

**ISSN 2313-2248**

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Научно-практический журнал**

**Выпуск № 3(63)/2016**

**Новочеркасск**

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

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

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

**Выпуск № 3(63)/2016**

Июль – сентябрь 2016 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

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

**Ответственный секретарь** – Е. А. Бабичева

**Редакторы:** доктор технических наук, доцент С. М. Васильев; кандидат технических наук Г. А. Сенчуков; кандидат технических наук А. А. Чураев; чл.-кор. РАН, доктор технических наук, профессор В. И. Ольгаренко; кандидат сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев; кандидат технических наук Д. В. Бакланова; кандидат сельскохозяйственных наук Н. И. Балакай; кандидат сельскохозяйственных наук С. Г. Балакай; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Воеводин; кандидат сельскохозяйственных наук Л. А. Воеводина; кандидат технических наук В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук Ю. Е. Домашенко; кандидат технических наук С. Л. Жук; кандидат технических наук А. С. Капустян; кандидат технических наук А. Л. Кожанов; кандидат технических наук, доцент Г. Л. Лобанов; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат сельскохозяйственных наук С. А. Селицкий; кандидат технических наук В. В. Слабунов; доктор сельскохозяйственных наук Ю. Ф. Снопич; кандидат технических наук А. И. Тищенко; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова

**Технический редактор** – Е. А. Бабичева

**Литературный редактор** – Л. В. Мельникова

**Выпускающий** – Л. И. Юрина

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

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

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

Подписано в печать 09.09.2016. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 27,33. Тираж 500 экз. Заказ № 87.

ФГБНУ «РосНИИПМ»  
346421, Ростовская область,  
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190

Отпечатано ИП Белоусов А. Ю.  
346421, Ростовская область,  
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190 «Е»

ISSN 2313-2248



9 772313 224008

Дата выхода в свет 30.09.2016  
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2016

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

### *III Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации»*

<b>Сенчуков Г. А., Гостищев В. Д., Пономаренко Т. С.</b> Выработка и обоснование критериев ранжирования имеющихся проблем и мероприятий, направленных на оздоровление водных объектов бассейна реки Сал.....	6
<b>Кожанов А. Л.</b> Конструкции энергоэффективных оросительных систем с безнапорным режимом работы трубопроводов .....	12
<b>Рыжак А. Н.</b> Сравнительный анализ цифровых моделей рельефа, созданных на основе данных радарной и геодезической съемок.....	18
<b>Рыжко С. Н., Рыжко Н. Ф., Ботов С. В.</b> Улучшение качества полива и повышение расхода воды дождевальной машины «Кубань-ЛК».....	23
<b>Иванютин Н. М.</b> Влияние антропогенной деятельности на подземные воды Крыма.....	25
<b>Балакай С. Г.</b> Влияние концентрации стимулятора роста в растворе на полевую всхожесть семян и урожайность баклажанов.....	31
<b>Жуйков А. Г.</b> Зависимость количественно-качественных показателей урожайности видов горчицы от орошения в условиях Южной Степи Украины .....	36
<b>Муратов О. А., Муратов А. Р., Фырлина Г. Л.</b> Особенности развития комплексной механизации ремонтно-восстановительных работ.....	41
<b>Бреева А. В.</b> Современные подходы к получению морфометрических характеристик водосборов.....	45
<b>Кулик А. К., Власенко М. В.</b> К докладу о ведении хозяйства на Арчединско-Донских песчаных землях в границах Фроловского, Иловлинского и Серафимовичского районов Волгоградской области.....	49
<b>Рыжко С. Н., Ботов С. В., Органов М. С., Рыжко Н. В.</b> Результаты внедрения низконапорных ДМ «Фрегат» .....	55
<b>Волкова Н. Е., Ляшевский В. И.</b> Орошаемое земледелие Крыма: возможности будущего развития.....	57
<b>Турко С. Ю., Сурхаев Г. А.</b> Продуктивность опытных посевов кормовых растений для улучшения пастбищ аридной зоны (Ачикулакская научно-исследовательская опытная станция).....	63
<b>Пономаренко Т. С.</b> Процесс создания двумерной модели участка Донского магистрального канала в среде MIKE.....	70
<b>Силина О. С., Павлючик Е. Н., Капсамун А. Д., Епифанова Н. А.</b> Биопродуктивность бобово-злаковых травостоев за три года пользования на осушаемых землях Нечерноземья.....	75
<b>Сейтумеров Э. Э.</b> Состояние и проблемы использования местного стока Республики Крым для эффективного ведения сельскохозяйственного орошения.....	80
<b>Лавриненко Ю. А., Влащук А. Н., Шапарь Л. В.</b> Водопотребление сортов рапса озимого в зависимости от срока сева и нормы высева в условиях юга Украины.....	83
<b>Василенко Н. Е., Антонив С. Ф., Колесник С. И., Фостолович С. И., Коновальчук В. В., Запрута А. А.</b> Влияние удобрений на семенную продуктивность и посевные качества семян полевицы тонкой.....	89

<b>Рыжаков А. Н.</b> Современное состояние производства яблок в России.....	95
<b>Манжина С. А.</b> Возможности улучшения обеспеченности АПК региона микроудобрениями за счет местных ресурсов .....	101
<b>Рыжко С. Н., Карпова О. В., Хорин С. А., Рыжко Н. Ф.</b> Усовершенствование устройств приповерхностного дождевания для ДМ «Фрегат» и их экономическая эффективность .....	107
<b>Гаевая Э. А., Мищенко А. Е.</b> Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур на эрозионно опасных склонах .....	111
<b>Косенко Н. П., Малышев В. В.</b> Водопотребление растений свеклы столовой при капельном орошении юга Украины .....	115
<b>Балашова Г. С., Юзюк С. Н.</b> Использование капельного орошения для выращивания картофеля в условиях юга Украины.....	119
<b>Карашук Г. В., Лавренко С. О., Карашук С. В.</b> Формирование площади листовой поверхности и морфологические признаки сои сортов различных групп спелости при выращивании на юге Украины.....	123
<b>Рожко В. И.</b> Оценка качества вод для орошения в канале Днепр – Донбасс.....	128
<b>Балашова Г. С., Юзюк О. О.</b> Продуктивность картофеля в зависимости от удобрений и регуляторов роста в условиях орошения юга Украины .....	132
<b>Чёрная Е. И.</b> Исследование условий водоземлепользования в пределах технологических модулей оросительных систем на примере юга Украины .....	137
<b>Петроченко А. В.</b> Инновационные решения подготовки воды в системах сельскохозяйственного водоснабжения и капельного орошения.....	142
<b>Диденко Н. А.</b> Результаты практики ведения интенсивного орошения (на примере хозяйства «Асканийское» Херсонской области).....	150

## **МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ**

<b>Тищенко А. П.</b> Измерение величин суммарного испарения сельскохозяйственных культур с помощью гидравлического почвенного балансомера.....	156
<b>Воеводин О. В.</b> Взаимосвязь обменных катионов кальция и магния с органическим веществом черноземных почв.....	161
<b>Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Табала Г. И.</b> Почвенно-мелиоративное состояние участка на предмет его использования при орошении.....	165
<b>Джапарова А. М.</b> Аналитическая оценка состояния орошения и водоснабжения в сельских регионах Крыма .....	171
<b>Якубова Х. М., Усманов И. А., Худайкулов С. И.</b> Пути повышения эффективности использования водных ресурсов в бассейне реки Сырдарья .....	177
<b>Воеводин О. В.</b> Содержание основных питательных элементов в почве обрабатываемых и необрабатываемых участков на черноземах южных.....	182
<b>Ляшевский В. И.</b> Зависимость суммарного испарения с рисового чека от температуры воздуха для условий Крыма.....	186

## **ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ**

<b>Рахматов Н., Янгиев А. А., Бакиев М. Р., Джаббарова Ш. А., Машарифов У.</b> Моделирование сценариев возникновения аварий на Учкурганском гидроузле.....	190
<b>Мавланов Т., Хуразбоев М. Р.</b> Моделирование процесса взаимодействия магистрального канала с боковым.....	193
<b>Бакиев М. Р., Шукурова С. Э.</b> Регулирование русел комбинированной дамбой с затопленной сквозной частью постоянной застройки.....	196



<b>Чориев Ж. М.</b> Мобильный мерный водослив с трапецеидальным отверстием для фермерских хозяйств.....	201
<b>Каххоров У. А.</b> К определению расстояний между пойменными дамбами .....	206

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

<b>Завалюев В. Э., Шепелев А. Е.</b> Анализ существующих конструкций и элементов ферм многоопорных дождевальных машин отечественных и зарубежных производителей.....	210
--	-----

## **СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

<b>Дунаева Е. А., Попович В. Ф.</b> Информационный аспект картографирования территорий и посевов сельскохозяйственных культур для целей экосистемного анализа.....	217
--	-----

## **ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ**

<b>Игнатъев В. М., Серeda М. В.</b> Модели прогнозирования урожайности риса .....	225
---	-----

## **ОСОБОЕ МНЕНИЕ**

<b>Рамазанов А., Файзуллаева М.</b> Экологические аспекты системы «минерализованные воды – почва – хлопчатник» .....	231
--	-----

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

### **III Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации»**

---

---

УДК 626/627

**Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, Т. С. Пономаренко**

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

#### **ВЫРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ РАНЖИРОВАНИЯ ИМЕЮЩИХСЯ ПРОБЛЕМ И МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОЗДОРОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАССЕЙНА РЕКИ САЛ**

*Пруды и водохранилища задерживают значительный объем стока и препятствуют образованию руслоформирующего расхода в русле р. Сал и ее притоков, способствуют накоплению донных наносов. Накопленные в прудах водные ресурсы в значительной степени теряются безвозвратно на испарение. Наиболее негативное воздействие оказывают русловые гидротехнические сооружения, которые построены в основной своей массе без проекта и являются глухими грунтовыми перемычками. Такие плотины рекомендуется ликвидировать. Те русловые плотины, существование которых обусловлено социально-экономическими потребностями, следует реконструировать. Для окончательного принятия решения по дальнейшему использованию или ликвидации ГТС разработана комплексная система балльной оценки.*

*Ключевые слова: гидротехнические сооружения, река, балка, водный объект, критерии ранжирования, эксплуатация, реконструкция, ликвидация.*

Река Сал является левым притоком реки Дон и берет начало на западных склонах возвышенности Ергени в балке Джурак в Республике Калмыкии у границы с Ростовской областью. Р. Сал извилиста, особенно в своем среднем и нижнем течении. Общая длина составляет порядка 800 км. Площадь бассейна р. Сал – 21300 км<sup>2</sup>, из них в Ростовской области расположено 20150 км<sup>2</sup>, в Калмыкии – 1150 км<sup>2</sup>.

Для бассейна р. Сал характерно наличие некоторых проблем, оказывающих негативное влияние на экологическое состояние. Основные из них: накопление донных отложений, которые содержат вредные вещества в концентрациях, превышающих предельно допустимые значения; наличие в русле и на временных водотоках большого количества подпорных гидротехнических сооружений, препятствующих образованию руслоформирующего промывного расхода в период паводка и создающих условия для возникновения донных отложений в русле реки.

