стимулирует действие		
Взаимодействие с почвой	Разуплотнение		

Для энергетической оценки чизельных орудий в сравнении с традиционными лемешно-отвальными плугами были проведены полевые испытания по определению соответствующих тяговых сопротивлений R . Оба орудия были пятикорпусными, но конструктивная ширина захвата лемешно-отвального плуга составляла 1,75 м, а чизельного орудия – 2,0 м. Глубина чизелевания соответствовала возможностям орудий и трактора класса 4 – до 0,4 м.

На рисунке 2 показаны теоретические и экспериментальные значения тяговых сопротивлений R орудий – в зависимости от скорости движения V МТА и глубины обработки h .

Представленные графики тягового сопротивления орудий R в зависимости от глубины обработки почвы (рис. 2) показывают, что

- минимальные значения R имеют место при обработке почвы посредством комбинированного чизельного орудия, а максимум R фиксируется при лемешно-отвальной вспашке;

- повышение скорости V почвообработки с 4 до 7 км/ч хотя и приводит к некоторому возрастанию R , но не оказывают решающего влияния на тяговые характеристики МТА;

- чизелевание почвы характеризуется снижением энергоёмкости почвообработки (по сравнению с лемешно-отвальной вспашкой), несмотря на увеличение примерно в 1,5 раза глубины h .

Таким образом, дифференцированная комбинированная обработка и внесение удобрений-мелиорантов на основе предложенных технических решений обеспечивает восстановление структуры почвенных агрегатов, интенсификацию процесса гумусообразования за счет содержащихся в органоминеральной композиции комплекса мик-

роэлементов, фосфоритов и оксида калия, способных к быстрой деструкции с высвобождением легко усвояемых соединений для растений и почвенной микрофлоры, повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 24-28 %, экономию моторного топлива до 20 %.

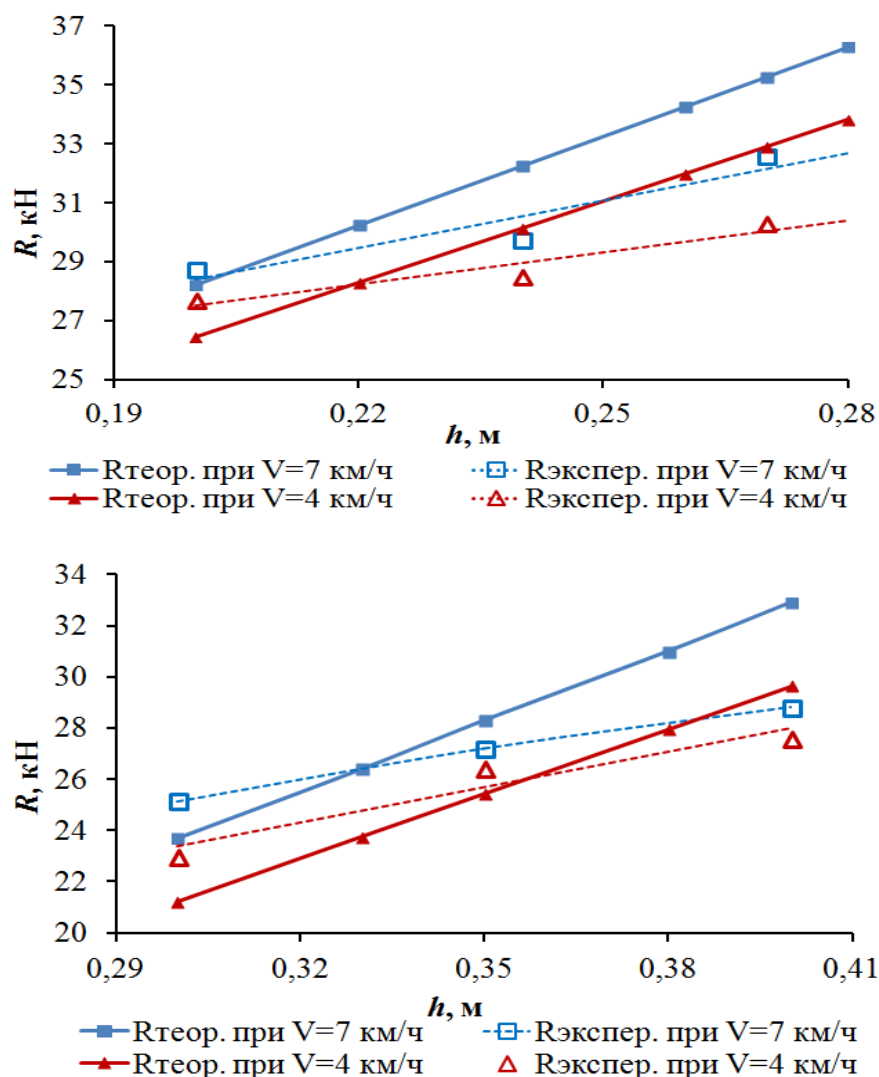


Рисунок 2 – Зависимости тяговых сопротивлений R от глубины h обработки почвы: а – лемешно-отвальный плуг; б – комбинированный чизель

Список использованных источников

1. Максименко, В.П. Комплексная мелиорация уплотнённых почв на орошаемых землях: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.02 / В.П. Максименко; ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. – М., 2011. – 45 с.
2. Патент № 2479969 РФ, МПК А01В13/08, А01В13/14. Глубокорыхлитель / В.И. Пындак, А.Е. Новиков, И.Б. Борисенко. – Оpubл. 27.04.2013. Бюл. № 12.
3. Патент № 2529705 РФ, МПК С05D 11/00. Удобрение-мелиорант / В.И. Пындак, А.Е. Новиков. – Оpubл. 27.09.2014. Бюл. № 27.
4. Заявка на изобретение № 2015136944. Удобрение-мелиорант / В.И. Пындак, Е.А. Литвинов, А.Е. Новиков, А.С. Межевова. – Заявл. 31.08.2015.
5. Новиков, А.Е. Совершенствование способов и технологий комплексной агротехнической мелиорации земель на юге России: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / А.Е. Новиков; ВолГАУ. – Волгоград, 2015. – 44 с.
6. Пындак В.И., Новиков А.Е. Тяговое сопротивление чизельно-отвального орудия // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 8. – С. 34-36.

УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ И СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

А.С. Овчинников, Г. О. Чамурлиев

ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ», г. Волгоград, Россия

Необходимость в растительном белке и масле как важнейших компонентах, используемых в рационах человека, животных и птицы, а также как сырье для медицинских и технических целей определяет актуальность проведения исследований, направленных на оптимизацию технологии возделывания сои, позволяющей при экономном использовании ресурсов получать стабильные урожаи зерна [2, 3].

Целью данных исследований является разработка ресурсосберегающих режимов орошения и способов обработки почвы под сою, обеспечивающих при совокупном влиянии получение высоких и стабильных урожаев, рациональное использование материальных, энергетических и водных ресурсов.

Материалы и методы исследований. ФГУ «Орошаемое» ФАНО, где проводились исследования, находится в южной части Волго-Донского междуречья, в месте сближения Волги и Дона. Почвы опытного участка светло-каштановые, тяжелосуглинистые с содержанием гумуса в пахотном слое – 1,9 %.

На опытном участке наименьшая влагоемкость уменьшается от 25,3...24,6 в слое почвы 0...0,2 м до 19,6 % в слое 0...1,0 м. В активном слое 0...0,6 м наименьшая влагоемкость составляет 22,1 % от массы сухой почвы.

Схемой опыта предусмотрено изучение двух факторов:

Фактор А – способ основной обработки почвы, включает 5 вариантов:

А 1 - отвальная обработка на глубину 0,25-0,27 м (контроль),

А 2 - отвальная обработка на глубину 0,20-0,22 м,

А 3 - обработка стойкой СибИМЭ 0,25-0,27 м,

А 4 - обработка стойкой СибИМЭ 0,20-0,22 м,

А 5 - дисковое лушение на глубину 0,10-0,12 м.

Фактор В – режим орошения, включает 3 варианта поддержания нижнего порога влажности почвы в целом за вегетацию культуры сои:

В 1 - 60 % НВ;

В 2 - 70 % НВ;

В 3 - 80 % НВ.

Размещение делянок в опыте систематическое, повторность вариантов трехкратная. Размер делянок 1-го порядка 1440 м², 2-го порядка 400 м². Учетная площадь 160 м². Учеты и наблюдения в опыте проводились согласно методическим пособиям Б.А. Доспехова (1979) и М.М. Горянского (1970).

На контрольных вариантах была принята агротехника, рекомендованная для орошаемых земель Нижнего Поволжья. В изучаемых вариантах проводилась соответствующая корректировка состава операций.

Соя сорта ВНИИОЗ-86 размещалась после кукурузы на зерно, под которую проводилась отвальная обработка на глубину 0,25-0,27 м.

Вегетационные поливы осуществлялись дождевальными машинами «Кубань» и назначались при достижении предполивного порога влажности почвы в слое 0...0,6 м согласно схеме опыта.

Результаты и их обсуждение. Оптимальное обеспечение растений влагой – одно из важнейших условий получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур [3, 7].

Степень аккумуляции оросительной воды и атмосферных осадков в почве зависит от ее водопроницаемости. Почвы с высокой водопроницаемостью характеризуются наличием водоустойчивых агрегатов размером 0,25 мм и более.

На показатели водопроницаемости значительное влияние оказывает обработка почвы [1]. Необходимо отметить, что регулярное орошение оказывает негативное влияние на водопроницаемость почвы за счет зажатия воздуха и закупорки пылевыми частицами пор для поступления воды [4].

Анализ результатов полевых исследований по влиянию способов обработки на водопроницаемость почвы свидетельствует о преимуществе обработки почвы стойкой СибИМЭ на глубину 0,20-0,22 м. Здесь она в 1,4 раза выше, чем на контроле, и в 2,0 раза больше в сравнении с поверхностной обработкой на глубину 0,10-0,12 м (табл. 1).

Таблица 1 - Водопроницаемость почвы в зависимости от основной обработки, мм/мин. (в среднем за 2013 - 2015 гг.)

Варианты	Время затопления, мин.								
	0-20	20-40	40-60	0-60	60-80	80-100	100-120	60-120	0-120
A ₁	4,1	3,1	2,6	3,27	1,9	1,4	1,4	1,56	2,41
A ₄	6,1	4,4	3,1	4,53	2,4	2,0	2,0	2,13	3,33
A ₅	2,8	2,2	1,7	2,23	1,6	1,4	1,4	1,47	1,85

Преимущество безотвальной обработки прослеживается и к концу второго часа затопления и составляет 2,0 против 1,4 мм/мин на контроле. Величина впитывания за этот же период на поверхностной обработке и на контроле нивелируется до 1,4 мм. К концу второго часа затопления скорость впитывания воды по всем изучаемым вариантам стабилизируется. При этом, наибольшая водопроницаемость отмечена на обработке почвы стойкой СибИМЭ на глубину 0,20-0,22 м, что дает возможность нормальному впитыванию оросительной воды и осадков без образования поверхностного стока.

Водопотребление культур, возделываемых в условиях орошения, зависит от изменения водно-физических свойств почвы [5, 6, 7, 8]. Созданию оптимального водно-физического режима способствуют основная обработка почв, повышающая вододерживающую способность почвы, устойчивость почвенных агрегатов к размыванию водой и снижению непроизводительных потерь влаги с поверхности почвы. Наибольший суммарный расход воды отмечен на вариантах отвальной обработки и дискового лущения – 3878-4368 м³/га, а наименьший – на безотвальных обработках – 3691–4186 м³/га (табл. 2).

Анализируя коэффициенты водопотребления по изучаемым вариантам можно сделать вывод, что большее количество воды для формирования единицы урожая бобов сои затратили варианты с жестким режимом орошения (60 % НВ – от 1768,9 до 2084,9 м³/т) и меньшее – на варианте с поддержанием порога влажности 70 % НВ – от 1299,7 до 1525,0 м³/т.

По способам обработки почвы следует отметить преимущество безотвальных обработок стойкой СибИМЭ на глубину 0,20-0,22 м.

Таким образом, самый низкий коэффициент водопотребления отмечен на варианте А₄ В₂ – 1299,7 м³/т., что на 14,9 % ниже аналогичного варианта на контроле А₁ В₂ где этот показатель составил 1525,0 м³/т.

Таблица 2 - Водопотребление и коэффициент водопотребления сои
(в среднем за 2013 – 2015 гг.)

Фактор А	Фактор В	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
А ₁	В ₁	3878	1,86	2084,9
	В ₂	4087	2,68	1525,0
	В ₃	4368	2,56	1706,3
А ₂	В ₁	3853	2,01	1916,9
	В ₂	4096	2,73	1499,6
	В ₃	4363	2,69	1621,9
А ₃	В ₁	3697	2,09	1768,9
	В ₂	3899	2,92	1335,3
	В ₃	4192	2,83	1481,3
А ₄	В ₁	3691	2,03	1818,2
	В ₂	3886	2,99	1299,7
	В ₃	4186	2,96	1414,2
А ₅	В ₁	3883	1,95	1991,3
	В ₂	4085	2,69	1518,6
	В ₃	4366	2,65	1674,5

Таблица 3 - Урожайность зерна сои по вариантам опыта, т/га

Варианты		Год исследования			Урожайность зерна в среднем
Фактор А	Фактор В	2013г	2014 г	2015 г	
А ₁	В ₁	1,97	1,86	1,75	1,86
	В ₂	2,84	2,54	2,68	2,68
	В ₃	2,64	2,50	2,55	2,56
А ₂	В ₁	2,19	1,91	1,93	2,01
	В ₂	2,88	2,62	2,70	2,73
	В ₃	2,83	2,59	2,65	2,69
А ₃	В ₁	2,33	1,97	1,98	2,09
	В ₂	3,07	2,81	2,88	2,92
	В ₃	2,97	2,75	2,79	2,83
А ₄	В ₁	2,34	1,89	1,87	2,03
	В ₂	3,08	2,94	2,96	2,99
	В ₃	3,03	2,91	2,93	2,96
А ₅	В ₁	2,15	1,85	1,86	1,95
	В ₂	2,82	2,60	2,65	2,69
	В ₃	2,77	2,59	2,61	2,65
НСР ₀₅ (по фактору А)		0,04	0,04	0,05	
НСР ₀₅ (по фактору В)		0,03	0,03	0,04	
НСР ₀₅ (АВ)		0,03	0,03	0,04	

Режим орошения и основная обработка почвы, регулируя водно-воздушный и пищевой режимы почвы, ее физические свойства оказывает непосредственное влияние на уровень продуктивности сои (табл.3).

Данные таблицы свидетельствуют о преимуществе режима орошения 70 % НВ на фоне безотвальной обработки почвы стойкой СибИМЭ на глубину 0,20-0,22 м. На этом варианте урожайность бобов сои была наибольшей и составила в среднем за три года исследований 2,99, против 2,68 т/га на контроле или на 10,4 % выше.

Выводы. Таким образом, по результатам научных исследований можно сделать вывод о преимуществе режима орошения 70 % НВ при возделывании сои на фоне безотвальной обработки почвы стойкой СибИМЭ на глубину 0,20-0,22м по сравнению с вариантами отвальной обработки и обработки почвы дисками.

Список использованных источников

1. Агапов П. Ф. Вопросы обработки при орошении затоплением чеков в Заволжье. – Теоретические вопросы обработки почв. Л. ; Гидрометеиздат, 1968 С. 251-256
2. Бородычев. В.В., Соя в Волгоградской области / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.М. Салдаев, Д.А. Пахомов // Волгоград: Панорама. – 2008. – 224с.
3. Буров Д.И., Научные основы обработки Заволжья. – Куйбышев; Куйбышевское книжное издательство, 1970, С. 294.
4. Даниленко Ю.П. Оптимизация технологий возделывания сорго, кукурузы и сои на зерно в орошаемых условиях на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья: Автореферат дис. док. с.- х. наук // Ю.П. Даниленко. – Волгоград. – 2007. – 38с.
5. Заверюхин В.И. Возделывание сои на орошаемых землях / В.И. Заверюхин. - М.: Колос, 1981. - 160 с.
6. Толоконников В.В. Влагосберегающая обработка почвы под сою в Нижнем Поволжье / В.В. Толоконников, Ю.П. Даниленко, О.В. Юсупова // Земледелие. - 2003. - №2. - С. 22-24.
7. Чамурлиев О.Г. Ресурсосберегающие приемы возделывания сои на орошении. / О. Г. Чамурлиев., Е.В. Зинченко // - М: Ж Земледелие. – 2010 №4, 38-39 с.

УДК 631.67:635.21

НОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ПОЙМЫ НИЖНЕГО ДОНА

В. Иг. Ольгаренко

ФГБНУ «РосНИИППМ», г. Новочеркасск, Российская Федерация.

Мелиоративная деятельность основывается на законах природы, обеспечивая поддержание необходимых природно-мелиоративных процессов, позволяющих интенсифицировать биологический круговорот воды и минеральных веществ в агроландшафтах с целью увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, которые должны находиться в тесной взаимосвязи с возможностями природного объекта и опираться на принципы обеспечения его экологической устойчивости [1].

Анализ имеющейся научно-технической информации и практического опыта указывает на острую необходимость дальнейшего совершенствования имеющихся и разработке новых технических и технологических решений, обеспечивающих повышение эффективности использования орошаемых земель, продуктивности возделывания сельскохозяйственных культур, пользующихся большим спросом у населения [2]. Обособленную позицию в ряду таких культур занимает картофель, производство которого сопряжено с постоянным совершенствованием технологии орошения. Решение данной проблемы в условиях дефицита поливной воды, должно базироваться, прежде всего, на обосновании и реализации процессов прогнозирования, планирования и управления нормированием орошения на базе новых методологических подходов [3].

Целью исследований являлось совершенствование методики прогнозирования и оперативного управления водопотреблением и нормированием орошения картофеля летнего срока посадки на основе динамики изменения гидрометеорологических факторов. В опыте при изучении нормирования режима орошения и водопотребления картофеля экспериментальный участок включал четыре варианта в трехкратной повторности за 2012, 2013, 2014 гг. Величина защитных полос на каждом варианте составляла по 8 м; расстояние между вариантами, согласно стандартной методике, было 25 м с условием устранения влияния скорости ветра на величину поливной нормы по всем вариантам опыта; площадь учетной делянки – 84,0 м²; опытной – 1951 м². Опытные участки выбирались с равномерным или незначительным уклоном. Был выбран систематический (последовательный) метод размещения делянок, характеризующийся удобством организационно-технических мероприятий: обработки почвы, внесения удобрений, проведения приемов орошения, посева, ухода и уборки. Vegetационные поливы производились дождевальными машинами «Фрегат».

Местоположение объекта исследований – Ростовская область, Октябрьский район, сельскохозяйственные угодья ООО «Агропредприятие «Бессергеновское».

Рассматриваемые вегетационные периоды характеризуются как средневлажный, средний и среднесухой – гидротермические коэффициенты (ГТК) приняли значения 1,10; 0,65 и 0,27, соответственно за 2012, 2013, 2014 гг.; в период вегетации выпало 162,8, 122,1, 65,2 мм осадков; относительная влажность воздуха, в среднем, составила 51 %, 53 % и 50 %; сумма среднесуточных температур – 1480 °С, 2001 °С и 2414 °С по годам исследований.

Анализ природно-климатических условий в годы проведения исследований показывает, что основным лимитирующим фактором возделывания картофеля в условиях Юга России является влагообеспеченность почвы, которая может быть восполнена приемами орошения и соблюдением всех запланированных агротехнических мероприятий [4].

При проведении полевых опытов использовалась методика Б.А. Доспехова [5], и другие общепринятые методики по постановке и проведению полевых исследований. Варианты опытов проведены с выполнением всех агротехнических мероприятий, согласно технологической карте возделывания картофеля [6].

Результаты исследований по изучению нормирования режима орошения, водопотребления и продуктивности возделывания картофеля летнего срока посадки при дифференциации влагообеспеченности за 2012, 2013, 2014 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Элементы уравнения водного баланса посадок картофеля, среднее за годы исследований 2012–2014 гг.

Варианты опыта	Элементы уравнения водного баланса, мм					$У_{\phi}$ т/га	K_{ET} , мм/т	K_M , мм/т
	W_H	P	M	W_K	ET			
1 «М»	215	117	210	167	375	37,1	10,1	5,7
2 «1,2 М»	215	117	252	186	398	37,4	10,6	6,7
3 «0,8 М»	215	117	168	153	345	35,2	9,8	4,8
4 «0,6 М»	215	117	126	142	306	20,5	15,0	6,1
Среднее	215	117	189	162	356	32,5	10,9	5,8
σ	–	–	49,04	17,18	35,97	7,32	2,16	0,73
V (%)	–	–	25,95	10,60	10,10	22,48	19,04	12,54
HCP_{05}	–	–	31,98	11,21	23,46	3,79	1,11	0,38

Обобщенными данными за годы исследований для лет различной обеспеченности по дефициту естественного увлажнения установлены значения элементов водного баланса посадок картофеля, которые составили для величины оросительных норм (M) в диапазоне от 126 до 252 мм, со средним значением 162 мм (коэффициент вариации 25,95 %); эвапотранспирации (ET) от 306 до 398 мм, со средним значением 356 мм (коэффициент вариации 10,1 %); фактической урожайности (U_{ϕ}) от 20,5 до 37,4 т/га, со средним значением 32,5 т/га (коэффициент вариации 22,48 %); коэффициента эвапотранспирации (K_{ET}) от 15,0 до 10,6 мм/т, со средним значением 10,9 мм/т (коэффициент вариации 19,04 %); коэффициента водного баланса (K_M) от 6,7 до 4,8 мм/т, со средним значением 5,8 мм/т (коэффициент вариации 12,54 %).

В результате проведенных исследований получены эмпирические зависимости эвапотранспирации (ET) от фактической урожайности (U_{ϕ}) для лет различной обеспеченности по дефициту естественного увлажнения (рис. 1) и в среднем за годы исследований (рис. 2), которые описываются уравнениями степенного вида.

Для «средневлажного» года зависимость имеет вид:

$$ET = 94,393 \cdot U_{\phi}^{0,376}, \quad (1)$$

где ET – величина эвапотранспирации, мм; U_{ϕ} – фактическая урожайность картофеля, т/га.

Для «среднего» года:

$$ET = 102,67 \cdot U_{\phi}^{0,358}, \quad (2)$$

Для «среднесухого» года:

$$ET = 112,61 \cdot U_{\phi}^{0,315}, \quad (3)$$

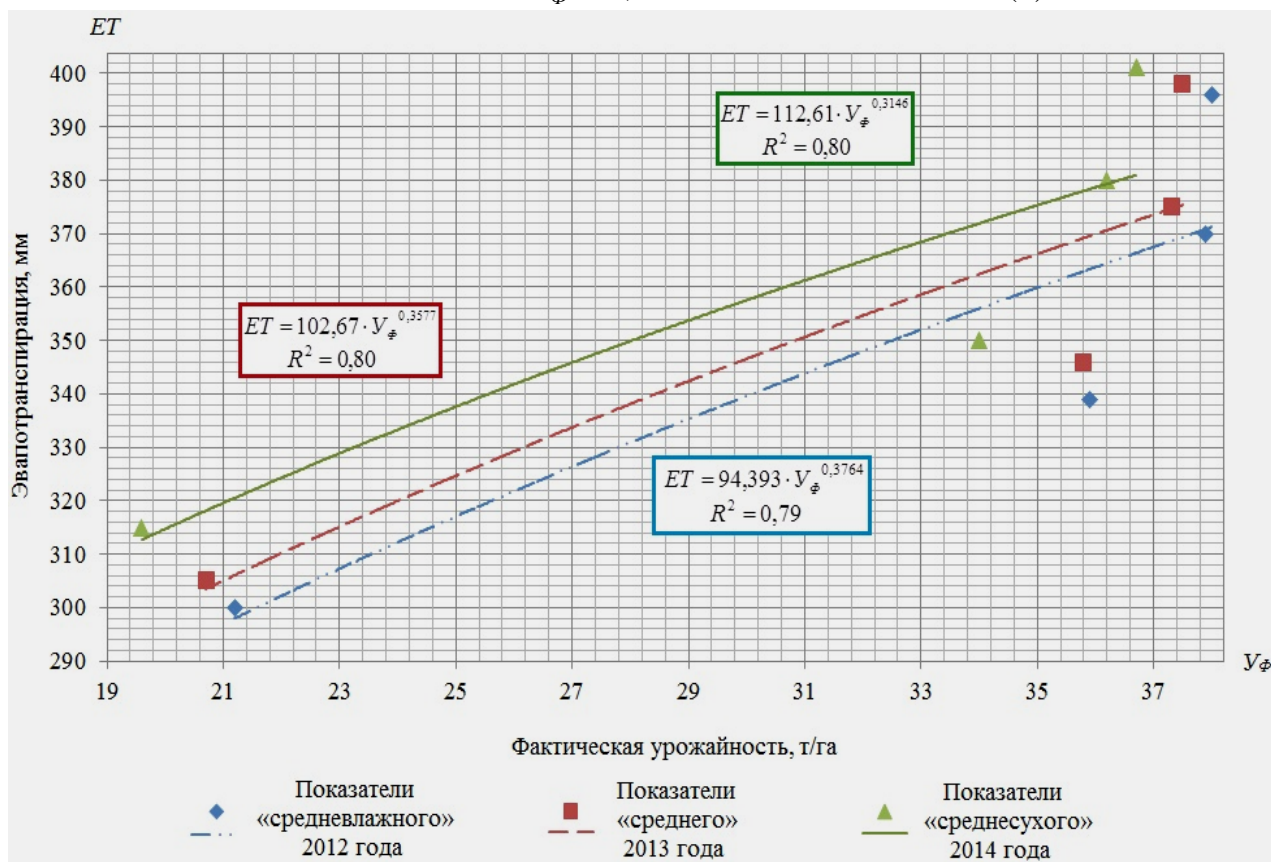


Рисунок 1 – Эмпирические зависимости динамики эвапотранспирации от урожайности картофеля

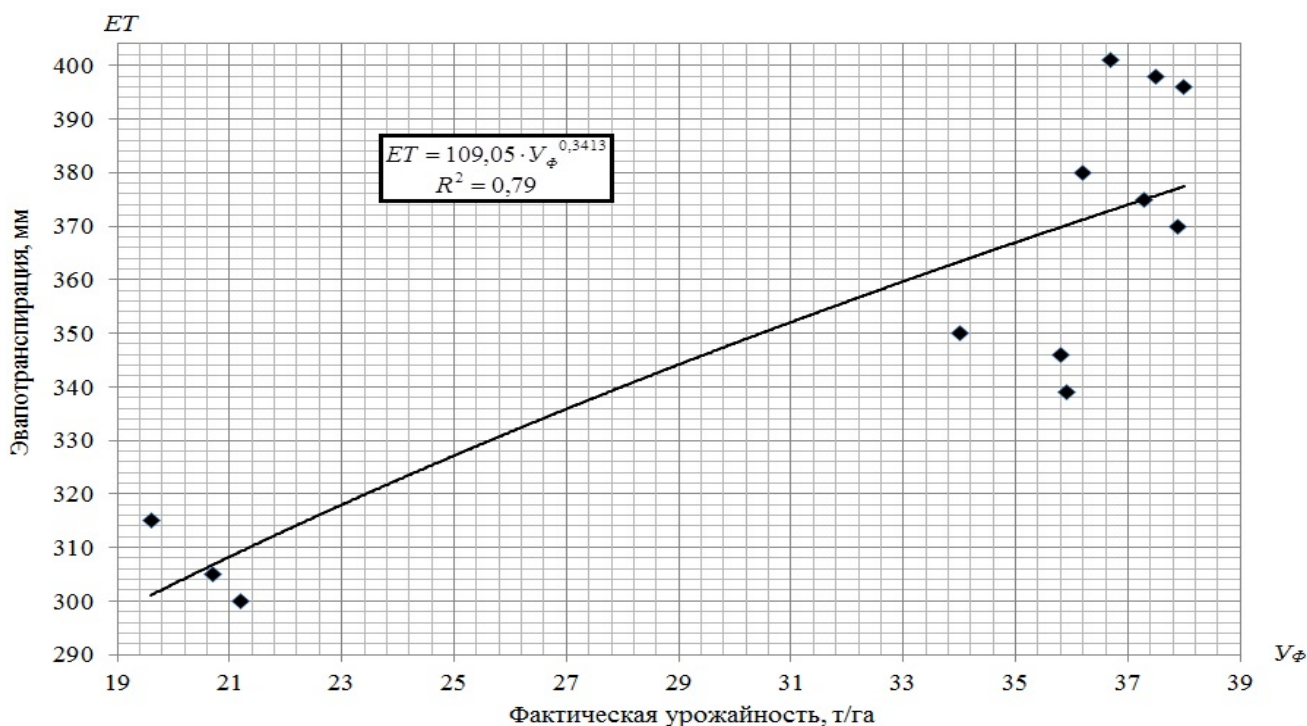


Рисунок 2 – Эмпирическая зависимость динамики изменения эвапотранспирации от урожайности картофеля в среднем за годы исследований

В среднем за годы исследований:

$$ET = 109,05 \cdot Y_\phi^{0,341}, \quad (4)$$

Степень достоверности полученных зависимостей подтверждается коэффициентами аппроксимации (R^2), которые составили, соответственно – 0,79; 0,80; 0,80 по рассматриваемым годам исследований и 0,79 в среднем за 2012–2014 гг.

Заключение

Таким образом, изучены и определены закономерности изменения величин элементов уравнения водного баланса орошаемого поля и его структуры и нормирования режимов орошения, для лет различной обеспеченности по дефициту естественного увлажнения при диапазоне изменения оросительных норм от «1,2 М» до «0,6 М» с интервалом в «0,2 М», установлена структура водного баланса орошаемого поля картофеля: для «средневлажного» года по величине оросительной нормы 36,0 %, осадки – 46,0 %, влагозапасы в расчётном слое почвы – 18 % от общей величины эвапотранспирации; для «среднего» года, соответственно 53,0, 34,0 и 13,0 %; для «среднесухого» года, соответственно 70,0, 18,0 и 12,0 %. Установлены эмпирические зависимости эвапотранспирации картофеля летнего срока посадки от урожайности для «среднесухого», «среднего» и «средневлажного» годов по обеспеченности дефицита естественного увлажнения и средней для всех лет исследований, которые описываются уравнения степенного вида с коэффициентами аппроксимации, соответственно $R^2 = 0,79$, $R^2 = 0,80$, $R^2 = 0,80$ и $R^2 = 0,79$ в среднем за 2012–2014 гг.

Список использованных источников

1. Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учеб. для вузов / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин.; под ред. члена-корр. РАН В. И. Ольгаренко. – Колומна: Инлайн, 2006 – 391 с.
2. Ольгаренко, В. И. Нормирование суммарного испарения с учётом гидрометеорологических условий / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко // Вестник Российской академии с.-х. наук. – М, 2001 – № 2. – С. 55–59.

3. Ольгаренко, И. В. Рационализация режима орошения в условиях изменчивости гидрометеопараметров (на примере кормовой свёклы) / И. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 1. – С. 32–35.

4. Монастырский, В. А. Урожайность и качество картофеля летней посадки в зависимости от используемого сидерата [Электронный ресурс] / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2013. – № 4(12). – 13 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=205&id=210>.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

6. Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 662 с.

УДК 631.821

РОЛЬ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ В ПЛОДОРОДИИ ПОЧВ И ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ

А.И. Осипов

ФГБНУ АФИ, г. Санкт-Петербург, Россия

Химическая мелиорация является важнейшим приемом повышения плодородия почв и получения высоких и устойчивых урожаев возделываемых культур. Внесенные известьесодержащие мелиоранты, устраняя излишнюю кислотность, оказывают многостороннее действие на свойства почв. Оптимизируются условия для почвенной микрофлоры. Патогенные грибные микроорганизмы сменяются на бактериальные. Активизируется деятельность азотфиксирующих и нитрифицирующих бактерий, что в итоге усиливает азотное питание растений за счет усвоения атмосферного азота. Повышается активность фосфатмобилизующих микроорганизмов, способствующих переводу труднодоступных почвенных фосфатов в усвояемые формы. Известковые частицы, попадая в почву, становятся центрами структурных агрегатов, способствуя формированию зернистой водопрочной структуры [1-3].

Химические мелиоранты, используемые для известкования кислых почв, как правило, содержат в основном два щелочноземельных элемента, которые определяют их нейтрализующую способность – кальций и магний в виде разных химических соединений: карбонатов, силикатов, оксидов или гидроксидов. Соотношение концентраций кальция и магния в них может колебаться в значительных пределах. Известно, что физиологическая и биохимическая роль этих элементов в растениях неоднозначна, также как неодинаково и их потребление возделываемыми культурами. Если кальций рассматривается в основном как структурный элемент, принимающий активное участие в формировании клеточных стенок в соединении с протопектином, а также нейтрализует щавелевую кислоту и обеспечивает ионное равновесие, как катион, ослабляющий токсическое действие ионов алюминия, марганца и других тяжелых металлов, то роль магния в растении существенно многообразнее. По своему значению в организме магний можно отнести к функциональным элементам. Он входит в состав хлорофилла, фитина, пектина и других органических соединений, является "спутником" фосфора, влияет на обмен углеводов и органических кислот.

Для устойчивого и экологически безопасного развития сельского и лесного хозяйства необходимо прогнозировать долгосрочную динамику почвенной реакции, сопутствующих свойств почвы и правильно управлять ею. Однако свойства кислых почв настолько различны, что при использовании традиционных подходов расчета доз извести по величине рН, гранулометрическому составу и содержанию гумуса

приходится сталкиваться как с высокой эффективностью известкования, так и с низкой из-за недоучета отдельных факторов. Нами разработана усовершенствованная система расчета доз извести, учитывающая не только указанные параметры, но и фитотоксичность почв, связанную с подвижностью алюминия, марганца, железа, фтора и других тяжелых металлов, условия увлажнения, типы севооборотов, содержание подвижного фосфора, чувствительность растений к кислотности, а также поведение элементов в системе почва-растение [4, 5]. Очень важно знать природу кислотности, чем она обусловлена. Так, например, на торфяных почвах культурные растения прекрасно развиваются при pH-4,5, так как кислотность здесь обусловлена ионами водорода. На избыточно увлажненных, глеевых почвах кислотность обусловлена присутствием в ППК ионов железа и марганца, поэтому на этих почвах доза извести рассчитывается до pH-6,5, так как только при этом значении pH токсичность кислотности снижается. В настоящее время нет достаточно точных методов прогноза продолжительности действия извести. Наиболее надежные данные могут быть получены в многолетних полевых опытах.

Взаимодействие известковых материалов с почвой происходит за счет постепенного перехода оснований в почвенный раствор и последующей реакции раствора с почвенным поглощающим комплексом. Часть почвенного раствора может передвигаться вниз по профилю. Этот процесс обуславливает потери оснований за счет вымывания. Процессу растворения извести способствует наличие в почвенном растворе анионов, способных образовывать с кальцием и магнием хорошо растворимые соединения. Интенсивность вымывания оснований из корнеобитаемого слоя почвы, а, следовательно, и продолжительность действия извести, зависит также от гранулометрического состава почв и уровня применения минеральных удобрений. Многочисленными исследованиями, проведенными в Ленинградском НИИСХ под руководством Небольсина А.Н. [6.7] выявлено, что потери кальция и магния за счет вымывания значительно выше из известкованных почв, чем из кислых, причем уровень потерь повышается по мере увеличения доз внесения извести. В среднем из произвесткованных почв вымывается оснований в 1,7-2,8 раза больше, чем кислых. Между уровнями применения удобрений и вымыванием оснований на связных почвах нет прямой зависимости. Нормальные дозы удобрений используются за период вегетации полностью и практически не увеличивают вымывание оснований. Чрезмерные дозы удобрений существенно увеличивают их потери. Наиболее значительное вымывание кальция извести происходит из почв, произвесткованных большими дозами, особенно из почв легкого гранулометрического состава. Глинистая почва удерживает кальций значительно лучше. За 3 года из произвесткованной песчаной почвы до pH~5,0 было вымыто 26-47 % извести, из супесчаной 18-25 %, а из глинистой около 16 %. Из песчаной почвы произвесткованной до pH 6,5-7,0 вымылось 15-22 %, из супесчаной 11-15, а из глинистой 3,7-4,9 %.