Идентификация имеющихся проблем и выработка возможных путей их устранения базировались на анализе свойств, характеристик и технического состояния, а также уровня безопасности проблемного объекта во взаимосвязи с выполняемыми им социальными и хозяйственными функциями с учетом основных действующих нормативно-правовых документов [1–3].

При оценке существующих проблем и степени их негативного воздействия изучаемые объекты территориально рассматривались как точечные и площадные. К точечным объектам отнесены ГТС прудов, мосты, естественные и искусственные препятствия в русле реки; к площадным – русловые участки р. Сал и ее притоков.

Значительная часть прудов и малых водохранилищ в бассейне р. Сал создава-

лась для функций, которые в настоящее время ими не выполняются, например, орошение и сельскохозяйственное водоснабжение. В последние 15 лет орошение из прудов и малых водохранилищ бассейна р. Сал не осуществляется, а сельскохозяйственное водоснабжение было переориентировано на подземные воды. При этом изменилось их первоначальное целевое назначение, на большей части водоемов оно оказалось неопределенным, а некоторые водоемы вообще не используются. Сформировались непредусмотренные в первоначальных проектах новые водопользователи и водопотребители ресурсов прудов и малых водохранилищ из разных отраслей хозяйства и социальной сферы. В связи с этим оценка пруда или водохранилища с точки зрения сохранения или потери первоначального хозяйственного значения должна быть пересмотрена, так как его комплексное хозяйственное и социальное значение в настоящее время может быть иным. Именно с этих позиций должно приниматься решение о сохранении, ремонте, перепрофилировании, реконструкции или ликвидации водного объекта.

В настоящий момент общее количество действующих ГТС (пруды и водохранилища IV класса) в бассейне р. Сал составляет 217 шт. Число русловых ГТС – 61 шт., балочных – 156 шт. Из общего числа ГТС 63 шт. находятся в собственности муниципальных образований, 11 шт. – в собственности юридических лиц, 143 шт. являются бесхозяйными. Общая площадь зеркала прудов и водохранилищ бассейна р. Сал при НПУ составляет 4564 га, общий ориентировочный объем водохранилищ при НПУ – 132 млн м<sup>3</sup>.

В настоящее время ни на один из действующих прудов не имеется утвержденных правил эксплуатации и мониторинга критериев безопасности, отсутствуют проектная документация, технические паспорта на ГТС и службы эксплуатации. Ни по одному из ГТС не выполнены расчеты размеров вероятного ущерба в результате гидродинамической аварии.

При решении вопроса о целесообразности дальнейшего использования или ликвидации водного объекта и ГТС должны учитываться следующие общие принципы:

- социальная необходимость в эксплуатации ГТС;
- экологическая приемлемость дальнейшей эксплуатации ГТС;
- уровень безопасности ГТС и вероятность развития чрезвычайной ситуации;
- экономическая оценка прибыли от использования, ущербов от возможной аварии, затрат на ремонт, дальнейшую эксплуатацию или ликвидацию и рекультивацию ложа пруда (водохранилища).

Основными предпосылками к постановке вопроса о выводе ГТС из эксплуатации и дальнейшей его ликвидации являются:

- отсутствие необходимости хозяйственного использования и утрата собственника ГТС;
- снижение уровня безопасности ГТС до опасного с угрозой прорыва плотины и затопления населенных пунктов и сельскохозяйственных территорий;
- обременительная убыточность дальнейшей эксплуатации ГТС, когда затраты на ремонт и дальнейшую эксплуатацию превышают расходы на ликвидацию ГТС и рекультивацию зоны его влияния.

При анализе функционального назначения ГТС возникает задача обоснования целесообразности дальнейшего использования бесхозяйного водоема и ГТС или ликвидации в случае нецелесообразности его эксплуатации по техническим и экономическим соображениям.

При рассмотрении перспектив дальнейшего использования пруда (водохранилища) необходимо учитывать следующие составляющие: затраты на ремонт грунтовой плотины и водосброса, прибыль от использования воды из пруда всеми водопотребителями, ущерб от возможной аварии плотины и затопления нижерасположенной территории, ежегодные эксплуатационные затраты на ГТС, расходы на расширение возможной эксплуатации пруда.

В случае принятия решения о ликвидации пруда (водохранилища) необходимо учитывать: проведение работ и соответствующие затраты по опорожнению пруда, расходы на разборку плотины, рекультивацию ложа пруда, возможную прибыль от использования земель под ложем пруда.

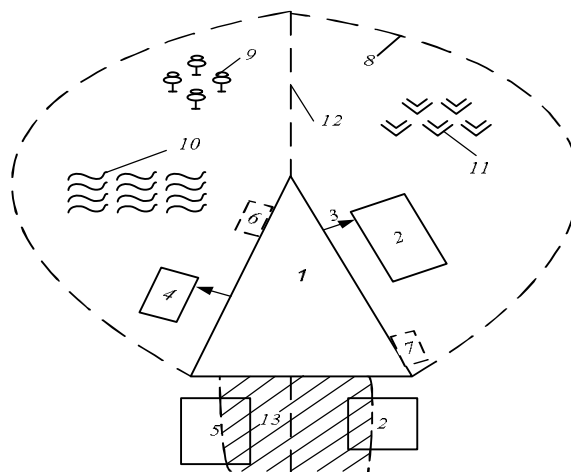
В подавляющем большинстве пруды и малые водохранилища могут использоваться в целях, указанных на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема целевого использования пруда или малого водохранилища**

При этом некоторые пруды в связи с ухудшением их технического состояния, отсутствием ремонта и ухода, аварийным состоянием плотины или водосброса стали представлять реальную угрозу жизни, здоровью и законным интересам населения, попадающего в зону затопления в случае прорыва напорного фронта гидроузла, а также окружающей среде и хозяйственным объектам.

На структурной схеме использования ГТС (рисунок 2) представлены основные объекты окружения водоема и их влияние на водосборную площадь, примыкающую к сооружению. В структурную схему использования ГТС в общем случае входят: населенный пункт, который использует воду из водоема на технические нужды и для пожаротушения, животноводческая ферма, оросительные участки, зона водопоя скота непосредственно из водоема и зона отдыха населения на берегу водоема. При оценке стока с водосборной площади учитываются распаханность территории, залесенность и залуженность отдельных участков водосбора, влияющих на формирование стока.



1 – пруд (водохранилище); 2 – населенный пункт; 3 – подача воды на технические нужды и пожаротушение; 4 – животноводческая ферма; 5 – орошение сельхозучастков; 6 – водопой скота; 7 – зона отдыха; 8 – граница водосборной площади; 9 – лесные массивы; 10 – пашня; 11 – луга; 12 – тальвег балки; 13 – зона вероятного затопления при разрушении плотины

**Рисунок 2 – Структурная схема использования ГТС**

Для оценки степени опасности ГТС при разрушении напорного фронта особо выделяют объекты, попадающие в зону вероятного затопления. Таким образом, зона функционирования ГТС, с одной стороны, определяется водосборной площадью, которая ограничивается водораздельной линией, с другой стороны, включает зону возможного затопления в случае прорыва плотины.

Для принятия решения о выборе оптимального варианта дальнейшей эксплуатации или ликвидации ГТС целесообразно рассмотреть пять основных возможных вариантов.

Вариант I – современный уровень эксплуатации водоема без ремонта, не отвечающий требованиям безопасности.

Вариант II – частичный или текущий ремонт плотины и водосброса с сохранением эксплуатационных параметров пруда или водохранилища и уменьшением риска аварии.

Вариант III – капитальный ремонт плотины или водосброса с уменьшением риска аварии.

Вариант IV – реконструкция плотины и водосброса с уменьшением риска аварии до нормативного уровня.

Вариант V – ликвидация ГТС (пруда или водохранилища).

При сравнительном анализе указанных основных вариантов ГТС могут также рассматриваться подварианты с различными экономическими и техническими показателями.

Разработанная система баллов позволяет провести объективную оценку степени негативного воздействия методом экспертного анализа (таблица 1).

**Таблица 1 – Система балльной оценки степени опасности ГТС**

Проблема и ее влияние на степень негативного воздействия вод	Количество баллов
Создание подпора, ведущего к затоплению и (или) подтоплению территорий населенных пунктов паводковыми водами и причинение вреда жизни и (или) имуществу граждан: - с высокой вероятностью ( $W > 450$ тыс. м <sup>3</sup> до 5 км) - со средней вероятностью ( $W > 450$ тыс. м <sup>3</sup> более 5 км) - с пониженной вероятностью ( $W < 450$ тыс. м <sup>3</sup> до 5 км) - с низкой вероятностью ( $W < 450$ тыс. м <sup>3</sup> более 5 км)	8–10 5–7 3–4 1–2
Создание подпора, ведущего к затоплению и (или) подтоплению с.-х. территорий паводковыми водами, вызывает: - заболачивание территории - заиление русла реки	1–5 1–5
Объекты, оказывающие влияние на уменьшение водности реки: - значительное ( $W > 700$ тыс. м <sup>3</sup> ; площадь зеркала > 50 га) - среднее ( $W = 500–700$ тыс. м <sup>3</sup> ; площадь зеркала 30–50 га) - пониженное ( $W < 500$ тыс. м <sup>3</sup> ; площадь зеркала < 30 га) - препятствия току воды в русле реки	7–10 4–6 1–3 7–10
Эрозионные процессы в русле реки (подмыв и обрушение берегов), влекущие причинение вреда жизни и имуществу граждан: - с высокой вероятностью (визуально наблюдаемые изменения) - с пониженной вероятностью (отсутствие визуально наблюдаемых изменений)	6–10 1–5

Система учитывает вероятности возникновения негативных процессов при различных объемах ( $W$ ), площади зеркала водохранилища, расстоянии до населенных пунктов, находящихся в нижнем бьефе, а также таких неблагоприятных явлений, как заболачивание, заиление и эрозия.

В соответствии с полученной суммой баллов определяется очередность проведения мероприятий на рассматриваемых объектах. Выделены первоочередные и второстепенные мероприятия. К первой очереди относятся мероприятия на объектах, у которых сумма баллов оценки вероятного негативного воздействия  $\geq 15$ , ко второй очереди – если сумма баллов  $< 15$ .

Предложена система балльной оценки социального и хозяйственного значения прудов и водохранилищ в зависимости от выполняемых ими функций (таблица 2).

**Таблица 2 – Система балльной оценки социального и хозяйственного значения прудов и водохранилищ**

Показатель	Количество баллов
1 Сельхозводоснабжение	3–6
2 Водоснабжение населенных пунктов	5–10
3 Орошение	3–8
4 Водопой скота	3–8
5 Пожаротушение	3–10
6 Рекреация	3–6
7 Рыборазведение	3–6
8 Регулирование стока	3–10
9 Противопаводковая защита	3–10
10 Транспортное сообщение	0–10

При высоком показателе, когда сумма баллов  $\geq 54$  ГТС должно быть отнесено к категории первой очередности ремонта, реконструкции или дальнейшей эксплуатации.

ГТС со средним значением, когда сумма баллов составляет от 27 до 54, как правило, должны быть отнесены к категории второй очереди ремонта, реконструкции и дальнейшей эксплуатации.