Чрезмерное увеличение доз минеральных удобрений увеличивает потери извести за счет вымывания. Избыточное внесение известковых удобрений может приводить к значительному расширению соотношения кальция к фосфору, снижению до чрезмерно низкого уровня содержания марганца, цинка. Известкование кислых почв является одним из наиболее действенных и хорошо известных приемов снижения транслокации тяжелых металлов в растения и уменьшения их фитотоксичности. Эффект, достигаемый этим приемом, зависит от множества факторов, связанных с особенностями почвы, выращиваемой культуры, сопутствующих удобрений, а также от вида химического мелиоранта, его активности, дозы, химического состава и от

свойств тяжелых металлов. Необходимо отметить, что известкование кислых почв, загрязненных химическими элементами, обладающими амфотерными свойствами, может привести к негативным результатам, так как с изменением валентности металла-поллютанта возрастает его токсичности. Примером может служить хром, который в кислой среде имеет валентность три и не проявляет токсичности, а в щелочной среде, переходя в шестивалентное состояние, повышает свою токсичность в сотни раз. Наблюдаются случаи, когда известкование усиливает поступление тяжелых металлов в одни виды растений и в тоже время препятствует их транслокацию в другие, растущие вместе на одной и той же почве. Подобное явление наблюдалось в наших экспериментах с кадмием при известковании загрязненных почв мелиорантами с разной химической активностью при выращивании пшеницы и ячменя. По всей вероятности, оно связано со способностью злаковых, при определенном уровне кислотности почвы, повышать фитосидерофорную активность, выражающуюся в усилении образования в ризосфере растений комплексных соединений кадмия с мугеиновой и дезокси-мугеиновой кислотами. Необходимо отметить, что при этом существенно возрастает подвижность кадмия в водной среде и его поступление в растения, что сопровождается ухудшением гигиенического качества растениеводческой продукции [8,9].

Убедительно доказано, что скорость взаимодействия химических мелиорантов с почвой и продолжительность их действия в сильной степени зависит от химических свойств известки и ее гранулометрического состава. Известно, что относительно крупные частицы диаметром от 3 до 5 мм не являются «балластом», как считалось ранее, хотя и взаимодействуют с почвой гораздо медленнее, чем мелкие частицы. Для поддержания относительно постоянного уровня реакции почвенной среды в течение продолжительного времени, известковые материалы должны содержать широкий спектр частиц различного размера. Нами с 2013 года в Ленинградской области ведется работа по внедрению технологии известкования кислых почв сыромолотой доломитовой мукой с тониной помола менее 5 мм [9,10]. Подготовлены технические условия на данный мелиорант. Специалисты Агрофизического НИИ активно участвует в создании программно-аппаратных комплексов для дифференцированного внесения известковых мелиорантов и других минеральных удобрений на современную машину РМУ-8 выпускаемую совместно Германией и Белоруссией. По сравнению с имеющимися машинами МХА-7 и МВУ-8 данные рассеиватели обладают большей производительностью и надежностью в работе, высоким качеством внесения мелиорантов (неравномерность у новых машин от 3 до 10 %, а у старых 20-25 %), а также возможностью работать по точному земледелию с электронными картами полей, позволяющими учитывать пестроту почвенной кислотности. С 2012 года на Меньковском филиале АФИ заложен производственный опыт по влиянию доломитовой муки грубого помола на кислотно-основные свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожай козлятника восточного. В опыте использовался отсев доломитовой муки тониной помола менее 20 мм в дозах 3,2-6,4 т/га. Исследования показали, что через два года проведения опыта почва из градации среднекислой (рН кс1 4,6) перешла в градацию слабोकислой (рН кс1 5,2 на одинарной дозе известки и рН кс1 5,6 на двойной). Полученные результаты подтверждают нашу гипотезу о пролонгированности действия сыромолотой доломитовой муки. В первые годы снижение кислотности в почве осуществляется за счет мелких фракций внесенного мелиоранта.

На темпы снижения кислотности почв влияет не только размер частиц, вносимых мелиорантов, но и их химический состав. Наиболее сильное действие на почву в первые годы после внесения оказывает гажка, где кальций представлен в карбонатной

форме. Однако подкисление почвы, известкованной данным мелиорантом, происходит быстрее, чем при использовании других видов известковых удобрений. Доломитовая мука действует на почву сначала слабее, но на 7-8 год эффективность ее выравнивается с гажой. Сланцевая зола и цементная пыль содержат в своем составе как весьма активные соединения кальция и магния (оксиды), так и слаборастворимые (силикаты). По продолжительности действия на почву цементная пыль уступает гаже и доломитовой муке.

Действие полной дозы извести продолжается не менее 7-10 лет и потери извести из почвы в течение этого периода, как правило, не приводят к снижению урожая сельскохозяйственных культур (за исключением овощных участков, с культурами высокочувствительными к кислотности на поливных землях). Необходимость повторного известкования может своевременно показать проводимое в регионе агрохимическое обследование. Интенсивность вымывания оснований из корнеобитаемого слоя почвы зависит от ее гранулометрического состава и уровня применения минеральных удобрений.

Способность почв удерживать катионы оснований от вымывания напрямую связана с емкостью их поглощения. Катионы, не вошедшие в состав почвенного поглощающего комплекса, являются базой для потерь за счет вымывания. Наиболее значительное вымывание кальция и магния происходит из почв, известкованных большими дозами, причем особенно сильно возрастают потери из почв легкого гранулометрического состава, обладающих малой емкостью поглощения. Глинистая почва удерживает данные элементы значительно лучше. Естественными средствами, увеличивающими емкость поглощения почв, могут служить природные минералы – цеолиты. В литературе отмечается положительное влияние цеолитов на снижение вымывания оснований из верхних слоев почв. В перспективе такие же положительные результаты могут быть получены при внесении в почву искусственных ионообменников – катионитов. Ограниченные исследования, проведенные нами, полностью подтверждают высказанную идею.

Список использованных источников

1. Якушев В.П., Осипов А.И. Миннуллин Р.М., Воскресенский С.В. К вопросу об известковании кислых почв в России. // Агрофизика. //, 2013. №2(10), с. 18-224.
2. Якушев В.П., Осипов А.И. Химическая мелиорация почв - вчера, сегодня, завтра. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета//, 2013, 30, с.68-72
3. Осипов А.И. Приемы и технологии эффективного использования агрохимикатов, //Сборник научных докладов ВИМ//. 2012. Т.1.с. 580-586
4. Осипов А.И. Научные основы известкования кислых почв и перспектива их дальнейшего изучения. //Сборник научных трудов отделения сельскохозяйственных наук// - СПб, выпуск 5, 2014, с. 112-122
5. Осипов А.И. Известкование как важнейший прием оптимизации экологического состояния почв и повышения ее плодородия. //Материалы Международной научной конференции «Экология и биология почв»//, Ростов-на-Дону, 2014, с.446-449
6. Небольсин А.Н., Небольсина З.П., Теоретические основы известкования почв. Изд. ООО «ИННО+ВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ», Санкт-Петербург, 2005, 254с.
7. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Известкование почв. Изд. НЧОУ НПО «СПУ им. Дона Боско», Санкт-Петербург, 2010, 272с.
8. Осипов А.И., Минин В.Б. Научные основы управления реакцией среды кислых пахотных почв. //Материалы XVI Международного экологического форума « День Балтийского моря » // Санкт-Петербург 2015, с.49-50
9. Осипов А.И. Экологические аспекты известкования кислых почв / / Международный агропромышленный конгресс «Перспективы инновационного развития агропромышленного комплекса и сельских территорий» //; ООО «ЭФ-Интернэшнл» – СПб, 2014 с. 201-203

УДК 628.38

К ВОПРОСУ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

К.Т. Оспанов, Э.М. Кульдеева, Ж. Адилханов

Казахский НИТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

Одна из современных проблем сельского хозяйства Казахстана - дефицит органических удобрений, без применения которых невозможно сохранить на должном уровне запасы почвенного гумуса и обеспечить надлежащие эколого-биологические функции почв.

Осадки бытовых сточных вод городов и других населенных пунктов представляют собой удобрение, содержащее биогенные элементы (азот, фосфор, калий, их соединения), а также необходимые для развития растений микроэлементы [1,2].

Несмотря на доказанную эффективность осадков сточных вод, использование таких удобрений в сельском и лесном хозяйствах нашей страны крайне ограничено. Основными факторами, сдерживающими применение осадков сточных вод, являются: наличие в составе осадков сточных вод патогенных микроорганизмов, гельминтов и тяжелых металлов [3,4].

Требования к осадкам очистных сооружений при использовании их в качестве органических и органо-минеральных удобрений регламентируются ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений», который действует в Казахстане [5].

Для сравнения с выше изложенными требованиями нами был определен химический состав осадков сточных вод станций аэрации г. Алматы и г. Астана Республики Казахстан. Проведенные анализы физико-химических характеристик и химического состава осадков сточных вод Казахстана показали, что по основным показателям осадки сточных вод отвечают требованиям, предъявляемым к органо-минеральным удобрениям, однако содержание в осадке тяжелых металлов и патогенной микрофлоры ограничивает использование осадка в качестве органических удобрений.

На основе результатов исследований количества и состава осадков сточных вод и экспериментальных исследований основных способов обработки осадков сточных вод, нами разработана технологическая схема комплексной технологии обработки осадков сточных вод, которая состоит из илоуплотнителя, устройства для извлечения тяжелых металлов, реактора для стабилизации осадка, цеха механического обезвоживания осадка, установки для термообработки и склада для хранения сухого осадка.

После обработки осадков сточных вод разработанной нами комплексной технологией обработки осадков сточных вод их можно использовать в качестве полноценных удобрений.

Результаты данной работы послужат еще одним аргументом в пользу официального принятия осадков сточных вод в качестве основного сырья для создания перспективных полноценных удобрений.

Согласно требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрения»,

осадки, применяемые в качестве органических или комплексных органоминеральных удобрений, должны соответствовать требованиям по агрохимическим показателям.

В таблице 1 приведено сравнение агрохимического состава осадков сточных вод станций аэрации г. Алматы и г. Астана после обработки разработанной нами комплексной технологией обработки и утилизации осадков сточных вод с требованиями ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, при этом осадок после обработки имеет форму органоминерального гранулированного удобрения.

Таблица 1 – Сравнение агрохимического состава осадков сточных вод станций аэрации г. Алматы и г. Астана с требованиями ГОСТ Р 17.4.3.07-2001

Наименование показателя	Осадок сточных вод станции аэрации г.Астана	Осадок сточных вод станции аэрации г.Алматы	Требования стан-дартов ГОСТ Р 17.4.3-2001
Влажность, %	4-7	4-7	
Массовая доля органических веществ, % на сухое вещество	23-26	20-24	Не менее 20
Реакция среды (рН _{сол})	6,5-7,5	6,5-7,5	5,5 - 8,5
Массовая доля общего азота (N), % на сухое вещество	0,6-0,8	0,75-0,9	Не менее 0,6
Массовая доля общего фосфора (P ₂ O ₅), % на сухое вещество	1,7-1,8	1,3-1,6	Не менее 1,5

Как видно из таблицы, осадки сточных вод после обработки разработанной нами комплексной технологией обработки и утилизации осадков сточных вод соответствуют требованиям по агрохимическим показателям, только массовая доля общего фосфора содержится в небольшом количестве, это объясняется тем, что на станции аэрации г. Алматы не имеется камера дефосфотизации в последствии чего фосфор не доочищается в очистных сооружениях.

Следующим требованием, согласно ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрения», для применения осадков в качестве органических или комплексных органоминеральных удобрений является допустимое валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка в осадках.

Проведенные нами анализы физико-химических характеристик и химического состава осадков сточных вод осадков станций аэрации г. Алматы и г. Астана, показали, что по основным показателям по содержанию тяжелых металлов, осадки сточных вод отвечают требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, предъявляемым ко II-ой группе осадков используемых как органоминеральные удобрения. Однако содержание некоторых тяжелых металлов превышает данное требование, при этом содержание практически всех тяжелых металлов не соответствует требованиям, предъявляемым к I-ой группе осадков.

Согласно ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 осадки группы I используют под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, зеленных и земляники, осадки

группы II используют под зерновые, зернобобовые, зернофуражные и технические культуры, при этом осадки групп I и II используют в промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТБО.

В связи с этим как ранее отмечалось, разработанная нами комплексная технология обработки и утилизации осадков имеет узел для извлечения тяжелых металлов из осадков сточных вод. Узел состоит из сооружения загруженного цеолитом Чанканайского месторождения Казахстана.

В таблице 2 приведено сравнение содержания тяжелых металлов в осадках сточных вод станций аэрации г. Алматы и г. Астана после обработки разработанной нами комплексной технологией обработки и утилизации осадков сточных вод с требованиями ГОСТ Р 17.4.3.07-2001.

Таблица 2 – Сравнение содержания тяжелых металлов в осадках сточных вод станций аэрации г. Алматы и г. Астана с требованиями ГОСТ Р 17.4.3.07-2001

Наименование показателя	Осадок сточных вод станции аэрации г.Астана	Осадок сточных вод станции аэрации г.Алматы	Требования стандартов ГОСТ Р 17.4.3-2001, для осадков группы	
			I	II
Свинец (Pb), мг/кг	194,5-201,6	204,8-210,4	не более 250	не более 500
Кадмий (Cd), мг/кг	3,3-3,8	2,8-10,4	не более 15	не более 30
Никель (Ni), мг/кг	176,4-184,6	186-198,6	не более 200	не более 400
Хром (Сгобщ), мг/кг	400-450	400-450	не более 500	не более 1000
Цинк (Zn), мг/кг	418-512,6	316,4-1415	не более 1750	не более 3500
Медь (Cu), мг/кг	500-740	400-610	не более 750	не более 1500
Мышьяк (As), мг/кг	8,4-9,6	8,1-9,7	не более 10	не более 20

Как следует из таблицы 2 осадки сточных вод после обработки разработанной нами комплексной технологией обработки и утилизации осадков сточных вод соответствуют всем требованиям по содержанию тяжелых металлов для применения осадков в качестве органических или комплексных органоминеральных удобрений.

Следующим основным фактором, ограничивающим использование осадков сточных вод в качестве органических удобрений, является высокое содержание в них патогенной микрофлоры.

Проведенные нами анализы физико-химических характеристик и химического состава осадков сточных вод осадков станций аэрации г. Алматы и г. Астана, показали, что по санитарно-бактериологическим и санитарно-паразитологическим показателям осадки сточных вод не отвечают требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, предъявляемым к I-ой группе и II-ой группе осадков, используемых как органоминеральные удобрения.

В связи с этим как ранее отмечалось, разработанная нами комплексная технология обработки и утилизации осадков имеет узел для обеззараживания осадков сточных вод. Узел термической обработки осадков сточных вод нагревает осадки до температуры в 110 °С, при этом обеспечивается влажность осадка 4-10 %.

В таблице 3 приведено сравнение санитарно-бактериологических и санитарно-паразитологических показателей осадков сточных вод станций аэрации г. Алматы и г. Астана после обработки разработанной нами комплексной технологией обработки и утилизации осадков сточных вод с требованиями ГОСТ Р 17.4.3.07-2001.

Таблица 3 – Сравнение санитарно-бактериологических и санитарно-паразитологических показателей осадков сточных вод станций аэрации г. Алматы и г. Астана с требованиями ГОСТ Р 17.4.3.07-2001

Наименование показателя	Осадок сточных вод станции аэрации г.Астана	Осадок сточных вод станции аэрации г.Алматы	Требования стандартов ГОСТ Р 17.4.3-2001, для осадков группы	
			I	II
Бактерии группы кишечной палочки, клеток/г осадка фактической влажности	10-60	10-60	100	1000
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, клеток/г	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствие	Отсутствие
Яйца геогельминтов и цисты кишечных патогенных простейших, экз./кг осадка фактической влажности, не более	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствие	Отсутствие

В целом можно отметить, что осадки сточных вод после обработки разработанной нами комплексной технологией обработки и утилизации осадков сточных вод соответствуют требованиям, предъявляемым к осадкам для использования их в сельском хозяйстве в качестве удобрения.

Список использованных источников

1. Villar, L.D., Garcia, O., 2003. Assessment of anaerobic sewage sludge quality for agricultural application after metal bioleaching. *Environ. Technol.* 24 (12), 1553–1559.
2. Hartenstein R., Leaf A.L., Neuhauser E.F., Bickelhaupt D. Composition of the Earthworm *Eisenia foetida* and Assimilation of 15 Elements from sludge during growth // *Comp. Biochem. Physiol.* – 1980. – V. 66. – P. 187–192.
3. Мырзахметов М.М., Саидаминов И.А. Халхабай Б. К вопросу использования осадков сточных вод в качестве удобрения//Международный семинар-конференция и техническая выставка «Су арнасы-2003»: Сборник докладов.- Шымкент, 2003. – С. 126-130.
4. Оспанов К.Т., Жасыбаев А. Анализ современного состояния обработки осадков сточных вод городов Республиканского назначения//Вестник КазНТУ.- Алматы, 2013. – № 5(99).-С. 102-104.
5. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрения».

ПОЛИВНОЙ ТРУБОПРОВОД С СИСТЕМОЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОПОДАЧИ

А.А. Пахомов, Д.А. Суслин

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

В России более 70 % всех сельскохозяйственных угодий расположены в зонах недостаточного или неустойчивого естественного увлажнения, поэтому высокий и стабильный уровень производства сельскохозяйственной продукции может быть обеспечен только за счет орошения [1].

С конца 90-х годов XX века продолжается ухудшение мелиоративной ситуации в нашей стране: происходит сокращение орошаемых площадей, тяжелое состояние мелиоративных систем вследствие физического износа, а также технического отставания от уровня систем, соответствующих системам новых поколений [1, 7].

Фактически в РФ на данный момент поливается около 1 млн га земель, в том числе: дождеванием около 0,9 млн га, поверхностными способами не менее 90 тыс. га при уровне механизации поверхностного полива 3 % [1].

На сегодняшний день самым распространенным в мире и дешевым, с точки зрения использования энергоресурсов, способом полива остается поверхностный полив. До сих пор возможность поверхностного полива реализована не в полной мере из-за отсутствия эффективных средств механизации и автоматизации процесса водоподачи [2, 3].

Агропромышленный комплекс Волгоградской области обладает значительным производственным потенциалом. Наличие двух полноводных рек (Волга и Дон), 5,5 млн га пашни и обилие солнечных дней в году (около 200), дают региону возможность входить в число ведущих в России [4].

В последнее десятилетие в Волгоградской области площади поверхностного способа орошения существенно сократились. До 2009 г. площадь полива по бороздам и полосам составляла 33 тыс. га, в 2012 г. – 5,56 тыс. га, на сегодняшний день - около 2,2 тыс. га.

Современные ОС должны обеспечивать оптимальные условия для возделывания сельскохозяйственных культур и не допускать технологического сброса воды [4, 5].

Применение мобильных поливных трубопроводов исключает необходимость нарезки временных оросителей и выводных борозд, а также ускоряет процесс организации полива на вводимом орошаемом участке, что способствует повышению технологичности и качества процесса полива по бороздам [6]. Кроме того, использование мобильных поливных трубопроводов упрощает применение средств автоматизации водоподачи, что существенно повышает эффективность и экономичность [7].

В рамках модернизации существующих оросительных систем Заволжья на площадях овощных культур до 200 га мы предлагаем применять мобильный поливной трубопровод для подачи воды в поливные борозды [8] (рис. 1).

Предложенная конструкция мобильного поливного трубопровода представляет собой трубопровод, разделенный на поливные звенья. Поливное звено, в свою очередь включает в себя трубопровод с быстроразборными соединениями, бак управления водораспределением, а также запорное устройство в виде гибкого перфорированного шланга с растяжимыми грушами для перекрытия водовыпускных отверстий труб.

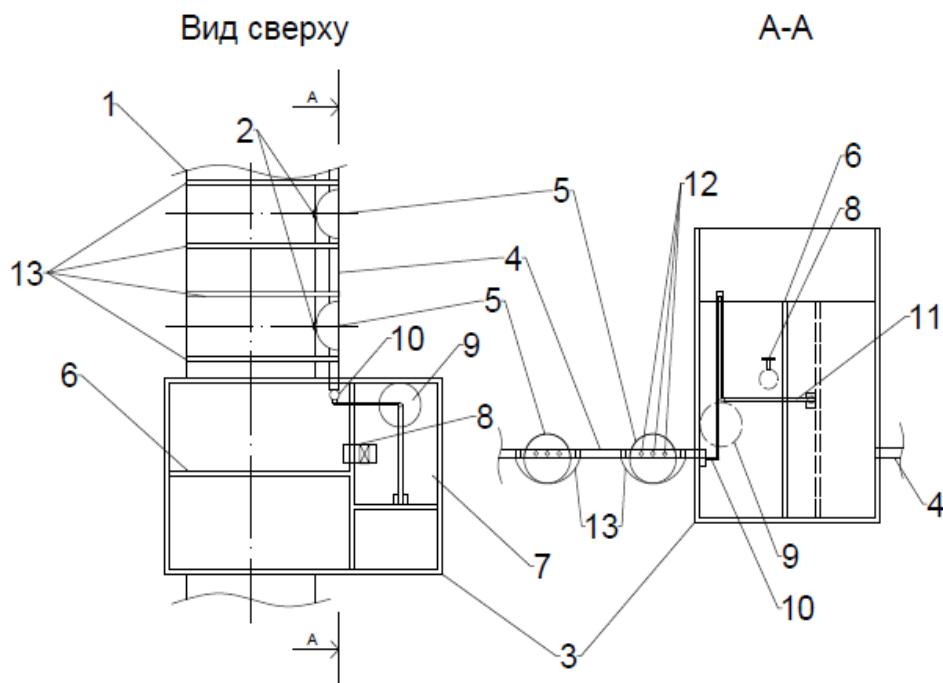


Рисунок 1 – Поливное звено:

1 – трубопровод, 2 – водовыпускные отверстия, 3 – бак управления водоподачей, 4 – гибкий шланг, 5 – запорные груши, 6 – водосливная стенка, 7 – камера гидравлического таймера, 8 – кран гидравлического таймера, 9 – поплавковый датчик, 10 – регулятор запорного устройства, 11 – шарнирное соединение поплавкового датчика, 12 – перфорация гибкого шланга для наполнения растяжимых груш, 13 – крепление запорного устройства

Применение трубопровода возможно в двух вариантах монтажа:

- подключение центрального бака управления к напорным гидрантам закрытой оросительной сети;
- подключение центрального бака управления к трубчатым водовыпускам открытой оросительной сети с подачей воды на участок самонапором за счет гидравлического перепада воды в канале, расположенном в полунасыпи или насыпи.

Гидравлический перепад на оросительных системах Волгоградского Заволжья достигает порядка 2 м, что обеспечивает возможность осуществления полива без применения насосно-силового оборудования. Автоматизирование процесса водопдачи средствами гидроавтоматики еще больше повышает экономичность процесса полива по бороздам.

Принцип работы заключается в следующем: трубопровод монтируется на орошаемом участке с подключением к трубчатому водовыпуску распределительного канала открытой оросительной сети. После настройки гидравлического таймера поливного звена, открывается регулятор расхода в центральном баке управления, и вода поступает в трубопровод. Водосливная стенка 6 создает подпор воды, за счет чего она через отверстия 2 поступает в поливные борозды. Через кран 8 гидравлического таймера времени полива происходит наполнение камеры 7.

При заполнении камеры 7 срабатывает поплавковый датчик 9, приводящий в движение регулятор запорного устройства 10, перекрывающий ток воды через шланг 4, что ведет к заполнению запорных груш 5. Увеличение объема груш, установленных

напротив водовыпускных отверстий 2 поливного трубопровода 1, ведет к их перекрытию [8].

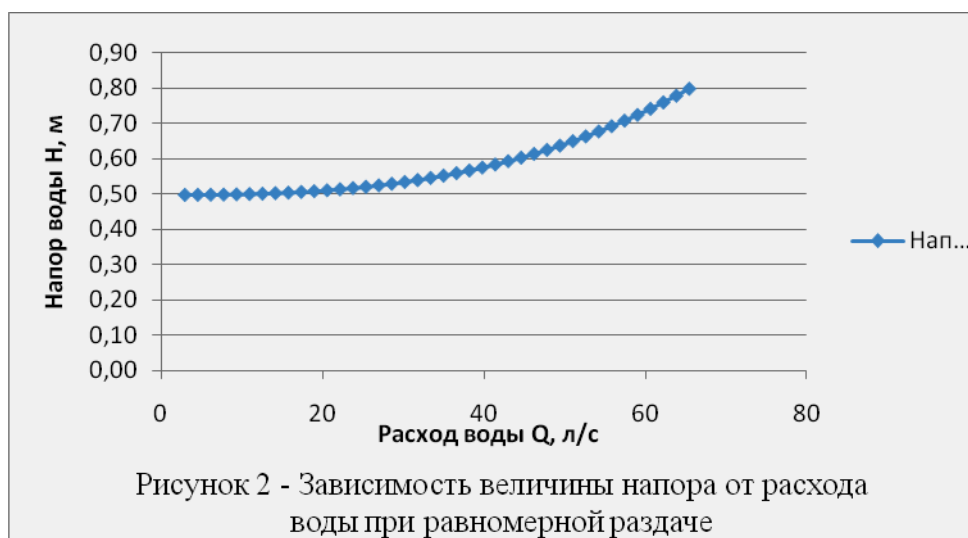
Целью исследований является разработка и обоснование технических и гидравлических параметров предлагаемой конструкции поливного трубопровода для создания низконапорной оросительной системы с поверхностным способом полива. Были проведены теоретические расчеты параметров конструкции, а также величины потерь напора, с учетом движения жидкости с переменной массой, так как на рабочем участке поливного трубопровода происходит непрерывная раздача расхода q вдоль пути.

В случае непрерывной раздачи жидкости по длине трубопровода, потери напора определяют по формуле [9]:

$$h_{\Pi} = \frac{1}{3} \times \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{V^2}{2g} \quad (1),$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления, L – длина участка поливного трубопровода, d – диаметр, V – скорость течения жидкости, g – ускорение свободного падения.

По результатам расчетов построен график потерь напора, в зависимости от расхода воды в трубопроводе, при длине участка трубопровода $L=50$ м (рис. 2):



Для подтверждения результатов теоретических исследований были выполнены экспериментальные исследования. При разработке экспериментальной установки руководствовались теорией гидродинамического подобия, когда удовлетворяются условия геометрического, кинематического и динамического подобия.

При моделировании трубопровода с самонапорным движением воды основными силами являются силы гравитации. Поэтому моделирование проводилось с учетом критерия подобия Фруда [10].

Геометрический масштаб моделирования принят равным 1:4. Расход воды при данном масштабе в расчете на максимальный расход натурального трубопровода 67 л/с будет равен:

$$Q_M = \frac{Q_H}{\sqrt{\lambda^5}} = \frac{67}{\sqrt{4^5}} = 2,5 \quad \text{л/с}, \quad (2)$$

где Q_H – расход в натуральных условиях; Q_M – расход воды на модели; λ – геометрический масштаб моделирования.

Экспериментальные исследования показали, что для трубопровода с непрерывной раздачей вдоль пути ординаты пьезометрической линии могут не только убывать, но и возрастать вдоль пути, что соответствует выводам Малишевского Н.Г., Турчиновича В.Г. [11].

По результатам лабораторных исследований была выполнена математическая обработка экспериментальных данных и проведена оптимизация параметров конструкции поливного трубопровода.

Основным критерием эффективной работы любой поливной машины является равномерность подачи заданной поливной нормы. На этапе лабораторных исследований был принят показатель, характеризующий качество водоподачи - отклонение от нормы полива Δm .

Факторы, влияющие на выходной показатель, их уровни и интервалы варьирования представлены в таблице 1.

В соответствии с принятой методикой для исследования области оптимума был реализован план Рехтшафнера для 3-х факторного эксперимента. С помощью программы [12] планирования эксперимента в сельскохозяйственных процессах были определены оптимальные значения факторов и получено уравнение регрессии в канонической форме:

$$Y_{\Delta m} - 4,90 = 1,78X_1^2 + 2,09X_2^2 + 1,46X_3^2, \quad (3)$$

По результатам оптимизации рассматриваемого процесса для того, чтобы обеспечить минимальное отклонение от нормы полива Δm , необходимо принять следующие оптимальные значения факторов, находящиеся в следующих интервалах: диаметр ленточного затвора трубопровода $x_1 = -0,8 \dots -0,6$ (15,6...17,2 мм); отношение диаметра трубы к ее длине $x_2 = -0,1 \dots +0,1$ (0,0059...0,0061); отношение диаметра груши к среднему диаметру трубы $x_3 = -0,2 \dots 0$ (0,432...0,454), которые будут учтены при разработке конструкции мобильного поливного трубопровода и проведении полевых опытов.

Таблица 1 – Факторы, их уровни и интервалы варьирования

Факторы	Уровни фактора			Интервал варьирования, ϵ
	0	-1	+1	
x_1 – диаметр ленточного затвора, мм	30	22	38	8
x_2 – отношение диаметра трубы к длине, единиц	0,007	0,006	,008	0,001
x_3 – отношение диаметра груши к среднему диаметру трубы, единиц	0,543	0,454	0,632	0,089

Список использованных источников

1. Основные концептуальные положения программы развития мелиорируемых земель России [Текст] / Под ред. В.Н. Щедрина, А.В. Колганова. - Новочеркасск, 2004.
2. Автоматизация водоподачи и учет воды на внутрихозяйственной оросительной системе: монография / Овчинников, А.С., Пахомов А.А., Колобанова Н.А., Скворцов В.Ф., Якубов В.В. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 188с.
3. Тарасов Л. И. О применении поверхностного полива в Поволжье // Гидротехника и мелиорация. - 1979. - № 5. - С.41-43.

4. Моделирование процесса водоподдачи в автоматизированном поливном трубопроводе / Пахомов А.А., Суслин Д.А. // *Materialy X Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Aktualne problem nowoczesnych nauk – 2014» Volume 22. Rolnictwo. Weterynaria.: Przemysl. Nauka I studia – 80 str.*
5. Пахомов, А.А. Расчет переходных процессов в каналах с автоматическим регулированием водоподдачи. / Пахомов А.А., Колобанова Н.А., Скворцов В.Ф. // *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, Волгоград №4(20), 2010, с. 176-181.*
6. Сурин, В.А. Механизация и автоматизация полива сельскохозяйственных культур. / Сурин, В.А., Носенко В.Ф. – М.: Колос, 1981. – 271с., ил. – (учебники и учеб. пособия для с.-х. техникумов).
7. Щедрин, В.Н. Оросительные системы России: от поколения к поколению [Текст]: монография /В.Н. Щедрин, А.В. Колганов, С.М. Васильев, А.А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – В 2 ч. – Ч. 1. – 283 с.
8. Поливной трубопровод [Текст]: патент на полезную модель №140738 /Пахомов А.А., Ходяков Е.А., Суслин Д.А., Попов П.С., Колобанова Н.А.
9. Альтшуль, А. Примеры расчетов по гидравлике / Под ред. А.Д. Альтшуля. — М.: Стройиздат, 1977. - 255 с.
10. Розанов Н.П., Гидротехнические сооружения / Н.П. Розанов, Я.В. Бочкарев, В.С. Лапшенков и др.; Под ред. Н.П. Розанова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с., ил. – (Учебники и учебн. пособия для высш. с.-х. учебн. заведений)]
11. Петров Г.А., Гидравлика переменной массы/ Петров Г.А. – издательство Харьковского ордена трудового красного знамени государственного университета им. А.М. Горького, 1964.
12. Мельников, С.В., Планирование эксперимента в исследованиях с.-х. процессов. / Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.М. – М.: Колос, 1972. – 200 с.

УДК 628.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ НА ГРУППОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДОПРОВОДАХ

А.В. Петроченко

Институт водных проблем и мелиорации, г. Киев, Украина

Согласно стандартам Европейской экономической комиссии ООН, государство, в котором запасы пресной воды не превышают 1,7 тыс. м³ на одного человека, считается необеспеченным собственными водными ресурсами. На одного жителя Украины приходится 1,1 тыс. м³ собственных запасов воды, а в маловодные годы этот показатель опускается до 520 м³. Для сравнения, в таких странах Европы как Норвегия, Россия, Финляндия, Швеция, Латвия, Беларусь, на одного жителя приходится соответственно: 86,2; 30,0; 20,4; 18,9; 7,3; 3,8 тыс. м³ воды [1]. Ситуация с обеспечением природными водными ресурсами регионов Украины усугубляется еще и неравномерностью распределения по территории страны речного стока, который, в зависимости от годовых сумм осадков, колеблется от 48,8 до 83,5 млрд. м³. При этом около 70% стока приходится на северо-запад, где проживает около 40% населения страны, а на юго-восточные территории, где проживает почти 60 % населения, приходится 30% речного стока. В связи с этим, одной из главных водохозяйственных задач Украины является обеспечение потребностей в воде агропромышленного комплекса и жителей сельских населенных пунктов. Эта задача решается путем переброски в маловодные регионы днепровской воды по каналам и водоводам.

Для улучшения санитарно-бытовых условий проживания сельского населения, развития экономики и возрождения села еще в 60-х годах прошлого столетия была

разработана государственная программа строительства в Украине около 40 групповых сельскохозяйственных водопроводов (ГСХВ). Многие ГСХВ из-за недостаточного финансирования не были построены, а некоторые построенные эксплуатируются по упрощенной схеме водоподготовки.

Проблема ГСХВ заключается в неудовлетворительном качестве и высокой стоимости воды, которая подается конечному потребителю. Причем низкое качество и высокая стоимость воды – это две взаимозависимые составляющие общей проблемы. Так, например, введение в эксплуатацию в 1991 году, вместо двух, одной нитки Западного группового водопровода (ЗГВ) в Запорожской области стало первой причиной повышения стоимости 1 м³ воды. Площадки и корпуса очистных сооружений, насосных станций и другого оборудования были построены из расчета подачи двумя нитками проектного расхода 200 тыс. м³ воды в сутки. В связи с неполной комплектацией очистных сооружений ЗГВ может подавать не более 75 тыс. м³ воды в сутки. Из-за высокой стоимости воды ЗГВ, объем ее потребления снизился. Многие сельские населенные пункты, отказались брать воду из ЗГВ, пользуясь при этом сильно минерализованной водой из скважин, а также привозной водой. Сейчас ЗГВ подает не более 37 тыс. м³ воды в сутки, в результате чего от водозаборного сооружения на канале Р-9 Каховской оросительной системы до конечного пункта (г. Бердянск) вода проходит путь в 175 км на протяжении 7 суток, теряет при этом свои качества и требует повторной очистки [2].

Целью исследований является научное обоснование концептуальных и технических решений повышения качества и снижения стоимости подачи воды групповыми сельскохозяйственными водопроводами.

Подготовка и обоснование концептуальных и технических решений совершенствования работы ГСХВ осуществлялась на основе исследований процесса загрязнения воды в стальных водопроводах и технико-экономических показателей операций забора, очистки, распределения и подачи воды ГСХВ.

Исследования работы ЗГВ показали, что в отдельные месяцы органолептические показатели качества воды, которая подается в г. Бердянск, превышают норму [3] по цветности в 4 раза, по мутности в 8 раз, по содержанию железа в 10-15 раз [2]. Повышенное содержание в воде железа обусловлено подачей в нее хлорсодержащих реагентов, а также прохождения воды через полости стальных водопроводов большой протяженности. Поскольку другие органолептические показатели качества воды (цветность, мутность, запах, вкус и привкус) во время ее транспортировки групповыми водопроводами ухудшаются вследствие увеличения содержания в воде железа, то в первую очередь возникает необходимость исследования процесса загрязнения воды продуктами внутренней коррозии стальных водопроводов большой протяженности.

В результате проведенных теоретических исследований были получены расчетные зависимости содержания в воде общего железа в узловых точках участков водопровода в виде аддитивных функций такого вида:

$$\gamma_3^i = \sum_{\theta=1}^i \left(\gamma_3^0 + \frac{K_\gamma^\theta \pi d_\theta L_\theta}{Q_\theta} \right), \quad \theta = \overline{1, i}; \quad (1)$$

$$\gamma_3^{max} = \gamma_3^N = \sum_{i=1}^N \left(\gamma_3^0 + \frac{K_\gamma^i \pi d_i L_i}{Q_i} \right), \quad i = \overline{1, N}; \quad (2)$$

$$\gamma_3^i = \sum_{\theta=1}^i \left(\gamma_3^0 + \frac{4K_\gamma^\theta t_\theta}{d_\theta} \right), \quad \theta = \overrightarrow{1, i}; \quad (3)$$

$$\gamma_3^{max} = \gamma_3^N = \sum_{i=1}^N \left(\gamma_3^0 + \frac{4K_\gamma^i t_i}{d_i} \right), \quad i = \overrightarrow{1, N}, \quad (4)$$

где N – индекс конечного участка всего водопровода или его отдельной ветви;

i – индекс промежуточного участка водопровода, находящегося перед N -м участком; θ – индекс участка водопровода, находящегося перед i -м участком; γ_3^0 , γ_3^i , и γ_3^N – содержание общего железа в воде в начальной точке водопровода, в конечной точке i -го участка и в конечной точке N -го участка, г/м³; K_γ^θ , K_γ^i и K_γ^N – скорость загрязнения воды соединениями железа на θ -м, i -м и N -м участке, г/м²с; d_θ , d_i и d_N – внутренний диаметр водопровода на θ -м, i -м и N -м участке, м; L_θ , L_i и L_N – длина θ -го, i -го и N -го участка водопровода, м; Q_θ , Q_i и Q_N – расход воды на θ -м, i -м и N -м участке, м³/с; t_θ , t_i и t_N – период времени прохождения элементарным объемом воды θ -го, i -го и N -го участка водопровода, с.

Функции (1) и (2) справедливы для режима подачи воды при постоянном (условно постоянном) расходе воды в течении суток ($Q_i \cong \text{const}$). Функции (3) и (4) рекомендуются для расчетов содержания железа в воде при $Q_i \neq \text{const}$.

В формулы (3) и (4) входят параметры t_θ и t_i , которые определяют экспериментально. Для этого с помощью хронометра фиксируют время t_i , за которое счетчик воды в конечной точке i -го участка водопровода покажет увеличение объема подачи воды $\Delta V(t_i)$, равное объему V_i полости i -го участка водопровода:

$$\Delta V(t_i) = V_i = \frac{\pi d_i^2 L_i}{4}. \quad (5)$$

Скорость загрязнения воды соединениями железа K_γ^i является параметром, аналогичным скорости коррозии, оцененной массовым показателем коррозии:

$$K_m^i = \frac{\Delta m_\kappa^i}{S_i t_i}; \quad (6) \quad K_\gamma^i = \frac{\Delta m_\gamma^i}{S_i t_i}, \quad (7)$$

где K_m^i – скорость внутренней коррозии i -го участка водопровода, г/м²с; S_i – площадь внутренней поверхности водопровода на i -м участке, м²; Δm_κ^i – масса металла водопровода, которая теряется на i -м участке вследствие внутренней коррозии за время t_i , г; Δm_γ^i – часть массы Δm_κ^i , которая попадает в воду путем диффузии и выносятся потоком воды, г.

Поскольку только часть массы продукта внутренней коррозии Δm_κ^i переходит в массу Δm_γ^i , загрязняющую воду, а ее основная часть остается на внутренних стенках водопровода в виде ржавчины, то из $\Delta m_\gamma^i < \Delta m_\kappa^i$ следует, что $K_\gamma^i < K_m^i$.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что на всех участках ЗГВ скорость загрязнения воды K_γ^i была приблизительно одинаковой, а ее средневзвешенное значение, которое было определено методом наименьших квадратов, составляло $K_\gamma = 1,008 \times 10^{-6}$ г/м²с. Содержание железа в воде на главных очистных сооружениях ЗГВ составляло $\gamma_3^0 = 0,19$ г/м³, а в г. Бердянск вода приходила с содержанием железа $\gamma_3^N = 1,93$ г/м³.

Расчеты с использованием функций (1) - (4) показывают, что для всех ГСХВ, осуществляющих подачу днепровской воды на расстояния более 40 км, требуется повторная очистка воды в местах ее потребления.

Основным концептуальным решением совершенствования работы ГСХВ является замена централизованной технологии подготовки, распределения и подачи воды потребителям децентрализованной технологией, суть которой состоит в следующем. На головных водозаборно-очистных сооружениях ГСХВ воду, взятую из поверхностных водных источников, очищают наиболее дешевым способом, удаляя твердые и гелеобразные примеси. Воду обеззараживают минимальным количеством хлорсодержащих реагентов и подают ее в качестве технической воды в сельские населенные пункты. В населенных пунктах 10-15% технической воды очищают до норматива питьевой воды [3], а остальную ее часть используют для иных хозяйственно-бытовых нужд. Минимальное содержание хлора в технической воде способствует снижению скорости коррозионных процессов, повышению долговечности водопроводов, снижению скорости загрязнения воды железом. Слабо хлорированная техническая вода может быть использована для поения животных, полива садовых участков и огородов.

При децентрализованном водоснабжении групповыми водопроводами распределение воды в сельских населенных пунктах осуществляют по трем основным схемам: дуплексная; бюветная и индивидуальная. Дуплексная и бюветная схемы предусматривают доочистку 10-15% технической воды до качества питьевой на общем очистном сооружении населенного пункта. Отличие этих схем состоит в том, что первая предусматривает подачу по второму трубопроводу питьевой воды в каждую усадьбу, а вторая – в бюветы общего пользования. Индивидуальная схема предусматривает доочистку нужного количества технической воды в каждой усадьбе на локальных очистных установках.

Замена централизованной технологии водоснабжения ГСХВ сельских населенных пунктов на децентрализованную технологию обеспечивает повышение качества воды, а также снижение ее стоимости на 40-70%.

Повышение качества и снижение стоимости воды дополнительно достигается путем совершенствования отдельных операций децентрализованной технологии водоснабжения сел ГСХВ, в том числе путем применения новых технических решений. На рисунке 1 показано береговое водозаборно-очистное сооружение, где очистка воды осуществляется новым способом [4], в котором сочетаются все наилучшие качества фильтрования воды на зернистых фильтрах. Применяются плавающие фильтровальные зерна, которые обеспечивают лучшую очистку воды, чем тяжелые тонущие. Используется восходящее фильтрование воды, которое имеет очевидные преимущества перед нисходящим фильтрованием. Фильтрование осуществляется на многослойном плавающем зернистом фильтре, который имеет большую грязеемкость, а, следовательно, более продолжительный фильтроцикл по сравнению с однослойным фильтром.

Если убрать решетки 19 и 20 в устройстве на рисунке 1, будем иметь плавающий фильтр полифракционного зернового состава, который более удобен в эксплуатации.

Однако для обеспечения работоспособности такого фильтра необходимо изготавливать плавающие зерна каждой фракции из материалов различной плотности. При этом критерием самопроизвольного образования в фильтровальных камерах водочистных сооружений фильтровальных слоев из плавающих зерен меньшего размера выше фильтровальных слоев из плавающих зерен большего размера является превышение скорости всплытия в воде зерен меньшего размера относительно скорости всплытия зерен большего размера. С учетом действия на всплывающие зерна сил гра-

витаии и гидравлических сил (архимедова сила и сила Стокса), критерий самопроизвольного образования в указанном порядке в фильтровальных камерах фильтровальных слоев из зерен различных фракций представляется одним из следующих неравенств:

$$d_i < d_{i+1} \sqrt{\frac{\rho - \rho_{i+1}}{\rho - \rho_i}} ; \quad (8)$$

$$\rho_i > \rho - \left(\frac{d_{i+1}}{d_i}\right)^2 (\rho - \rho_{i+1}) , \quad (9)$$

где d_i и d_{i+1} – диаметр плавающих зерен большего и меньшего размера, м; ρ_i и ρ_{i+1} – плотность материала зерен большего и меньшего размера, кг/м³; ρ – плотность воды, кг/м³.

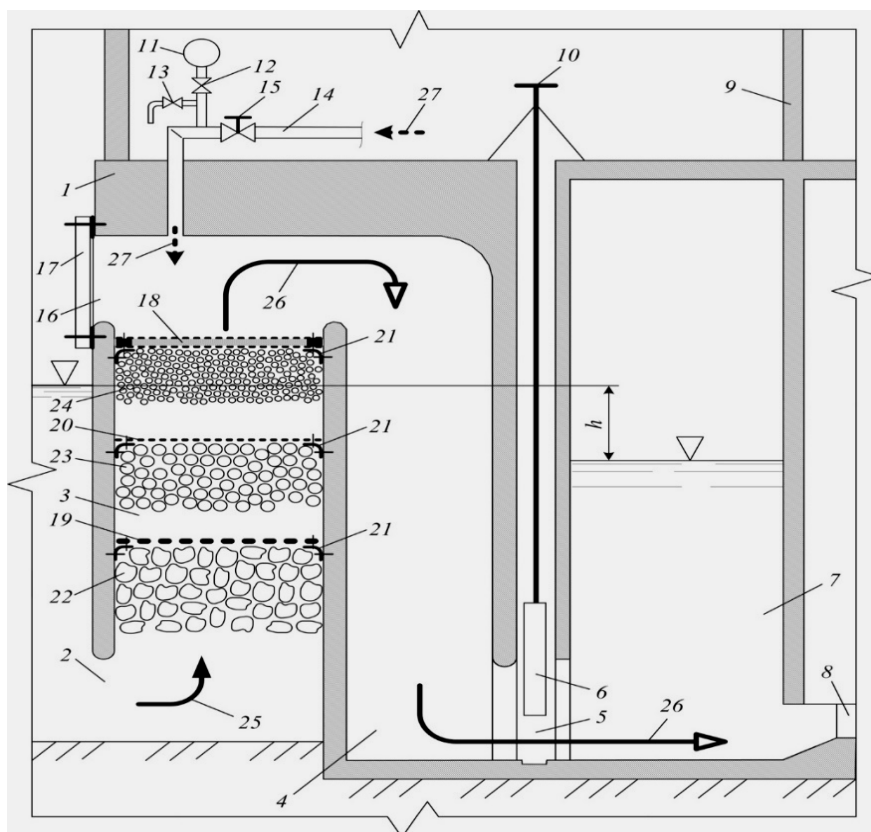


Рисунок 1 - Схема берегового водозаборно-очистного сооружения с восходящим фильтрованием воды на многослойной плавающей загрузке:

1 – корпус сооружения; 2 – водоприемные окна; 3 – фильтровальная камера; 4 – водоприемный сифон; 5 – выпускное окно сифона; 6 – шибер; 7 – прямо-всасывающая камера; 8 – всасывающий трубопровод; 9 – служебный павильон; 10 – механизм подъема шибера; 11 – вакуум-насос; 12 и 13 – вентили; 14 – промывочный трубопровод; 15 – задвижка; 16 – смотровое окно; 17 – люк; 18 – сетчатый фильтр; 19 и 20 – разделительные решетки; 21 – кронштейн; 22, 23 и 24 – крупные, средние и мелкие зерна плавающей фильтровальной загрузки; 25 – исходная вода, 26 – очищенная вода; 27 – промывочная вода

Список использованных источников

1. StatInfo. biz – Международная экономическая статистика [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://statinfo.biz/Data.aspx?act=6467&lang=1>.
2. Петроченко А.В. Проблемы групповых сельскохозяйственных водопроводов Украины и пути их решения. Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы с/х производства: сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО РГАТУ; под ред. Н.В. Бышова. – Рязань, 2013. – С. 151-159.

3. СанПиН 2.2.4-171-10. Государственные Санитарные нормы и правила. «Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком». Утверждены Приказом Минздрава Украины 12.05.2010 №400.

4. Патент Украины на полезную модель №102063. Способ очистки воды в системах водоснабжения / Петроченко А.В. – Оpubл. 12.10.2015, бюл. №19.

УДК 631.58

ОПЫТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В РИСОВОМ СЕВООБОРОТЕ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

А.В. Попов¹, А.А. Дедов²

¹ ФГБНУ ВНИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград, Россия

² КФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Элиста, Калмыкия, Россия

Одним из приемов обеспечения экологически безопасного и высокоэффективного функционирования рисовых мелиоративных агроландшафтов Сарпинской низменности является внедрение ресурсосберегающих технологий возделывания суходольных культур, способных формировать высокие урожаи без полива с использованием остаточных после риса запасов влаги до 320...360 мм. Это позволяет более эффективно использовать орошаемые земли и воду, ускоряет окультуривание периодически затопляемых почв рисовых полей, увеличивает выход растениеводческой продукции [1,2].

В связи с этим, целью исследований являлось разработка агротехнологических приемов возделывания сафлора красильного в рисовых севооборотах, обеспечивающих рациональное использование остаточных после риса запасов влаги и формирование 1,0...1,5 т/га маслосемян.

Сафлор красильный (*Curthamus tinctorius L.*) - культура многоцелевого использования: источник производства растительного масла, высокопитательный корм, сырьё для пищевой и фармацевтической промышленности [3-6].

Экспериментальные исследования по агроэкологическому испытанию различных сортов сафлора красильного в рисовом севообороте и разработке усовершенствованных агротехнологических элементов его возделывания проводились в 2013...2015 гг. на опытных полях ФГУП «Харада» Октябрьского района Республики Калмыкия, расположенных в зоне деятельности Сарпинской обводнительно-оросительной системы.

Схема опыта предусматривала проведение исследований с пятью сортами сафлора красильного: Астраханский-747 (st), Камышинский-73, Александрит, Милютинский-114, Заволжский-1. Посев проводили в первую декаду апреля с шириной междурядий 15 см и 30 см, с нормами высева семян: 300 шт/га, 350 шт/га, 400 шт/га и 450 шт/га.

Результаты полевых исследований по агроэкологическому испытанию пяти сортов сафлора красильного показали, что дружные всходы растений появлялись на 10...12 день после посева. Рост, развитие и продуктивность сафлора красильного зависели от метеорологических условий и исследуемых агротехнологических приемов его возделывания. Так максимальный дефицит испаряемости за вегетацию сафлора красильного наблюдался в 2014 году, что на 69 % больше среднемноголетней величины. Дефицит испаряемости в 2015 году превысил среднемноголетние данные на 28%. Наиболее благоприятным был вегетационный период 2013 года, когда дефицит испаряемости был на уровне средней многолетней величины (превышение на 17 %).

Высота растений является одним из показателей, характеризующим состояние агроценоза. Наблюдения за динамикой линейного роста сафлора красильного показывают, что высота растений зависела от сорта, погодных условий и агротехнического фона. Самые высокие растения на момент уборки сформировались в 2013 году 56,3...82,3 см, что выше на 11,7...12,7 см, чем в 2014 году и на 3,4...7,1 см, чем в 2015 году. Причем высокие растения по годам исследований получены на вариантах у сорта Заволжский-1 в варианте с междурядьем 15 см с нормой высева 400 шт./га.

Продуктивность сортов сафлора красильного зависела от метеорологических условий и варьировала в среднем за три года от 1,03 до 1,51 т/га. При этом в 2013 году урожайность была выше, чем в 2014 и 2015 годах. Это связано с тем, что за период вегетации сафлора красильного в 2013 году количество выпавших атмосферных осадков было на уровне среднегодовых значений и составило 132 мм, что на 72 мм больше, чем в 2014 году.

Урожайность семян сафлора красильного у стандартного сорта Астраханский 747 в 2013 году варьировала по вариантам опыта от 1,32 до 1,61 т/га. Наибольшая продуктивность семян у стандартного сорта была в варианте опыта с шириной междурядий 15 см и нормой высева 350 шт./га, которая по годам исследований составила 1,19...1,64 т/га. При этом необходимо отметить, что повышение нормы высева семян способствовало уменьшению урожайности. Так в вариантах с нормой высева 400 и 450 шт/га урожайность была на соответственно на 0,08 и 0,15 т/га меньше, чем в варианте с нормой высева 350 шт./га.

В варианте полевого опыта при ширине междурядий 30 см урожайность сорта Астраханский-747 в среднем за годы исследований составила 1,21...1,31 т/га. У сорта Камышинский-73 средняя урожайность за три года исследований составила 1,03...1,28 т/га, что на 3...7 % меньше стандартного сорта Астраханский-747. Урожайность у сорта Александрит составила в среднем за три года исследований 0,79...1,11 т/га. У сорта Заволжский-1 наибольшая урожайность 1,32...1,78 т/га сформирована в варианте при ширине междурядий 15 см в варианте с нормой высева 400 шт./га, что на 0,16...0,25 т/га выше, чем у стандартного сорта Астраханский-747. Наименьшая продуктивность отмечена у сорта сафлора красильного Милютинский 114, которая составила в среднем по вариантам опыта 0,71...1,01 т/га.

Как известно, на интенсивность маслообразовательного процесса оказывают влияние, кроме сортовых особенностей, условия внешней среды (элементы питания, температура, обеспечение влагой и другие факторы). Под влиянием этих условий наблюдаются большие колебания и в процентном содержании жира в семенах масличных культур. Результаты исследований показали, что наибольшее содержание жира в семенах сафлора красильного отмечено у сорта Астраханский-747, которое в среднем по вариантам опыта составило 57,7...58,7%.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что в условиях Сарпинской низменности в рисовых севооборотах на остаточных после риса запасах влаги возможно возделывание сафлора красильного, как одной из малоэнергоёмких культур многоцелевого назначения.

Список использованных источников

1. Бородычев, В.В. Адаптивные технологии возделывания сопутствующих культур рисовых севооборотов Сарпинской низменности/В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, С.Б. Адьяев, Г.Н. Кониева, И.А. Ниджляева/ Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012 – 224 с.
2. Дедова, Э.Б. Мелиорирующая роль сопутствующих культур рисовых севооборотов Калмыкии// Э.Б. Дедова, С.Б. Адьяев / Плодородие – №4 (37). - 2007.- С 44-45.

3. Богосорьянская, Л.В. Возделывание сафлора красильного при орошении в условиях засушливых районов Прикаспия/ Л.В. Богосорьянская, А.М. Салдаев, В.А. Сухов / Сб.: Перспективы развития аридных территорий через интеграцию науки и практики - М.: Изд-во «Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук», 2008.– С. 304 - 305.

4. Нарушев, В.Б. Изучение приемов возделывания сафлора в Саратовской области /В.Б. Нарушев, А.Т. Куанышкалиев, Т.А. Желмуханов // Научное обеспечение АПК: Мат-лы науч.-практ. конф. 3-й спец. агропромышленной выставки: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2012 – С.42-43.

5. Ружейникова, Н.М. Адаптивная технология возделывания сафлора в условиях Саратовской области: Рекомендации производству/ Н.М. Ружейникова, Н.Н. Кулева, А.Н. Зайцев/ Саратов. 2012. –30 с.

6. Толмачев, В.В. Сроки, способы и нормы посева сафлора красильного на каштановых почвах Волгоградского Заволжья/В.В. Толмачев/Автореферат на соиск. уч.ст. к.с.-х.наук.- Волгоград.- 2011.-24 с.

УДК 631.74

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОГО РЕЦИКЛИНГА

П.И. Пыленок

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

Современные экологические требования выдвигают задачу снижения антропогенной нагрузки на мелиорируемые агроландшафты в целом и на водные экосистемы в отдельности. Одним из основных отходов гидромелиоративного производства являются дренажные воды гидромелиоративных систем (ГМС), которые имеют ту или иную степень загрязнения, и прямой их сброс в водоприемники не отвечает современному технологическому укладу. В этих условиях проблема утилизации дренажных вод становится важной теоретической и прикладной задачей. К нежелательным последствиям утилизации дренажных вод относится антропогенное эвтрофирование водных объектов, являющихся водоприемниками гидромелиоративных систем гумидной зоны. Для решения этой проблемы в условиях постиндустриальной экономики нами предложена технология гидромелиоративного рециклинга и определены его основные параметры [1]. Вместе с тем назрела необходимость разработки системы методов и способов гидромелиоративного рециклинга.

Материалы и методы. Методическую основу научно-исследовательской работы составляют использование экосистемного анализа для обеспечения комплексного подхода к решению вопросов, связанных с предупреждением и устранением негативного воздействия дренажных вод на природные водоемы, повышением экологической надежности мелиоративных систем, а также применение водного баланса как инструмента количественной оценки дренажного стока и учения о типах водного питания земель (ТВП) [2].

Результаты и обсуждение. При разработке методов и способов гидромелиоративного рециклинга предлагается исходить из следующего понимания данного процесса.

Гидромелиоративный рециклинг рассматривается как утилизация дренажных вод путем их повторного использования для увлажнения и/или вовлечения в последующие мелиоративные циклы.

Метод гидромелиоративного рециклинга - это общее направление, определяющее совокупность приемов получения конечного результата. Поскольку процесс образования дренажного стока в результате осушения и дальнейшее его использование или сброс протекает в системе большого геологического круговорота (БГК) воды и малого биотического круговорота (МБК), то с учетом этого представляется целесообразным выделить два метода гидромелиоративного рециклинга.

Во-первых, это уменьшение объема поступления дренажных вод в большой геологический круговорот воды, что позволяет снизить объемы выноса питательных веществ из почвы, уменьшить степень загрязнения природных водоемов биогенными и токсичными веществами.

Во-вторых, это увеличение объема использования дренажных вод в малом биотическом круговороте воды, что позволяет ассимилировать дренажные воды и содержащиеся в них вещества в биоценозах, повысить продуктивность и экологическую устойчивость агроландшафтов.

Способы гидромелиоративного рециклинга, представленные в таблице 1, следует применять с учетом качества дренажных вод.

Таблица 1 - Методы и способы гидромелиоративного рециклинга

Метод гидромелиоративного рециклинга	Способ гидромелиоративного рециклинга
Уменьшение объема поступления дренажных вод в большой геологический круговорот воды	Использование дренажных вод для увлажнения осушаемых земель
	Использование дренажных вод для ренатурализации осушаемых (выработанных) торфяников
	Использование дренажных вод в противопожарных целях
	Повышение аккумулирующей способности рельефа мелиорируемого агроландшафта
	Повышение влагоудерживающей способности осушаемых почв
Увеличение объема использования дренажных вод в малом биотическом круговороте воды	Применение севооборотов с насыщением влаголюбивыми сельскохозяйственными культурами (многолетние травы, капуста и др.)
	Возделывание быстрорастущих пород деревьев для целей возобновляемой энергетики
	Аккумуляция дренажных вод для водопоя сельскохозяйственных и диких животных
	Формирование гидрофильного почвенно-биотического комплекса

Пресные чистые и условно чистые дренажные воды могут напрямую использоваться для увлажнения осушаемых почв, в то время как загрязненные дренажные воды в этом случае подлежат предварительной очистке (механической, химической, биологической или комплексной).

Загрязненные дренажные воды напрямую могут ограниченно использоваться в противопожарных целях и для ренатурализации выработанных торфяников. Минерализованные дренажные воды при использовании в гидромелиоративном цикле для увлажнения почв подлежат предварительному опреснению и предпочтительному применению путем дождевания, в т.ч. малообъемными способами.

В качестве общих технических решений для реализации способов гидромелиоративного рециклинга 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 [3,4], обеспечивающие экологическую эффективность и пожарную безопасность болотных экосистем и прилегающих территорий;

В качестве техники утилизации дренажных вод по первому методу следует применять апробированные в отрасли шлюзование, поверхностное затопление, дождевание, малообъемные способы орошения, использование дренажных вод для ренатурализации осушаемых (выработанных) торфяников [5]. Повышение водоаккумулирующей способности почв достигается формированием комковатой структуры за счет землевания, применения химмелиорантов, биомелиорантов.

Для реализации второго метода используются типовые агротехнологии, лиманы, пруды-накопители, микробиологические удобрения.

В зависимости от типа водного питания осушаемых земель, степени аккумуляции дренажных вод следует выделять три вида гидромелиоративного рециклинга.

- Оперативный рециклинг, когда для увлажнения используется актуальный дренажный сток в режиме реального времени без применения накопительных емкостей, суточное регулирование (устраиваются емкости суточного регулирования) или недельное регулирование (преимущественно рекомендуется в условиях грунтового и грунто-напорного ТВП); увлажняемая площадь в этом случае определяется из соотношения:

$$F_{увл}^{опер} = 8,64 \frac{F_{ос}}{m_{бр}} \sum_1^{t_{min}} q_i t_i \quad (1)$$

- Сезонный рециклинг, когда сток весеннего периода (предпосевного-посевного) накапливается в прудах-накопителях (или других емкостях) и используется для увлажнения в будущие засушливые периоды вегетационного периода этого же года (преимущественно рекомендуется для грунтово-атмосферного и намывного ТВП); увлажняемая площадь в этом случае увеличивается и определяется из следующего соотношения:

$$F_{увл}^{сез} = 8,64 \frac{F_{ос}}{M_{бр}} \sum_1^{t_{вс}} q_i t_i \quad (2)$$

- Многолетний гидромелиоративный рециклинг, когда аккумулируется дренажный сток влажных лет и используется для увлажнения в вегетационные периоды будущих засушливых лет (преимущественно рекомендуется для атмосферного и склонового ТВП); увлажняемая площадь определяется соотношением:

$$F_{увл}^{мн} = 8,64 \frac{F_{ос}}{M_{бр}} \sum_1^{t_2} q_i t_i \quad (3)$$

В вышеприведенных формулах приняты следующие обозначения:

$F_{увл}^{опер}$, $F_{увл}^{сез}$ и $F_{увл}^{мн}$ - площадь увлажнения дренажными водами при оперативном, сезонном и многолетнем регулировании стока, га; $F_{ос}$ – площадь осушения (водосбора) мелиоративного модуля (системы), га; $m_{бр}$ – поливная (разовая) норма увлажне-

ния, мм; $M_{бр}$ - сезонная (оросительная) норма увлажнения, мм; q_i – модуль дренажного i -го периода, л/с га; t_i - продолжительность i -го периода, сут; t_{min} - продолжительность минимального межполивного интервала, сут; $t_{вс}$ – продолжительность предпосевно-го-посевного периода стока; t_z – продолжительность заполнения накопительных емкостей при многолетнем регулировании.

Заключение

Разработанные методы и способы гидромелиоративного рециклинга являются теоретической основой для создания инновационных гидромелиоративных систем следующего поколения. Ожидаемая эффективность разработки, кроме известной эффективности дополнительного увлажнения осушаемых земель, имеет преимущественно экологический характер, достигаемый за счет предотвращения ущербов загрязнения природных вод и за счет предотвращения ущербов в окружающей природной среде:

1. Отказ от водозабора природных вод для целей увлажнения осушаемых земель;
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. Ренатурализация осушаемых болот и выработанных торфяников;
8. Снижение рисков возникновения пожаров и повышение гидрологического обеспечения их тушения.

Список использованных источников

4. Пыленок П.И., Гавриков А. Обоснование гидромелиоративного рециклинга// Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель: тезисы докл. международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика С. Г. Скоропанова (15-17 сентября 2009г.). - Минск: ИВЦ «Минфина», 2010.

5. Костяков А.Н. Основы мелиораций. 6-е изд., доп. и перераб.- М.: Сельхозгиз, 1960. - 622 с.

6. Пыленок П.И., Бородычев В.В., Салдаев А.М. Осушительно-увлажнительная мелиоративная система. //Патент РФ №2233075, Бюл. №21, 2004, №5, с.35-38.

7. Пыленок П.И. Водооборотные мелиоративные системы в условиях субгумидной зоны//Мелиорация и водное хозяйство, 2004.

8. Пыленок П.И. Ренатурализация осушенных болот: гидрологические предпосылки и технологии//Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2013, №1, с.38-42

УДК 631.615

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНИКОВ ОТ ПОЖАРОВ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

М.И. Ромащенко¹, А.М. Шевченко¹, Д.П. Савчук¹, А.А. Забуга²

¹Институт водных проблем и мелиорации НААН, г. Киев, Украина;

²Ирпенское мелиоративное управление водного хозяйства Киевводресурсов, Киево-Святошинский район, Украина

В Украине на площади около 1,4 млн га распространены разные виды торфяных почв и торфяников, из которых почти 1,1 млн га – в пределах земель сельхозназначения, на преобладающей площади которых построены осушительные системы. Наибольшие площади торфяных почв, естественно, сосредоточены в Полесье.

В пределах распространения органогенных торфяных почв, особенно пересушенных, достаточно высок пирогенный риск, то есть опасность пожаров. Последние приводят к выгоранию торфа, снижению численности биоты, загрязнению атмосферы, значительным экологическим и экономическим ущербам.

В последние годы из-за потепления климата, увеличения продолжительности засушливых периодов наблюдается тенденция к увеличению количества, частоты и площади пожаров на осушенных торфяниках. Так, по данным Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС), если в 2012 году в стране возникло 165 торфяных пожаров, то в 2014 году их количество составило 252, а в 2015 году увеличилось в 3,5 раза по сравнению с 2014 годом. При этом в ряде областей их площади в 2015 г. превышали 200 га.

Характерной в данном случае была ситуация, что сложилась с пожарами в торфяных экосистемах Киевской области, где ГСЧС было зарегистрировано 291 торфяной пожар на площади почти 425 га, тогда, как в 2012 и 2014 гг. их количество составляло соответственно 31 и 65. На протяжении летне-весеннего периода горение торфяников наблюдалось в 11 районах области преимущественно на поймах рек Здвиж, Ирпень, Буча, Трубеж, Недра, достигнув максимума очагов пожаров и охваченных ими площадей в октябре месяце.

Максимальное количество очагов возгорания торфа возникло в пойме р. Ирпень, а наибольшие их площади – в Бородянском районе на пойме р. Здвиж – 77,5 га.

Проведенное визуальное обследование очагов горения торфов и «свежих» торфяных пожарищ в пределах пойм рек Ирпень, Здвиж, Буча, Козка, Рокач в 2015 г. свидетельствуют о значительных, нередко катастрофических, последствиях для торфяных почв, особенно на участках осушения.

В данном контексте «показательным» является пожар, что начался 17.10.2015 года на территории Ирпенской осушительно-увлажнительной системы (ОУС) между осушительными каналами К-72-1 и К-72-2 на площади около 20 га в пределах Белгородского сельсовета Киево-Святошинского района.

Участок характеризуется наличием дренажа с проектной глубиной залегания около 1,0 м, хотя в 2009 г. нами фиксировалось его залегание на глубинах 0,50-0,65 м. Почвы междуканальной зоны представлены торфяниками преимущественно глубокими и средне глубокими. Уровни грунтовых вод (УГВ) в пределах очага пожара по данным наблюдений Ирпенского межрайонного управления водного хозяйства (МУВХ) составляли на протяжении летне-осеннего периода 0,95-1,20 м, то есть дренаж был «сухим».

Земельный участок длительное время не использовался в сельскохозяйственном производстве и находился в состоянии зарастания высокорослой растительностью, что вместе с переосушенной почвой способствовало быстрому распространению пожара на большой площади и практически сплошному выгоранию верхнего слоя торфа на глубину в среднем 0,15-0,30 м, а в отдельных местах – до 0,50-0,70 м. Потери торфяной почвы на участке ориентировочно составляют от 200 до 300 т/га.

Очевидно, своеобразными дымоходами, которые способствовали быстрому распространению огня на значительное расстояние, могли быть сухие гончарные дрены.

Вдоль канала К-72-1 на его откосах и бровках тоже наблюдалось выгорание торфа на глубину 0,2-0,5 м шириной до 1,5-2,5 м с «оголением» устьевых частей гончарных трубок дренажных коллекторов, глубина залегания которых составляет 0,45-0,90 м.

Во многих местах на поверхности наблюдаются обломки керамических дренажных трубок разного диаметра, а также отдельные «открытые» участки дрен. Зафиксировано залегание дрен на глубине 20-25 см (до низа трубки), что свидетельствует о значительной сработке и усадке торфяного слоя за период эксплуатации мелиоративной системы.

Среди факторов риска торфяных пожаров выделяются как природные, так и антропогенные. Анализ условий возникновения пожаров и длительного горения торфов в 2015 г. свидетельствует, что высокий уровень пожароопасности на значительных по площади участках торфяников на осушенных землях сформировали аномально низкое маловодье в бассейнах рек, очень незначительное количество осадков при длительных бездождевых периодах и высокие температуры воздуха, которые привели к снижению почв, высыханию растительного покрова.

Важными факторами формирования пирогенного риска и пожаров на мелиорируемых торфяниках являются хозяйственно-организационные, в частности:

- низкий уровень использования мелиорированных земель по целевому назначению;
- распаивание и нередко незаконная приватизация пойменных мелиорируемых земель с дальнейшим их использованием не по целевому назначению, например, под застройку, без определения ограничений в использовании;
- отсутствие эффективного хозяина внутрихозяйственной мелиоративной сети;
- неудовлетворительное техническое состояние, отсутствие финансирования ремонтных работ на межхозяйственной мелиоративной сети;
- увеличение площадей сельскохозяйственных угодий с потребностью в комплексной реконструкции мелиоративных систем;
- несоблюдение правил противопожарной безопасности или умышленные поджоги и т.д.

Ликвидация торфяных пожаров – очень сложная проблема, решение которой требует привлечения значительного количества материальных и человеческих ресурсов, особенно при длительном «глубинном» горении торфа. К сожалению, на значительной части территорий мелиоративных систем Полесья отсутствует техническая возможность затопления и активного регулирования УГВ. Осушительные системы одностороннего действия, работающие лишь на сброс воды с торфяников, мало способствуют обеспечению активного снижения уровня пожарной опасности и тушению торфяных пожаров.

В контексте решения проблемы минимизации риска торфяных пожаров, обеспечения противопожарной защиты осушенных торфяников определяющими должны быть предупредительные мероприятия, например, контролируемое затопление пожароопасных территорий в жарких условиях, частичное восстановление болот и т.п.