К категории ГТС, в отношении которых может быть принято решение о ликвидации, отнесены сооружения, имеющие низкую значимость, т. е. когда сумма баллов  $< 27$ .

При определении очередности проведения мероприятий по расчистке русла реки дополнительно учитываются следующие критерии:

- расположение населенных пунктов в створах оцениваемого участка;
- наличие загрязняющих веществ в донных отложениях и их концентрация;
- вероятность затопления прилегающих территорий при расходах на различный процент обеспеченности стоком ( $P$ ) в створе:  $P_{\%} = 5$ ,  $P_{\%} = 10$ ,  $P_{\%} = 25$ ;
- слой иловых отложений.

При оценке и ранжировании предлагается балльная система, учитывающая наличие населенных пунктов на берегу реки и возможные проблемы, связанные с заилением, требующие проведения мероприятий по расчистке русла (таблица 3).

**Таблица 3 – Система балльной оценки ранжирования имеющейся проблемы при оценке руслового участка**

	Да	Нет
Наличие населенных пунктов на участке реки		
Превышение ПДК по одному из видов загрязняющих веществ	10–15	5–10
Превышение ПДК по двум и более видам загрязняющих веществ	15–20	10–15
Вероятность затопления прилегающих территорий ( $P_{\%} = 5$ , $P_{\%} = 10$ , $P_{\%} = 25$ )	20–30	10–20
Слой иловых отложений от 0,2 до 0,5 м	10	5
Слой иловых отложений более 0,5 м	15	10

При подсчете суммы баллов учитываются следующие особенности.

При отсутствии слоя иловых отложений оценивается только вероятность затопления прилегающих территорий. Если в зону затопления попадают объекты инфра-

структуры и жилья, то принимается максимальный балл. В этом случае может быть сделан вывод о необходимости проведения противопаводковых мероприятий, не связанных с расчисткой русла (устройство защитных дамб).

При существовании вероятности затопления жилья и объектов инфраструктуры в сочетании с наличием иловых отложений в створе русла оценивается то, насколько удаление донных отложений снизит возможность затопления или подтопления прилегающих территорий. Если в результате расчистки вероятность затопления (подтопления) остается высокой, то может быть сделан вывод о необходимости проведения противопаводковых мероприятий, не связанных с расчисткой русла (устройство защитных дамб).

При отсутствии слоя заиления и вероятности затопления или подтопления необходимость проведения мероприятий отсутствует.

Оценка очередности проведения мероприятий выполняется по сумме баллов (таблица 4).

**Таблица 4 – Критерии ранжирования и определения очередности мероприятий при оценке русловых участков реки**

Сумма критериев $\geq 30$	Первая очередь
$20 \leq$ Сумма критериев $< 30$	Вторая очередь
Сумма критериев $< 20$	Необходимость расчистки отсутствует

Предложенная комплексная система балльной оценки позволяет принимать решения о дальнейшем использовании или ликвидации ГТС по причине отсутствия на большинстве ГТС паспортов, деклараций безопасности и другой технической документации.

По результатам проведенных оценочных работ на ГТС, расположенных в бассейне р. Сал, рекомендуется осуществить некоторые первоочередные и второстепенные мероприятия. Первоочередные: реконструкция 21 ГТС с целью обеспечения хозяйственных и социальных потребностей населения, повышения безопасности ГТС; ликвидация 35 ГТС с целью обеспечения паводковой безопасности, санитарной проточности, экологического оздоровления и водообеспеченности р. Сал и притоков. Второстепенные мероприятия: реконструкция 42 ГТС с целью обеспечения хозяйственных и социальных потребностей населения, повышения безопасности ГТС; ликвидация 102 ГТС с целью обеспечения паводковой безопасности, санитарной проточности, экологического оздоровления и водообеспеченности р. Сал и притоков.

Рекомендовано осуществлять дальнейшую эксплуатацию 17 ГТС с учетом необходимости обеспечения их безопасности в соответствии с нормативными требованиями [1–3].

Общая ориентировочная стоимость проведения мероприятий первой и второй очереди составит порядка 730 млн руб.

Значительная стихийная зарегулированность стока в бассейне р. Сал обусловлена, в том числе большой ролью прудов в организации водопоя скота на пастбищах. Животноводство имеет важное значение для социально-экономической стабильности районов Ростовской области, находящихся в бассейне р. Сал. Особенно это актуально для восточных районов (Дубовский, Заветинский, Зимовниковский). В настоящее время отсутствуют детальные проработки, позволяющие учесть маршруты движения скота по пастбищам и наличие летних лагерей. В связи с чем существует риск не вполне объективного подхода к принятию решения о ликвидации ГТС. Поэтому, принимая во внимание довольно высокую значимость ряда прудов для животноводства, необходимо согласовывать проведение разработанных мероприятий на уровне администраций районов и сельских поселений с учетом интересов местных жителей.

### Список использованных источников

1 Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ: по состоянию на 28 ноября 2015 г. // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

2 Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ: по состоянию на 5 апреля 2016 г. // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

3 О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ: по состоянию на 13 июля 2015 г. // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – «Гарант-Сервис», 2016.

УДК 626.82/.83

**А. Л. Кожанов**

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

### КОНСТРУКЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С БЕЗНАПОРНЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ТРУБОПРОВОДОВ

*Цель исследований – изучение различных конструкций оросительных систем с безнапорным режимом работы трубопроводов для выявления их недостатков, возможностей применения в предгорной и горной зонах, а также разработка энергоэффективных оросительных систем, функционирующих при минимальном использовании насосно-силового оборудования и внешних источников электроэнергии. Представлены основные направления совершенствования оросительных систем с безнапорным режимом работы трубопроводов. Предложены конструкции энергоэффективных оросительных систем с безнапорным режимом работы трубопроводов. При эксплуатации этих систем требуется минимум энергетических затрат за счет использования потенциала предгорной и горной местности и трансформирования имеющихся гидроэнергетических ресурсов водотоков в механическую энергию потока жидкости для создания необходимого режима работы в трубопроводной сети. Таким образом, обеспечивается подача воды на орошаемые участки в соответствии с применяемыми способами орошения, что позволяет свести до минимума непроизводительные потери оросительной воды, за счет чего повышается коэффициент полезного действия системы.*

*Ключевые слова: энергоэффективная оросительная система, безнапорный режим, закрытая сеть, магистральный трубопровод, распределительный трубопровод, самотечная система.*

Условия сельскохозяйственного производства на современном этапе определяют создание эффективных ресурсосберегающих и экологически безопасных оросительных систем нового поколения, которые должны обеспечивать минимизацию энергетических затрат, затрат труда и средств орошения, а также всех непроизводительных потерь оросительной воды при заполнении и сбросе [1–5].

Кроме того, постоянное повышение цен на энергоносители и основные расходные материалы потребовало пересмотра ряда принципиальных положений и подходов к оценке экономической и энергетической эффективности орошения. Немаловажное место занимают вопросы применения низконапорных и безнапорных оросительных систем, исключения аварийных, непроизводительных и технологических потерь и сбросов, а также разработка мероприятий, направленных на экономию электроэнергии за счет использования энергии водного потока. В настоящее время имеются значительные резервы неосвоенных земель, пригодных для орошения в горных и предгорных



зонах РФ, характеризующиеся наличием больших перепадов отметок поверхности. Для их орошения могут применяться энергоэффективные системы с самотечной или самонапорной водоподачей, осуществляемой за счет использования энергии водного потока, тем самым снижается энергоемкость оросительных систем [5–8].

Согласно Ш. С. Бобохидзе [9] безнапорная оросительная сеть выглядит следующим образом. В начале трубопровода строят водозаборное устройство или водовыпуск из магистрального деривационного канала, бассейна регулирования и др. Из распределительного трубопровода в оросительные каналы, расположенные по обе его стороны, делают трубчатые водовыпуски. В конце распределительного трубопровода устраивают опоражнивающий гидрант, а в концах оросительных каналов – аварийные сбросы в сбросной канал, который проходит вдоль окантовываемой севооборотный участок лесополосы. Магистральные и распределительные трубопроводы могут быть расположены как вдоль, так и поперек горизонталей, а также под некоторым углом к ним. В некоторых случаях магистральные и распределительные трубопроводы располагают под некоторым углом к направлению наибольшего уклона для уменьшения скоростей течения. При большой орошаемой площади наряду с распределителями первого и второго порядка могут быть распределители третьего и четвертого порядка, а при небольших размерах хозяйства и оросительной системы в ряде случаев имеются только магистральный трубопровод и распределители первого порядка. В этих системах вода подается из распределителя во временный ороситель, поливной трубопровод или гибкий шланг, откуда можно производить полив по бороздам, полосам или дождеванием при использовании дождевальных машин или других средств орошения, имеющих собственные насосно-силовые установки.

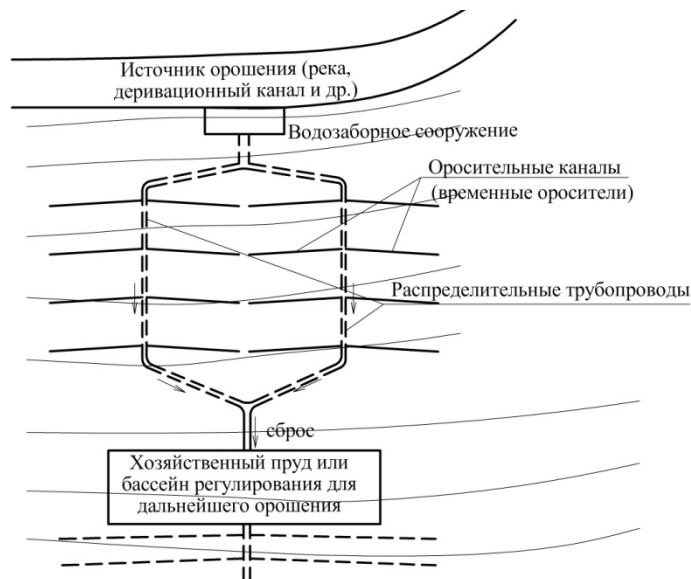
В безнапорном варианте сети, в отличие от напорного, неизбежно появление определенного сбросного расхода в конце распределительных трубопроводов, что снижает КПД системы, но строительная стоимость безнапорной сети значительно ниже стоимости строительства напорной сети. Поэтому при разработке энергоэффективных (работающих с минимумом энергетических затрат) оросительных систем нового поколения с закрытой безнапорной оросительной сетью необходимо учитывать и устранять недостатки ранее применяемых конструкций оросительных систем с использованием потенциала предгорной и горной местности. С этой целью предлагаются: кольцевые схемы, зональное расположение магистральных или межхозяйственных трубопроводов, ярусное расположение распределительных трубопроводов с устройством бассейнов регулирования, которые также можно использовать для нужд рыбного хозяйства и разведения водоплавающей птицы, устройство сборного бассейна сбросных вод нижней зоны и соответствующего участка со стационарной системой дождевания при создании необходимого напора с помощью насоса, системы капельного орошения с забором воды из сбросных вод верхней зоны [6].

Согласно приведенным выше основным направлениям совершенствования были разработаны конструкции энергоэффективных оросительных систем с безнапорным режимом работы трубопроводов, представленные на рисунках 1–6.