Таким образом, на наш взгляд, для предупреждения неблагоприятных пирогенных ситуаций, повышения уровня противопожарной защиты торфяных почв на осушительных и осушительно-увлажнительных системах в бассейнах рек Украинского Полесья необходимо:

- возобновить эффективное использование мелиорируемых земель с соблюдением природоохранных требований и внедрением покровной культуры земледелия;
- обосновать и провести контролируемую ренатурализацию деградированных и малопродуктивных мелиорируемых земель, т.е. восстановление естественного режима функционирования органогенных почв;

- передать внутрихозяйственные мелиоративные сети в государственную собственность с обеспечением финансирования их эксплуатации;
- усовершенствовать режим эксплуатации мелиоративных систем с учетом изменений условий землепользования и необходимости двойного регулирования водного режима осушаемых почв;
- повысить водообеспеченность территории в маловодные периоды путем устройства противопожарных водоемов на мелиоративных каналах, скважин вертикального дренажа (водозаборных), как гарантированных источников подземных вод на случай тушения пожаров;
- организовать систему мониторинга пирогенных ситуаций, в том числе с использованием спутниковых данных, беспилотных летательных аппаратов, тепловизоров и т.п.

Практическая деятельность УВХ по предупреждению и ликвидации торфяных пожаров на осушительных системах должна быть направлена на решение следующих задач:

- составление схем распространения торфяных почв и очагов пожаров;
- налаживание сотрудничества с органами местного самоуправления, на территориях которых расположены мелиоративные системы или на балансе которых находятся внутрихозяйственные мелиоративные сети, по обеспечению использования владельцами осушаемых угодий по целевому назначению и согласованными требованиями к регулированию водного режима на них;
- привлечение средств землевладельцев (землепользователей) для выполнения работ по приведению к должному техническому состоянию внутрихозяйственных каналов, сооружений на них, в частности, локального углубления каналов как мест обеспечения наличия и возможности забора грунтовых вод на случай тушения пожаров;
- отработка схем обводнения торфяников на случай экстремальных масштабных пирогенных ситуаций;
- обеспечение подачи воды в каналы или затопления территории для пожаротушения.

УДК 634.93

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ И АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В ПЕРСПЕКТИВЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ

О.В. Рулева, Н.Н. Овечко

ФГБНУ ВНИИ агролесомелиорации, г. Волгоград, Россия

История становления и развития мелиоративной науки в России началась в конце XIX века. Первым государственным учреждением по мелиорации стал созданный в 1894 г. отдел земельных улучшений при Министерстве земледелия и государственных имуществ, который занимался орошением и повышением продуктивности земель. До Октябрьской революции 1917 г. в России орошались 3,8 млн га, осушались – 3,2 млн га, было создано около 1000 га лесомелиоративных посадок, главным образом в Поволжье, на Украине, Северном Кавказе и в Центральных районах России. Некоторые из этих насаждений сохранились до настоящего времени. Со сменой власти все работы по мелиорации в стране были приостановлены. Новый старт мелиорационных мероприятий в СССР пришелся на первую пятилетку (1929–1932 гг.). Именно тогда

появляется новое направление в мелиоративных исследованиях – агролесомелиорация. 31 июля 1931 г. вышло Постановление СНК СССР №637 «Об организации лесного хозяйства», 16 сентября 1931 г. Коллегия НКЗ СССР (протокол №003/578) по предложению ВАСХНИЛ организовала Всесоюзный научно-исследовательский лесокультурный и агролесомелиоративный институт (ВНИАЛМИ).

Ведение поливного хозяйства показывает, что одно орошение, без лесных насаждений, устраняет лишь почвенную засуху и не полностью защищает сельскохозяйственные культуры от гибели, вызываемой атмосферной засухой.

Лесные полосы, созданные на орошаемых полях и вдоль каналов, уменьшают скорость ветра на 30-50 %, испарение с почвы и испаряемость с водной поверхности на 20-30 %; повышают влажность воздуха на 2-6 %, снижают температуру воздуха летом на поле на 0,5-1,5 °С и почвы на 0,5-2,5 °С, испарение воды с водной струи при дождевании на 13 %; обеспечивают поступление воды за счет дополнительного снеготопления в слой почвы 50-100 мм; понижают уровень грунтовых вод в степной зоне на 20-30 см и сухой степи на 50-100 см; увеличивают содержание гумуса в почве на 4-13 т/га и повышают урожай сельскохозяйственных культур на 20-40 % [1].

Вместе с тем существуют трудности в эксплуатации орошаемых массивов, которые приводят к засолению, переувлажнению, заболачиванию, что снижает возможности орошаемых и осушенных земель для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В Постановлении Правительства от 26 октября 1938 г. "О мерах обеспечения устойчивого урожая в засушливых районах Юго-Востока" было уделено внимание выращиванию леса (в том числе полезащитных и других защитных лесонасаждений) в степи. В период с 1928 по 1932 гг. было посажено 212 тыс га лесных полос и с 1933 по 1937 гг. – 278 тыс га [2].

К 1941 г. площадь мелиорируемых земель превысила 11,8 млн га, а защитных лесонасаждений было создано свыше 900 тыс га. Но наибольший размах защитное лесоразведение получило в послевоенные годы. В 1945–1965 гг. были восстановлены и частично реконструированы старые мелиоративные системы и построены новые: в зоне Волго-Донского, Кубань-Егорлыкского, Терско-Кумского каналов, Барабинской степи (Западная Сибирь) и др. На мелиорацию в 1966 г. было потрачено 1,7 млрд руб., в 1985 г. – 8,3 млрд руб. Это принесло свои плоды: с 1967 по 1985 гг. площади орошаемых и осушенных земель в СССР достигли своих исторических максимумов: выросли соответственно с 9,8 млн до 19,7 млн га и с 7,5 млн до 14,6 млн га. Доля продукции земледелия, получаемой с мелиорированных угодий, составляла с 20 процентов в 1965 году до 34 процентов в 1983 году.

В 1989 г. в СССР было принято Постановление КПСС, Совмина СССР от 23.10.1984 N 1082 (ред. от 13.01.1989) "О долговременной программе мелиорации, повышении эффективности использования мелиорированных земель в целях устойчивого наращивания продовольственного фонда страны", были разработаны мероприятия по широкому развитию мелиорации земель в СССР. Прделана большая работа по вводу в эксплуатацию орошаемых и осушенных земель, что являлось фактором увеличения производства сельскохозяйственной продукции и ослабления воздействия на земледелие неблагоприятных природно-климатических условий. Были созданы крупные районы орошаемого земледелия в РСФСР, находящиеся в Поволжье и на Северном Кавказе. Также осуществлялись работы по осушению переувлажненных земель в Нечерноземной зоне РСФСР и на Дальнем Востоке. Общая площадь орошаемых и осушенных угодий в РСФСР достигла 11,27 млн га, т.е. 9,9 % от общей пло-

щади пашни. После распада СССР работы по мелиорации были заморожены и показатели пополнились вниз. Объемы защитного лесоразведения также стали уменьшаться и к концу 1991 г. на бывшей территории СССР имелось 5,6 млн га защитных лесонасаждений (без государственных защитных лесных полос (ГЗЛП) и других насаждений не сельскохозяйственного назначения). В агроффере России на начало 1994 г. имелось 2750 тыс га насаждений, в том числе 1233 тыс га полезащитных, 1008 тыс га противозерозийных, 97 тыс га на аридных пастбищах, 360 тыс га на песках и 52 тыс га по берегам малых рек и вокруг поселков [3].

После длительного перерыва в эксплуатации орошаемых земель, связанных с рецессией в экономике страны, методы мелиорации и агролесомелиорации становятся актуальными. В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 (ред. от 19.12.2014 г.) «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» Минсельхозом России совместно с подведомственными профильными институтами разработан уточненный проект концепции Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации», стратегической целью которого является повышение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственного производства и плодородия почв средствами не только мелиорации, но и агролесомелиорации.

Так как Волгоградская область входит в число крупнейших регионов Российской Федерации по территории, населению и экономическому потенциалу и аграрное производство является одним из ключевых видов хозяйственной деятельности, представленных на территории Волгоградской области, то вопросы повышения продуктивности земель за счет мелиорации имеют существенное влияние на экономическое и социальное состояние региона. Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 8,8 млн гектаров, в том числе 5,6 млн гектаров пашни. По размерам сельхозугодий область занимает третье место в Российской Федерации, уступая по этому показателю только Алтайскому краю и Оренбургской области. Все это дает основание утверждать, что Волгоградская область входит в число основных аграрных регионов России.

В соответствии со своими климатическими условиями, Волгоградская и Астраханская области выступают как крупные производители зерна, крупяных культур, масличных культур подсолнечника, горчицы, и др., овощей, фруктов, бахчевых культур. В связи с этим лесные полосы на орошаемых землях должны функционировать в первую очередь в Нижнем Поволжье, где они в комплексе с другими мероприятиями будут способствовать сохранению плодородия почвы, получению более высоких и устойчивых урожаев и изменять экологическую обстановку в целом.

В Прикаспии (полупустынная зона) Астраханским областным управлением сельского хозяйства защитные лесные насаждения (ЗЛН) закладывались из 4-5 рядов с междурядьями 2,5 м и размещением в рядах 0,7 м. При посадке лесных полос по границам землепользований и вдоль водооградительных валов (дамб) с наружной стороны оросительных систем закладывались 4-8-рядные насаждения. На затопляемых площадях сажали осокорь и ясень, вне затоплений – вяз приземистый.

Начавшиеся работы по ирригационному строительству и развитию орошаемого земледелия в Нижнем Поволжье позволили Богдинской НИАГЛОС в 1961 г. получить около 5 тыс га пойменных и богарных земель в Харабалинском районе. Работы проводились на оросительных системах в хозяйствах района (заложено более 100 га насаждений) и на орошаемом участке Богдинской НИАГЛОС, где была создана опытная система ЗЛН протяженностью более 12 км.

В сухой степи (Волгоградское Заволжье) Николаевского района лесопосадочные работы выполнялись на орошаемых землях Кисловской и Заволжской оросительных систем, расположенных в северо-восточной части Волгоградской области. В геоморфологическом отношении район исследований расположен на Приволжской песчаной гряде.

Район относится к зоне с повышенными скоростями ветра, чему способствуют открытые безлесные пространства. Преобладающими, наиболее вредоносными являются ветры восточных, юго-восточных и южных румбов. За год бывает до 20-30 дней с ветрами более 15 м/с, в отдельные дни, преимущественно зимой, до 35 м/с. В течение года отмечается до 8 дней с пыльными бурями.

Средняя лесистость Николаевского района Волгоградского Заволжья 1,9 %, в западной части, где расположен Государственный лесной фонд (ГЛФ), она выше, в восточной - ниже.

ГЛФ составляет более 2,5 тыс га, из которых 2,1 тыс га расположены на песках. Около 3,5 тыс га занимают полезавитные лесные полосы, остальная площадь находится под придорожными лесополосами, насаждениями вдоль каналов, прудов и водоемов.

На орошаемых землях создано около 350 га насаждений. В основном это посадки из тополей (осоко́ря, гибрид тополя пирамидального на осокорь и др.), большая часть которых представлена законченными системами. На землях бывшего ОПХ "Россия" (ООО «Лидер») имеется 70 га лесных насаждений, включая посадки вдоль дорог, магистральных каналов, по границам орошаемых участков. Возраст насаждений 20-40 лет, сохранилось несколько лесных полос 1949-1954 гг. посадки. Первые посадки создавались по древесно-кустарниковому типу из вяза листоватого, клёна ясенелистного, ясеня обыкновенного и зелёного, лоха узколистного и кустарников – акации жёлтой, аморфы, жимолости обыкновенной. Эти насаждения имеют, как правило, от 8 до 16 рядов и плотную конструкцию.

С 1978 г. лесонасаждения на оросительной сети начали создавать с уменьшенным числом рядов. Вдоль магистральных каналов и по границам участков не более чем из 4 рядов, на полях севооборота, как правило, 1-2-рядные. На участках с поливом д. м. "Днепр", ДДА-100М и ДКШ-64 высаживались гибридные тополя (пирамидальный на осокорь и осокорь на бальзамический), берёза, ясень зелёный и вяз приземистый. Имеются экспериментальные посадки из лиственницы сибирской, ореха чёрного и дуба черешчатого с пирамидальной формой кроны [1].

Зональным типом растительности в районе являются полынно-дерновинно-злаковые степи с господством ксерофильных злаков (ковылей, типчака, житняка) и с участием полукустарников (полыней, ромашника). Участки с естественной растительностью сохранились лишь на неудобных землях, остальная площадь распахана. По состоянию на 1992 г. в целом по району пашня составляла 58 %, пятая часть которой орошаемая. В ОПХ "Россия" (ООО "Лидер") пашня занимала 77 % общей земельной площади, в т.ч. 59 % орошаемая. Полив осуществлялся д. м. "ДДА-100М", "ДКШ-64", "Днепр", "Фрегат", "Кубань".

В Волгоградском Заволжье на Кисловской и Заволжской оросительных системах с подачей поливной воды на поля севооборотов по каналам и трубопроводам и с поливом дождевальными машинами с 1969-1979 гг., когда была создана система ЗЛН, при высоких инфильтрационных потерях поливной воды наблюдался значительный подъем уровня грунтовых вод с глубины 6-8 м до корнедоступного уровня (2-5 м) – в среднем на 0,3-0,4 м за сезон. Пополнение грунтовых вод происходило в основном из оросите-

лей и каналов и лишь в отдельных случаях из зон лесных полос при снеготаянии. С 1974 по 1988 гг. грунтовые воды стабилизировались на глубине 1,2-2,0 м, в т. ч. с помощью биологического и инженерного дренажа. На орошаемом участке площадью 2,5 тыс га было более 70 га лесных полос и 11 скважин вертикального дренажа. Лесонасаждения в этот период имели максимальные приросты и водопотребление. Заболачивание и вторичное засоление наблюдалось лишь на отдельных участках, как правило, у магистральных каналов и в микропонижениях. 1992-2005 гг. характеризуются резким сокращением поливных и оросительных норм, выводом части земель из орошаемого севооборота в богару, демонтажом инженерного дренажа, понижением уровня грунтовых вод, ухудшением состояния и даже гибелью защитных насаждений.

Уже в 2011 г. мелиоративный комплекс Волгоградской области становится одним из самых крупных в Южном Федеральном округе. Мелиоративное имущество Волгоградской области в технологическом плане представляло единую систему, в которую входили федеральные головные насосные станции и гидротехнические сооружения с напорными трубопроводами, магистральными каналами, а также перекачивающие и подкачивающие насосные станции, сеть межхозяйственных и внутрихозяйственных трубопроводов областной государственной собственности и дождевальные машины частной собственности.

В 2011 г. площадь всех орошаемых земель в Волгоградской области составляла 233,4 тыс га, в том числе регулярного орошения - 178,8 тыс га, лиманного орошения - 54,6 тыс га.

На оросительных системах эксплуатировалось 14,9 тыс. гидротехнических сооружений, 588 электрифицированных насосных станций. Протяженность оросительной сети составляла 6,2 тыс. км, из них открытой сети – 2,3 тыс. км; закрытой сети – 3,9 тыс. км [4].

Серьезные объемы строительства и реконструкции мелиоративных систем, а также отдельно расположенных гидротехнических сооружений были выполнены в 2015 году в Городищенском, Котельниковском, Светлоярском, Даниловском, Николаевском, Среднеахтубинском и Ленинском районах. Так, только в Городищенском муниципальном районе за год орошение было организовано на площади 910 гектаров. В целом в 2015 г. в сельскохозяйственный оборот в Волгоградской области было введено более 2 900 гектаров орошаемых земель. В Палласовском районе было расчищено 4,5 км оросительных каналов и порядка 10 км подводных путей [5].

В постановлении Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 (ред. от 19.12.2014 г.) [6] уделяется внимание агролесомелиоративным приемам повышения урожайности с/х культур, но решение ведомственной принадлежности лесных полос остается открытым. В данной ситуации, когда сохранность лесных полос составляет 40 % от 1991 г. порядка 450 800 га, необходимо Министерству сельского хозяйства РФ, Департаменту мелиорации выделить средства на создание новых и поддержание старых лесных полос. Так как на фоне других мелиоративных мероприятий лесные полосы обладают долговечностью, стабильностью влияния на окружающую среду и высокой экологической чистотой. Для них характерна низкая себестоимость, но большая и долговременная отдача в виде повышенной продуктивности урожая, воспроизводства и сохранения плодородия почвы. Лесомелиоративный комплекс позволит повысить период эксплуатации оросительной сети, снизить оросительную норму на 10-20 % в зависимости от урожайности сельскохозяйственных культур и получить дополнительную продукцию с каждого гектара пашни.

Список использованных источников

1. Степанов А.М. Экологическая устойчивость и продуктивность орошаемых агролесоландшафтов в Нижнем Поволжье // А.М. Степанов, В.Е. Васильчиков, В.М. Кретинин, О.В. Рулева, А.Г. Ломакин и др. /Волгоград, ВНИАЛМИ, 2008. – 80 с.
2. Постановление СНК СССР, ЦК ВКП(б) от 26.10.1938 N 1169 "О мерах обеспечения устойчивого урожая в засушливых районах юго-востока СССР (Саратовская, Сталинградская, Куйбышевская, Оренбургская, Западно-Казахстанская, Актюбинская области, АССР Немцев Поволжья, северо-восточные районы Ворошиловградской области, северные и северо-восточные районы Ростовской области и юго-восточные районы Воронежской и Тамбовской областей)" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
3. Постановление ЦК КПСС, Совмина СССР от 23.10.1984 N 1082 "О долговременной программе мелиорации, повышении эффективности использования мелиорированных земель в целях устойчивого наращивания продовольственного фонда страны" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
4. Электронный ресурс: <http://fermer.ru/news/48691>.
5. Электронный ресурс: <http://ksh.volganet.ru>.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 (ред. от 15.07.2013г.) «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mcx.ru/navigation/docfeeder/show/342.htm>.

УДК 631.674

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УРОЖАЙ РЕПЧАТОГО ЛУКА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

М.А. Сазанов¹, Р.М. Файзиев²

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

²ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет», г. Элиста, Россия

Опыт возделывания репчатого лука в условиях Нижнего Поволжья при водосберегающих технологиях (капельном орошении) доказал возможность получения урожая до 70 т/га и более [1-4].

В 2012-2014 гг. на территории Республики Калмыкия проводились исследования по разработке технологии возделывания репчатого лука при капельном орошении, адаптированной к аридной зоне [5, 6]. Проводился двухфакторный полевой эксперимент по изучению дифференцированных поливных режимов (фактор А), учитывающих три основных фазы развития растений репчатого лука – период от посева до образования 5-го листа, фазы от 5-го листа до конца формирования луковицы и период созревания луковиц: А₁ – 80...85...80 % НВ; А₂ – 75...80...75 % НВ и А₃ – 70...80...70 % НВ, на фоне различных доз минеральных удобрений (фактор В): В₁ – без удобрений; В₂ – N₉₀P₄₅ и В₃ – N₁₅₀P₈₀.

Рост, развитие и репродуктивный потенциал репчатого лука, как и любого вида сельскохозяйственных растений, тесно взаимосвязан с процессами накопления и перераспределения органического вещества и энергии, ассимилированной в результате фотосинтетической деятельности агрофитоценоза. Основным ассимилирующим органом у лука являются листья [7].

Поэтому в ходе исследований осуществлялись наблюдения за приростом листовой поверхности у лука при капельном орошении на всех вариантах полевого опыта (табл.1).

Таблица 1 - Динамика роста площади листовой поверхности (ассимиляционного аппарата) репчатого лука при капельном орошении с различными вариантами водного и минерального питания (среднее за 2012-2014 гг.)

Поливной режим, % НВ	Дозы минерального питания, кг д.в./га	Площадь листовой поверхности (тыс. м ² /га) по фазам развития растений			
		всходы – появление настоящих листьев	появление настоящих листьев – 5-6 листьев	5-6 листьев – начало формирования луковицы	формирование луковицы – начало созревания луковицы
80...85...80	без удобрений	4,5	10,5	17,5	26,6
	N ₉₀ P ₄₅	5,0	11,6	19,3	29,6
	N ₁₅₀ P ₈₀	5,8	12,9	21,3	32,4
75...80...75	без удобрений	5,2	11,4	18,9	29,1
	N ₉₀ P ₄₅	6,1	13,1	21,5	33,3
	N ₁₅₀ P ₈₀	6,5	14,3	23,6	36,6
70...80...70	без удобрений	4,0	9,1	15,9	24,1
	N ₉₀ P ₄₅	4,7	10,7	18,1	27,2
	N ₁₅₀ P ₈₀	5,3	12,1	20,1	30,3

Установлено, что в начальный период растения лука имеют небольшую листовую поверхность от 4,5 до 6,5 тыс. м²/га, причём её максимальные значения отмечены в варианте поливного режима 75 % НВ и дозе минеральных удобрений N₁₅₀P₈₀. Далее, по мере роста растений, также прослеживается данная тенденция и наибольшие темпы увеличения площади ассимиляционного аппарата достигались в период формирования и начала созревания луковицы (9,1...13,0 тыс. м²/га). Максимальная площадь листьев, сформировавшаяся за сезон, составила 36,6 тыс. м²/га. В варианте режима орошения 80...85...80 % НВ эти показатели были ниже на 4,2 тыс. м²/га (на 9,1 %), а при режиме 70...80...70 % НВ отмечались минимальные площади листовой поверхности (снижение на 20,6 %).

Наращение ассимилирующей поверхности лука характеризуется одновершинной кривой с максимумом в период формирования луковицы.

Аналогичная картина прослеживается и в отношении динамики величин чистой продуктивности фотосинтеза лука при капельном орошении (табл. 2). В течение вегетационного периода активность фотосинтеза возрастала с увеличением площади листовой поверхности. Она способствовала увеличению числа и размеров листьев и, как следствие, более высокому накоплению питательных веществ, для получения луковиц стандартных размеров.

В начальный период («всходы – появление настоящих листьев») значения чистой продуктивности были минимальными (1,17...2,72 т/м² в сутки). Наиболее высокие показатели зафиксированы в варианте поливного режима 75 % НВ и при дозе минерального питания N₁₅₀P₈₀. И далее наблюдалось постепенное их возрастание к периоду «формирование луковицы – начало созревания» до максимума – 3,72 т/м² в сутки в варианте поливного режима 75...80...75 % НВ.

Таблица 2 - Величина активности фотосинтеза репчатого лука в различные фазы развития растений при капельном орошении с различными вариантами водного и минерального питания (среднее за 2012-2014 гг.)

Поливной режим, % НВ	Дозы минерального питания, кг д.в./га	Чистая продуктивность фотосинтеза (т/м ² в сутки) по фазам развития растений				
		всходы – появление настоящих листьев	появление настоящих листьев – 5-6 листьев	5-6 листьев – начало формирования луковицы	формирование луковицы – начало созревания луковицы	созревание – техническая спелость
80...85...80	без удобрений	1,17	1,73	1,82	2,02	1,70
	N ₉₀ P ₄₅	1,79	2,25	2,63	2,94	2,23
	N ₁₅₀ P ₈₀	2,35	2,41	2,80	3,18	2,41
75...80...75	без удобрений	1,33	1,96	2,21	2,43	1,83
	N ₉₀ P ₄₅	2,07	2,78	3,20	3,60	2,36
	N ₁₅₀ P ₈₀	2,72	3,05	3,35	3,72	2,54
70...80...70	без удобрений	1,04	1,55	1,63	1,85	1,50
	N ₉₀ P ₄₅	1,54	2,12	2,46	2,67	2,11
	N ₁₅₀ P ₈₀	1,98	2,24	2,61	2,91	2,28

Однако, затем в фазе до технической спелости, активность фотосинтеза снижается до 2,54 т/м² в сутки. На вариантах поливного режима 80...85...80 % НВ и 70...80...70 % НВ данные показатели ниже, соответственно, на 7,1 и 27,9 %.

Интенсивность фотосинтетической деятельности сказалась и на уровне урожайности. Наибольший сбор луковиц получен в варианте водного режима 75...80...75 % НВ на фоне удобрений N₁₅₀P₈₀ – 64,2 т/га, что на 2,9...6,7 т/га превышает продуктивность при вариантах поливного режима 80...85...80 и 70...80...70 % НВ.

Список использованных источников

1. Бородычев, В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур: Науч. издание /В.В. Бородычев - Волгоград, 2010. – 211 с.
2. Бородычев, В.В. Режим орошения и продуктивность репчатого лука / В.В. Бородычев, В.С. Казаченко// Мелиорация и водное хозяйство. – 2011 - №2 – С. 28-31.
3. Дубенок, Н.Н. Капельное орошение и удобрение репчатого лука /Н.Н. Дубенок, А.И. Болтуков, В.В. Бородычев, В.В. Афиногенов// Вестник с.-х. науки. – 2008 - №5-6. – С. 17-21.
4. Дубенок, Н.Н. Урожайность и качество лука при капельном орошении в ранней культуре /Н.Н. Дубенок, М.П. Бондаренко, В.В. Выборнов// Картофель и овощи. – 2011 - №5 – С. 12.
5. Сазанов, М.А. Влияние минеральных удобрений на продуктивность репчатого лука при малообъемном орошении/ М.А. Сазанов, Р.М. Файзиев// Сборник международной научно-практической конференции «Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия» - Тверь.- 2015. – С. 93-98.
6. Сазанов, М.А. Технология выращивания лука репчатого при капельном орошении в полупустынной зоне/ М.А. Сазанов, Р.М. Файзиев// Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях: сб. науч. тр. Т. 1/ научная редакция Зволинский В.П. – ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2015.- С. 206-209.
7. Рейсмерс, Ф.Э. Физиология роста и развития репчатого лука/ Ф.Э. Рейсмерс/ М.-Л., 1959. – 336 с.

РЕГУЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ДРЕНАЖНОГО СТОКА ДЛЯ ЕГО ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ УВЛАЖНЕНИИ ПОЧВ ГУМИДНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Е.Б. Стрельбицкая, А.П. Соломина

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

За последние 5 лет в земледелии РФ (совместно с лесоводством и рыбоводством) наблюдаются низкие по качеству показатели стоков по сравнению с другими видами экономической деятельности: доля сброшенных без очистки загрязненных сточных вод составила в среднем 20,3 % , а очищенных до нормативного уровня – всего 0,6 % в общем объеме стоков [1]. Кроме того, повторное использование воды в земледелии не превышает в среднем 3,2 %.

В сложившейся ситуации для решения вопросов, связанных с предотвращением загрязнения природных водоемов дренажным стоком и повышением эффективности использования водных ресурсов, формирующихся на локальном уровне в пределах гидромелиоративной системы (ГМС), необходима разработка новых подходов и технических решений, обеспечивающих аккумуляцию дренажного стока и регулирование его качественного состава.

В Нечерноземной зоне РФ, характеризующейся неустойчивым увлажнением, периодическим промывным режимом почв, формирующим дренажный сток, загрязненный биогенными веществами и органическими соединениями, возможности управления антропогенными потоками загрязняющих веществ сводятся в основном к целенаправленному формированию их замкнутого круговорота в хозяйственной деятельности на мелиорируемой территории.

Разработка мероприятий по улучшению качества дренажных вод должна основываться на оценке объемов и гидрохимических характеристик дренажного стока мелиоративных систем и факторов, обуславливающих его формирование и изменения. Их оценка и анализ позволили нам систематизировать мероприятия по регулированию объемов и качественного состава дренажно-сбросных вод (ДСВ) на водосборной территории ГМС гумидной зоны России, результаты которых можно условно представить в виде схемы (рис.1).

Регулирование объемов и качества дренажно-сбросных вод на мелиорируемых землях достигается с помощью использования конструктивных решений по совершенствованию мелиоративных систем и сооружений в их составе по очистке дренажного стока, а также проведением на водосборе мероприятий организационно-хозяйственной, агро-мелиоративной, агротехнической и лесомелиоративной направленности. Наилучшим образом требованиям управления круговоротом воды и химических веществ на осушаемой территории соответствуют водооборотные системы, в которых дренажный и поверхностный сток полностью или частично накапливается (в аккумулирующих емкостях каналов мелиоративной сети, водоемах и прудах-накопителях) с последующим его использованием в засушливые периоды для поддержания заданного уровня увлажнения почвы на сельскохозяйственных угодьях.

Особая роль водооборотных технологий определяется тем, что они замыкают круговорот воды и растворенных в ней химических веществ, обеспечивая экономию водных ресурсов в пределах 500...1200 м³ на гектар в зависимости от типа водного

питания, а биогенные вещества эффективно утилизируются, поступая вместе с дренажной водой в почву [2].



Рисунок 1 – Мероприятия по регулированию объемов и качественного состава дренажных вод ГМС

Регулирование качества дренажных вод, используемых повторно на увлажнение, должно базироваться на положении, что ограничение поступления загрязняющих веществ с оросительной водой возможно на основе нормирования допустимого содержания вредных примесей в воде для орошения и использования технологических приемов повышения качества воды (регулирование качества поливной воды) в соответствии с экологическими нормами. От качества используемой для орошения воды в сочетании с режимом орошения и комплексом агротехнических мероприятий зависит формирование мелиоративного режима, объема и химического состава дренажно-сбросного стока, плодородия почв, урожайности и качества сельскохозяйственной продукции.

Повторное использование дренажных вод без предварительной подготовки возможно лишь в отдельных случаях, когда их общая минерализация и содержание в них загрязняющих компонентов не превышает предельно допустимых концентраций. Однако в большинстве случаев дренажные воды для орошения нуждаются в предварительной подготовке, поскольку могут содержать различные загрязнения в виде биогенных веществ, остатков минеральных удобрений, органических соединений, фенолов, пестицидов и тяжёлых металлов, поэтому в процессе накопления и перед повторным использованием на орошение они должны подвергаться механической, физико-химической или биологической очистке.

Способы и технологии повышения качества воды имеют различную степень изученности, апробации, технико-экономические показатели. Поскольку дренажный сток рассредоточен на больших площадях, имеет переменный объем и химический состав, целесообразно не сосредотачивать значительные объемы дренажных вод, а регулировать их состав в небольших объемах, в местах формирования. Рекомендуется создавать локальные водооборотные системы на небольших участках от 10 до 100 га с регулированием объема и качества дренажных вод, используемых на орошение в критические периоды вегетации, при помощи технологических узлов по очистке от загрязняющих компонентов [3].

К технологиям регулирования качества дренажных вод сформулированы экологические и технические требования [4], заключающиеся в обеспечении снижения загрязняющих веществ до уровня, отвечающего требованиям, предъявляемым к качеству оросительной воды, а также в гибком реагировании на изменение объема и химического состава дренажных вод, технологии должны быть малоэнергоёмкими, технически и финансово доступными.

Сооружения по очистке или регулированию химического состава дренажных вод конструируются в зависимости от объема, динамики химического состава и степени загрязнения воды. В связи с тем, что эти показатели изменяются в процессе эксплуатации гидромелиоративных систем, комплекс сооружений по очистке ДСВ целесообразно разрабатывать на блочно-модульном принципе компоновки. Это позволит путем отключения или подключения отдельных блоков гибко реагировать на изменения количества и качества воды. Компоновка и размещение технологических узлов очистки, кроме того, зависят от конструктивных особенностей мелиоративной системы (накопители дренажного стока в виде прудов или каналов), наличия площадей (например, для реализации биологической очистки). Следует предусматривать в системах очистки анализаторы для контроля за качественным составом поступающих и прошедших очистку дренажных вод.

Таблица 1 – Классификация основных способов очистки дренажных вод гумидной зоны России

Способ очистки	Приемы и условия реализации способа	Степень очистки от основных показателей загрязнения
Аэрация	Использование в конструкциях дренажных систем перепадных и аэрирующих устройств, рассеивающих водовыпусков, рассекателей потока. Узлы для аэрации воды следует размещать при накоплении стока в прудах-накопителях перед последующим использованием на орошение. Целесообразно регулировать степень насыщения воды кислородом до 70-75%, так как далее эффективность работы аэраторов быстро падает.	Создание окислительных условий во всех горизонтах водной толщи: исчезает сероводород, CO_2 и метан; ускоряются процессы минерализации органических соединений, падает содержание ионов аммония, фосфатов, восстановленных форм железа и серы, марганца, общего органического углерода, происходит окисление токсичного Fe^{2+} и других вредных соединений. Повышает эффективность очистки от органических загрязнений на 5...10 % и соединений NH_4^+ на 30...40 % [9].
Сорбционный	В качестве сорбционных фильтров применение натуральных и искусственных материалов: активированный уголь, полимерные ионообменные смолы, сапропель, торф, глауконитовый песок и шлаки, глина, цеолиты, аргиллит, гидроксиды Al и Fe, волокнистый геотекстиль и др. микропористые материалы. Сорбционно-фильтрующие узлы следует размещать непосредственно в дрене, в концевой части открытого	Очистка воды от загрязняющих веществ (растворимых соединений) широкой природы, в т.ч. солей тяжелых металлов, фенолов, пестицидов практически до любой остаточной концентрации. Степень очистки дренажных вод от ионов: кобальта – 96%, железа – 86%, никеля, меди и свинца – 98% [5]; цинка - 97,2 %, магния - 58,5 %, натрия - 27,45 %, железа - 99,83 % [6].
	дренажного канала или в накопителе перед отбором воды для полива, а также создавать фильтрационные площадки.	Степень очистки дренажной воды от пестицидов: ГХЦГ от 67 до 85% [7]; эптама – до 67...72% [8].
Биологический	Применение биоинженерных сооружений – биоплато, ботанических площадок, различных типов биологических прудов, фитофильтрационных каналов и других с культивированием специально создаваемых сообществ водной растительности. Основными видами культивируемых прибрежных растений должны быть тростник, рогоз, камыш, осока и манник, погруженных растений – рдест, элодея, роголистник, уруть.	Снижение содержания пестицидов, ионов тяжелых металлов. Наилучшие результаты обеспечиваются по очистке воды от минеральных форм азота (до 92,6 % по NO_3^- и 93,8 % по NH_4^+) и фосфора – 88,2 %, а также ионов K^+ и Cl^- - 91,9 % [10]. Эффект очистки от ионов тяжелых металлов – 60...90%; взвешенных веществ – 92...97 %; органических примесей (по ХПК) – 60...80 %; SO_4 – 30...40%; фосфатов – 97...99 % [11].

На локальных системах с замкнутым оборотом воды, имеющих накопители дренажных вод и технологические узлы по очистке дренажного стока используются различные методы очистки в зависимости от объема и химического состава дренажного стока, степени загрязнения воды и приоритетных загрязняющих компонентов, а также требований, предъявляемых к качеству воды для повторного использования. В таблице 1 представлена классификация основных способов очистки дренажных вод, приемы и условия их реализации, основные удаляемые с их помощью загрязнения и показатели степени очистки. В связи с тем, что дренажные воды ГМС гумидной зоны не являются сильноминерализованными, предпочтительными мерами улучшения их качественного состава для целей увлажнения (повторного использования) следует считать аэрацию, сорбционный и биологический способы очистки.

Конструирование системы сооружения и управление ее функционированием должно осуществляться с учетом взаимодействия с другими экосистемами, путем целенаправленного выбора технологических решений таким образом, чтобы процессы детоксикации загрязняющих веществ обеспечивали требуемое качество воды. Технологические схемы и приемы обработки и улучшения качества дренажных вод перед их повторным использованием корректируется в процессе привязки к конкретным условиям. Комплексное использование различных методов очистки в технологиях регулирования качества дренажных вод и специальные сооружения и устройства в составе ГМС создает предпосылки безопасного внутрисистемного повторного использования дренажных вод для орошения.

Выводы

Возможности регулирования объемов и качества дренажного стока мелиоративных систем гумидной зоны России сводятся в основном к целенаправленному формированию замкнутого круговорота воды и растворенных в ней загрязняющих веществ мероприятиями на водосборной территории (схема).