На рисунке 1 приведена схема энергоэффективной безнапорной оросительной системы с кольцевым устройством сети распределительных трубопроводов с использованием сбросного расхода для орошения нижних участков и наполнения хозяйственных прудов.

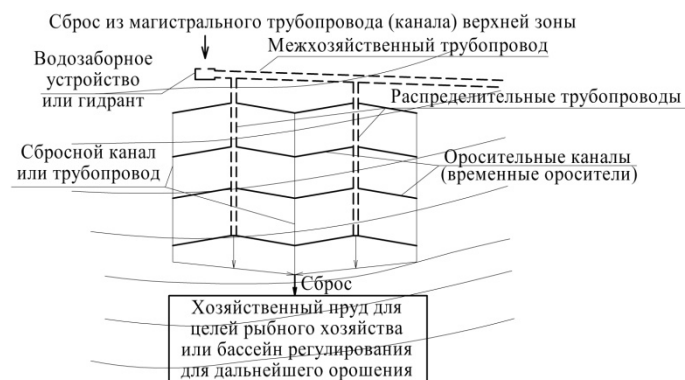
Данная схема обеспечивает надежную и бесперебойную подачу воды за счет перераспределения расхода в сети, а также накопление сбросного расхода в хозяйственном пруде для использования его в других целях, либо бассейн регулирования для дальнейшего потребления накопленной воды в целях орошения более удаленных участков. Оросительная система состоит из источника орошения (им может служить горная река, деривационный канал), водозаборного сооружения с фильтром (отстойником) либо без него (с фильтром – для забора воды из горной реки, без фильтра –

для забора из деривационного канала), распределительных закольцованных трубопроводов и оросительных каналов (временных оросителей) для забора воды дождевальными машинами. Оросительные каналы (временные оросители) имеют аварийные сбросы, через которые вода поступает в сбросной канал или трубопровод. В конце распределительных трубопроводов находится опораживающий гидрант, через который вода поступает в хозяйственный пруд или бассейн регулирования.



**Рисунок 1 – Конструкция энергоэффективной безнапорной оросительной системы с кольцевым устройством сети распределительных трубопроводов**

На рисунке 2 приведена схема энергоэффективной безнапорной оросительной системы с зональным расположением магистральных или межхозяйственных трубопроводов для использования их в качестве приемников сбросных расходов воды из верхних зон.



**Рисунок 2 – Конструкция энергоэффективной безнапорной оросительной системы с зональным расположением магистральных или межхозяйственных трубопроводов**

Оросительная система состоит из водозаборного устройства (при сбросе из канала) или гидранта (при сбросе воды из трубопровода), межхозяйственного трубопровода, от которого в направлении горизонталей отходят распределительные трубопроводы. Через гидранты-водовыпуски от распределительных трубопроводов отходят оросительные каналы или временные оросители. Оросительные каналы (временные оросители) имеют аварийные сбросы, через которые вода поступает в сбросной канал или трубопровод, по которому вода сбрасывается в бассейн регулирования. Распределитель-

ные трубопроводы снабжены опоражнивающими гидрантами, через которые вода поступает в хозяйственный пруд или бассейн регулирования.

Схема энергоэффективной безнапорной оросительной системы с ярусным расположением распределительных трубопроводов и устройством бассейнов суточного или сезонного регулирования (при рельефных возможностях) внутри оросительной системы для его использования также и в других целях (например, для рыбного хозяйства и разведения водоплавающей птицы) приведена на рисунке 3. Оросительная система состоит из водозаборного сооружения, магистрального трубопровода, от которого отходят распределительные трубопроводы I. Через гидранты-водовыпуски от распределительных трубопроводов отходят оросительные каналы или временные оросители. Полив производится дождевальными машинами с забором воды из открытых оросителей.



**Рисунок 3 – Конструкция энергоэффективной безнапорной оросительной системы с ярусным расположением распределительных трубопроводов**

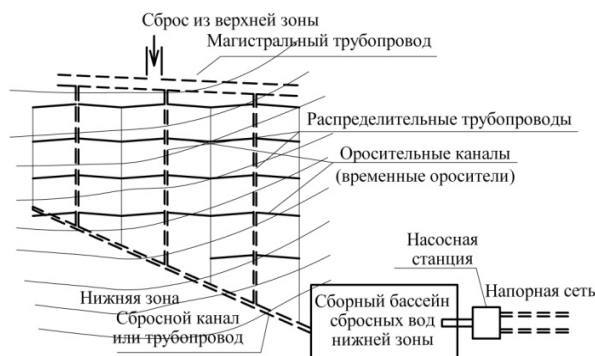
Оросительные каналы (временные оросители) имеют аварийные сбросы, через которые вода поступает в сбросной канал или трубопровод, по которому вода сбрасывается в бассейн регулирования. Распределительные трубопроводы I снабжены опоражнивающими гидрантами, через которые вода поступает в бассейн регулирования.

Из бассейна регулирования первого яруса через водозаборное сооружение вода поступает в распределительные трубопроводы II. От распределительных трубопроводов отходят оросительные каналы или временные оросители для орошения дождеванием или поверхностного полива. Также от распределительных трубопроводов II могут отходить гибкие поливные трубопроводы для поверхностного или капельного полива. Оросительные каналы (временные оросители) имеют аварийные сбросы, через которые вода поступает в сбросной канал или трубопровод, по которому вода сбрасывается в бассейн регулирования. Распределительные трубопроводы II также снабжены опоражнивающими гидрантами, через которые вода поступает в бассейн регулирования, который может использоваться для целей рыбного хозяйства.

Схема энергоэффективной безнапорной оросительной системы с устройством сборного бассейна для сбросных вод нижней зоны, которые используются в стационарной системе дождевания при создании требуемого напора насосной станцией, представлена на рисунке 4.

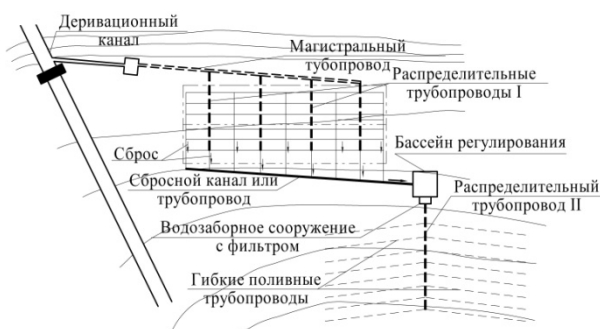
Оросительная система состоит из магистрального трубопровода, который является приемником сбросных вод верхней зоны, от которого отходят распределительные

трубопроводы. Через гидранты-водовыпуски от распределительных трубопроводов отходят оросительные каналы или временные оросители. Полив производится дождевальными машинами с забором воды из открытых оросителей. Оросительные каналы (временные оросители) имеют аварийные сбросы, распределительные трубопроводы снабжены опораживающими гидрантами, через которые вода поступает в сбросной канал или трубопровод, по которому вода сбрасывается в сборный бассейн сбросных вод нижней зоны. Из сборного бассейна вода подается в стационарную систему дождевания при создании необходимого напора с помощью насосной станции.

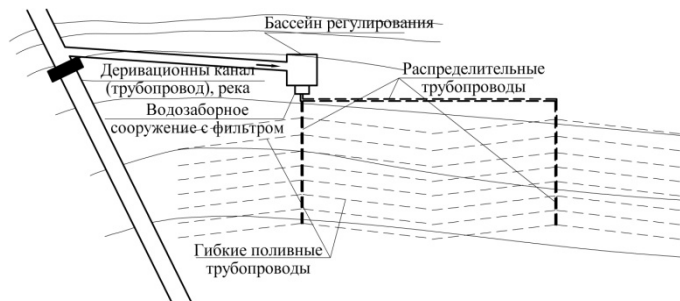


**Рисунок 4 – Конструкция энергоэффективной безнапорной оросительной системы с устройством на самом нижнем участке напорной сети для дождевания**

Схемы энергоэффективной безнапорной оросительной системы с использованием сбросного расхода для орошения нижних участков с применением капельного орошения представлены на рисунках 5, 6.



**Рисунок 5 – Конструкция деривационной энергоэффективной безнапорной оросительной системы с устройством системы капельного орошения сбросными водами верхней зоны**



**Рисунок 6 – Конструкция деривационной энергоэффективной безнапорной оросительной системы с устройством системы капельного орошения**

Оросительная система состоит из деривационного канала, из которого вода поступает в распределительные трубопроводы I. Через гидранты-водовыпуски от распреде-

лительных трубопроводов отходят оросительные каналы или временные оросители. Оросительные каналы (временные оросители) имеют аварийные сбросы, а распределительные трубопроводы – опоражнивающие гидранты, через которые вода поступает в сбросной канал или трубопровод, по которому вода сбрасывается в бассейн регулирования. Из бассейна регулирования через водозаборное сооружение с фильтром вода подается в оросительный трубопровод II, от которого отходят гибкие поливные трубопроводы, снабженные капельницами и т. п. (согласно патентам № 1304785; № 2215405 и др.).

Эта схема может применяться и при заборе воды сразу из источника орошения (деривационный канал, река) через бассейн регулирования с отстойником (рисунок 6).

Предложенные конструкции энергоэффективных оросительных систем с безнапорным режимом работы трубопроводов функционируют при минимуме энергетических затрат за счет использования потенциала предгорной и горной местности и трансформирования имеющихся гидроэнергетических ресурсов искусственных или естественных водотоков в механическую энергию потока жидкости. При этом создается необходимый режим работы в трубопроводной сети с минимизацией применения насосно-силового оборудования и внешних источников электроэнергии для обеспечения подачи оросительной воды на орошаемые участки в соответствии с применяемыми способами орошения. Это позволяет свести к минимуму непроизводительные потери оросительной воды, за счет чего повышается коэффициент полезного действия системы. Применение предложенных конструкций оросительных систем может оказывать позитивное влияние не только на многие аспекты орошаемого земледелия, но и на рыбное хозяйство и разведение водоплавающей птицы.

#### **Список использованных источников**

1 Кожанов, А. Л. Конструкция оросительной системы для условий циклического и периодического орошения / А. Л. Кожанов, С. М. Васильев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2007. – Вып. 38. – С. 70–75.

2 Щедрин, В. Н. Как восстановить и сохранить природное плодородие черноземов / В. Н. Щедрин, Н. П. Бредихин, Н. Н. Бредихин // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 2. – С. 33–35.

3 Васильев, С. М. Новая конструкция оросительной системы / С. М. Васильев, А. Л. Кожанов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2006. – Вып. 36. – С. 58–63.

4 Кожанов, А. Л. К вопросу разработки энергоэффективных оросительных систем нового поколения / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. 3(59). – С. 62–65.

5 Кожанов, А. Л. Основные принципы энергетической оценки жизненного цикла оросительной системы / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. 4(60). – С. 29–34.

6 Штанько, А. С. Энергоэффективные оросительные системы / А. С. Штанько // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. 4(60). – С. 11–15.

7 Снопич, Ю. Ф. Оценка эффективности низкоэнергоемких оросительных систем / Ю. Ф. Снопич, А. Н. Бабичев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 55. – С. 109–118.

8 Бобохидзе, Ш. С. Гидравлическая автоматизация водораспределения на оросительных системах / Ш. С. Бобохидзе. – М.: Колос, 1973. – 248 с.