Способы и технологии направленного регулирования качественного состава дренажных вод в целях подготовки для повторного использования, компоновка и размещение технологических узлов очистки дренажного стока могут быть различными. Предпочтительными мерами улучшения качества дренажных вод гумидной зоны России для целей увлажнения следует считать аэрацию, сорбционный и биологический способы очистки.

Список использованных источников

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году» [Электронный ресурс]. Версия 20/07/2015 // Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/online/detail.php?ID=141663>
2. Пыленок, П. И. Природоохранные режимы и технологии мелиорации переувлажненных сельскохозяйственных земель [текст] / П.И. Пыленок: автореф. дис. на соискание уч. степени д.т.н. – М., ВНИИГиМ, 2005. 56 с.
3. Кирейчева, Л. В. Повторное использование дренажного стока для локальных участков орошения. 22.04.2010 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.eecsa-water.net/content/view/501/52/lang,ru/>
4. Безднина, С. Я. Водоотведение в мелиорации и защита водных экосистем от загрязнения [Текст] / С.Я. Безднина, Е.В. Овчинникова // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства. Материалы юбилейной международной конференции. Том 1. – М., 2009. – С. 373-380.
5. Кирейчева, Л. В. Способ очистки дренажного стока и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2091538, МПК⁶ Е 02 В 11/00 / Л.В. Кирейчева. ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова / Заявка 94039658/13, 21.10.1994. Оpubл. 27.09.1997, БИ № 27
6. Кропина, Е.А. Повторное использование дренажно-сбросных вод на оросительных системах Нижнего Дона. Диссертация на соискание уч. степени к.т.н. – Новочеркасск, 2010. - 179 с.

7. Жарков, В.В. Сооружение для очистки коллекторно-дренажных и сточных вод. Патент РФ № 2062634, МПК⁶ В 01D 36/04 / В.В. Жарков, Р.З. Утяганов, Д.В. Жарков. «Туркменгипроводхоз» / Заявка 5037476/26, 25.02.1992. Оpubл. 27.06.1996.
8. Щедрин, В. Н. Очистка дренажно-сбросных вод от вредных примесей [Текст] / В.Н. Щедрин, А.С. Капустян // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 6. – С. 33 – 34.
9. Мешенгиссер, Ю. М. Теоретическое обоснование и разработка новых полимерных азраторов для биологической очистки сточных вод [текст] / Ю.М. Мешенгиссер: Дисс. на соискание уч. степени д.т.н. – М, ФГУП «НИИ ВОДГЕО», 2005.
10. Голченко, М. Г. Способ очистки сточных, загрязнённых поверхностных и дренажных вод, а также устройство для его осуществления. Патент РФ № 2092455 С1. МПК⁶ С02F3/32 / М.Г. Голченко, В.С. Брезгунов, В.И. Желязко, Н.Н. Михальченко, Ю.А. Мажайский. Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова / Заявка 93010419/13, 21.03.1993. Оpubл. 30.09.1997, БИ № 28.
11. Магмедов, В. Г. Биоинженерное сооружение. А. с. СССР № 1057438 / В.Г. Магмедов, Л.И. Яковлева / ВНИИВО, «Харьковгипроводхоз». Оpubл. 30.09.1983 Бюл. № 44.

УДК 631.6:628.632

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА

Х.А.Таттибаев, М.Д. Киценко

ТОО «КазНИИВХ», г. Тараз, Республика Казахстан

В целях сохранения и воспроизводства плодородия почв, рационального использования минеральных удобрений и создания на этой основе условий устойчивого производства сельскохозяйственной продукции необходимо организовать производство отсутствующих на рынке низкоэнергетических, экологически безопасных комплектов для поверхностного полива с дискретной подачей воды.

Дискретная технология поверхностного полива в сочетании с комплексом агротехнических, мелиоративных, хозяйственно-организационных и др. мероприятий призвана обеспечивать оптимальные режимы увлажнения корнеобитаемых горизонтов почв по всей длине борозд, полос при высоком качестве полива и получении высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур с экономией водных, трудовых и энергетических затрат.

Предлагаемая дискретная технология поверхностного способа полива обеспечивает качественный полив без потерь воды на испарение, сброс и глубинную фильтрацию, недопущение эрозии почвы, перевод конденсированной воды из приземного слоя воздуха в почвенные влагозапасы. Она повышает равномерность увлажнения почвы вдоль длины поливных борозд во всем активном слое почвы, расширяет контур ее увлажнения, улучшает аэрацию в активном слое. Также стабилизируется температурный режим почвы, минимизируются колебания влажности в ее поверхностном слое. Кроме того, она способствует автоматизации процессов орошения, повышению производительности труда поливальщиков. Обеспечивает максимальное снижение потерь воды на сброс, глубинную фильтрацию и достижение равномерного увлажнения борозд по всей их длине [1].

Сущность технологии заключается в том, что поливной ток воды распределяется между двумя и более участками по бороздам или полосам многократно поочередно с паузой дискретным циклом (дробно) в несколько приемов без сброса воды в конце участка. Полив складывается из двух фаз (периодов) – добегающего и доувлажнения. Подачу воды осуществляют поверхностно с большими расходами, но неразмывающими почву слоем воды, поочередно. Вначале по сухим, а затем несколько раз по

увлажненным бороздам (полосам), и полив продолжают до тех пор, пока заданная поливная норма не будет распределена по площади равномерно, причем за предельно короткий промежуток времени. Периодическое наполнение и опорожнение борозд улучшает условия перераспределения поливной нормы по длине. Для увеличения равномерности увлажнения почвы по длине борозд, добегание воды по увлажненным бороздам не должно превышать $\frac{3}{4}$ ее длины. В результате равномерность увлажнения почвы при дискретном поливе достигается за счет строгого чередования импульсов и пауз. Это предъявляет более высокие требования к средствам полива, к их способности к цикличной подаче струи с заданным расходом добегания.

Опыт применения данного способа орошения показывает, что при том же объеме оросительной воды орошаемая площадь увеличивается на 40-45 % по сравнению с обычным поливом по бороздам, время полива сокращается на 1-3 часа, при этом повышается экономия оросительной воды на 20-30 %, производительность труда увеличивается в 2-3 раза. Кроме того, дискретная технология полива с переменным расходом позволяет сократить оросительную норму, а следовательно и затраты на поливную воду в 3 раза. Внедрение дискретной технологии полива по бороздам рекомендуется на хорошо спланированных участках с уклоном 0,0001-0,01. Водопроницаемость почвы должна быть желательна в пределах 4-10 см/час [1].

В КазНИИВХ разработаны конструкции технических средств автоматизации полива: поливной модуль самотечной земляной сети СЗС-0,5; поливной модуль самотечной земляной сети ЛС-1,5; автоматизированный оросительный модуль АОМ; техническое средство гидроавтоматизации водораспределения ТСГВ.

Разработки СЗС-0,5, ЛС-1,5, АОМ, ТСГВ направлены на обеспечение фермеров доступными средствами механизации поверхностного полива, простыми как в изготовлении, так и в эксплуатации.

Конструкция ТСГВ (рис. 1) при поверхностном поливе позволяет осуществлять их применение на поливных участках с различными почвенно-мелиоративными условиями путем задачи его технологических параметров в соответствии с параметрами дискретной технологии полива конкретного участка [2].



Рисунок 1 - Производственное испытание ТСГВ на экспериментальном полигоне

ТСГВ состоит из исполнительного, органа, гидравлического программного устройства и узла клапана отключения. Полив производится периодическим переключением поливного тока на два смежных участка.

Отличительная особенность разработки заключается в исполнении конструкции гидравлического программного устройства. Здесь для работы исполнительного органа используется потенциальная энергия воды, заключенная в корпусе программного устройства путем перевода ее в гравитационную емкость исполнительного органа.

Полевые испытания ТСГВ проведены в фермерском хозяйстве «Алтыкара» Жамбылской области на площади 10 га, занятых разными видами овощных культур и кукурузой на зерно [2].

Подвод воды к ТСГВ осуществлялся от оросительной системы с помощью гибких мелиоративных шлангов. В силу того, что испытание устройства согласно методике проводится подачей расхода воды к бороздам с изменением величины поливных струй в каждую борозду от 0,3 до 2,0 л/с, обеспечение экспериментального участка поливным током осуществлялось в пределах 1-10 л/с [2].

Для установления уклонов проводились нивелировочные работы по дну каждой из поливных борозд через пять метров по ее длине. В результате получен общий уклон борозд 0,0006 с отметками микропонижений и микровозвышений в пределах $\pm 3-5$ см. Уровень грунтовых вод участка находился ниже 5 м и не влиял на процесс полива.

Возделываемая культура – кукуруза, ширина междурядья $a = 0,7$ м, глубина борозды $h_b = 0,15$ м, ширина по дну $b = 0,05$ м, коэффициент откоса борозды $m = 1,0$ [2]. Расчетная поливная норма определялась по формуле А.Н. Костякова, а элементы техники полива по бороздам по методике Л.М. Лактаева.

Во время опыта фиксировалось время добегания лба поливной струи до каждого створа, которые располагались через каждые 10 м по длине борозд, глубина воды в каждом створе и время замера глубины воды в створах при каждом импульсе в процессе полива. Замеры проводились от начала прохождения воды через створ до спада уровня воды в них до нуля. В момент достижения лба струи расстояния, равного 85 % длины борозды проводилось переключение подачи воды на смежный участок и фиксировалось время переключения.

При составлении программы полива для гидравлического программного устройства определялись начальные углы расположения подвижных секторов, соответствующие продолжительности подачи импульсов для полива по сухим бороздам.

По технической характеристике часового механизма программного устройства, устанавливались углы α_1 и α_2 расположения первого и второго подвижных секторов соответственно от начальной точки отсчета 0 (рис. 2) [2].

При испытании устанавливалось время переключения исполнительным органом ТСГВ поливного тока и время сработки клапана отключения на прекращение подачи воды к устройству. Данные опыта приведены в таблице 1.

Отклонение от средней поливной нормы составила 1,4 %, что говорит о способности данной конструкции обеспечивать достаточную точность выполнения заданной технологии полива.

Освоение и применение ТСГВ позволит исключить непроизводительные сбросы поливной воды, снизить потери воды на глубинную фильтрацию и довести коэффициент использования воды (КИВ) при поливе до 70-85 % [2]. Обеспечивает экономию оросительной воды до 25 % за счет снижения потерь на фильтрацию, и непроизводительные сбросы. Дополнительных энергетических ресурсов не требует,

при этом обеспечивается сохранение плодородия почвы за счет уменьшения выноса гумуса на 90 % и внесенных минеральных и органических удобрений. Урожайность повышается на 18...20 %, в результате повышения качества полива, коэффициент увлажнения достигает $K \geq 0,85-0,90$, улучшается водный, воздушный и тепловой режимы почвы при сохранении ее структуры, обеспечивает сохранение и благополучие агроландшафта орошаемого поля [2].

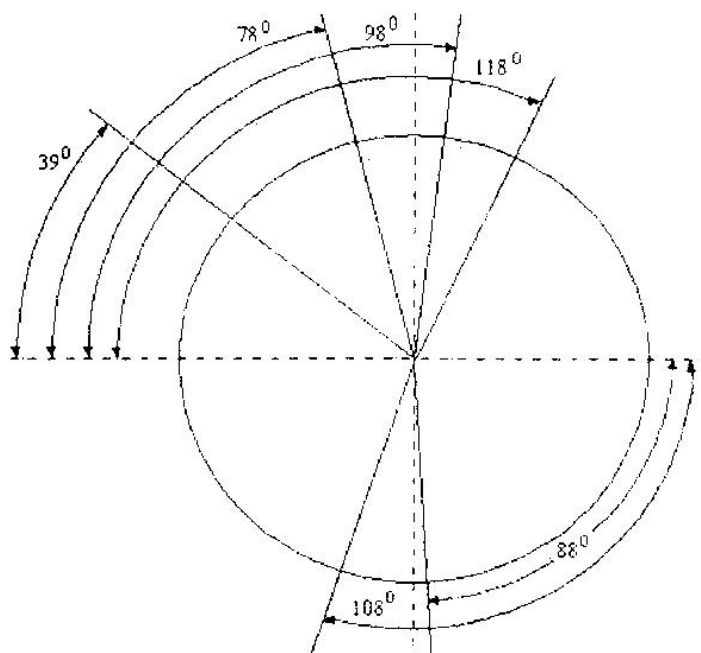


Рисунок 2 - Углы расположения подвижных программных секторов для принятой технологии полива

Таблица 1 - Качество выполнения ТСГВ принятой технологии полива.

№№ импульса	Продолжительность импульсов, мин		Отклонение импульсов от принятой технологии, мин	Продолжительность полного технологического цикла, мин			
	по принятой технологии	опытная		по принятой технологии	экспериментальная	отклонение	
						мин	%
1	168	171	+3	504	511	7	1,4
2	168	173	+5				
3	42	40	-2				
4	42	38	-4				
5	42	44	+2				
6	42	45	+3				

Предложенная технология полива позволяет устранить недостатки традиционных способов орошения, а именно предотвратить потери воды на сброс, сток, инфильтрацию, уменьшить затраты поливной воды, предотвратить деградацию почв, повысить плодородие орошаемых земель, урожайность и качество полива.

Список использованных источников

1. Вагапов Р.И., Таттибаев А.А., Таттибаев Х.А. Разработать технологию автоматизации – водораспределения, водоизмерения и полива сельскохозяйственных культур: Отчет о НИР/ ДГП «НИВХ».- Инв. №0204РК01079. – Тараз, 2005.

2. Таттибаев А.А., Таттибаев Х.А. Разработать технические средства гидроавтоматизации водораспределения на элементах оросительной сети»: Отчет о НИР (заключительный) /КазНИИВХ. - Тараз, 2008

УДК 631.674.5

РАЗРАБОТКА СТАЦИОНАРНОГО МОДУЛЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО УВЛАЖНИТЕЛЬНОГО ДОЖДЕВАНИЯ ДЛЯ САДОВ ИНТЕНСИВНОГО ТИПА

А.А. Терпигорев, А.В. Грушин, С.А. Гжибовский
ФГБНУ ВНИИ «Радуга», г. Коломна, Россия

С увеличением температур и продолжительности их действия транспирация растений резко увеличивается, содержание воды в тканях растений снижается ниже оптимального уровня, с которого начинается депрессия фотосинтеза. В результате обезвоживания жизнедеятельность растений снижается. Депрессия фотосинтеза для большинства культур начинается с температуры 18...28 °С и продолжается с 8 часов утра до 18 часов вечера. Продолжительность периода с температурой выше 25 °С может достигать от 44 дней до 120 дней и сопровождаться суховеями со скоростью ветра 1,8...4,3 м/с и штилями продолжительностью от 5 до 35 дней. Одним из путей защиты растений от действия повышенных температур является повышение увлажненности воздуха, снижение его температуры и восстановление водного баланса растений. Наибольшему воздействию температурных колебаний подвержены сады интенсивного типа, имеющие, как правило, неглубокую корневую систему.

Для увеличения продолжительности поддержания влажности приземного слоя воздуха и снижения температуры листовой поверхности растений при неблагоприятных состояниях внешней среды (воздушные засухи и суховеи) целесообразно использование мелкодисперсного импульсного мелкодисперсного дождевания (МДД) в автоматическом режиме водоподачи.

МДД может быть использовано как самостоятельное орошение в регионах с достаточным увлажнением, а для районов с умеренным и недостаточным увлажнением – как составная часть комбинированных систем, например, с капельной, так как при капельном орошении на создание микроклимата надземной части растений расходуется не более 2 % подаваемой оросительной воды, что недостаточно в периоды депрессии фотосинтеза. С применение аэрозольного увлажнения на увлажнение воздуха расходуется основная часть оросительной воды – 95...98 %, не создавая практически запаса влажности в почве.

Эффективным размером диспергированных капель воды считается 50...600 мкм. Но по группам растений этот показатель отличается. У растений с листьями, имеющими выраженный восковой налет, оптимальная крупность капель 50...300 мкм. Более крупные капли - 400...500 мкм и более, - стекают по поверхности, сливаются и скатываются с поверхности листа на землю. Количество воды, подаваемое за один импульс или проход агрегата, должно, с одной стороны, обеспечивать достаточно сильное и продолжительное влияние на фитоклимат посевов, а с другой стороны, - полное удержание влаги на листовом покрове. Разовая норма увлажнения должна находиться в пределах 0,8...1 м³/га. Максимальная водоудерживающая способность

поверхности сельскохозяйственных культур составляет 3...4 м³/га и они могут быть удержаны только при достаточно равномерном распределении капельной влаги по листовой поверхности, но на практике из-за неравномерности увлажнения растительного покрова максимальная норма разового увлажнения должна быть в полтора-два раза меньше. Периодичность подачи воды в термически напряженное время суток – через 1...2 ч. Необходимое число циклов увлажнения определяется скоростью испарения капель диспергированной воды с поверхности растений. Объем расходуемой за сутки влаги должен обеспечивать поддержание регулируемых параметров фитолимата посевов в рекомендуемых пределах. По данным многих авторов, средняя за вегетационный период суточная норма увлажнения находится в пределах 2...7 м³/га.

ВНИИ "Радуга" разработаны варианты технологических модулей системы мелкодисперсного дождевания с различными видами управления импульсной подачи воды: гидромеханическим и электрогидравлическим.

Основой для разработки системы для садов интенсивного типа была использована стационарная система мелкодисперсного дождевания с высотой установки распылителей 9...12 м, что требовало дополнительной системы крепления мачт.

Стационарная система для надкоронового мелкодисперсного дождевания в высокорослых садах включало мачту высотой 9...12 м и поворотную штангу с диспергаторами (форсунками). Штанга самоустанавливалась перпендикулярно направлению ветра. Оборудование работало по принципу гидродинамического диспергирования воды. При скорости ветра 3...6 м/с средняя интенсивность дождя составляла не менее 0,06 мм/ч.

Переход на технологию низкорослых садов, с высотой кроны не более 3,5 м, позволил упростить конструкцию мачты и уменьшить ее высоту до 5 м. Основанием стояка является анкер, выполненный в виде полого стакана с крестообразным ограничителем глубины, служащим и для обеспечения устойчивости от вращения и наклона (рис. 1). Для устойчивости дождевателя основание анкера заглубляется в грунт на 0,7 м, в него помещается стояк и крепится болтом от произвольного вращения.

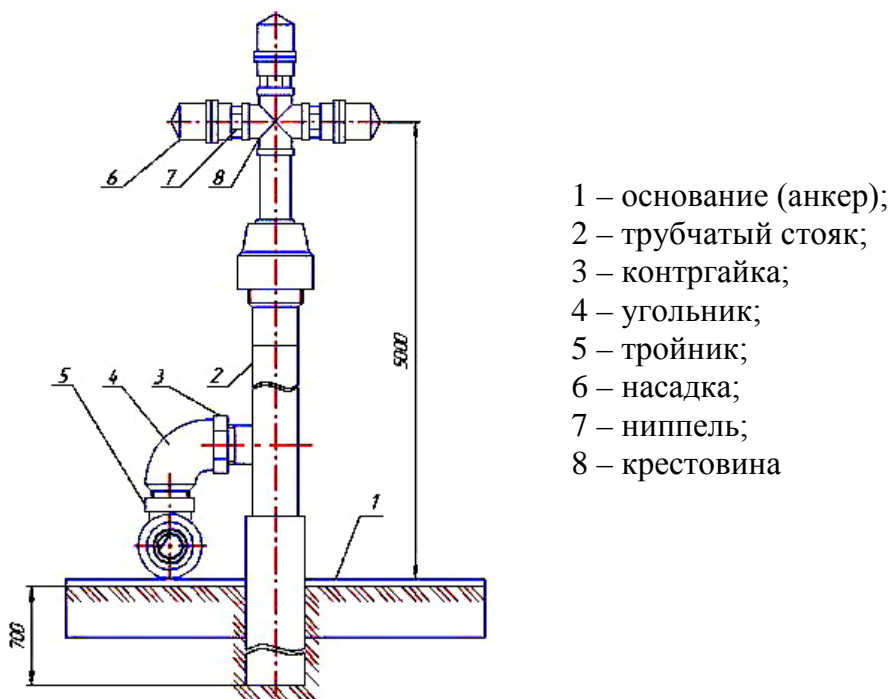
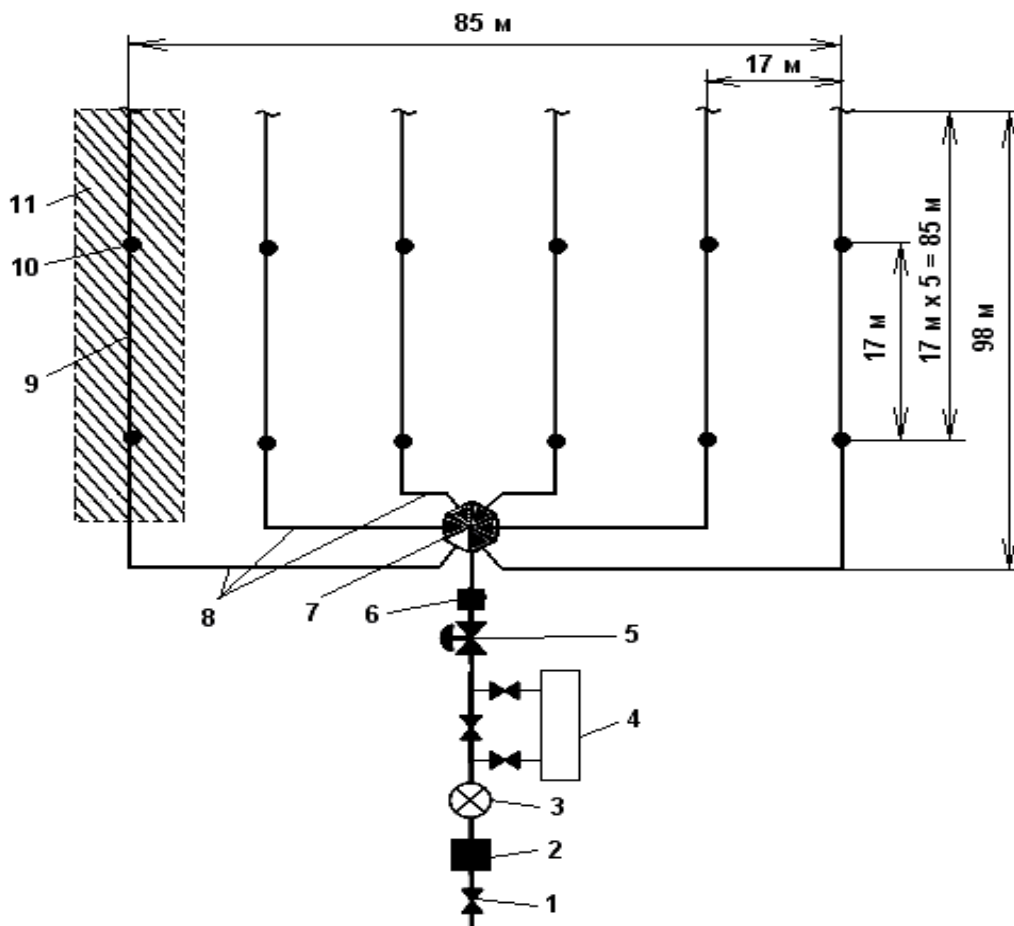


Рисунок 1 – Дождеватель мелкодисперсный

Сезонно-стационарный комплект мелкодисперсного (аэрозольного) увлажнения КАУ-1М (рис. 2), конструкции ВНИИ «Радуга», представляет собой типовой модуль площадью 1 га для увлажнительного импульсного орошения садовых и овощных культур. Комплект аэрозольного орошения КАУ-1М предусмотрен для работы в режиме импульсного автоматического полива на протяжении периода термически неблагоприятных условий окружающей среды (засухи, суховеи, термически напряженные периоды времени суток, заморозки).



- 1 – кран; 2 – фильтр; 3 – счётчик воды; 4 – гидроподкормщик; 5 – клапан с таймером; 6 – клапан обратный; 7 – клапан распределительный; 8 – распределительный трубопровод; 9 – поливной трубопровод $d=25$; 10 – дождеватель мелкодисперсный; 11 – зона полива (импульса)

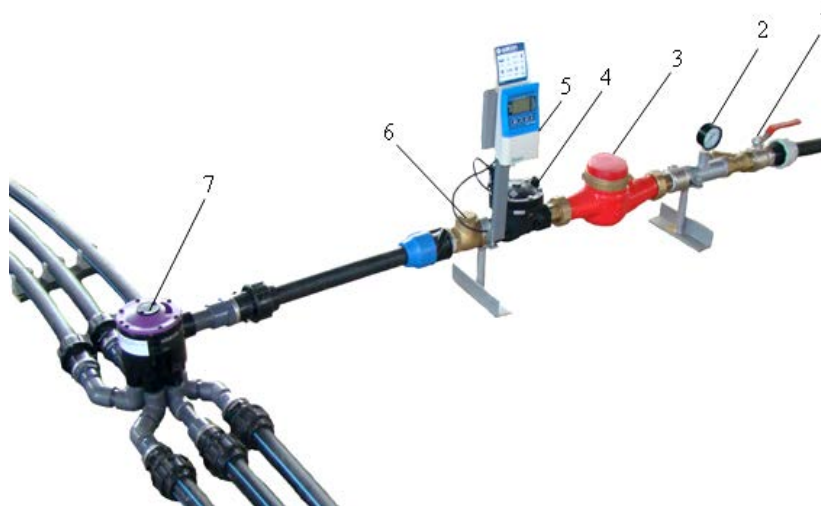
Рисунок 2 – Схема поливного модуля системы аэрозольного увлажнения КАУ-1М

Стояки комплекта выполнены в виде стальной трубчатой конструкции переменного сечения высотой 5 м и весят менее 13 кг, что позволяет одному оператору проводить их снятие и техническое обслуживание.

Энергонезависимый блок управления позволяет задавать импульсы водоподачи и паузы между ними в интервалах, соответствующих расчетным параметрам разовых объемов водоподачи и времени обсыхания влаги с листовой поверхности (рис. 3).

При рассредоточенной установке стационарных диспергаторов на равномерность распределения влаги по площади участка большую роль играет диаметр образующихся капель, наличие и сила ветра, высота установки насадки. Чем мельче капля, тем дальше и равномернее идет распределение влаги по площади. Эксперименталь-

ными исследованиями установлено, что стационарная система мелкодисперсного дождевания может обеспечивать удовлетворительную равномерность распределения слоя осадков только при скоростях ветра более 1,8 м/с. В этом случае коэффициент эффективного полива достигает значения 0,6 (при расстановке дождевателей 17x17 м). Этого вполне достаточно для повышения влажности и снижения температуры воздуха и листовой поверхности при испарении мелких капель дождя с последующим диффузным рассредоточением паров влаги.



- 1 – кран входной с фильтром; 2 – манометр;
3 – счётчик воды; 4 – клапан электроуправляемый;
5 – контроллер-таймер; 6 – обратный клапан;
7 – клапан распределительный

Рисунок 3 – Узел управления модуля

Стационарно-сезонный модуль комплекта мелкодисперсного дождевания прошел приемочные испытания и получил положительную оценку технико-технологических характеристик.

Список использованных источников

1. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справ. – М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2015. – 264 с.
2. В.В. Бородычев. Аэрозольное орошение сельскохозяйственных культур. М.: "Росагропромиздат", 1989. – 72 с.
3. Османов М.М. Стационарная система мелкодисперсного дождевания. Ж-л "Гидротехника и мелиорация", № 10, 1983.
4. Ольгаренко Г.В., Городничев В.И. Дождевальная техника нового поколения//Мелиорация и водное хозяйство. 2006. №2. С.34-36.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

М.Ю. Храбров, Н.Г. Колесова

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

Существующие гидромелиоративные системы в последние годы разрушаются и выходят из строя, а мелиорированные земли переходят в разряд деградированных и малоплодородных земель, требующих окультуривания, коренного переустройства, реконструкции сооружений и возрождения деградированных земель с одновременным восстановлением мелиоративных систем на основе научных достижений за последний период.

Мелиоративные системы можно модернизировать за счет перевода, в ряде случаев, с одного способа орошения на другой (например, дождевание на капельное орошение или на мелкодисперсное дождевание) или замены высоконапорных дождевальных машин на низконапорные. Модернизация существующих дождевальных систем может найти применение при осуществлении этих работ в тех случаях, когда оросительная сеть обладает достаточным запасом прочности и переход на другие технические средства или способы орошения экономически целесообразен.

Оросительные системы должны соответствовать типичным для конкретного региона агроландшафтам, обеспечивать экономию водных, земельных и трудовых ресурсов, экологическую безопасность, сохранение естественного плодородия почв, повышение продуктивности и стабильности сельскохозяйственного производства, минимальные затраты на утилизацию дренажно-сбросного стока, условия труда обслуживающего персонала, соответствующие правилам охраны труда и санитарии. При проектировании оросительных систем необходимо учитывать природно-хозяйственные условия региона, то есть климатические, почвенные, геологические и гидрогеологические, биологические, хозяйственные, водохозяйственные, экологические, экономические условия. Наиболее распространенной дождевальной машиной является ДМУ «Фрегат» [1]. Рассмотрим варианты реконструкции участка орошаемого дождевальной машиной ДМУ «Фрегат». При расчете оросительной сети необходимо установить расчетный напор в любой точке, с тем, чтобы выбрать материал труб в соответствии с расчетным давлением. Гидравлический расчет распределительной сети при замене дождевальных машин на интегральные линии капельного орошения [2] выполняется для трубопровода с непрерывной раздачей воды по фронту, т.е. расчетный расход воды определяется как:

$$Q_p = 0,55Q$$

где Q - расход воды в голове трубопровода.

Потери напора:

$$H = 8 H_T / 15$$

где H_T – потери напора при транзитном расходе воды

Расчетный напор в голове оросительной системы

$$H = H_{hg} + H_o + \sum H_L + \sum H_m$$

где H_{hg} - геодезическая высота подъема воды от водоисточника для самого удаленного или наиболее высоко расположенного гидранта оросительной сети, м; H_o - свободный напор на гидранте, м; $\sum H_L$ - суммарные потери напора по длине трубопровода, м; $\sum H_m$ - суммарные местные потери напора, м.

В соответствии с этой формулой вычисляют расчетные напоры в голове всех распределительных и оросительных трубопроводов для выбора материала труб всех звеньев сети. На участке орошения дождевальной машиной ДМУ «Фрегат» водоподводящая сеть выполнена в виде подземного трубопровода диаметром 150 мм, в котором поддерживается рабочее давление, при этом обеспечивается расход 64 л/с. Площадь участка орошения составляет 64 га при размере его 800 x 800 м (14 опорных тележек) [3].

При выходе дождевальной машины из строя один из возможных вариантов реконструкции систем - переход на капельное орошение с использованием существующего подземного трубопровода для подачи воды в интегральные линии, уложенные на поверхности поля вдоль рядков растений. При проведении такой реконструкции необходима установка фильтрационных узлов, заложение сети распределительных трубопроводов и интегральных линий. Длина подземных распределительных трубопроводов равна половине расстояния между существующими трубопроводами, в данном случае 400 м.

При орошении овощных и пропашных культур интегральные линии могут укладываться через междурядье, и расстояние между ними будет варьировать от 1,2 м до 1,8 м соответственно ширине междурядий 0,6; 0,7 и 0,9 м. Расстояние между водовыпусками капельной подачи в среднем 1 м, при такой плотности установки водовыпусков при подаче поливной нормы 100 м³/га образуется сплошная увлажнённая полоса. Расход водовыпуска 1,6 л/ч, при таком расходе и размещении интегральных линий с интервалом 1,4 м средний расход на один га составит 3 л/с [4].

Распределительный трубопровод может иметь телескопическую конструкцию с последовательным изменением диаметра от 150 до 110 мм, определяемым по расчету. Расстояния между распределительными трубопроводами зависят от расхода воды, подаваемого в него, расход соответственно определяется допустимым рабочим напором. При напоре 0,4 МПа расход составит 64 л/с. Такой расход при подаче через капельные водовыпуски 3 л/с на га обеспечивает, при норме 100 м³/га, возможность одновременного полива до 20 га. Продолжительность полива составит 9 часов. Схема оросительной сети в этом случае предусматривает строительство четырёх распределительных трубопроводов с расстоянием между ними 400 м (табл. 1).

Соответственно, площадь одновременного полива не превысит 16 га, и за сутки можно полить 32 га, минимальный межполивной период составляет 1 - 2 суток.

При снижении рабочего давления до 0,2 МПа и расхода до 32 л/с площадь одновременного полива уменьшается до 8 га, продолжительность полива нормой 100 м³/га составляет 9 часов, а минимальный межполивной период увеличивается до 4 суток (табл. 2).

При возделывании на реконструируемом участке садов, виноградников и ягодных кустарников может быть использован вариант низконапорного капельного орошения, при этом желательно иметь выраженный уклон местности 0,01 и более. Применение низконапорного капельного орошения позволяет обойтись без строительства фильтрационного узла. При высадке растений по схеме 4x2 оросительные трубопроводы размещают вдоль рядка на шпалерной проволоке. При этом особенности низконапорного капельного орошения требуют ограничить расстояние между распределительными трубопроводами до 250 – 300 м.

На каждое растение устанавливают по два водовыпуска расходом 4 л/ч. Расход воды в расчёте на гектар составит 2,8 л/с. В связи с необходимостью увлажнения почвы на глубину 50-60 см поливная норма увеличивается до 250 м³/га, а продолжительность полива до 24 часов. При напоре 0,4 МПа и расходе 64 л/с площадь одновремен-

ного полива составила 20 га, при продолжительности полива 24 часа минимальный межполивной период 1-2 дня. В этом случае может быть использована схема оросительной сети с прокладкой шести распределительных трубопроводов через 270 м и удлинением подводящего трубопровода на 132м (табл. 3).