УДК 528.88; 626.8

**А. Н. Рыжаков**

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

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА, СОЗДАНЫХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РАДАРНОЙ И ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЪЕМОК**

*В статье приведен обзор открытых источников высотных данных радарной съемки ASTER GDEM, SRTM-3 и SRTM X. Цель проведенной работы – выбрать из рассмотренных продуктов наиболее приемлемый, наилучшим образом отражающий существующую ситуацию рельефа, с возможностью его использования в качестве дополнительного источника информации и базы данных для моделирования рельефа при проведении научных исследований и проектных работ, в том числе в области мелиорации. В результате сравнения цифровых моделей рельефа, поверхности, созданных на основе данных радарных съемок, и ЦМР, построенных на основе данных геодезической съемки, получена следующая разность отметок: ASTER GDEM – в среднем на 5,0–20,0 м ниже существующих; SRTM X – в среднем на 8,0–18,0 м выше существующих; SRTM-3 – значения отметок разнятся с существующими на  $\pm 0,5–3,0$  м. Результаты анализа позволили определить, что без необходимости проведения дополнительной корректировки и уточнения наибольшую точность имеют высотные данные радарной съемки SRTM-3 версии 2014 г.*

*Ключевые слова:* цифровая модель рельефа, радарная съемка, морфометрический анализ, ASTER GDEM, SRTM-3, SRTM X-band, речной бассейн.

К составлению топографического плана участка (геоподосновы) существует два подхода: традиционная ручная топография и электронные методы. К электронным методам можно отнести создание цифровых моделей рельефа (ЦМР) на основе данных радарной съемки поверхности земли. Использование данных дистанционного зондирования для анализа рельефа является современным направлением для многих отраслей научных исследований и хозяйственной деятельности, включая мелиоративное строительство [1].

Главная особенность такого подхода заключается в доступности данных растровых изображений, показывающих высотность, для широкого круга пользователей. Спутниковые данные о высотах могут служить базой или дополнительным источником информации о самых различных территориях для проведения научных исследований глобального и регионального масштабов.

В ряде исследований вопросов оценки точности высотных данных [2, 3] отмечается возможность применения их в качестве альтернативных источников информации и делается вывод о вполне достаточной точности ЦМР, построенных по этим данным, для выполнения распространенных операций морфометрического анализа, характерного для исследования речных бассейнов.

В настоящее время в открытом доступе находится большое количество информационных источников высотных данных. В данном исследовании рассмотрены самые распространенные из них – ASTER GDEM (2010 г.), SRTM-3 (2009–2014 гг.) и SRTM X-band (2011 г.).

Продукт ASTER GDEM разработан совместно с METI (Министерство экономики, торговли и промышленности Японии) и NASA. Сенсор ASTER, созданный METI и запущенный на борту спутника NASA Terra в декабре 1999 г., может осуществлять стереоскопическую съемку вдоль полосы пролета с помощью двух телескопов, снимающих в нади́р и назад в ближнем инфракрасном диапазоне с отношением база – высота



(base-to-height ratio) 0,6. Пространственное разрешение в плане – 15 м. ЦМР GDEM охватывает поверхность суши между  $83^{\circ}$  с. ш. и  $83^{\circ}$  ю. ш., насчитывающую 22600 фрагментов размером  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ . ASTER GDEM распространяется в формате GeoTIFF (\*.tiff) в географической системе координат (широта / долгота) и разрешением 1" (примерно 30 м). Система координат данных WGS84/EGM96. Оценка точности (не гарантированная) глобального продукта – 20 м (95 % доверительный интервал) для данных по вертикали и 30 м (95 % доверительный интервал) по горизонтали [4].

Высотные данные рельефа планеты SRTM-3 (Shuttle radar topographic mission) представляют собой данные радарной топографической съемки части территории земного шара, за исключением самых северных ( $> 60^{\circ}$ ), самых южных широт ( $> 54^{\circ}$ ), а также океанов, произведенной за 11 дней в феврале 2000 г. с помощью специальной радарной системы. Двумя радиолокационными сенсорами (SIR-C и X-SAR) было собрано более 12 Тб данных, которые в течение двух лет проходили обработку специалистами NASA. Результатом съемки стала ЦМР 85 % поверхности Земли [5]. Данные распространяются в нескольких вариантах – сетка с размером ячейки 1 и 3". Более точные односекундные данные (SRTM-1) доступны на территорию США, на остальную поверхность земли доступны только трехсекундные данные (SRTM-3). Обработка и исправление ошибок данных происходит и в настоящее время. Последняя версия данных вышла 26 мая 2014 г. [6].

В 2010 г. для свободного скачивания стали доступны глобальные данные миссии SRTM, более высокого разрешения – SRTM X-band. Разработчиками обновленных данных SRTM являются Немецкое аэрокосмическое агентство (DLR), Итальянское космическое агентство (ASI) и NASA JPL (США) [7].

Сравним полученные ЦМР, созданные на основе данных радарной съемки из вышеуказанных источников и геодезической съемки, выполненной при помощи высокотехнологичного GNSS (Global Navigation Satellite System) оборудования. Используем для этого программные комплексы Autodesk InfraWorks и Civil 3D. Для решения поставленной нами задачи рассмотрим участок реки, представленный на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Участок реки с прудом и ее правой приточности**

На основе геодезических и гидрографических изысканий участка реки Темерник в Ростовской области в среде программы Autodesk Civil 3D была построена цифровая поверхность. На рисунке 2, а она представлена в диапазоне высот (фиолетовым цветом выделены самые высокие отметки, а розовым – самые низкие).

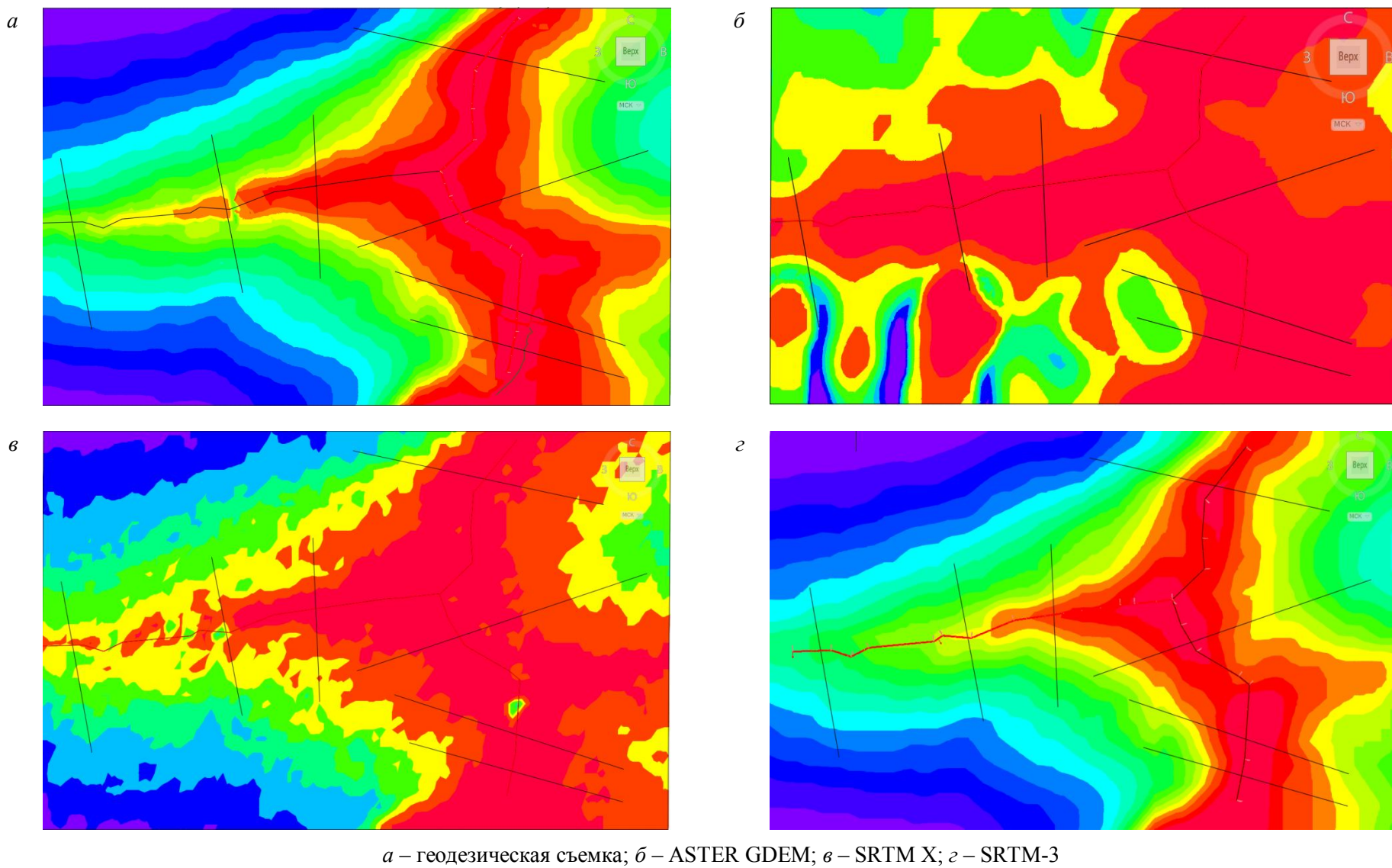


Рисунок 2 – ЦМР исследуемого участка с изображением диапазона высот в среде Civil 3D

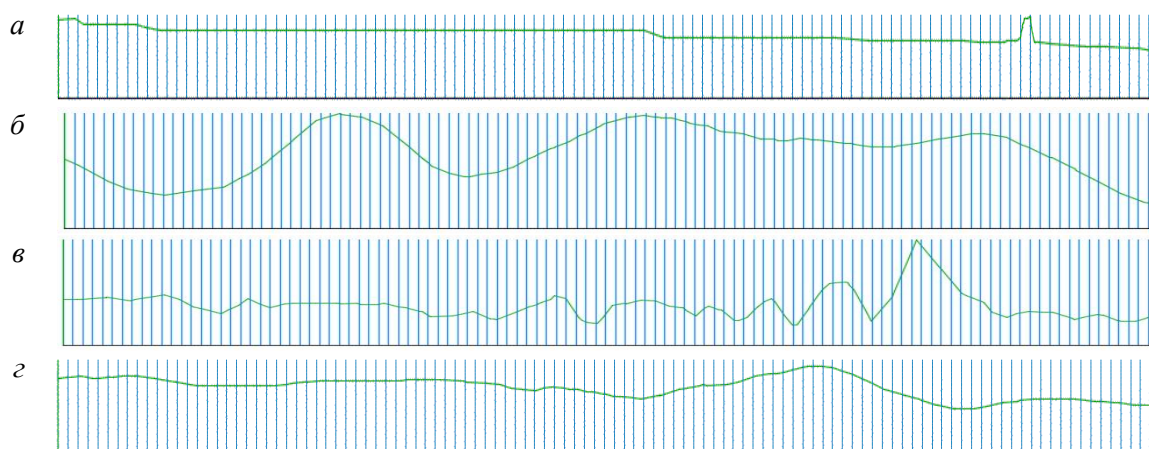


Затем в программе Autodesk InfraWorks были обработаны высотные данные. Наш объект исследований находится в пределах координат 47° с. ш. и 39° в. д., поэтому в базе растров ASTER GDEM был выбран файл ASTGTM\_N47E039\_dem.tiff, подключаемым источником данных – SRTM X – E0393000N471500\_SRTM\_1\_DEM.dt2, а для SRTM-3 – N47E039.hgt. В результате в среде InfraWorks был образован ряд цифровых поверхностей, из которых в формате \*.IMX была экспортирована необходимая область в среду программного комплекса Autodesk Civil 3D для последующей обработки (рисунки 2, б и 2, г, 3–6). В таблице 1 приведены средние значения расстояний между точками, служащими основой полученного ряда ЦМР.

**Таблица 1 – Расстояние между точками, образующими основу ЦМР**

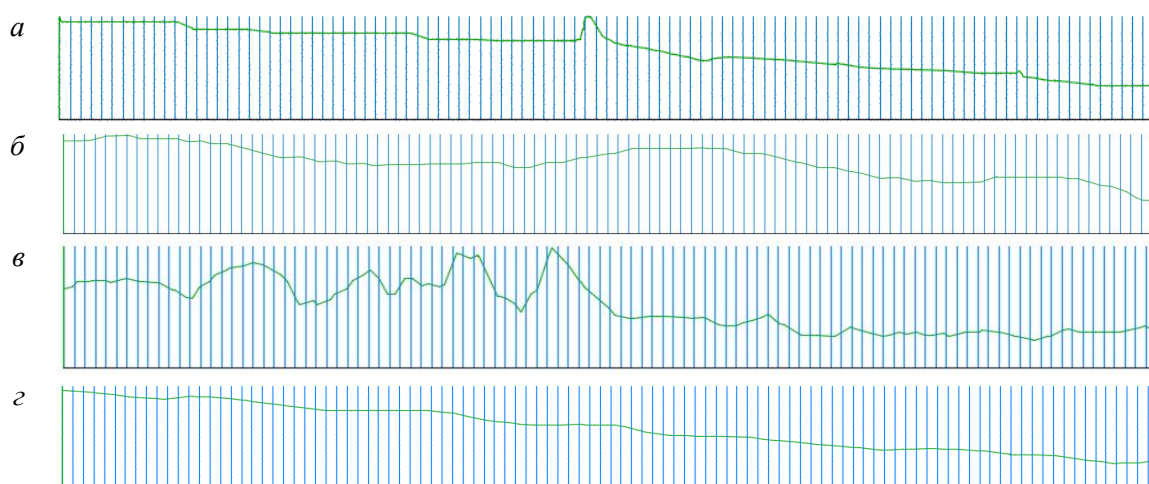
Расстояние между точками	ASTER GDEM	SRTM X	SRTM-3
По вертикали	45,6	45,6	32,6
По горизонтали	30,9	30,9	48,6

В м



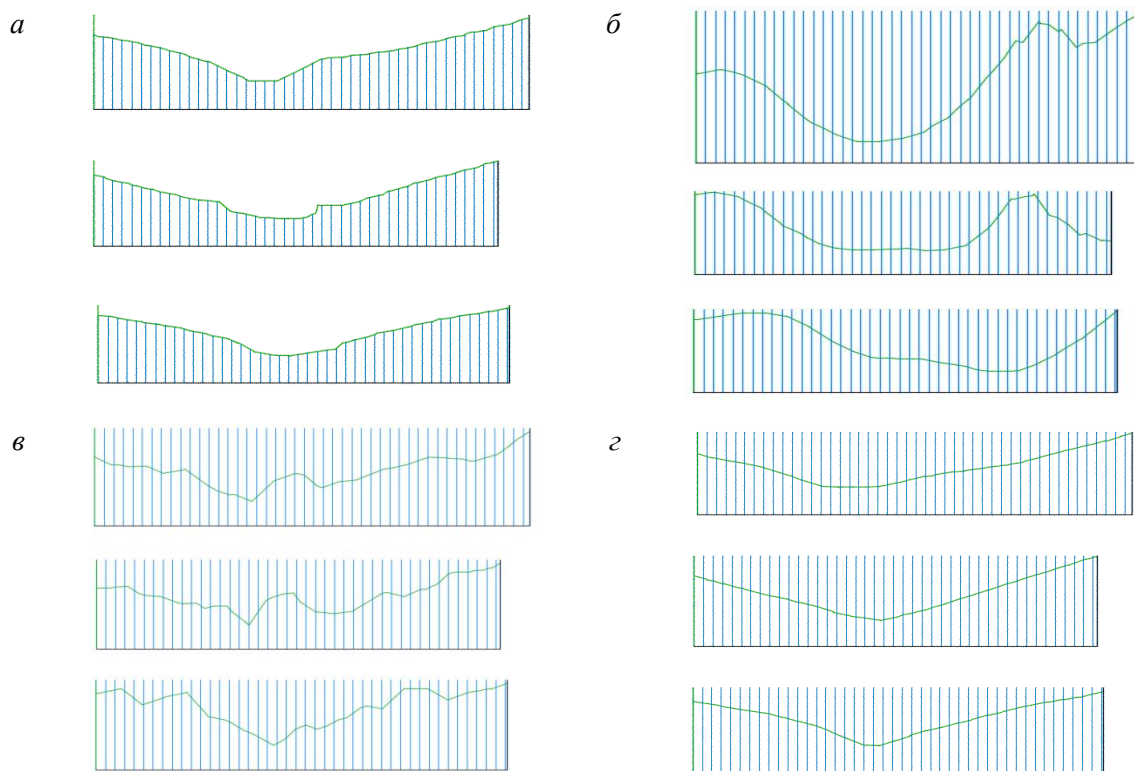
*а* – на основе данных геодезической съемки; *б* – на основе данных ASTER GDEM;  
*в* – на основе данных SRTM X; *г* – на основе данных SRTM-3

**Рисунок 3 – Продольный профиль участка реки Темерник**



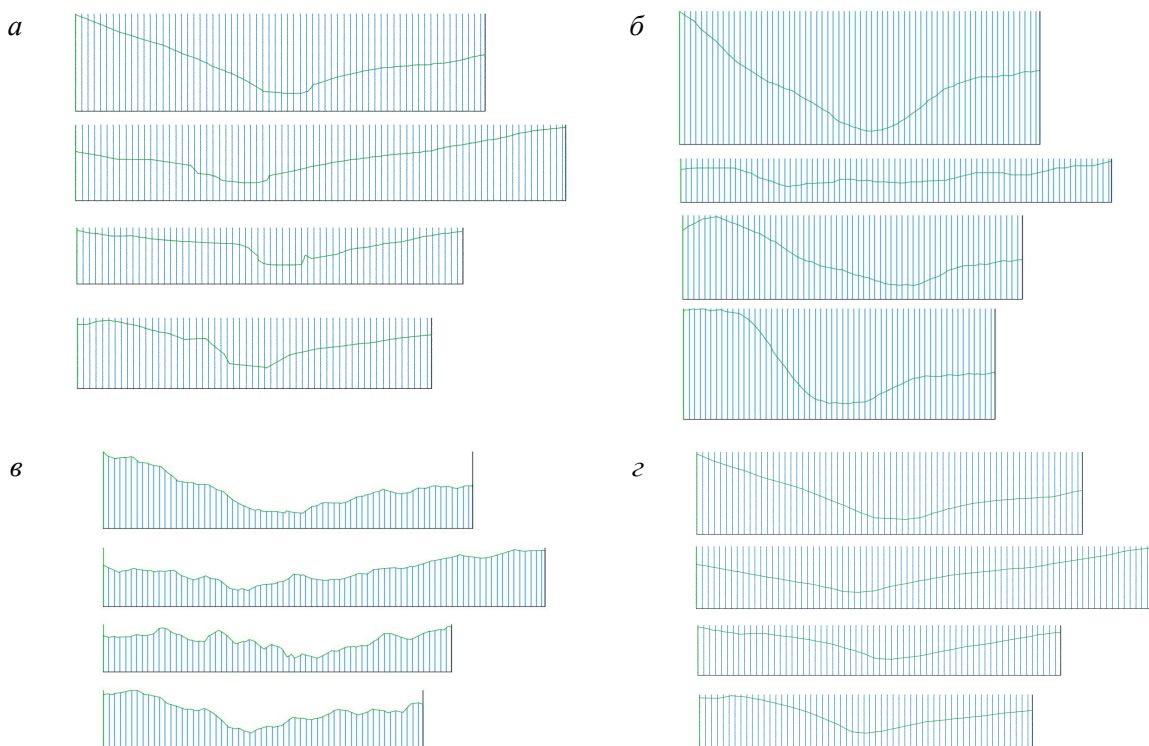
*а* – на основе данных геодезической съемки; *б* – на основе данных ASTER GDEM;  
*в* – на основе данных SRTM X; *г* – на основе данных SRTM-3

**Рисунок 4 – Продольный профиль участка приточной балки**



*a* – на основе данных геодезической съемки; *б* – на основе данных ASTER GDEM;  
*в* – на основе данных SRTM X; *г* – на основе данных SRTM-3

**Рисунок 5 – Поперечные профили участка приточной балки**



*a* – на основе данных геодезической съемки; *б* – на основе данных ASTER GDEM;  
*в* – на основе данных SRTM X; *г* – на основе данных SRTM-3

**Рисунок 6 – Поперечные профили участка реки Темерник**

В результате было установлено следующее:

- морфометрические характеристики балки визуально прослеживаются на всех ЦМР;

- модели рельефа, созданные на основе данных ASTER GDEM и SRTM X, имеют недостаток в связи со способом изображения рельефа – изолинии пересекаются, поэтому им необходима дополнительная корректировка;

- разность отметок в сравнении с ЦМР, созданной на основе данных геодезической съемки, следующая: ASTER GDEM – значения отметок в среднем на 5,0–20,0 м ниже существующих; SRTM X – значения отметок в среднем на 8,0–18,0 м выше существующих; SRTM-3 – значения отметок разнятся с существующими на  $\pm 0,5$ –3,0 м.

Таким образом, можно сделать вывод, что наилучшим образом отражают существующую ситуацию рельефа и могут быть использованы в качестве дополнительного источника информации и базы данных для моделирования рельефа в целях проведения научных исследований и проектных работ без дополнительной корректировки и уточнения высотные данные радарной съемки SRTM-3 версии 2014 г. Но необходимы дальнейшие исследования для верификации полученных в настоящей работе показателей.

#### Список использованных источников

1 Сутырина, Е. Н. Определение морфометрических характеристик искусственных водоемов по данным дистанционного зондирования (на примере водохранилищ Суховской и Тельминской ГЭС) / Е. Н. Сутырина // Известия Иркутского государственного университета. – 2010. – Т. 3 – № 2. – С. 167–178.

2 Муравьев, Л. А. Высотные данные SRTM против топографической съемки [Электронный ресурс] / Л. А. Муравьев. – Режим доступа: <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1177761>.

3 Погорелов, А. В. Морфометрия рельефа бассейна реки Кубани: некоторые результаты цифрового моделирования / А. В. Погорелов, Ж. А. Думит // Географические исследования Краснодарского края. – Краснодар, 2007. – Вып. 2. – С. 7–23.