Таблица 1 - Технические показатели системы капельного орошения с интегральными линиями РАМ, используемой при реконструкции существующей оросительной сети ДМУ «Фрегат» при давлении в сети до 0,4МПа

№ п.п.	Показатели	Ширина междурядий, м		
		0,6	0,7	0,9
1.	Расстояние между интегральными линиями, м	1,2	1,4	1,8
2.	Интервал размещения водовыпусков на интегральных линиях, м	1,0	1,0	1,0
3.	Расход водовыпуска, л/ч	1,6	1,6	1,6
4.	Напор на гидранте, м	40	40	40
5.	Количество водовыпусков, шт/га	8333	7143	5555
6.	Протяженность интегральных линий, м/га	8333	7143	5555
7.	Площадь одновременного полива, га	16	16	16
8.	Протяженность распределительных трубопроводов, м	1600	1600	1600
9.	Производительность фильтра, л/с	64	64	64
10.	Продолжительность полива при норме 100 м ³ /га, ч	7,5	9	11
11.	Межполивной период при норме 100 м ³ /га, сут.	1	1	1

Таблица 2 - Технические показатели системы капельного орошения с интегральными линиями РАМ, используемой при реконструкции существующей оросительной сети ДМУ «Фрегат» при давлении в сети до 0,2 МПа

№ п.п.	Показатели	Ширина междурядий, м		
		0,6	0,7	0,9
1.	Расстояние между интегральными линиями, м	1,2	1,4	1,8
2.	Интервал размещения водовыпусков на интегральных линиях, м	1,0	1,0	1,0
3.	Расход водовыпуска, л/ч	1,6	1,6	1,6
4.	Напор на гидранте, м	20	20	20
5.	Количество водовыпусков, шт/га	8333	7143	5555
6.	Протяженность интегральных линий, м/га	8333	7143	5555
7.	Площадь одновременного полива, га	8	8	8
8.	Протяженность распределительных трубопроводов, м	1600	1600	1600
9.	Протяженность дополнительного водоподводящего трубопровода, м	200	200	200
10.	Производительность фильтра, л/с	32	32	32
11.	Продолжительность полива при норме 100 м ³ /га, ч	7,5	9	11
12.	Межполивной период при норме 100 м ³ /га, сут.	3	3	3

Таблица 3 - Технические показатели системы капельного орошения с низконапорными капельницами, используемой при реконструкции существующей оросительной сети ДМ «Фрегат»

№ п.п.	Показатели	Давление 0,4 мПа	Давление 0,2 мПа
1.	Расстояние между поливными трубопроводами, м	4,0	4,0
2.	Интервал размещения водовыпусков, м	1,0	1,0
3.	Расход водовыпуска, л/ч	4,0	4,0
4.	Напор на гидранте, м	40	20,0
5.	Количество водовыпусков, шт/га	2500	2500
6.	Протяженность поливных трубопроводов, м/га	2500	2500
7.	Площадь одновременного полива, га	11,0	8,0
8.	Протяженность распределительных трубопроводов, м	2400	3200
9.	Протяженность дополнительного водоподводящего трубопровода, м	132	200
10.	Расход в голове распределительного трубопровода, л/с	64	32
11.	Продолжительность полива при норме 250 м ³ /га, ч	24	24
12.	Межполивной период при норме 250 м ³ /га, сут.	5	7

При снижении напора до 0,2 МПа площадь участка одновременного полива уменьшается до 8 га, а минимальный межполивной период увеличивается до 3-4 дней. Для проведения поливов может быть использована схема сети с прокладкой восьми распределительных трубопроводов через расстояние 200 м и удлинением подводящего трубопровода на 200 м.

Таким образом, предложенная технология модернизации дождевальных систем с переводом их на более экономичные и экологически безопасные способы орошения позволяет одновременно сократить затраты на проведение реконструкции за счет использования подземной водораспределительной сети, не выработавшей ресурсы по работоспособности, а также уменьшить энергоемкость процесса орошения. При этом системы малообъемного орошения не требуют планировки полей, что также снижает затраты на их строительство и реконструкцию, упрощают процесс производства работ. Использование существующей водораспределительной сети при реконструкции позволяет снизить капитальные вложения на 25-30 %.

Список использованных источников

1. Маслов, Б.С. Справочник по мелиорации / Б.С. Маслов, И.В. Минаев, К.В. Губер//. - М.: Росагропромиздат, 1989 – с.150-155.
2. Шуравилин, А.В.. Мелиорация. Учебное пособие /А.В. Шуравилин, А.И.Кибика/ /. - М.: ИКФ «ЭКМОС», 2006 – с. 457-464.
3. Шумаков, Б.Б. Орошение 6 /Под ред. Б.Б.Шумакова// Справочник – М.: Агропромиздат, 1990.- с.129-134.
4. Шумаков, Б.Б. Гидромелиоративные системы нового поколения. /Шумаков Б.Б., Храбров М.Ю., Губер К.В. и др.// М. ВНИИГиМ. 1997.С.109.

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ НА МИГРАЦИЮ БАКТЕРИЙ В ПОЧВЕ

О.Е. Чезлова¹, А.Н. Лицкевич¹, А.А. Волчек²

¹Полесский аграрно-экологический институт, г. Брест, Беларусь;

²Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь

Введение

Негативным экологическим последствием применения сточных вод (СВ) животноводческих комплексов для орошения сельхозугодий является бактериологическое загрязнение почв, грунтовых и поверхностных вод, воздуха и растительной продукции.

Несмотря на то, что природные экосистемы не являются благоприятной средой обитания для патогенных микроорганизмов, приспособленных к жизни в организмах человека и животных, многие бактерии СВ могут включаться в биоценозы почв и природных вод, а отдельные виды остаются их постоянными обитателями. Необходимо знать сроки выживания бактерий, возможность размножения и миграции в отдельных компонентах окружающей среды для оценки их, как возможного звена в передаче возбудителей инфекционных заболеваний.

Целью данной работы явилась оценка распределения санитарно-показательных бактерий по почвенному профилю вследствие орошения сельхозугодий осветленными животноводческими СВ селекционно-гибридного центра (СГЦ) «Западный», а также влияние бактериологической составляющей СВ на грунтовые воды. В ходе выполнения работы решались задачи определения микробиологических показателей почв, сточных и грунтовых вод в зоне действия оросительных систем (бактерий группы кишечной палочки (БГКП), бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, энтерококков, сульфитредуцирующих клостридий, нитрифицирующих бактерий, патогенных бактерий рода *Salmonella*, термофильных бактерий, общего микробного числа (ОМЧ)).

Объекты и методы исследования

Объектом исследований являлись почвы ЗПО СГЦ «Западный», микроорганизмы почв, сточных и грунтовых вод. СГЦ «Западный» является крупным свиноводческим комплексом на 90000 голов свиней, где ежедневно образуется около 1000 м³ СВ.

Исследование проводилось в 2014–2015 гг. Исследуемые земледельческие поля орошения (ЗПО) находятся в Брестском районе Брестской области. Годовое количество осадков по метеостанции Брест около 610 мм. Годовое суммарное испарение на территории исследуемого региона составляет 550 мм влаги в год.

Почвы в зоне ЗПО – дерново-подзолистая, глееватая, на связном песке, подстилаемая с глубины 0 – 92 см рыхлой супесью, а с глубины 164 см – глиной.

Зона исследования включала участок, отведенный для орошения СВ – 40 га, занятого многолетними травами с подсевом однолетних. На участке установлены три наблюдательных скважины. Поливная норма СВ составила 110 м³/га. Оросительная норма в 2014 г. составила 2000 м³/га. Стоки вносились с помощью дождевальной установки Omega немецкой фирмы Hydro-Air.

СВ СГЦ «Западный» содержали значительное количество санитарно-показательной микрофлоры: БГКП – 6,2x10³ колониеобразующих единиц (КОЕ) в 100 мл, энтерококков – 6·10² КОЕ в 100 мл, сульфитредуцирующих клостридий 5x10² КОЕ

в 20 мл. В сточных водах обнаружены условно-патогенные бактерии сем. *Enterobacteriaceae*: *Pr.vulgaris*, *Citr.freundii*, *Prov.rettgeri*; *Prov.alcalifaciens*, *Morg.morganii*, а также большое количество неферментирующих бактерий р. *Pseudomonas* 10^3 – 10^4 КОЕ в 1мл. Сальмонеллы в осветленных СВ обнаружены не были.

Отбор проб почвы по почвенному профилю осуществлялся послойно через каждые 10 см до глубины 100 см через неделю после полива СВ. Бактериологический анализ осуществлялся по стандартным методикам [1, 2].

Результаты исследований

Исследования отечественных и зарубежных авторов показали, что при дождевании многолетних трав навозными стоками наблюдается миграция санитарно-показательных бактерий по почвенному профилю на глубину до 100 см. Количество бактерий в почве резко возрастает сразу же после внесения в нее животноводческих СВ, навоза. При этом численность бактерий возрастает в 1,5–2 раза, грибов – в 1,2–3 и актиномицетов – в 2 раза [3]. Общая бактериальная обсемененность таких почв достигает 10^6 КОЕ/г, а коли-титр равен 0,001. Особенно опасно, что в 9,2% исследуемых проб находят сальмонеллы [4, 5]. Во внешней среде данные патогены не размножаются, но длительное время сохраняют жизнеспособность. При норме полива животноводческими стоками $300 \text{ м}^3/\text{га}$, бактерии могут проникать вглубь почвы до 0,5 м и выживать в течение двух-трех лет [6, 7, 8, 9].

Проведенные нами исследования показали, что после полива СВ сельхозугодий нормой $110 \text{ м}^2/\text{га}$ происходят изменения в составе почвенной микрофлоры и ее распределению по профилю. Так, если до полива СВ в пахотном (0–20 см) и подпахотном (20–40 см) слоях почвы отсутствовали лактозоположительные БГКП и энтерококки, то после полива они находились в слое почвы 0–10 см в количестве соответственно $5,43 \times 10^2$ КОЕ/г и $4,35 \times 10$ КОЕ/г. Показатель ОМЧ наиболее высок был в слое 10–20 см – $8,73 \times 10^5$ КОЕ/г. В дальнейшем происходило плавное снижение его и в слое 80–100 см он определялся на уровне $2,3 \times 10^2$ КОЕ/г. Сульфатредуцирующие клостридии в большом количестве также обнаруживались в слое 10–20 см (титр 0,01). Нитрифицирующие бактерии обнаруживались в титре 0,01 до уровня 30 см, в дальнейшем их количество уменьшалось. Термофильные бактерии в наибольшем количестве находились в слое 0–10 см – $1,3 \times 10^4$ КОЕ/г, в слое 20–30 см – от $2,18 \times 10^3$ до $3,27 \times 10^3$ КОЕ/г. В дальнейшем происходит их снижение и в слое 80–100 см их было менее 10 КОЕ/г (табл. 1).

В целом можно сказать, что основная масса санитарно-показательной микрофлоры сосредоточилась в пахотном и подпахотном горизонте, что, возможно, связано с тем, что на уровне 18–40 см находится плотный подзолистый горизонт, обладающий выраженными адсорбирующими свойствами в отношении бактерий.

Рассматривая видовое разнообразие бактерий сем. *Enterobacteriaceae* в слоях почвы, необходимо отметить наибольшее количество видов в слое 0–10 см – 3 вида: *Citr.freundii*, *Pr.vulgaris*, *Pant. agglomerans*. В дальнейшем количество видов снижается и после глубины 30 см они не обнаруживаются. Вид *Pant. agglomerans*, по видимому, является типичным обитателем данного почвенного биоценоза, т.к. обнаруживался в почве до начала полива (табл. 2).

Орошение сточными водами может привести к загрязнению грунтовых вод. По имеющимся данным, грунтовые воды могут загрязняться бактериями в зоне орошения многолетних трав навозными СВ при оросительной среднегодовой норме 250–

320 м³/га (эквивалентно 200–300 кг/га азота) и высоте фильтрующего слоя 1,7 м. При норме стоков 600 м³/га загрязнение грунтовых вод установлено в наблюдательных скважинах с высотой фильтрующего слоя почвы 2,0 м. Микробное число их составило 2,2x10² КОЕ/мл, коли-индекс 27,0±15,9, титр энтерококков 0,1 [6]. Время выживаемости микроорганизмов в грунтовых и подземных водах составляет: кишечной палочки и энтерококка - 400 суток, остальных микробов – значительно меньше [10].

Таблица 1 – Распределение санитарно-показательной микрофлоры по почвенному профилю после полива СВ нормой 110 м²/га

Показатель	Почвенный уровень, см							
	0–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–80	80–100
БГКП лактозоположительные КОЕ/г	5,43x10 ²	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Бактерии сем. Enterobacteriaceae КОЕ/г	3,26x10 ³	4,36x10 ²	4,36x10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Энтерококки, КОЕ/г	4,35x10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
ОМЧ, КОЕ/г	1,63x10 ⁵	8,73x10 ⁵	4,36x10 ⁴	5,13x10 ³	1,03x10 ³	2,13x10 ³	2,29x10 ³	2,3x10 ²
Титр сульфитредуцирующих клостридий, г	0,1	0,01	0,1	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1
Титр нитрифицирующих бактерий, г	0,01	0,01	0,01	0,1	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1
Термофильные бактерии, КОЕ/г	1,3x10 ⁴	2,18x10 ³	3,27x10 ³	4,1x10 ²	4,1x10 ²	4,27x10 ²	3,43x10	<10
Патогенные бактерии р. Salmonella, КОЕ/г	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>

Таблица 2 – Видовой состав условно-патогенных бактерий сем. Enterobacteriaceae в слоях почвы после полива СВ

Почвенный уровень, см		
0–10	10-20	20–30
<i>Citr.freundii</i> <i>Pr.vulgaris</i> <i>Pant. agglomerans</i>	<i>Pant. agglomerans</i> <i>Ent. cloacae</i>	<i>Pant. agglomerans</i>

В наших исследованиях средняя оросительная норма на данном участке составила 2000 м³/га. Через 8 месяцев после поливов была отобрана проба грунтовой воды из наблюдательной скважины. Уровень грунтовой воды составил 1,4 м. Необходимо отметить, что вода соответствовала гигиеническим нормам для поверхностных вод по бактериологическим критериям: общие колиформные бактерии (ОКБ) – 230 КОЕ/100 мл (норма не более 1000), ТКБ и патогенные бактерии отсутствовали. Из бактерий сем. Enterobacteriaceae обнаружен только один вид – *Pant. agglomerans*. Энтерококки находились в количестве < 50 КОЕ/100 мл. О завершении процессов самоочищения

свидетельствует также коэффициент ОМЧ 22°C/ ОМЧ 37°C равный 8 (при завершении процессов самоочищения коэффициент ОМЧ 22°C/ ОМЧ 37°C > 4). Таким образом можно сказать, что при соблюдении установленных норм поливов СВ, состояние грунтовых вод к началу следующего вегетационного сезона соответствует норме.

В целом загрязнения наземных и водных экосистем при поливах СВ можно избежать, разработав режим орошения сельскохозяйственных угодий с учетом соблюдения экологических требований. Для этого необходимо организовать мониторинг почв и природных вод орошаемой территории, а также устроить сеть наблюдательных скважин. Она размещается створами или в виде распределенных по площади точек. Створы устраивают в направлении от области питания в область разгрузки и потенциально подтопляемых территорий. Данные мероприятия позволят оценить конкретную обстановку в зоне действия ЗПО и создать модель трансформации химических и микробиологических загрязнений с целью прогнозирования и контроля их содержания в природных экосистемах.

Заключение

1. После полива сточными водами сельхозугодий нормой 110 м²/га происходят изменения в составе почвенной микрофлоры и ее распределению по профилю: в слое 0–10 появляются лактозоположительные БГКП и энтерококки, увеличивается показатель ОМЧ.

2. Основная масса санитарно-показательной микрофлоры сосредоточивается в пахотном и подпахотном горизонте, что связано с тем, что на уровне 18–40 см находится плотный подзолистый горизонт, обладающий выраженными адсорбирующими свойствами в отношении бактерий.

3. При соблюдении установленных норм поливов сточными водами, состояние грунтовых вод к началу следующего вегетационного сезона соответствует норме.

4. Для предотвращения загрязнения наземных и водных экосистем при поливах животноводческими стоками необходимо разработать режим орошения сельскохозяйственных угодий с учетом соблюдения экологических требований. Для этого необходимо организовать мониторинг почв и природных вод орошаемой территории, а также устроить сеть наблюдательных скважин.

Список использованных источников

1. Инструкция 4.2.10-12-9-2006. Методы санитарно-микробиологических исследований почвы: утв. пост. гл. гос. санит. врача 29 мая 2006 г., № 67. – Минск, 2006. – 32 с.
2. ГОСТ 17.4.4.02 – 84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа: введ.01.01.86. – М., 1984. – 8 с.
3. Иванов, А.Н. Некоторые актуальные вопросы гигиены в условиях промышленного животноводства / А.Н. Иванов // Гигиена и санитария. – 1980. – №3. – С. 68 – 70.
4. Санитарно-гигиенические аспекты использования животноводческих стоков при внутриводочном орошении озимой пшеницы / А.Д. Дорошенко и др. // Гигиена и санитария. – 1983. – № 5 – С. 80 – 81.
5. Санитарно-бактериологическая оценка почвенной очистки сточных вод свиноводческого комплекса / Е.И. Гончарук и др. // Гигиена и санитария. – 1980. – №10. – С.86 – 88.
6. Баранников, В.Д. Охрана окружающей среды при биологической очистке бесподстилочного навоза и использовании его на кормовых угодьях: автореф. Дисс. док. биол. наук. – Москва, 1993. – 47с.
7. Ворошилов, Ю.И. Использование сточных вод животноводческих комплексов на орошение с учетом охраны окружающей среды. Обзорная информация / Ю.И. Ворошилов и др. // Всесоюзный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по сельскому хозяйству. – Москва, 1984.
8. Обеззараживание свиного навоза/И.Д. Гришаев и др.// Ветеринария. -1982.-№6. – С.23 – 24.

9. Mezz H. Wasser als Vektor vor Infektioserregern: Bakterien in Wasser// ZU.Bakt.Microbial.Hyd. 1 Abt.Orig/b. – 1980. –N3. – S.225-274.

10. Забулис, Р.М. Охрана подземных вод Литовской ССР от загрязнений районах крупных животноводческих комплексов. Методические рекомендации. / Р.М. Забулис. – Вильнюс: ЛитНИГРИ, 1988. – 71 с.

УДК 621.646.(088.8)

ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

К. Шайпитенов

Казахский национальный ИТУ им. К.И. Сатпаева, г.Алматы, Казахстан

Одним из важнейших факторов повышения эффективности мелиорации (роста производительности труда, рационального использования водных и земельных ресурсов) является создание и внедрение новых технических решений и технологий механизированного и автоматизированного орошения. Этим и объясняется все более широкое применение закрытых оросительных систем в мелиоративном строительстве, обладающих рядом неоспоримых преимуществ перед открытыми системами.

Показатели закрытой оросительной сети во многом определяются запорно-регулирующей арматурой, устанавливаемой на трубопроводах сети.

Для управления водораспределением на закрытой сети в настоящее время в качестве запорной и регулирующей арматуры широко используются различные типы задвижек и поворотные дисковые затворы. От надежной работы этих устройств в значительной мере зависит отдача орошаемых полей с закрытой сетью и в конечном итоге, себестоимость сельскохозяйственной продукции.

Практика эксплуатации задвижек и поворотных затворов, установленных на трубопроводах закрытой сети, показывает их ненадежную работу. В условиях работы закрытой сети их уплотнения забиваются различными механическими примесями (наносы, плавники), попадающими в трубопровод вместе с оросительной водой. Задвижки для больших диаметров ($D \geq 500$ мм) металлоемки, имеют сложную конструкцию и высокую стоимость. Вследствие значительных усилий для управления запорным элементом, задвижки снабжаются электроприводом. Это предусматривает электрификацию оросительной системы, что приводит к её удорожанию.

Применение задвижек и поворотных затворов большого диаметра для оросительных трубопроводов, наряду с выше указанными недостатками, ограничено их дефицитностью и технологическими затруднениями при монтаже.

Связи с изложенным, разработка запорной и регулирующей арматуры облегченного типа, обеспечивающей надежную работу, требующей меньше усилий для управления, простой в изготовлении и предназначенной специально для закрытых оросительных систем, является актуальной задачей.

Предлагается разработанное запорно-регулирующее устройство, где используется новый тип затвора, основанный на гибком элементе (рис. 1). Оно включает в себя входной и выходной патрубки, цилиндрический корпус, запорный орган, механизм управления затвором. На трубопроводе устройство устанавливают с помощью фланцевого соединения.

Рабочий орган представляет собой заглушенный с одного торца цилиндрический патрубок, по боковой перфорированной поверхности которого перекачивается запорный элемент, выполненный из гибкой ленты, натянутой на валки и ролики, которые

установлены на жестко соединенных между собой кольце и обойме. Система валков и роликов при помощи кривошипа устанавливается на оси. Перфорационные отверстия

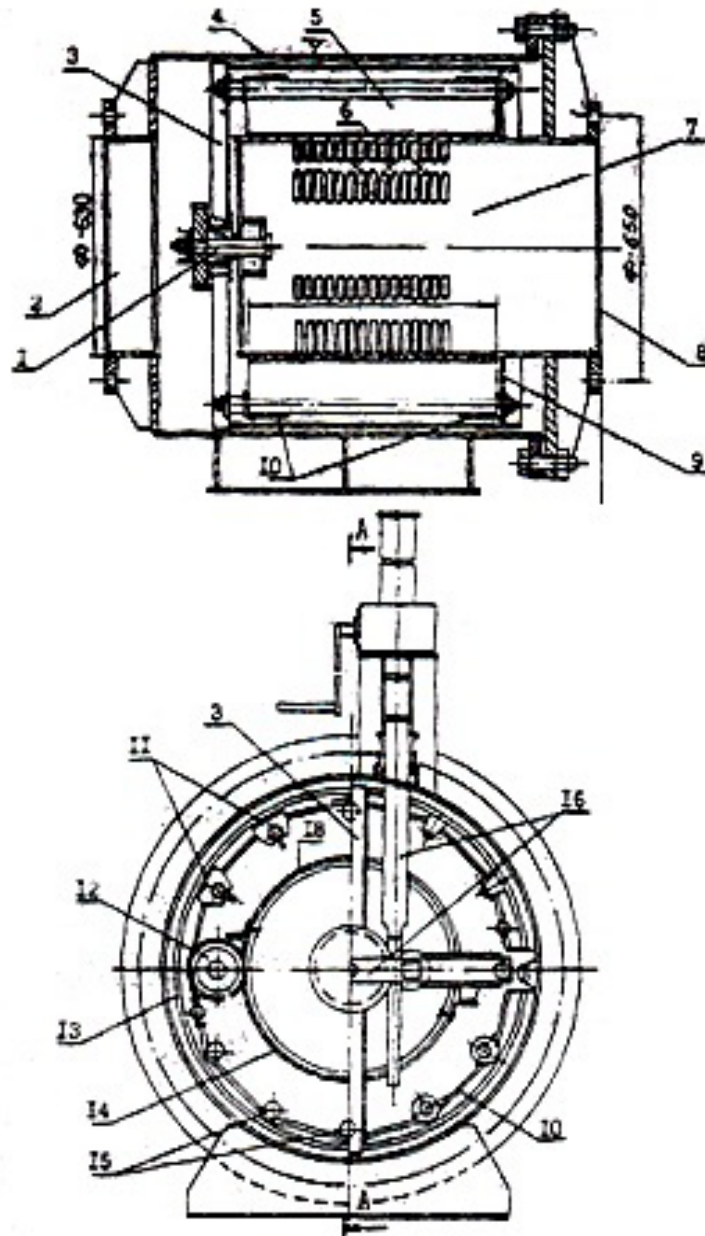


Рисунок 1 - Запорно-регулирующее устройство:

1 - ось, 2,8 - входной и выходной патрубки, 3 - кривошип, 4 - цилиндрический корпус, 5 - запорный орган, 6 - лента запорная, 7 - цилиндрический патрубок, 9 - кольцо, 10 - лента натяжная, 11 - натяжное устройство, 12 - валки, 13 - обойма, 14 - запорный элемент, 15 - ролики, 16 - механизм по управлению затвором

щелевидной формы устраиваются по всей боковой поверхности патрубка на дуге окружности 340° . Гибкие ленты состоят из двух частей – запорной и натяжной. Последняя выполнена из двух узких полосок и соединяется с запорной. Другие концы лент после охвата ими валков и роликов крепятся к патрубку. Лента натягивается при помощи натяжного устройства. Для изменения проходного сечения перфорации замкнутые таким образом ленты перекатываются валками по боковой поверхности патрубка. При вращении валков запорная лента перекатывается средними участками валков, натяжные – краями. При перекатывании валков одна из лент, например, за-

порная, накатывается, а другие (натяжные) откатываются с боковой поверхности патрубков. В закрытом положении запорная часть лент полностью перетягивается натяжными лентами за ролики, размещаясь вне зоны проходного сечения. При этом, одновременно со скатыванием запорной ленты на узкие полосы боковой поверхности, расположенные по краям перфорационной зоны, валком накатываются две натяжные ленты. Открытое или закрытое положение затвора достигается поворотом кривошипа на 170°. Управление затвором осуществляется стандартным ручным подъемником. Степень открытия затвора регулируется путем перекатывания по седлу запорного элемента, при котором изменяется площадь перфорации (проходное сечение).

Герметичность закрытия затвора обеспечивается, с одной стороны, давлением самой среды, с другой – натяжением замкнутой ленты и криволинейностью седла, при которой лента, стремясь принять прямолинейное положение между натягивающими валками, плотно прижимается к боковой перфорированной поверхности патрубка. Причем за счет изменения натяжного усилия конструкция позволяет производить регулирование прижимного усилия, что обеспечивает герметичность в любых условиях.

В устройстве, вследствие ортогональности вектора давления направлению перемещения затвора, отсутствия сил трения скольжения между затвором и седлом при его перекатывании, значительно снижены усилия по управлению затвором. Для управления затвором при диаметре трубы 500 мм и давлении 2,5 МПа в предлагаемом устройстве требуется усилие на порядок меньше, чем в серийно выпускаемых задвижках.

Запорно-регулирующее устройство, в котором использован новый тип затвора, применяют на трубопроводах практически любого диаметра. Оно обеспечивает высокую степень герметичности, исключает образование гидравлического удара, для управления прилагаются минимальные усилия. При работе устройства обеспечивается осесимметричное протекание потока, что исключает вибрационные и кавитационные явления.

Технико-экономическая эффективность обеспечивается повышением надежности герметизации, созданием благоприятных условий эксплуатации, значительным уменьшением усилия по управлению затвором и упрощением технологии изготовления устройства. Ориентировочная стоимость изготовления устройства на 20-30 % ниже стоимости задвижки. Запорно-регулирующее устройство можно изготовить в условиях ремонтно-механической мастерской.

УДК 631.52:633:2/4

СОЗДАНИЕ МНОГОВИДОВЫХ ПОЛУКУСТАРНИЧКОВО-ТРАВЯНЫХ ФЛОРИСТИЧЕСКИ И ЦЕНОТИЧЕСКИ ПОЛНОЧЛЕННЫХ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ КАЛМЫКИИ

Н.З. Шамсутдинов*, **М.М. Шагаипов***, **А.В. Матвеев***, **Э.З. Шамсутдинова****, **В.В. Санжеев****, **Ю.Б. Каминов*****, **Ю.Н. Арылов*****

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

**ФГБНУ «ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса», г. Лобня, Россия

***Калмыцкий государственный университет, г. Элиста, Республика Калмыкия

Зонально типичные пастбищные экосистемы полупустынной зоны Российского Прикаспия представлены полукустарничково-травяной растительностью, издревле используемой в качестве пастбищ для овец, мясного скота, верблюдов и диких жи-

вотных – сайгаков [1, 2, 3]. В результате нерационального истощительного пастбищепользования из их состава выпали ценные в экологическом и хозяйственном отношении полукустарнички – кохия простертая (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.), камфоросма Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.) и другие. Для восстановления кормовой производительности деградированных пастбищных экосистем разработаны инновационные технологии на основе использования зонально типичных кормовых полукустарничков в смеси с ксерогалофильными травами [8-12].

Исследования проводили в 2006-2013 годы в полупустынной зоне Российского Прикаспия в Яшкульском районе республики Калмыкия.

Климат района проведения исследований – резкоконтинентальный: лето – жаркое, сухое, сумма активных температур – свыше 3600°C. Среднее годовое количество осадков 209-278 мм.

Почвы опытного участка бурые, по гранулометрическому составу среднесуглинистые. Генетические горизонты выражены слабо. Средний уровень залегания грунтовых вод находится на глубине 15-20 м. Содержание гумуса в верхнем слое почвы 0-15 см 1,41%, в корнеобитаемом слое – 0,65-0,89%. Химизм засоления – преимущественно хлорный, степень засоления – сильная. Концентрация легкорастворимых солей в горизонтах АВ_{пах} – С₁ увеличивается с 0,14% до 0,69%.

Методика исследований

Для изучения были внесены следующие смеси:

- прутняк простертый – 50 + полынь белая – 37 + полынь черная – 13%;
- камфоросма Лессинга – 88 + полынь белая – 9 + полынь черная – 3%;
- полынь белая – 47 + полынь черная – 31 + терескен серый – 22%.

Перед посевом было проведено определение лабораторной и полевой всхожести семян ксерогалофитных полукустарничков – прутняка простертого, терескена серого, камфоросмы Лессинга [4, 5, 6, 7, 13-18].

Опыты были заложены по вспаханым полосам почвы шириной 25 м. Вспашка производилась на глубину 18-20 см. Семена кормовых галофитных полукустарничков и трав высевались под зиму в декабре 2006 г. Норма высева семян кохии простертой и камфоросмы Лессинга 3 кг/га, терескена серого – 7, полыни белой и полыни черной – по 0,5 кг/га. Заделка семян – на глубину 0,5-1,0 см.

Результаты исследований

В среднем за 8 лет самой высокой урожайностью характеризовался агрофитоценоз с преобладанием прутняка простертого (22,8 ц/га сухой массы).

В последующие годы жизни урожайность прутняково-полынного сообщества с эфемерами возрастала до 26,9 ц/га на 5-й год жизни и до 29,0 – на 7-й. В составе этого сообщества полукустарничек кохия простертая на 5-7-й годы жизни формировала 20,5-21,3 ц/га сухой кормовой массы, камфоросма Лессинга 12,0-16,3 ц/га, полынь белая и полынь черная – 2,8-5,5 ц/га (рис. 1, А, Б, В).

Из числа изучаемых полукустарничков самую высокую урожайность формировали прутняковые популяции на 5-ом и 7-ом году жизни (26,8-29,0 ц/га) и камфоросма Лессинга (18,6-26,3 ц/га сухой кормовой массы).

Во всех агрофитоценозах незначительную долю в урожае составляли эфемеры (1,0-1,4 ц/га СВ).

От первого к восьмому году урожайность всех агрофитоценозов значительно повышалась: прутнякового с 12,5 до 23,6 ц/га, камфоросмового – с 4,7 до 18,8 и терескенового – с 3,1 до 17,5 ц/га сухой массы. В большей степени увеличивалась урожай-

ность камфоросмы (почти в 6 раз), полыни черной (в 10 раз), терескена (в 29 раз). Все сеяные пастбища характеризовались высокой питательностью корма (табл. 1).

Таблица 1 - Питательность корма сеяных пастбищ (в среднем за 8 лет)

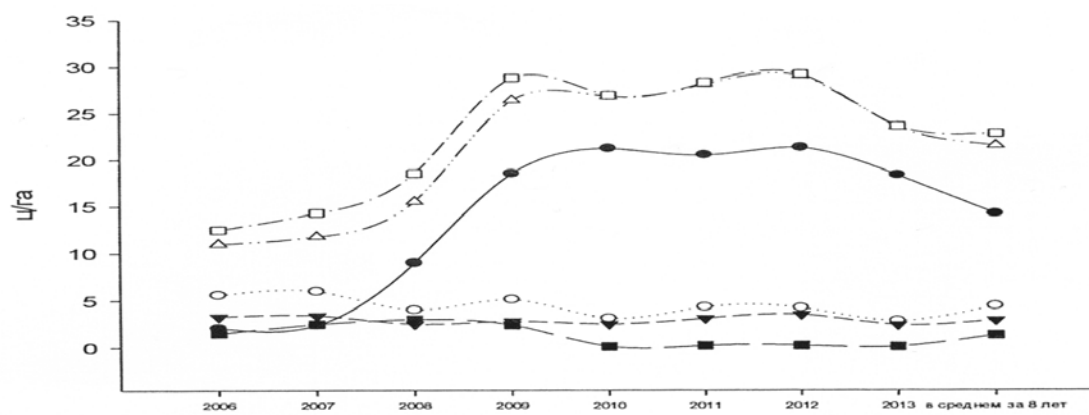
Агрофитоценоз	Содержание в 1 кг СВ	
	корм. ед.	ОЭ, МДж
Прутняк простертый +	0,82	10,1
полынь белая +	0,83	10,1
полынь черная	0,81	10,0
эфемеры	0,65	8,9
Итого	0,78	9,3
Камфоросма Лессинга +	0,62	8,7
полынь белая +	0,84	10,2
полынь черная	0,83	10,1
эфемеры	0,56	8,3
Итого	0,64	8,9
Терескен серый +	0,82	10,1
полынь белая +	0,83	10,1
полынь черная	0,65	8,9
эфемеры	0,56	8,3
Итого	0,70	9,2

Более высокой питательностью пастбищного корма отличались прутняково-полынные и терескеново-полынные агрофитоценозы (0,70-0,78 корм. ед. и 9,2-9,3 МДж ОЭ с 1 кг СВ). Из испытанных кормовых растений более высокой питательностью характеризовалась полынь белая (0,83-0,84 корм. ед. и 10 МДж ОЭ в 1 кг СВ), а самой низкой – эфемеры (0,56-0,65 корм. ед. и 8,1-8,8 МДж ОЭ в 1 кг СВ). Это свидетельствует о целесообразности включения в состав травостоя сеяных пастбищ прежде всего полыни белой, дающей зеленый корм высокой питательности.

Заключение

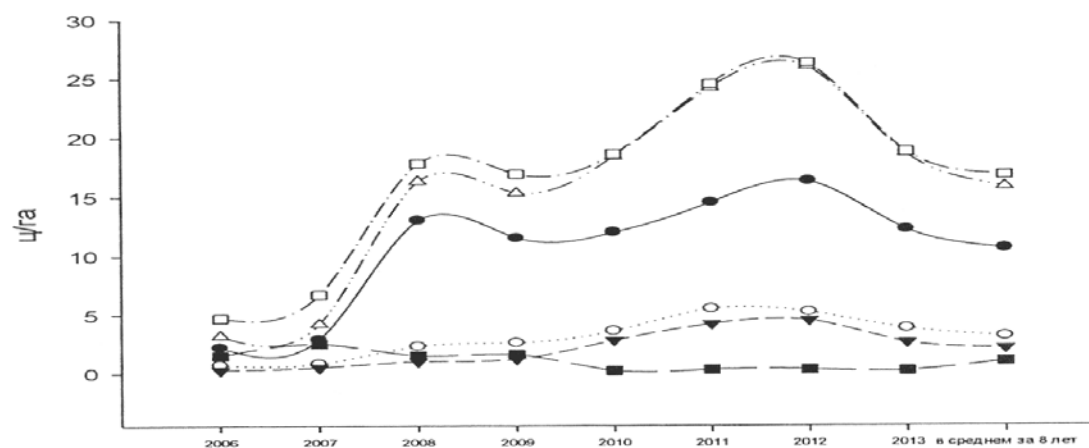
В результате проведенных в 2006-2013 годах научных исследований в полупустынной зоне на бурых засоленно-солонцовых суглинистых почвах Северо-Западного Прикаспия разработаны эффективные способы формирования полукустарничково-травяных пастбищных агрофитоценозов с участием прутняка простертого, камфоросмы Лессинга, терескена серого, полыни белой, полыни черной. Из трех типов полукустарничково-травяных агрофитоценозов наиболее перспективным оказалось создание прутняково-полынного агрофитоценоза, обеспечивающего получение в среднем за 8 лет 1780 корм. единиц и высокую питательность пастбищного корма (0,78 корм. ед. и 9,3 МДж ОЭ в 1 кг СВ).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 15-05-08025



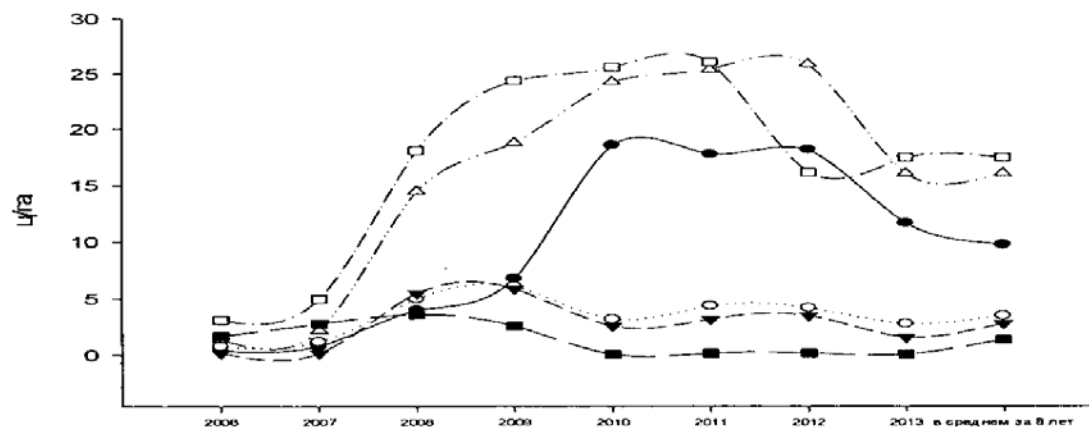
А

- прутняк простертый
- полынь белая
- ▼ полынь черная
- △ всего полкустарничков
- эфемеры
- итого



Б

- камфорсма Лессинга
- полынь белая
- ▼ полынь черная
- △ всего полкустарничков
- эфемеры
- итого



В

- терескен серый
- полынь белая
- ▼ полынь черная
- △ всего полкустарничков
- эфемеры
- итого

Рисунок 1 - Динамика урожайности сеяных пастбищ (2006-2013 гг.):
 А – вариант № 1 с участием прутняка простертого; Б – вариант № 2 с участием камфорсмы Лессинга; В – вариант № 3 с участием терескена серого

Список использованных источников

17. Балнокин Ю.В., Куркова Е.Б., Мясоедов Н.Л., Луньков Р.В., Шамсутдинов Н.З. Структурно-функциональное состояние тилакоидов у галофита *Suaeda altissima* L. в норме и при нарушении водно-солевого режима под действием экстремально высоких концентраций NaCl // Физиология растений. 2004. Т. 54. № 6. С. 905-912.
18. Зонн И.С., Трофимов И.А., Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. 2004. Земельные ресурсы аридных территорий России // Аридные экосистемы. Т. 10. № 22-23. С. 87-101.
19. Зотов А.А., Шамсутдинов Н.З., Хамидов А.А., Шамсутдинов З.Ш. Методы комплексной оценки природных пастбищных экосистем // Аридные экосистемы. Т. 15. № 2. 2009. С. 39-51.
20. Методика определения силы роста семян кормовых культур / Карпин В.И., Переправо Н.И., Золотарев В.Н., Рябова В.Э. Шамсутдинова Э.З. Козлова Т.В. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 16 с.
21. Методические рекомендации по повышению посевных качеств семян галофитов и ксерофитов. 2006. М.: Изд-во Россельхозакадемии. 20 с.
22. Методические указания по мобилизации растительных ресурсов и интродукции аридных кормовых растений. 2000. М.: Изд-во Россельхозакадемии. 82 с.
23. Хранение семян кормовых растений. Методические указания. 2010. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 27 с.
24. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В. Шамсутдинов Н.З. 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.
25. Шамсутдинов З.Ш., Хамидов А.Л., Ионис Ю.С., Шамсутдинов Н.З. Селекция аридных кормовых растений для экологической реставрации деградированных аридных пастбищных агроландшафтов // Кормопроизводство. 2004. №7. С. 17-26.
26. Шамсутдинов З.Ш., Ионис Ю.И., Шамсутдинов Н.З. Создание долголетних пастбищных экосистем в полупустынной зоне методом биогеоценологии // Кормопроизводство. 2005. № 12. С. 7-12.
27. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Использование галофитов в адаптивной системе кормопроизводства при глобальном изменении климата // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. 2006. №4. С. 79-81.
28. Шамсутдинов З.Ш., Косолапов В.М., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Экологическая реставрация пастбищ (на основе новых сортов кормовых галофитов). М.: ФГОУ ДПОС РАКО АПК. 2009. 295 с.
29. Шамсутдинова Э.З. Особенности цветения и плодообразования *Kochia prostrata* (L.) Schrad.) при различных режимах отчуждения надземной части // Кормопроизводство. 2008. № 2. С. 24-28.
30. Шамсутдинова Э.З. Методы повышения полевой всхожести некоторых кормовых галофитов // Материалы XVIII Международного научного симпозиума "Нетрадиционное растениеводство. Селекция и генетика. Эниология. Экология и здоровье". Симферополь: Изд-во ВАТ «Симферопольська міська друкарня» (СГТ). 2009. С. 467-472.
31. Шамсутдинова Э.З. Кормовые галофиты: повышение полевой всхожести // Кормопроизводство. 2011. №2. С. 26-28.
32. Шамсутдинова Э.З., Шамсутдинов З.Ш. Кормовые и экологические возможности однолетнего галофита кохии веничной в аридных районах России и Центральной Азии // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 6. С. 100-108.
33. Шамсутдинова Э.З. Всхожесть семян кормовых галофитов при разных сроках уборки // Кормопроизводство. 2013. № 3. С. 21-22.
34. Шамсутдинова Э.З. Всхожесть и продуктивность кохии простертой в зависимости от размера семян // Кормопроизводство. 2013. №3. 23-24.

ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ НАРУШЕННЫХ АРИДНЫХ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НИШИ

Э.З. Шамсутдинова*, Н.З. Шамсутдинов**

*ФГБНУ "ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса", г. Лобня, Россия;

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

1. Представление о современной концепции экологической ниши

Концепция экологической ниши занимает центральное положение в современной экологии. В формирование представлений об экологической нише внесли большой вклад зарубежные [20, 21] и отечественные ученые [2, 3, 6, 7, 22]. Понятие экологической ниши в известной мере объясняет, каким образом различные виды могут нормально функционировать и продуцировать, произрастая бок о бок друг с другом, черпая водно-минеральные ресурсы в пределах конкретного экотопа. В контексте традиционной концепции экологической ниши сообщество можно представлять себе как обширное n -мерное гиперпространство, в пределах которого каждая видовая популяция эволюционирует в таком направлении, чтобы соответствовать своей собственной части этого пространства. Ниша вида определяется его положением и его реакцией на факторы гиперпространства данного сообщества. В последние годы наряду с традиционной концепцией ниши появилась концепция нейтрализма, активно развиваемая Стивеном Хаббелом [21] и его сторонниками. Согласно этой концепции виды сосуществуют благодаря сходству, а не различиям, в результате схожести по демографическим характеристикам, имеют сходную удельную скорость популяционного роста и скорость заселения освободившегося участка. Ряд авторов попытались объединить в рамках одной модели представления о нейтралистических и нишевых механизмах функционирования видов в сообществе. В настоящее время все чаще экологи говорят о двух типах сообществ [3]. Сообщества первого типа организованы в соответствии с принципом расхождения видов по разным экологическим нишам. Само существование их возможно лишь потому, что различаются их ниши. Сообщества второго типа организованы и способны сосуществовать весьма долго, если экологически идентичны, если в расчете на одну особь у разных видов сохранится одна и та же вероятность размножаться, вымирать, заселять свободные пространства. Предполагается, что если виды долго живут в одном и том же месте, то они уже по определению достаточно близки экологически.

Излагаемый в статье материал о формировании кустарниково-полукустарниково-травяных пастбищных агроэкосистем на основе высева фитоценологически сбалансированной смеси разных по экологии и биологии видов и жизненных форм кормовых растений в условиях пустыни Карнабчуль, укладывается в традиционную концепцию экологических ниш, предусматривающую расхождение видов в процессе сукцессионного восстановления биоразнообразия и продуктивности пастбищных агроэкосистем на месте деградированных земель.

2. Экспериментальное формирование многовидовых зонально типичных пастбищных экосистем на основе принципа дифференциации экологических ниш

Создание искусственных агроэкосистем из смеси кустарников (саксаул черный, солянка Палецкого, солянка Рихтера, эфедра шишконосная, солянка малолистная),

полукустарничков (прутняк простертый, солянка восточная, камфоросма Лессинга), благодаря их мощно развитой и глубоко проникающей корневой системе, обеспечивает освоение новых, еще не использованных экологических ниш, и, следовательно, они могут использовать запасы влаги и питательных веществ значительно большего объема почвогрунта [1-8]. Это достигается благодаря размещению корневых систем пастбищных растений разных жизненных форм по горизонтам почвогрунта: мочковатые корни эфемероидов (мятлик луковичный), произрастающие в сложных пастбищных агроэкосистемах, располагаются в верхних 0 – 20-30 сантиметровых слоях почвы. Универсального типа корни полукустарничков (чогон), полукустарничков (прутняк простертый, кейреук), занимают слой почвы до 6-8 м глубины; мощные и глубоко проникающих корневые системы кустарников (саксаул черный) достигают 13-15 метровой толщи почвы. Такая четкая дифференцированность экологических ниш пастбищных растений, относящихся к разным видам и жизненным формам растений, обеспечивает более полное и интенсивное использование материально-энергетических ресурсов среды. Наряду с экологическими преимуществами многовидовые смешанные пастбищные агроэкосистемы намного разнообразнее по составу кормов, они лучше поедаются и полнее удовлетворяют физиологическую потребность овец в питательных веществах [9-13]. Подножный корм таких пастбищных агрофитоценозов более равномерно распределяется по сезонам года. Травостой многовидовых пастбищ лучше переносит систематический выпас животных, закрепленная корнями разных видов почва менее подвержена эрозии, нежели земли, где созданы одновидовые пастбищные угодья.

Таким образом, приведенные данные показывают наличие значительных экологических резервов в виде запасов воды и питательных веществ в почвогрунтах аридных районов Средней Азии, неиспользуемых существующими флористически и ценологически неполноценными природными фитоценозами. Поэтому посеги и подсеги смеси кустарников, полукустарничков и трав, способных освоить различные экологические ниши в воздушной среде и почве, могут служить радикальным средством восстановления утраченного биоразнообразия и повышения продуктивности деградированных земель путем создания самовозобновляющихся кустарниково-травяных и полукустарничково-эфемеровых пастбищных агроэкосистем.

Опираясь на концепцию экологических ниш и используя типичное для среднеазиатских пустынь доминантные виды кормовых растений нами разработаны технологии создания весенне-летних, осенне-зимних и круглогодичных пастбищных агроэкосистем для овец в пустыне Карнабчуль [8-13]. Перед закладкой полевых опытов по формированию разных типов многовидовых пастбищных экосистем были определены посевные качества семян аридных кормовых растений [14-19].

Пастбищная агроэкосистема черносаксаулово-чогиново-изенево-кейреуковый полинник с эфемерами (*Haloxylon aphyllum* + *Aellenia subaphylla* + *Kochia prostrata* + *Salsola orientalis* + *Artemisia diffusa*), созданные в пустыне Карнабчуль, занимает слой почвы мощностью 0-1350 см (рис. 1). В этом слое почвогрунта весной содержалось 22994,0 т влаги, 271,3 т гумуса, 49,5 т общего азота, 270,2 т общего фосфора и 17,1 т подвижного калия на 1 га.

Такие пастбищные экосистемы, созданные из смеси кормовых кустарников, полукустарничков и трав с разной ритмикой развития, разным типом корневой системы, разной степенью устойчивости к засухе и жаре, более перспективны и долговечны, нежели одновидовые пастбищные агроэкосистемы.

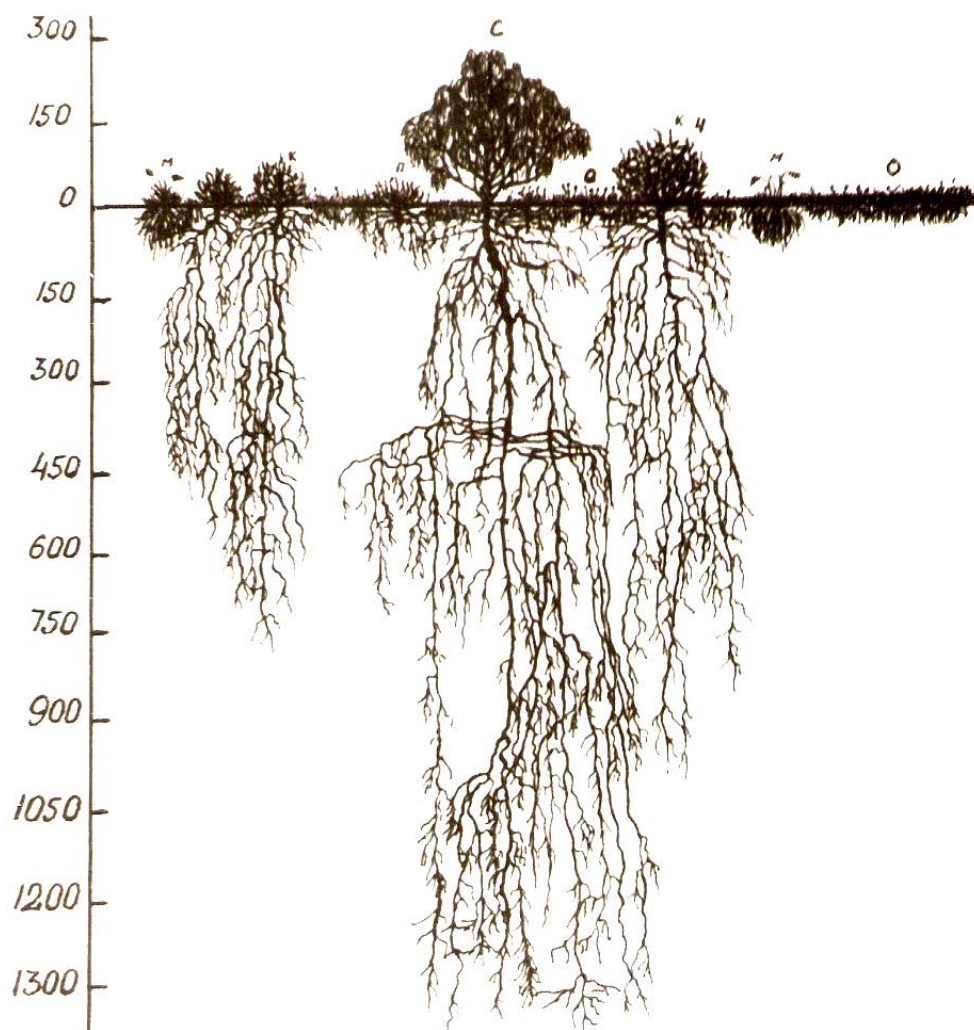


Рисунок 1 - Вертикальный профиль ассоциации черносаксаулово-чогонового изенника с кейреуком, полынью и эфемерами (*Haloxylon aphyllum* + *Aellenia subaphylla* + *Kochia prostrata* + *Salsola orientalis* + *Artemisia diffusa*). Длина профиля 6,2 м. Возраст растений 5 лет. Зона полынно-эфемеровой пустыни Карнабчуль

Данные, характеризующие продуктивность кустарниково-травяных пастбищных экосистем из смеси кормовых кустарников, полукустарничков и трав представлены в таблице 1.

Показано, что продуктивность весенне-летних пастбищных агроэкосистем в среднем за 5 лет составила 12,4 ц/га сухой кормовой массы, осенне-зимних – 48,9 ц/га при 1,38 ц/га природных полынно-эфемеровых пастбищ.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, в рамках проекта № 15-05-08025

Список использованных источников

1. Балнокин Ю.В., Куркова Е.Б., Мясоедов Н.Л., Луньков Р.В., Шамсутдинов Н.З. Структурно-функциональное состояние тилакоидов у галофита *Suaeda altissima* L. в норме и при нарушении водно-солевого режима под действием экстремально высоких концентраций NaCl // Физиология растений. 2004. Т. 54. № 6. С. 905-912.
2. Гиляров А.И. Современное состояние концепции экологической ниши А.И. Гиляров // Успехи современной биологии. 1978. Т. 85. № 3. С. 431-446.
3. Гиляров А.М. В поисках универсальных закономерностей организации сообществ: прогресс на пути нейтрализма // Журнал общей биологии. 2010. Т. 71. №5. С. 386-401.
4. Методика определения силы роста семян кормовых культур / Карпин В.И., Переpravо Н.И., Золотарев В.Н., Рябова В.Э. Шамсутдинова Э.З. Козлова Т.В. М.: Изд-во РГАУ-МСХА. 2012. 16 с.

Таблица 1 - Кормовая производительность многовидовых пастбищных агроэкосистем в пустыне Карнабчуль, ц/га сухой кормовой массы

Состав пастбищной агроэкосистемы	пер- вый год	второй год	третий год	четвер- тый год	пятый год	Среднее
Весенне-летние пастбищные агроэкосистемы						
Прутняк простертый +	1,4	11,1	8,8	12,8	12,9	9,4
Камфоросма Лессинга +	0,7	2,2	4,4	2,4	2,8	2,5
Терескен серый +	0,2	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2
Мятлик луковичный	-	-	0,2	0,2	0,6	0,3
Всего	2,3	13,6	13,8	15,5	16,4	12,4
Осенне-зимние пастбищные агроэкосистемы						
Саксаул черный +		25,3	38,8	18,5	20,7	25,8
Прутняк простертый (ка- менистый экотип) +		17,5	21,2	22,2	26,6	21,8
Осока толстостолбиковая		0,9	1,8	1,4	-	1,3
Всего		43,7	61,8	42,1	47,3	48,9
Естественные полынно-эфемеровые пастбищные экосистемы (контроль)						
Полынь развесистая +	0,8	0,6	0,3	0,5	0,5	0,58
Эфемеры	0,8	0,9	0,4	0,9	0,6	0,7
Всего	1,6	1,5	0,7	1,4	1,1	1,28

5. Методические указания по мобилизации растительных ресурсов и интродукции аридных кормовых растений. 2000. М.: Изд-во Россельхозакадемии. 82 с.

6. Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии. М.: Наука. 1985. 137 с.

7. Работнов Т.А. Фитоценология. М.: МГУ. 1983. 296 с.

8. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. 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.

9. Шамсутдинов З.Ш., Ионис Ю.И., Шамсутдинов Н.З. Создание долголетних пастбищных экосистем в полупустынной зоне методом биогеоценологии // Кормопроизводство. 2005. № 12. С. 7-12.

10. Шамсутдинов З.Ш., Косолапов В.М., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Экологическая реставрация пастбищ (на основе новых сортов кормовых галофитов). М.: ФГОУ ДПОС РАКО АПК. 2009. 295 с.

11. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Принципы и методы фитомелиорации деградированных агроландшафтов на аридных территориях России // Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 5. С. 21-24.

12. Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Галофитное растениеводство (эколого-биологические основы). М. 2005. 404 с.

13. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинова Э.З. Учение Л.Г. Раменского о типах жизненных стратегий и его значение для развития аридного кормопроизводства // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 2. С. 32-46.

14. Шамсутдинова Э.З. Особенности цветения и плодообразования *Kochia prostrata* (L.) Schrad.) при различных режимах отчуждения надземной части // Кормопроизводство. 2008. № 2. С. 24-28.

15. Шамсутдинова Э.З. Нижний предел влажности почвы для прорастания семян однолетних кормовых галофитов // Земледелие. 2006. № 4. С. 32-39.

16. Шамсутдинова Э.З., Карпин В.И. Биологические особенности и методы повышения всхожести семян кормовых галофитов // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2007. № 279. С. 371-374.

17. Шамсутдинова Э.З. Кормовые галофиты: повышение полевой всхожести // Кормопроизводство. 2011. №2. С. 26-28.

18. Шамсутдинова Э.З., Шамсутдинов З.Ш. Кормовые и экологические возможности однолетнего галофита кохии веничной в аридных районах России и Центральной Азии // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 6. С. 100-108.

19. Шамсутдинов Э.З., Старшинова О.А., Шамсутдинов З.Ш. Галофитное растениеводство: концепция, опыт, перспективы // Достижения науки и техники АПК. 2013. №11. С. 36-38.

20. Hutchinson G.E. Concluding remarks // Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 1957. № 22. P. 415—427. Reprinted in 1991: Classics in Theoretical Biology. Bull. of Math. Biol. 53. – P. 193-213.

21. Hubbell S.P. The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. Princeton: Oxford. - 2001. - 448 pp.

22. Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.Z. Biogeocenotic principles and methods of degraded pastures phytomelioration in Central Asia and Russia // Prospects for saline agriculture. – Netherlands. - 2002. - P. 29-35.

УДК 631.22.003.13

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКИХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ АГРОТЕХНИЧЕСКИМИ ПРИЕМАМИ

В.А. Шевченко¹, А.М. Соловьев²

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

²ФГОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Предложены агротехнические приемы использования жидких стоков животноводческих комплексов как на ровных полях, так и на склонах крутизной 2-3⁰, в качестве основного удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур

Ключевые слова: органические удобрения, жидкие животноводческие стоки, утилизация жидких стоков, щелчевание почвы, кротование почвы.

Экологически безопасное сельскохозяйственное производство является глобальной проблемой. Обусловлено это тем, что в настоящее время антропогенное воздействие на почву, водные ресурсы, животных, окружающую среду в большинстве стран мира превышает допустимые нормы.

Одними из экологически опасных загрязнителей в России являются жидкие стоки животноводческих ферм и промышленных комплексов, которые ежегодно поставляют 140-150 млн. тонн этого органического удобрения. Только чуть больше 60 % из них использует в качестве удобрения, остальная часть круглогодично сбрасывается на поля, пониженные места рельефа местности, а также во временные навозохранилища. По самым скромным подсчетам нерациональное использование жидких животноводческих стоков наносит ежегодный экологический ущерб свыше 5 млрд. рублей [1].

Жидкие навозные стоки представляют собой органические удобрения, содержащие в своем составе около 3 % сухого вещества. Они накапливаются в больших количествах на крупных животноводческих комплексах и фермах при бесподстилочном стойловом содержании скота и применении гидравлической системы уборки экскрементов.

Важнейшим условием использования жидких стоков животноводческих комплексов в качестве удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур является предотвращение загрязнения окружающей среды, а также сокращение потерь азота от вымывания и улетучивания его в воздух в форме аммиака.

Все вышеизложенное побудило нас заняться разработкой агротехнических приемов, с помощью которых возможно резко сократить потери азота при возделывании

сельскохозяйственных культур как на ровных полях, так и на склонах, крутизной 2-3⁰, почвы которых существенно различаются между собой по гранулометрическому составу.

Опыты проводили в ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» Конаковского района Тверской области. В качестве объекта исследований использовали раннеспелый гибрид кукурузы 39Бх29, который относится к первой группе ФАО. Почвы на участке дерново-среднеподзолистые, хорошо окультуренные. Мощность пахотного слоя 20...22 см, содержание гумуса – 1,62...1,78 %, легкогидролизуемого азота – 72...78 мг, P₂O₅ – 155...188 мг, K₂O – 93...104 мг на 1 кг почвы, pH_{кол.} – 5,8...5,9.

ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» является крупнейшим производителем животноводческой продукции в Тверской области, что позволяет данному хозяйству накапливать значительные ресурсы жидких стоков в течение года. Валовой сбор питательных элементов, заключенных в суммарном количестве животноводческих стоков равен 201000 т и содержит в своем составе: азота – 18900 кг, P₂O₅ – 12870 и K₂O – 14460 кг (табл. 1).

Таблица 1 - Валовой сбор питательных элементов в жидких стоках

Отрасль животноводства	Годовой валовой сбор, кг			В переводе на минеральные удобрения, ц			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	на аммиачную селитру		на азофоску	
				в д.в.	в физической массе	в д.в.	в физической массе
Свиноводство	10340	7520	3760	304	894	10837	24626
КРС	8560	5350	10700	252	741	19458	44223
Всего:	18900	12870	14460	565	1635	30295	68849

В задачу исследований входило:

- увеличение органического вещества в почве и восполнение почвенного плодородия за счет внесения жидких стоков животноводческих комплексов в оптимальных нормах (100...120 т/га);

- снижение загрязнения водоемов с помощью быстрой заделки в почву (через 2...3 часа после поверхностного внесения) животноводческих стоков;

- минимализация потерь питательных веществ и снижение эмиссии углекислого газа в атмосферу;

- увеличение накопления влаги в пахотном слое почвы, поскольку внесение в почву 100...120 т/га жидких стоков равноценно выпадению 10...12 мм атмосферных осадков;

- повышение продуктивности и качества урожая сельскохозяйственных культур;

Для утилизации жидких стоков применена технология шланговых систем. Жидкие навозные стоки выкачиваются из навозохранилища (лагуны) насосной станцией и подаются на поле по магистральному шлангу длиной до 4-х км. На поле к магистральному шлангу присоединен буксируемый шланг длиной 400 м, прикрепленный вторым концом к распределяющему устройству-аппликатору. Распределяющее устройство-аппликатор навешено к буксирующему трактору Джон Дир 7840, который перемещаясь по полю, осуществляет поверхностное распределение стоков. Если длина магистральной системы превышает 4 км, то для поддержания необходимой произ-

водительности и компенсации гидравлических потерь в шлангах, примерно на середине устанавливается дополнительная насосная станция [2].

При полном заполнении лагун жидкими стоками, а также весной при подготовке почвы к посеву мы также используем для транспортировки стоков бочки производства Джон Дир, емкостью 25 м³ каждая.

Данная система внесения удобрений оборудована инжектором, что позволяет заделывать животноводческие стоки в почву на глубину до 10 см. При норме внесения 100 т/га и 2-х сменном режиме работы производительность каждой бочки составляет 16 га или 64 га всех четырех. Следовательно, за сутки они способны утилизировать 6400 т стоков, что существенно улучшает экологическую ситуацию в хозяйстве и способствует внесению всего объема жидких органических удобрений в оптимальные агрономические сроки. К недостаткам данного способа утилизации стоков следует отнести переуплотнение почвы и нарезка глубоких колес при внесении удобрений до наступления физической спелости почвы.

С экологической точки зрения слабым звеном в системе утилизации жидких стоков животноводческих комплексов при поверхностном распределении стоков 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. Общие потери аммиачного азота могут достигать 40 % и более, в то время как фосфор и калий практически полностью используются растениями [3]. На величину потерь азота существенное влияние оказывает также и гранулометрический состав почвы.

Для снижения потерь аммиачного азота при использовании жидких стоков животноводческих комплексов в качестве основного удобрения их необходимо заделать в почву в течение 2...3 часов после внесения. При этом на полях с различной экспозицией склонов и в зависимости от гранулометрического состава почв нами предложены и внедрены в ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» Конаковского района Тверской области, несколько путей снижения потерь аммиачного азота:

1. На ровных полях непосредственно перед внесением жидких стоков проводят сплошное безотвальное рыхление с помощью безотвальных плугов со стойками обтекаемой формы или противозероэрозийных 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...3⁰ при возделывании кукурузы на зерностержневую смесь 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-ООО или ЩП- 3-70. При нарезке щели обычно заполняются осыпающейся рыхлой почвой и быстро впитывают жидкие стоки животноводческих комплексов.

3. На тяжелых по гранулометрическому составу глинистых эродированных полях при склоне 2...3⁰ для улучшения водопоглотительной способности стоков 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 использовали рыхлитель-кротователь РК-1,2. Оптимальная глубина прокладки дрен 40...50 см, диаметр дрены зависит от процентного содержания глины в почве и изменяется от 9,5 до 20 см.

Предложенная нами технология использования жидких стоков в качестве основного удобрения может быть использована при возделывании всех сельскохозяйственных культур и окажет положительное влияние на плодородие почвы, атмосферный воздух, грунтовые и поверхностные воды, а также увеличит урожайность в среднем на 30 %. При этом использование азота на посевах кукурузы составляет 80...90 % [4].

Экономический анализ позволяет заключить, что эффективность внесения жидких стоков зависит в основном от расстояния их транспортировки. Так, если при использовании технологии мягких шлангов жидкие навозные стоки выкачиваются из навозохранилища (лагуны) и вносятся на поля, расположенные на расстоянии до 4 км от лагуны, себестоимость внесения 1 т стоков, включая все расходы, составляет 32 руб. 68 коп. Если же длина шланговой 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. (табл. 2).

Таблица 2 - Эффективность использования жидких животноводческих стоков в зависимости от длины шланговой системы

Показатели	Единицы измерения	Расстояние от лагуны до поля	
		до 4 км	до 8 км
Стоимость основной продукции	руб.	8674974	8674974
Объем внесения стоков	тыс. тонн	201000	201000
Себестоимость внесения 1 т с учетом рыхления почвы	руб.	32,68	49,00
Себестоимость внесения всего объема	руб.	6568680	9849000
Чистый доход	руб.	2106294	- 1174026
Рентабельность	%	+ 32,07	- 19,20

Таким образом, транспортировка жидких навозных стоков на удаленные от животноводческих комплексов поля на расстояния до 8 км приводит к увеличению затрат на их внесение за счет резкого увеличения расходов на ГСМ, амортизацию и живой труд. В этой связи поля для выращивания сельскохозяйственных культур, где в качестве основного удобрения используются жидкие стоки, следует размещать рядом с животноводческими комплексами, на южных склонах, которые быстрее прогреваются и в условиях дефицита тепла обеспечивают большую продуктивность посевов.

Для снижения потерь аммиачного азота и повышения плодородия почвы непосредственно перед утилизацией животноводческих стоков необходимо проводить следующие агротехнические мероприятия:

- на тяжелых глинистых почвах с ровным рельефом – безотвальное рыхление;
- на легких по гранулометрическому составу склоновых почвах крутизной 2...3° – щелевание, а на тяжелых – кротование;
- при использовании технологии мягких шлангов для внесения жидких стоков на поля следует располагать их не далее 4 км от животноводческих комплексов, что обеспечивает уровень рентабельности более 30 %.

Список использованных источников

1. Наумкин В.Н. Инновационные технологии в аграрном производстве: монография / В.Н. Наумкин, А.М. Хлопяников, Л.С. Числова, А.Ф. Дорофеев, Л.А. Наумкина, В.А. Шевченко, В.А. Стебаков, Н.А. Лопачев, Н.Н. Лысенко, П.В. Скотников, Н.А. Сидельникова, В.А. Сергеева, Г.В. Хлопяникова, А.В. Наумкин, В.Ю. Басов, А.Н. Крюков, А.В.Зверев. Белгород, Издательство Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2010, 342 с.
2. Перегудов С.А. Инструкция по технологии применения системы утилизации стоков животноводческих комплексов с помощью мягких шлангов /Перегудов С.А.// - М., 2009, - 15 с.
3. Матюк Н.С. Урожайность культур и плодородие почвы в зависимости от её обработки и удобрения / Н.С. Матюк, В.Д. Полин, Е.Д. Абражкина, В.А. Шевченко, Зоде Осама // Плодородие. 2008. № 1. С. 38-40.
4. Шевченко В.А. Практикум по технологии производства продукции растениеводства учебное пособие / В.А. Шевченко, И.П. Фирсов, А.М. Соловьев, И.Н. Гаспарян. – СПб: Издательство Лань, 2014.

УДК 633.31.631.582 (470.47)

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЮЦЕРНЫ В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ КАЛМЫКИИ

Б.Б. Эрднеева, Г.Н. Кониева, А.В. Кашилова

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

Люцерна, обладая широкой экологической пластичностью, хорошей зимостойкостью, высокой урожайностью, быстрыми темпами отрастания после скашивания, занимает важное место среди кормовых культур в структуре орошаемых земель Калмыкии. Возрастает потребность в семенах этой культуры. В связи с этим, особую значимость имеют полевые исследования, направленные на изучение семенной продуктивности многолетних трав в рисовом севообороте [1, 4].

Исследования проводились на опытных полях ФГУП «Харада» Октябрьского района Республики Калмыкия в семипольном кормовом севообороте. Схема опыта по фактору А (способ полива) включала 2 варианта: контроль - без орошения (на остаточной после риса влаге) и вариант с поливом напуском по чекам; фактор В (культура) предусматривал следующие варианты: под покровом ярового ячменя и «чистые» посевы люцерны; норма высева люцерны (фактор С) составляла от 1,0 до 5,0 млн. всхожих семян на гектар [2, 3, 5].

Почвы бурые полупустынные, солонцеватые тяжелосуглинистые с низким содержанием гумуса (1,16...1,28 %) и азота (35,0...49,0 мг/кг), повышенным содержанием подвижного фосфора (65,5...70,4 мг/кг) и обменного калия (460...500 мг/кг). Наименьшая влагоемкость в слое 0...100 см – 24,20 %, плотность сложения пахотного слоя 1,27...1,32 т/м³. Почвы слабозасоленные с хлоридно-сульфатным типом засоления и суммой легкорастворимых солей в слое 0...1,0 м – 0,096...0,135 %.

Люцерну сорта «Кевсала» высевали в четвертой декаде апреля, по предшественнику рис, способ посева широкорядный с междурядьем 30 см. Расположение вариантов в опытах рендомизированное, повторность – трехкратная. Норма высева семян ярового ячменя сорта «Донецкий-4» - 3,5 млн. всхожих семян, глубина заделки – 6...8 см, агротехника возделывания люцерны в севообороте общепринятая для зоны изучения.

Создание оптимальной густоты стояния растений – важный фактор формирования высокой и полноценной семенной продуктивности, которая определяется нормой высева, всхожестью и сохранностью растений к уборке семян. Густота стояния расте-

ний на период созревания плодов варьировала в зависимости от нормы высева, так в подпокровном варианте от 65 до 380 шт./га, в варианте без покрова от 37 до 156 шт./га. Наименьшее количество растений на квадратном метре в варианте без покрова связано с тем, что в начальный период вегетации растений велика интенсивность испарения с поверхности почвы, которая составляет 290...410 м³/га.

Важным фактором, влияющим на продуктивность семенной люцерны, является водный режим почвы. Результаты полевых опытов показали, что наиболее высокая урожайность семян люцерны в 1-й год жизни получена при посеве под покровом на остаточной после риса влаге (3,05±0,11...3,70±0,09 ц/га). Полив напуском по чекам несколько угнетает молодые растения с недостаточно укрепившейся корневой системой, и часть их погибает (табл. 1).

Максимальной продуктивности люцерна достигает на второй год жизни. В целом за вегетацию люцерны второго года жизни на контрольном варианте урожайность зеленой массы составила от 113,00±6,1 до 182,30±3,95 ц/га и семян от 3,44±0,09 до 4,26±0,09 т/га, на варианте по поливу - 137,57...229,48 ц/га зеленой массы и 4,57...5,25 т/га семян. Максимальная урожайность зеленой массы получена при норме высева 5 млн. шт./га на варианте с поливом - 194,52...229,48 ц/га, а на остаточной влаге - 165,03...182,30 ц/га, что на 15,2...20,6 % выше по сравнению с вариантом без орошения.

Продуктивность семенной люцерны на посевах второго года жизни значительно выше, по сравнению с первым годом жизни, на участках без полива на 0,49...0,62 ц/га (12,1...16,4 %), а на поливных участках на 1,62...2,05 ц/га (35,2...44,3 %). На варианте с поливом получена наиболее высокая урожайность семян люцерны во 2-й год жизни (4,95±0,10...5,04±0,11 ц/га), по сравнению с вариантом без орошения, т.е. прибавка урожайности от действия орошения увеличивалась в 1,17...1,21 раза.

Люцерна второго года жизни формирует высокий урожай зеленой массы, который на контрольном варианте составил от 127,55±3,85 до 182,30±3,95 ц/га, на варианте по поливу - 154,20±5,60...229,48±5,91 ц/га что на 20,9...26,7 % выше по сравнению с вариантом без орошения.

Кроме способов полива на семенную продуктивность люцерны влияют нормы высева. Наиболее высокая урожайность семян на варианте без орошения получена на люцерне под покровом ячменя при высева 2 млн. шт/га, а на люцерне без покрова - 3 млн. шт/га. Повышение урожайности семян люцерны на разреженных посевах объяснялось лучшей обеспеченностью растений влагой и питательными веществами за счет меньшей густоты и стояния и лучшей освещенностью в посевах. Это способствовало интенсивному ветвлению, образованию большего количества кистей, а в них бобов.