4 ASTER GDEM Readme File – ASTER GDEM Version 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/aster-gdem.html>.

5 The shuttle radar topography mission / Farr Tom G., Hensley Scott, Rodriguez Ernesto, Martin Jan, Kobrick Mike // CEOS SAR Workshop, Toulouse 26–29 Oct. 1999. – Noordwijk, 2000. – P. 361–363.

6 Панорамы карты покрытия SRTM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas\\_org3.htm](http://viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas_org3.htm).

7 Официальный сайт German Aerospace Center DLR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://centaurus.caf.dlr.de:8443/eoweb-ng/template...ome/entryPage.vm>.

УДК 631.347

**С. Н. Рыжко, Н. Ф. Рыжко, С. В. Ботов**

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

#### УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛИВА И ПОВЫШЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «КУБАНЬ-ЛК»

*В статье обозначены направления улучшения качества полива ДМ «Кубань-ЛК» путем применения секторных дождевальных насадок, монтируемых на напорном рукаве ниже растяжек ферм. Показана возможность повышения производительности дождевальной машины за счет увеличения ее расхода воды. Основные преимущества модернизированной дождевальной машины «Кубань-ЛК»: снижение интенсивности дождя и потерь воды на испарение и снос, повышение равномерности полива и производительности машины.*

*Ключевые слова: дождевальная машина, дефлекторная насадка секторного полива, расход воды, качество полива, производительность.*

Дождевательные машины ферменной конструкции с электроприводом типа «Кубань-ЛК», Zimmatic, Bauer, Valley и другие все более широко внедряются на орошаемых полях нашей страны. Эти машины обладают следующими преимуществами: круглосуточный полив в автоматическом режиме, низконапорный режим работы, высокая надежность при эксплуатации и производительность труда, возможность полива высокостебельных растений, реверсивное движение и перемещение по полю без полива и др. В то же время в ходе исследований ДМ «Кубань-ЛК» выявлено, что при их использовании происходят значительные потери воды на испарение и снос при высоте установки дождевателей 4,5–5,5 м над поверхностью почвы [1]. Во второй половине трубопровода, в зоне полива секторных насадок интенсивность дождя высокая, она достигает 1,2 мм/мин и более при допустимой 0,2–0,6 мм/мин для большинства типов почв. Это затрудняет подачу оптимальных поливных норм без стока. В условиях жаркого климата расход воды машины «Кубань-ЛК» составляет 70 л/с, что не позволяет выдерживать оптимальный режим влажности почвы для получения стабильно высоких урожаев [2].

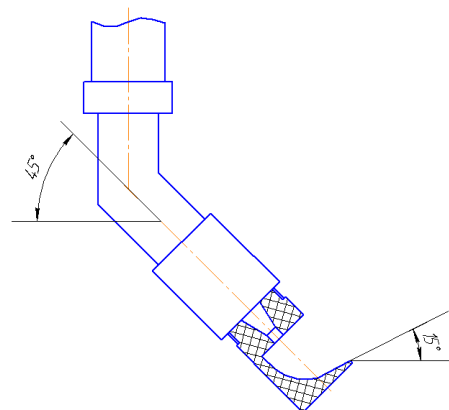
Для улучшения качества полива ДМ «Кубань-ЛК» проведена модернизация дождевого пояса. Разработана дефлекторная насадка секторного полива (рисунок 1) из полимерного материала, при помощи напорного рукава и переходника она монтируется ниже растяжек на ферменном пролете (рисунок 2, а). Высота ее установки при этом снижается до 2,7–3,7 м над поверхностью почвы или на 1,3–2,0 м.



**Рисунок 1 – Дефлекторная насадка секторного полива**



а



б

а – дефлекторная насадка на ферменном пролете; б – угол вылета струи насадки к горизонту

**Рисунок 2 – Монтаж дефлекторной насадки секторного полива на дождевательной машине «Кубань-ЛК»**

Дефлекторная насадка секторного полива монтируется таким образом, чтобы обеспечить ветроустойчивый полив – угол вылета струи к горизонту составляет 0–15°

(рисунок 2, б). Расположение дефлекторных насадок секторного полива в шахматном порядке относительно трубопровода обеспечивает увеличение ширины захвата дождем с 6–14 м (в начале и конце серийной машины) до 11–22 м. При монтаже дефлекторных насадок секторного полива на растяжках интенсивность дождя снижается с 0,7–1,2 мм/мин до 0,38–0,75 мм/мин соответственно в начале и конце машины. Дефлекторная насадка секторного полива формирует мелкокапельный дождь, средний диаметр капель дождя составляет 0,4–0,7 мм. Мелкокапельный дождь при уменьшении интенсивности дождя снижает энергетическое воздействие на почву и растения, повышает норму полива до стока.

В районе тележек дефлекторные насадки секторного полива монтируются на стальных трубах-открылках длиной 1,5–2,0 м в направлении, противоположном движению тележки, что уменьшает попадание воды под колеса тележек и снижает колебание.

Дефлекторные насадки секторного полива из полимерного материала просты в изготовлении, легче серийных латунных насадок в 2,5 раза и меньше их по стоимости.

С целью повышения производительности дождевальной машины «Кубань-ЛК» произведен расчет карты настройки дождевателей для увеличения ее расхода воды с 70 до 90 л/с. Диаметр сопла увеличен на 7-м и 8-м пролетах с 6,0 и 6,5 до 7,0 и 8,0 мм. Часовая производительность машины при повышении расхода воды возросла в 1,28 раза, также улучшилась и равномерность полива при ветре до 0,80–0,85. Это обусловлено снижением высоты дождевого облака над поверхностью почвы и увеличением степени перекрытия струй.

#### **Выводы**

1 Разработана дефлекторная насадка секторного полива из полимерного материала, для снижения потерь воды на испарение и снос, а также обеспечения ветроустойчивого полива она монтируется на растяжках ферм ДМ «Кубань-ЛК» с углом вылета 0–15° к горизонту. Дефлекторные насадки секторного полива способствуют увеличению ширины захвата дождем, снижают среднюю интенсивность дождя и его энергетическое воздействие на почву и растения, при этом повышается досточковая поливная норма.

2 Разработана карта настройки дождевателей для увеличения расхода воды ДМ «Кубань-ЛК» с 70 до 90 л/с, что обеспечивает повышение часовой производительности машины в 1,28 раза.

#### **Список использованных источников**

1 Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин: монография / Н. Ф. Рыжко. – Саратов: СГАУ, 2009. – 176 с.

2 Рязанцев А. И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях / А. И. Рязанцев. – Рязань, 1991. – 131 с.

УДК 556.388

#### **Н. М. Иванютин**

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

### **ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КРЫМА**

*Несмотря на уменьшение добычи подземных вод в Крыму к 2015 г., многие водозаборные участки по-прежнему находятся в сложных условиях эксплуатации. Повышенная минерализация воды и загрязнение наблюдаются на 184 водозаборах. В работе проведен анализ запасов подземных вод Республики Крым. Выделены основные виды истощения подземных вод: уменьшение их объема, подтягивание в водоносные горизонты морских вод в прибрежной зоне и вод из вышележающих водоносных горизонтов, химическое и биологическое загрязнение. Дано описание каждого вида истощения*

и представлены практические примеры. Сформулирован перечень негативных процессов, которые могут возникнуть или уже имеет место на полуострове вследствие нерационального использования подземных вод и несоблюдения технических и санитарных норм и правил эксплуатации водозаборов.

**Ключевые слова:** подземные воды, химическое и бактериологическое загрязнение, мониторинг, депрессионные воронки (ДВ), наблюдательная сеть, водоносные горизонты, истощение запасов.

**Введение.** После перекрытия Северо-Крымского канала (СКК) на полуострове сформировались вододефицитные условия. В связи со сложившейся ситуацией в водохозяйственном комплексе возникла необходимость изыскания новых резервов для обеспечения населения и гостей полуострова, а также отраслей экономики чистой питьевой и технической водой. По причине недостатка поверхностных вод и низкой освоенности ресурсов подземных вод (в 2014 г. забор составил около 17 % от объема утвержденных запасов, из 88 участков не эксплуатировались 17 с общим объемом 70,3 млн м<sup>3</sup>/год) встал вопрос об увеличении их добычи. В настоящее время ведется интенсивная эксплуатация Просторненского, Нежинского и Новогригорьевского водозаборов, расположенных на территории Джанкойского и Нижнегорского районов, ранее практически не используемых. Вода из этих водозаборов в объеме около 100–150 тыс. м<sup>3</sup>/сут подается в систему СКК и далее направляется на юго-восток полуострова для обеспечения населения этого региона питьевой водой. Однако бесконтрольный отбор подземных вод может привести к ухудшению качественных и количественных характеристик, особо ценных в экономической и социальной сфере, а главным образом в питьевом и хозяйственно-бытовом водоснабжении населения Республики Крым ресурсов.

В пределах Горно-Крымского и Равнинно-Крымского артезианских бассейнов, по последним данным, выделяется 14 месторождений подземных вод, разведанные и оцененные запасы в которых (с минерализацией до 1,5 г/дм<sup>3</sup>) составляют около 400 млн м<sup>3</sup>/год, в том числе по категориям А + В – 277 млн м<sup>3</sup>/год; по категориям С<sub>1</sub> + С<sub>2</sub> – 125 млн м<sup>3</sup>/год, где А – освоенные, В – разведанные, С<sub>1</sub> – предварительно оцененные, С<sub>2</sub> – выявленные.

Это небольшие запасы, однако, если учесть, что суммарный объем всех водохранилищ Крыма около 400 млн м<sup>3</sup>, а объем воды, использованной в 2014 г. на хозяйственно-питьевые нужды, составил около 100 млн м<sup>3</sup>, то это существенные цифры.

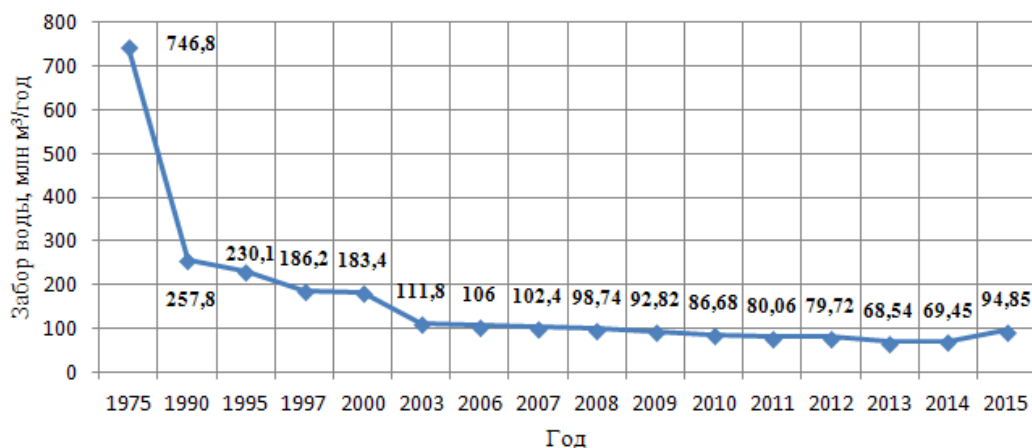
Наиболее крупными месторождениями в Крыму являются: Альминское – 141,7 млн м<sup>3</sup>/год, Северо-Сивашское – 114,6 млн м<sup>3</sup>/год, Белогорское – 90,0 млн м<sup>3</sup>/год. Наименьшим объемом утвержденных запасов характеризуется Керченский полуостров – 5,1 млн м<sup>3</sup>/год [1, 2].