Результаты опытов показали, что основными компонентами продуктивности люцерны являются кустистость растения, количество бобов в кисти, фотосинтетические показатели посевов и т.д., на которые существенное влияние оказывает способ полива, норма высева и покров. В таблице 2 приведены величины коэффициентов корреляции, которые показывают очень высокую корреляционную связь между урожайностью семян и основными показателями роста и развития растений люцерны первого года жизни ($r = 0,76...0,90$) и предложены уравнения регрессии, раскрывающие их математическую зависимость.

На продуктивность люцерны в рисовом севообороте полупустынной зоны Калмыкии большое влияние оказывают водный режим почвы, покров и норма высева, при помощи, которых можно управлять ростом и развитием растений в посевах.

Таблица 1 - Продуктивность люцерны и покровной культуры в рисовом севообороте в зависимости от изучаемых факторов

Способ полива	Культура	Норма высева, млн. шт/га	Урожайность, ц/га			
			1-й г.ж.		2-й г.ж.	
			зерно ячменя	семена люцерны	зеленая масса люцерны	семена люцерны
Без орошения (контроль)	Люцерна + ячмень	1	26,54±0,99	3,34±0,14	127,55±3,85	3,91±0,08
		2	27,35±0,70	3,70±0,09	139,52±6,43	4,26±0,09
		3	29,00±0,15	3,55±0,07	151,08±5,87	4,04±0,08
		4	30,26±0,61	3,28±0,11	166,05±8,10	3,83±0,07
		5	31,65±0,63	3,05±0,11	182,30±3,95	3,57±0,03
	Люцерна	1	-	3,15±0,04	113,00±6,14	3,77±0,09
		2	-	3,46±0,09	124,75±2,95	4,05±0,10
		3	-	3,61±0,11	139,06±8,35	4,19±0,06
		4	-	3,20±0,06	151,07±8,54	3,75±0,07
		5	-	2,90±0,05	165,03±8,16	3,44±0,09
Полив напуском по чекам	Люцерна + ячмень	1	28,40±0,64	2,85±0,11	154,20±5,60	4,57±0,07
		2	29,71±0,42	2,93±0,07	172,00±9,17	4,71±0,10
		3	31,53±0,98	3,27±0,04	189,55±5,79	4,95±0,10
		4	32,85±0,53	2,86±0,09	210,44±7,67	4,89±0,06
		5	34,04±0,58	2,58±0,07	229,48±5,91	4,63±0,09
	Люцерна	1	-	2,98±0,13	137,57±7,97	4,60±0,06
		2	-	3,15±0,04	149,05±9,99	4,95±0,03
		3	-	3,43±0,05	163,03±7,97	5,04±0,11
		4	-	3,54±0,12	178,56±7,45	5,25±0,09
		5	-	3,02±0,06	194,52±6,32	4,82±0,10
НСР ₀₅ фактора А			0,51	0,08	6,28	0,35
НСР ₀₅ фактора В			0,51	0,08	6,28	0,35
НСР ₀₅ фактора С			0,80	0,13	9,93	0,55
НСР ₀₅ взаимодействие факторов АВ			0,71	0,12	8,89	0,49
НСР ₀₅ взаимодействие факторов АС			1,13	0,18	14,05	0,77
НСР ₀₅ взаимодействие факторов ВС			1,13	0,18	14,05	0,77
НСР ₀₅ для частных средних			1,60	0,26	19,87	1,09

Таблица 2 - Корреляционная зависимость показателей продуктивности семенной люцерны первого года жизни

Параметры	уравнение регрессии	коэффициент корреляции (r)
Количество продуктивных стеблей на 1 растении	$y = 0,49 + 0,13x$	0,90
Количество кистей на 1 растении	$y = 0,85 + 0,05x$	0,90
Количество бобов в кисти	$y = 2,17 + 0,19x$	0,72
Масса 1000 семян	$y = - 0,17 + 1,88x$	0,83
Площадь листьев (фаза отрастания)	$y = 0,77 + 0,16x$	0,76
Фотосинтетический потенциал (фаза отрастания)	$y = 0,77 + 0,005x$	0,76

Список использованных источников

1. Величко Е.Б., Шумаков Б.Б. Агромелиоративные основы возделывания риса. Краснодар: Кн. изд-во, 1987. – 192 с.
2. Дедова, Э.Б. Сопутствующие культуры в рисовых севооборотах Калмыкии // Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, Г.Н. Кониева, С.Б. Адыяев / «Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии системы сельскохозяйственного производства»- Сб. науч. тр. (вып.7) Часть I Рязань.- 2003.- С.96-98.
3. Демкин, О.В. Рекомендации по возделыванию сопутствующих культур рисовых севооборотов Сарпинской низменности / О.В. Демкин, С.Б. Адыяев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов / Элиста: КФ ГНУ ВНИИГиМ, 2007. – 34 с.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта /Б.А. Доспехов/ Изд. 5 доп. и пер. М.: Альянс, 2014. – 351 с.
5. Система рисоводства Республики Калмыкия: Методическое пособие / Под общ. ред. академика РАСХН Б.М. Кизяева. – Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар», 2009. – 167 с.

УДК 631.6:502.3

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЙМЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

В.М. Яшин¹, П.И. Пыленок², Т.Ю. Пуховская¹

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

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

Актуальной научной задачей является разработка методов и технологий очистки загрязненных техногенных ландшафтов. Для очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами (ТМ), в зависимости от уровней их загрязненности разработаны различные способы очистки или детоксикации [1]. Наиболее перспективными способами, сравнительно «мягко» воздействующими на почву, являются методы биоремедиации, включающие метод фиторемедиации (фитоэкстракции), при котором используется способность растений накапливать ТМ в вегетативных органах. При этом растения могут поглощать ТМ из почвы на глубину распространения корневой системы и глубже за счет капиллярного подтягивания почвенной влаги из более глубоких увлажненных почвенных горизонтов. Выявление растений, расположенных к транслокации ТМ из почвы, их ранжирование и рекомендации к использованию в опреде-

ленных природно-хозяйственных условиях необходимо для широкого применения методов фиторемедиации в решении практических задач.

Натурные исследования загрязненности ТМ компонентов аквальных ландшафтов, в том числе под влиянием паводков, выполнены в пойме р. Оки, в районе г. Рязани, в рамках российско-германского сотрудничества [2]. Исследования проведены на трех участках поймы. Первый створ пересекает пойму у пос. Солотча и проходит через естественные пастбища и сенокосы, кустарник и мелколесье. Второй створ располагается чуть выше г. Рязани, проходит преимущественно через пахотные мелиорируемые земли и частично - естественные сенокосы и пастбища. Третий участок поймы расположен в пределах городской черты и находится в зоне влияния сбросного канала городских сточных вод.

Аллювиальные почвы, располагаясь в пониженных частях ландшафтов речных долин, оказались в наиболее уязвимом географическом положении в условиях антропогенного пресса на природную среду. В системе «источник-сток» пойменные земли занимают позицию предпоследнего структурного элемента (заключительным является собственно речной поток), на котором происходит рассеивание потоков и аккумулируется твердый сток. При этом аккумулируются результаты природно-хозяйственного воздействия как на почвы в пределах пойм, так и результаты природно-хозяйственных процессов на водораздельных пространствах.

Высокий уровень естественного и актуального плодородия аллювиальных почв обусловил широкое интенсивное сельскохозяйственное использование их преимущественно для производства овощной продукции и кормов. Воздействие природных факторов и хозяйственной деятельности в бассейнах рек обусловило загрязнение пойменных почв тяжелыми металлами. Различные уровни загрязнения аллювиальных почв тяжелыми металлами установлены исследованиями на пойме р. Оки в районе Пушино [3] и в районе Рязани [4], на поймах рек лесостепной зоны Русской равнины - Сейма, Воронежа, Дона, Битюга [5]. Аллювиальная почва супераквальных ландшафтов является аккумулярующим компонентом ландшафта речных долин, принимающим загрязнители с водными потоками с водораздела и с паводковыми потоками в периоды весеннего снеготаяния и в периоды летних дождевых паводков. В том числе загрязнители поступают на поверхность поймы за счет сухого и мокрого выпадения при воздушном переносе.

Методика включала комплексные исследования компонентов пойменного ландшафта – рельефа, пойменных почв, мониторинг качества компонентов гидросферы, включая почвенную влагу, объем и качество паводковых седиментов, распределение ТМ в вегетативных органах пойменной растительности,

Содержание тяжелых металлов в компонентах гидросферы (паводковые, речные, дренажные и грунтовые воды, почвенная влага) и кадмия во всех компонентах определялось атомно-абсорбционным методом (ААС), а для почвы и седиментов в том числе использовался рентгенофлуоресцентный (РФА) метод. В растениях содержание ТМ определяли РФА – методом.

Результаты натурных исследований формирования компонентов пойменных ландшафтов позволяют утверждать, что практически все компоненты - атмосферные осадки, речные, паводковые, дренажные, грунтовые воды и почвенная влага, паводковые седименты и почва, а также пойменная растительность характеризуются загрязненностью тяжелыми металлами в различных концентрациях.

Наибольшими концентрациями ТМ из компонентов гидросферы характеризуются грунтовые воды на третьем участке, содержание кадмия, хрома и никеля изменя-

ются, соответственно, в пределах 3-341 мг/дм³, 113-166 и 1446-5046 мг/дм³. На участках первого и второго створов, где условия ближе к естественным, содержание ТМ в водных компонентах значительно ниже (табл. 1), однако на уровне максимальных значений концентрации меди, цинка, никеля, хрома и кобальта превышают ПДК по рыбохозяйственным требованиям.

Таблица 1 - Содержание металлов в компонентах гидросферы на пойме р. Оки в пределах первого и второго створов (1997-2003 г. г.)

Компоненты гидросферы	Содержание, мкг/дм ³							
	Al	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Cr	Co
Осадки (снег, дождь)	66-71	219-379	10-29	39-42	2,5-45	3-31	20-22	59-63
Почвенная влага	2,9-87	135-2190	3-1630	2,4-49	4-187	Нет данных	3-22,5	0,5-3,1
Грунтовые воды	Нет данных	2880-8260	8-134	12-13	23-85	8-14,5	1,0-5,5	6,5-14,0
Дренажный сток	85,2	77,0	24,2	2,7	37,9	23,8	0,6	2,0

Исследованиями установлено, что основным источником поступления тяжелых металлов в почву в условиях, близких к естественным, являются паводковые седименты, максимальная нагрузка которыми в условиях средне-высокого паводка достигала 12,9 т/га. Паводковые отложения загрязнены железом, содержание которого изменяется от 22 до 32 г/кг, повышенным содержанием отмечается хром, никель, медь и цинк. В многолетнем разрезе (2001-2009 гг.) наблюдаются в среднем устойчивые значения концентраций ТМ с некоторой флуктуацией (свинец 39-61 мг/кг, никель 35-42 мг/кг, цинк 141-216, марганец 974-1379 мг/кг), концентрация ТМ в которых на 20-25% превышает содержание их в верхнем (0-25см) слое почвы.

Загрязненность пойменных почв тяжелыми металлами распределяется по глубине почвенного профиля неравномерно и отличается по исследованным участкам. В условиях естественных лугов первый максимум приурочен к гумусовому горизонту, а ниже до глубины 50-60 см наблюдается снижение концентраций на 10-50 %, в тоже время в более глубоких горизонтах происходит постепенное нарастание концентрации до величин гумусового горизонта и выше.

На пахотных мелиорированных землях в результате активного водообмена произошел вынос ТМ из верхних горизонтов почвы и аккумуляция их на глубине 40-60 см [1]. По содержанию металлов в почвах и паводковых седиментах в условиях первого и второго створов, приуроченных к естественному и сельскохозяйственному ландшафтам, в убывающей последовательности устанавливается следующий ряд: Al>Fe>K>Mg>Ca>Na>Mn>Zn>Cr>Ni>Cu>Hg.

На локальном участке заливной поймы в пределах городской черты, в зоне влияния канала сточных вод сформировался высокий уровень загрязнения почв тяжелыми металлами. Максимальные концентрации ТМ приурочены к горизонту почвы 50-80 см, где кратность превышения ПДК составляет: по цинку - 52,3, по никелю - 6,9, по меди - 39,2, по свинцу - 20,9 и ОДК по кадмию - 36,2 раз (табл. 2). Высокое содержания ТМ в почве в числе других факторов оказало влияние на развитие пойменного фитоценоза. Визуальные наблюдения не позволили выявить каких-либо отличий от развития растений по сравнению с незагрязненными участками. В тоже время исследования растений

с целью оценки содержания ТМ в вегетативных органах позволят установить их способность к транслокации ТМ из почвы и аккумуляцию в вегетативных органах и оценить перспективность использования пойменных растений в целях фиторемедиации загрязненных почв. Были исследованы аккумулирующие способности дикорастущих растений - ивы, пырея, пижмы, полыни, цикория, вьюнка и смеси злаков. Результаты анализов представлены в таблице 3 и частично на рисунке 1.

Таблица 2 - Концентрация ТМ (г/кг) в почве и донных отложениях на пойме р. Оки в пределах городской черты г. Рязани

Наименование	Zn	Cr	Cu	Ni	Pb	Cd
Почва	272-5672	78-2397	37-2156	26-586	15-326	4,4-72,5
Донные обложения канала сточных вод	403	101	170	74	64	15,1

Установлено, что повышенные концентрации металлов характерны для ивы (листья, цветы), пижмы, пырея и смеси злаков. Максимальные концентрации для всех тестированных металлов приурочены к листьям ивы. При этом повышенные значения отмечаются в засушливый 2010 год (рис. 1).

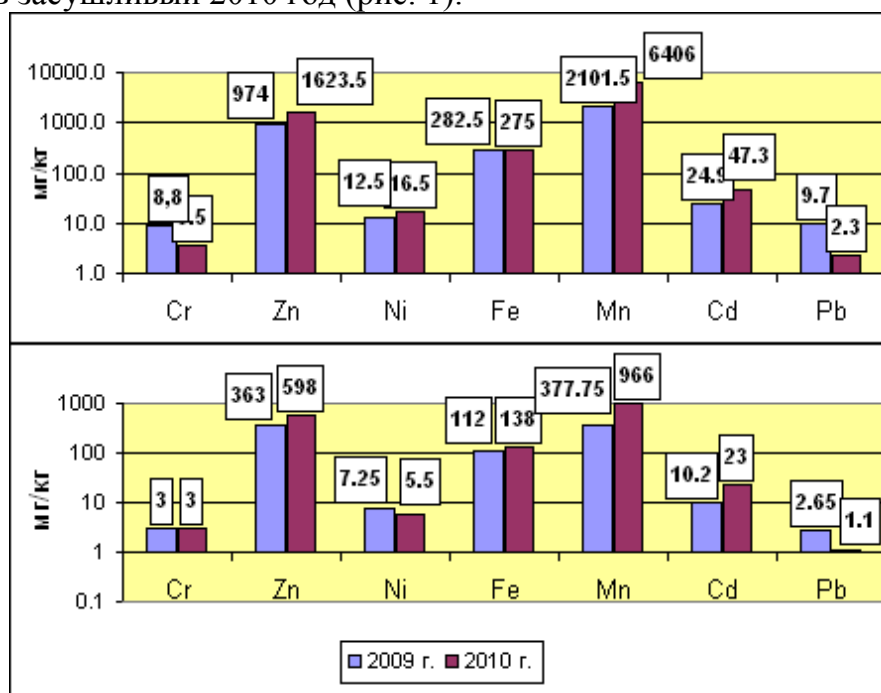


Рисунок 1 - Содержание тяжелых металлов в листьях (верхний график) и ветках (нижний график) ивы по данным на осень 2009 и 2010 гг.

Травянистая растительность в повышенных концентрациях поглощает из почвы цинк. Полученные результаты указывают на перспективность использования естественной растительности пойм (ивы, пырея и пижмы) в технологиях фитомелиорации загрязненных тяжелыми металлами почв. Ориентировочные расчеты показали, что для очистки сильно загрязненных почв до допустимого уровня при использовании зрелой ивы (отчуждение листьев и частично веток) потребуется до 3-х лет по цинку и кадмию, при использовании пырея и смеси злаков по цинку до 6-ти лет, по кадмию - 18-30 лет и при использовании пижмы по цинку – до 10-ти лет и кадмию - до 6-ти лет. Перспективность практического применения плантаций ивы в технологиях фиторемедиации подтверждается результатами исследования процессов рекультивации за-

грязненных техногенных земель в районе Костомукшского горно-добывающего комплекса [6].

Таблица 3 - Содержание тяжелых металлов в дикорастущих растениях

Растение	Часть растения	РФА					ААС	
		Pb	Zn	Ni	Fe	Mn	Cd	Pb
Ива	листья	3-12	204-1764	12-21	200-363	104-6926	3,0-56,8	2,2-11,4
	ветки	1-3	116-694	3-10	68-952	25-1179	2,0-24,2	0,8-4,0
	сережки		352	6	1000	1405	14,3	4,4
Пырей ползучий	надземная часть	3-5	183-429	6-8	107-216	20-152	0,5-1,4	3,4-8,1
Пижма обыкновенная	листья зрелые	9	167	3	367	129	5,0	10
	листья молодые	4	59	5	102	14	1,5	3,4
	семена	4	52	3	205	35	1,0	3,0
Цикорий обыкновенный	надземная часть	7	101	3	431	29	3,3	10,6
Полынь обыкновенная	надземная часть	11	175	4	297	36	5,7	10,6
Вьюнок	надземная часть		63	5	85	32	0,6	0,4
Смесь злаков	надземная часть	3	304	5	222	154	1,5	2,3

Результаты выполненных исследований показывают, что в современных условиях практически все компоненты исследованного пойменного ландшафта загрязнены тяжелыми металлами в различных концентрациях. Для фиторемедиации загрязненных почв может быть использована естественная пойменная растительность, среди которой наиболее перспективной является ива, способная аккумулировать в высоких концентрациях цинк и кадмий.

Список использованных источников

1. Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами. Россельхозакадемия, ВНИИГиМ, 2005. – 72 с.
2. Райнин В.Е. и др. Влияние паводков на загрязнение пойм рек Оки и Эльбы // Мелиорация и водное хозяйство, № 5, 1999, с. 42 – 45.
3. Дмитраков Л.М., Соколов О.А. Изменение пойменных почв при усилении антропогенной нагрузки // Почвоведение, 1997, № 8, с. 988-993.
4. Яшин В.М., Пыленок П.И. Загрязнение пойменных агроландшафтов в среднем течении Оки // Юбилейный сборник научных трудов ВНИИГиМ «МЕЛИОРАЦИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА», Т.1, М.ВНИИА 2004, с.286-296
5. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., Яблонских Л.А. Тяжелые металлы и радионуклиды в гидроморфных почвах лесостепи Русской равнины и их профильное распределение // Почвоведение. 1999, № 4, С. 435-444
6. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н. Перспективы выращивания ивы в качестве фиторемедианта на техногенных территориях северо-запада России // Экология и промышленность, № 12, 2014. С 48-51

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Кизяев Б.М. ГОД ПЯМЯТИ А.Н.КОСТЯКОВА	3
Кирейчева Л.В. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В РОССИИ	4
Кизяев Б.М., Исаева С.Д. К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ В УСЛОВИЯХ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА	9
Бедретдинов Г.Х. НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ДАВИДА ЛАЗАРЕВИЧА МЕЛАМУТА (1915-1987 гг.)	17
Исаева С.Д., Кизяев Б.М. К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Д.М. КАЦА	25
Максименко В. П. ВКЛАД В. И. БОБЧЕНКО В РАЗВИТИЕ ИДЕЙ О МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)	31

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Абдиров М., Абдураманов А.А., Ташенова А., Исаева Д.А., Байдешев А.А. ДВУХПРОДУКТОВЫЕ И МНОГОПРОДУКТОВЫЕ ГИДРОЦИКЛОННЫЕ НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ	38
Абдураманов Н.А. МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН	40
Алимбаева Б.А., Манапбаева Б.Ж., Аманбаев Е. МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ КОРРОЗИИ В ЭЛЕМЕНТАХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВОДНОЙ СРЕДЕ	42
Баев О.А. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ	45
Барамыков М.Р. К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАСХОДА ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ ПОТОКАХ	49
Бейсембин К.Р. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОДОЗАБОРА И ФИЛЬТРУЮЩЕГО ПОТОКА	53
Бекмуратов М.М., Джолдасов С.К., Даркенбаев Е.Д. НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	57
Волинов М.А., Жезмер В.Б. ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПОДКОМПЛЕКСОМ АПК РОССИИ	60
Головинов Е.Э., Аминев Д.А. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И СКОРОСТИ ВОДНОГО ПОТОКА	63
Джолдасов С.К., Жабагиева К.Р., Жоламанов Н.Ж., Койшыбаева Г.Д. НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ АППАРАТОВ ГИДРОЦИКЛОННОГО ТИПА	67
Джурумбаева Р.А., Сейткасымова С.А. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ТУННЕЛЬНЫХ ВОДОСБРОСОВ	71

Есполов Т.И., Баекенова М.К., Базарбаев А.Т. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ КРУПНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КАЗАХСТАНА	75
Жезмер В.Б., Вольнов М.А. СИСТЕМА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ОБЪЕКТОВ АПК	79
Ибраев Т.Т., Ли М.А. БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КАЗАХСТАНА	82
Кадырбекова А., Ибраев Т.Т., Байжигитова Г.Д. ОЦЕНКА И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СХЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ	87
Кермалиев У.Т., Баджанов Б.М. МОНИТОРИНГ КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ	90
Киргизбаев А.А., Джолдасов С.К., Молдамуратов Ж.Н. ПЕСКОЛОВКА С ПРОДОЛЬНЫМИ ЩЕЛЕВЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ	934
Князева Е.А., Корж В.А. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ДАМБЫ И БЕРЕГОВЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НА ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ГЛУБИННОГО ВОДОЗАБОРА ЭКИБАСТУЗСКОЙ ГРЭС-1	95
Кожамкулова Г.Е., Ибраев Т.Т., Наурызалиев Н.А. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН	98
Корж В.А., Князева Е.А. О ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО- СТРАТИФИЦИРОВАННОГО ПОТОКА ПРИ СОВМЕЩЕННОМ В ПЛАНЕ СБРОСЕ И ЗАБОРЕ ПРИДОННЫХ ХОЛОДНЫХ МАСС ВОДЫ	103
Кушер А.М. СТРУКТУРА ВОДНОГО ПОТОКА В ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ЛОТКАХ С ДОННЫМ И БОКОВЫМ СЖАТИЕМ	108
Маликтайулы М., Жаканов М., Абдуллаева А.Н. ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ СО СНЕГОЗАНОСИМОСТЬЮ КАНАЛОВ КРУГЛОГОДИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ	113
Минарбеков Ж.И., Абдураманов А.А., Жолдасов С., Жоламанов Н.Ж., Касабеков М.И., Исаева Д.А. ФИЛЬТРОЦИКЛОНЫ. ФИЛЬТРОЦИКЛОНЫ-ФЛОТАТОРЫ. ФИЛЬТРОЦИКЛОННЫЕ НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ	116
Павлущенко В. А. ПОЛОВОДЬЯ И ИХ ГИДРОГРАФЫ НА р. ДЕСНЕ В ПРЕДДВЕРИИ УРБАНИЗАЦИИ НОВОЙ МОСКВЫ	118
Сидорова С.А. МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	123
Цимбалов А.А. МЕТОДЫ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СКВАЖИННЫХ ВОДОЗАБОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	126

Щербаков А.О., Фирсов А.В. НЕОБХОДИМЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБСЛЕДОВАНИЮ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКОГО И ТВЕРДОГО СТОКА	130
---	-----

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

Абдешев К. Б., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Жусупова Л.К. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ	135
Адилбектеги Г.А., Мустафаев Ж.С. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЛАНДШАФТОВ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ...	139
Айриян Н. В., Коновалов Е.А., Волчкова Т.Л. ЯХРОМСКАЯ ПОЙМА – ПРЕДПРИЯТИЕ АГРАРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА	143
Алексеев В.В. ЭКСПРЕСС МЕТОД РАСЧЕТА ПРОФИЛЕЙ УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ И КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ	147
Ангольд Е.В., Куртебаев Б.М., Мамучев Р.А. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПРЕДГОРЬЯХ КАЗАХСТАНА	151
Ахмедов А.Д., Ашигова Е.Э., Засимов А. Е. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ	155
Безбородов Ю.Г., Козыкеева А.Т., Кирейчева Л.В., Жатканбаева А.О. РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	159
Бикбулатов Е.И. КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ТОМАТОВ В САРАТОВСКОМ ПРАВОБЕРЕЖЬЕ	163
Бурцева Н.И., Дронова Т.Н., Молоканцева Е.И. ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СОЧЕТАНИЙ ВОДНОГО И ПИЩЕВОГО РЕЖИМОВ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОЕ ДОЛГОЛЕТИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО	168
Волчек А.А., Санелина Е.А. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ, МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОЙ НА ЛЕГКИХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ ...	172
Гжибовский С.А., Терпигорев А.А., Грушин А.В. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ДОЖДЯ ПО СЛЕДУ АЭРОЗОЛЬНОГО ОБЛАКА, ПЕРЕНОСИМОГО ВЕТРОМ	176
Гричаная Т.С., Першуков Д.А. ПРИМЕНЕНИЕ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА	180

Губин В.К. СИСТЕМА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ТРАНШЕЙНОМ ЛИМОНАРИИ	182
Даулетбай С.Д., Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Кирейчева Л.В. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА МЕЛИОРАЦИИ СЕЛЬСКО- ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОБУСТРОЙСТВЕ ВОДОСБОРОВ БАСЕЙНА РЕКИ ШУ	186
Дронова Т.Н., Дергачева И.А., Дергачев А.А. ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	190
Дугин Е.А., Новиков А.Е., Пындак В.И. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЛОТДЕЛЕНИЯ НА ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ С МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ	195
Евсенкин К.Н., Кирейчева Л.В., Яшин В.М., Перегудов С.В., Нефедов А.В., Иванникова Н.А. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НОВОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	198
Енакаева В.Р., Лурье М.В., Попова Н.М., Шукурова Л.А. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙ- СТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЕ, ДЕЛЬТЕ р. ВОЛГИ И В ЗПИ	203
Есполов Т.И., Яковлев А.А., Саркынов Е.С., Тойлыбаева М.М. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛИОРАЦИИ ВНОВЬ ОСВАИВАЕ- МЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ В КАЗАХСТАНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОНАКОПИТЕЛЬНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВОДОЁМА	210
Ершова Г.И., Пыленок П.И., Родькина В.Н., Сельмен В.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ИХ АТОМАРНЫМ СТРУКТУРИРОВАНИЕМ	214
Жакашов А.М., Карлыханов О.К. ПРОБЛЕМЫ ОБВОДНЕНИЯ И ВОСТАНОВЛЕНИЯ ПАСТБИЩНЫХ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА	218
Жапаркулова Е.Д., Анзельм К.А., Бекбаев Н.Р., Курмашев К. ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ	222
Г.Е. Жидекулова, Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, П.Е. Есенгельдиева ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ГИДРОАГРОЛАНДШАФТОВ	226
Завалюев В.Э., Шепелев А.Е. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПОЛИВА НА ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИНАХ	229
Зубаиров О.З., Есполов Т.И., Нусипбеков М.Ж., Набиоллина М.С. СИСТЕМА ДЛЯ МАЛОГО ОРОШЕНИЯ	233
Зунгруева С.Н. ТЕХНОЛОГИИ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ РАСТЕНИЯМИ СОЛОДКИ ГОЛОЙ И ПЫРЕЯ СОЛОНЧАКОВОГО	237

Ильинский А.В. ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ САНАЦИИ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЁННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ	241
Ильинский А.В., Кирейчева Л.В. ОБОСНОВАНИЕ САНАЦИИ ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ ФИТОРЕМЕДИАНТОВ	245
Кадамов А., Икромов И.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕОТЛОЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ПЕСКОВ РЕКИ ПЯНДЖ НА ТЕРРИТОРИИ ИШКАШИМСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН	249
Калашников П.А., Першуков Д.А. ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОНАПОРНЫХ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В ЖУАЛЫНСКОМ РАЙОНЕ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ	252
Карпенко Н.П., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Ескермесов Ж.Е. ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО КАРКАСА ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ	257
Кирейчева Л.В., Ильинский А.В. РЕЗУЛЬТАТЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЁННОЙ НЕФТЕПРО- ДУКТАМИ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ КАРБОНАТНОГО САПРОПЕЛЯ И УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ	261
Ковалев Н.Г., Широкова Е.В., Андрианова Л.И. ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ УДОБРЕНИЙ И СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР И НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ	265
Кожанов А. Л. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО УРОЖАЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОРОШЕНИЯ	269
Козыкеева А.Т., Саржанкызы Ж. НОРМЫ ВОДОПОТРЕБНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО- КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	274
Кониева Г.Н., Чинкарикова А.В., Танктырова А.П. ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕНА СУДАНСКОЙ ТРАВЫ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ КАЛМЫКИИ	278
Конторович И.И. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ИСПАРЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД	281
Корягин В.А., Корягина Л.М. СЦЕНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С РЯДОМ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ПО МОДЕЛИ MINTEQA 2	285
Кошкарлова Т.С., Толоконников В.В., Чамурлиев О.Г., Иленева С.В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И СПОСОБОВ ПОСЕВА СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ	291

Курбанов С.А., Магомедова Д.С., Караева Л.Ю. КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА	293
Курбанова Л.Г., Магомедова Д.С., Курбанов С.А. СРОКИ И ГУСТОТА ПОСЕВОВ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ	297
Лагутина Т.Б., Кононов ВЛИЯНИЕ ДРЕНАЖЕЙ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА	298
Ламскова М.И., Филимонов М.И., Новиков А.Е. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАДИИ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ СКО	302
Лентяева Е.А., Кирейчева Л.В., Безбородов Ю.Г. К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ЗОНАЛЬНО- ПРОВИНЦИАЛЬНЫХ ПОЧВ	306
Магомедова Д.С., Курбанов С.А., Гаджиева Н.А. ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ РАННИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ	315
Малютина Л.А. ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	318
Манджиева Т.Н., Чапанова М.П. АДАПТАЦИЯ АМАРАНТА МЕТЕЛЬЧАТОГО НА ЗАСОЛЕННЫХ БУРЫХ ПОЛУПУСТЫННЫХ ПОЧВАХ	322
Мартынова А.А., Дусарь С.А. ПРОДУКТИВНОСТЬ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ ПРИ ОРОШЕНИИ СТАЦИО- НАРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ СПРИНКЛЕРНОГО ТИПА ...	326
Матюк Н.С., Шевченко В.А. ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ	330
Меньшикова С. А. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ-МЕЛИОРАНТА В КАЧЕСТВЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИСТОЧНИКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РУККОЛЫ (ИНДАУ)	335
Мустафаев Ж.С., Есполов Т.И., Козыкеева А.Т. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ МЕЛИОРАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КАЗАХСТАНЕ	339
Невежин С.Ю., Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Ивина И.П. ВЛИЯНИЕ СРОКОВ, СПОСОБОВ И НОРМ ПОСЕВА НА ПРОДУКТИВ- НОСТЬ ОВСЯНИЦЫ ТРОСТНИКОВОЙ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	344
Нидюлин В.Н., Старшинова О.А., Санжеев В.В. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ КСЕРОГАЛОФИТНОГО ПОЛУКУСТАРНИЧКА КОХИИ ПРОСТЕРТОЙ (<i>COSHIA PROSTRATA</i> (L.) SCHRAD) В АРИДНЫХ РАЙОНАХ РОССИЙСКОГО ПРИКАСПИЯ	347

Николаенко А.Н., Кавокин А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ И ДИНАМИКИ ИОННО-СОЛЕВОГО КОМПЛЕКСА ПОЧВ В ПОЧВЕННО- МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЦЕССАХ	351
Новиков А.Е., Пындак В.И., Межевова А.С. КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО АГРОТЕХНИЧЕСКИМ МЕЛИОРАЦИЯМ НА ЮГО-ВОСТОКЕ РОССИИ	355
Овчинников А.С., Чамурлиев Г. О. УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ И СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ	359
Ольгаренко В.Иг. НОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ПОЙМЫ НИЖНЕГО ДОНА	362
Осипов А.И. РОЛЬ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ В ПЛОДОРОДИИ ПОЧВ И ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ	366
Оспанов К.Т., Кульдеева Э.М., Адилханов Ж. К ВОПРОСУ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВА- НИЕМ ИХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	370
Пахомов А.А., Суслин Д.А. ПОЛИВНОЙ ТРУБОПРОВОД С СИСТЕМОЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОПОДАЧИ	374
Петроченко А.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ НА ГРУППОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДOPРОВОДАХ	378
Попов А.В., Дедов А.А. ОПЫТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В РИСОВОМ СЕВООБОРОТЕ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ	383
Пыленок П.И. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОГО РЕЦИКЛИНГА	385
Ромашенко М.И., Шевченко А.М., Савчук Д.П., Забуга А.А. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНИКОВ ОТ ПОЖАРОВ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ	388
Рулева О.В., Овечко Н.Н. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ И АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В ПЕРСПЕКТИВЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ	391
Сазанов М.А., Файзиев Р.М. ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УРОЖАЙ РЕПЧАТОГО ЛУКА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ	396
Стрельбицкая Е.Б., Соломина А.П. РЕГУЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ДРЕНАЖНОГО СТОКА ДЛЯ ЕГО ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ УВЛАЖНЕНИИ ПОЧВ ГУМИДНОЙ ЗОНЫ РОССИИ	399
Таттибаев Х.А., Киценко М.Д. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА	404

Терпигорев А.А., Грушин А.В., Гжибовский С.А. РАЗРАБОТКА СТАЦИОНАРНОГО МОДУЛЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО УВЛАЖНИТЕЛЬНОГО ДОЖДЕВАНИЯ ДЛЯ САДОВ ИНТЕНСИВНОГО ТИПА	408
Храбров М.Ю., Колесова Н.Г. МОДЕРНИЗАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ	412
Чезлова О.Е., Лицкевич А.Н., Волчек А.А. ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ НА МИГРАЦИЮ БАКТЕРИЙ В ПОЧВЕ	416
Шайпитенов К. ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА	420
Шамсутдинов Н.З., Шагаипов М.М., Матвеев А.В., Шамсутдинова Э.З., Санжеев В.В., Каминов Ю.Б., Арылов Ю.Н. СОЗДАНИЕ МНОГОВИДОВЫХ ПОЛУКУСТАРНИЧКОВО-ТРАВЯНЫХ ФЛОРИСТИЧЕСКИ И ЦЕНОТИЧЕСКИ ПОЛНОЧЛЕННЫХ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ КАЛМЫКИИ	422
Шамсутдинова Э.З., Шамсутдинов Н.З. ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ НАРУШЕННЫХ АРИДНЫХ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НИШИ	427
Шевченко В.А., Соловьев А.М. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКИХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ АГРОТЕХНИЧЕСКИМИ ПРИЕМАМИ	431
Эрднеева Б.Б., Кониева Г.Н., Кашилова А.В. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЮЦЕРНЫ В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ КАЛМЫКИИ	435
Яшин В.М., Пыленок П.И., Пуховская Т.Ю. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЙМЕННОЙ РАТИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ	438
СОДЕРЖАНИЕ	443