До 2013 г. существовала тенденция уменьшения отбора подземных вод (рисунок 1). Так, с 1975 по 1990 г. забор подземных вод сократился почти на 500 млн м<sup>3</sup>/год; в период с 1990 по 2000 г. – еще на 74 млн м<sup>3</sup>; с 2000 по 2013 г. – более чем на 110 млн м<sup>3</sup>. По сравнению с 1975 г. забор воды из подземных источников к 2014 г. снизился почти в 11 раз. С 2013 г. сокращение водозабора из подземных источников прекратилось и началось увеличение добычи. Так, по сравнению с прошлым годом водозабор возрос приблизительно на 25 млн м<sup>3</sup>.

**Материалы и методы.** В соответствии с задачами, в процессе работы были использованы следующие методы: общегеографический (проведен сбор и систематизация имеющейся информации по объему запасов, отбору подземных вод и их качественным характеристикам), специальные (на основании собранного материала были составлены таблицы, построены графики), а также метод статистической обработки и сравнительного анализа.

**Результаты и обсуждение.** Основными факторами, влияющими на состояние подземных вод, являются гидрометеорологические условия и хозяйственная деятельность человека (эксплуатационный водоотбор, потери на площадях орошения, свалки ТБО и др.).





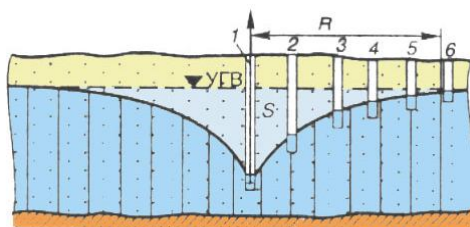
**Рисунок 1 – Динамика отбора подземных вод в Республике Крым**

Несмотря на уменьшение добычи подземных вод в Крыму к 2013 г. и улучшение гидрохимической обстановки на некоторых водозаборах, многие водозаборные участки по-прежнему эксплуатируются в сложных условиях. 184 водозабора характеризуются повышенной минерализацией воды и загрязнением, в том числе шесть – с утвержденными запасами.

Основными видами истощения подземных вод являются:

- уменьшение объема подземных вод;
- подтягивание в водоносные горизонты морских вод в прибрежной зоне и вод из вышележающих водоносных горизонтов;
- химическое и биологическое загрязнение подземных вод.

**Объемное истощение.** Так как пресные подземные воды имеют ограниченные запасы, то при интенсивной их добыче в водоносных горизонтах формируются депрессионные воронки (ДВ), что не только затрудняет их эксплуатацию и требует больших материальных затрат, но и может привести к загрязнению и истощению подземных источников водоснабжения. Это связано с тем, что в зонах влияния депрессий усиливается вертикальная фильтрация воды, которая вызывает поступление в водоносные горизонты различных загрязняющих веществ с поверхности, а также подтягивание некондиционных вод из ниже- и вышележающих водоносных слоев (рисунок 2). С такими проблемами крымским ученым уже приходилось сталкиваться около 40 лет назад. Тогда из-за бесконтрольного отбора подземных вод (в 1975 г. фактический водозабор подземных вод составлял около 750 млн м<sup>3</sup>, в том числе на орошение – 355 млн м<sup>3</sup>, что на 23 % больше естественного пополнения) в водоносные горизонты началось поступление соленых, а в приморской зоне – морских вод, и часть эксплуатационных скважин пришлось закрыть [3].



1 – эксплуатационная скважина; 2, 3, 4, 5, 6 – наблюдательные скважины;  
 УГВ – уровень грунтовых вод; R – радиус депрессионной воронки

**Рисунок 2 – Депрессионная воронка**

На территории Крыма существует несколько ДВ, которые образовались еще во второй половине прошлого века, однако до сих пор, несмотря на значительное

уменьшение отбора подземных вод, их размеры уменьшились незначительно. Все водозаборы, находящиеся в зоне их влияния, эксплуатируются в сложных условиях объемного и химического истощения.

Так, в пределах Евпаторийского водозабора в 2000–2005 гг. сохранялась ДВ площадью порядка  $36,7 \times 24,0$  км, т. е. около  $880 \text{ км}^2$ .

Размер ДВ, охватывающей территории Советского и Кировского районов, сократился с  $45 \times 22$  км до  $30 \times 20$  км.

В районе г. Керчи размер ДВ уменьшился с  $110 \text{ км}^2$  в 1980 г. до  $34 \text{ км}^2$  в 2000 г.

В сарматском водоносном горизонте в пределах Альминского месторождения выделялись 3 локальные депрессии, площадь которых за период с 2000 по 2005 г. сократилась, и в 2005 г. объемное истощение не фиксировалось.

В селе Николаевка площадь ДВ уменьшилась с  $23,60 \text{ км}^2$  в 2001 г. до  $2,56 \text{ км}^2$  в 2005 г., что связано с постоянным снижением водоотбора.

Это далеко не полный перечень районов полуострова, находящихся в зоне влияния ДВ, происхождение которых напрямую зависит от интенсивности хозяйственной деятельности человека.

**Повышенная минерализация.** По последним данным, повышенная минерализация и загрязнение подземных вод наблюдаются на 184 водозаборах полуострова. На территории РК по водоносному горизонту четвертичных отложений 21 водозабор Симферопольского и Бахчисарайского районов, а также городов: Судака, Алушты и Ялты имеет неблагоприятную гидрохимическую обстановку. На этих водозаборах потребители пользуются водами с минерализацией до  $2,7 \text{ г/дм}^3$  (при норме  $1,0 \text{ г/дм}^3$ ) и жесткостью до  $28,2 \text{ мг-экв./дм}^3$  (при норме  $7 \text{ мг-экв./дм}^3$ ).

Водоносный горизонт меотических, понтических, объединенных сармат-меотис-понтических отложений характеризуется развитием негативных процессов в Красноперкопском, Джанкойском, Раздольненском, Сакском, Первомайском, Красногвардейском районах, землях г. Керчи.

В Джанкойском районе неблагоприятная гидрохимическая обстановка наблюдается в 11 хозяйствах, Красноперкопском районе – в 23 хозяйствах. Эти водозаборы находятся в зоне распространения контура соленых вод, где еще с 2012 г. отмечалось ухудшение качества подземных вод, что указывает на продвижение соленых вод на юг, которое можно связать с несанкционированным бурением скважин.

9 хозяйств Раздольненского района имеют сложную гидрохимическую обстановку. Благодаря уменьшению водоотбора по району качество подземных вод стало лучше.

В Сакском районе два водозабора (Сакский химзавод и Охотниковский), полностью засолены и используются только для технических нужд.

В Первомайском районе 4 хозяйства используют подземные воды с минерализацией  $1,6\text{--}5,2 \text{ г/дм}^3$ , поэтому они вынуждены применять опреснительные установки для удовлетворения потребностей питьевого водоснабжения.

В Красногвардейском районе 8 хозяйств потребляют воду с минерализацией  $3,4 \text{ г/дм}^3$ .

В Ленинском районе меотический водоносный горизонт эксплуатируется практически всеми хозяйствами. Минерализация подземных вод составляет  $1,1\text{--}8,4 \text{ г/дм}^3$ .

По водоносному горизонту сарматских отложений неблагоприятная обстановка наблюдается в Первомайском, Сакском, Черноморском, Красногвардейском, Ленинском районах, в г. Севастополе.

В Первомайском районе из-за многолетнего превышения водоотбора над естественным пополнением запасов 10 хозяйств используют подземные воды с минерализацией до  $4,0 \text{ г/дм}^3$ .

Сложная обстановка продолжает оставаться в Черноморском районе, в котором 17 хозяйств используют подземные воды с минерализацией  $1,2\text{--}4,0 \text{ г/дм}^3$ .



В Сакском районе 9 хозяйств используют подземные воды сарматских отложений с минерализацией 1,2–4,7 г/дм<sup>3</sup>.

В эксплуатационных скважинах г. Евпатории минерализация воды составляет 0,6–1,1 г/дм<sup>3</sup>. Минерализация более 1 г/дм<sup>3</sup> связана главным образом с перетоком минерализованных вод из сарматского водоносного горизонта.

В Симферопольском районе 2 хозяйства используют подземные воды с минерализацией более 1,0 г/дм<sup>3</sup>.

Другие водоносные горизонты, распространенные и эксплуатирующиеся в Крыму, содержат в основном пресные воды, отвечающие по химическому составу требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01.

Ухудшение качества подземных вод чаще всего происходит вследствие подтягивания соленых вод по пласту из нижних слоев, частичного перетока минерализованных вод из вышележающих водоносных горизонтов по затрубному пространству обсадных труб, а также превышения водоотбора над естественным пополнением запасов [4].

**Химическое загрязнение.** Основными источниками химического загрязнения подземных вод служат жидкие стоки и твердые отходы промышленных производств, содержащие разнообразные неорганические и органические вещества. На сельскохозяйственных территориях грунтовые воды загрязняются вследствие избыточного применения ядохимикатов и удобрений.

Наибольшее распространение на полуострове имеет загрязнение азотными соединениями, причиной которых является инфильтрация неочищенных и недостаточно очищенных стоков, отсутствие канализационных систем в сельских населенных пунктах, неорганизованные свалки ТБО.

На территории Крыма в 2014 г. было зафиксировано 36 очагов загрязнения подземных вод, 13 из которых были расположены на землях Севастополя. Наиболее загрязнены первые от поверхности водоносные горизонты, которые незащищены или слабо защищены от вертикальной миграции поллютантов.

Нитратное ( $\text{NO}_3^-$ ) загрязнение характерно для аллювиальных отложений долин рек юго-восточного побережья Крыма и Бахчисарайского района (села Холмовка и Плодовое), где практически во всех пробах фиксируется повышенное содержание нитратов (до 61,0–64,0 мг/дм<sup>3</sup>, ПДК 45 мг/дм<sup>3</sup>). Кроме того, выделяются участки загрязнения подземных вод в районе Гаспринской свалки ТБО (Большая Ялта) и в районе бывшей молочно-товарной фермы Алушты.

На землях Севастополя нитратное загрязнение отмечается в сарматском водоносном горизонте, здесь содержание нитратов составляет до 93,1 мг/дм<sup>3</sup> (2 ПДК), среднемиоценовом – до 53,7 мг/дм<sup>3</sup> и четвертичном водоносном горизонте – до 56,6 мг/дм<sup>3</sup>.

В районе Перекопского перешейка под влиянием стоков и выбросов предприятий Армянско-Красноперекопского промышленного узла (ГАК «Титан», ОАО «САКЗ», Крымский содовый и Перекопский бромный заводы) продолжает сохраняться ореол загрязнения токсичными металлами. В вертикальном разрезе он охватывает три водоносных горизонта: в четвертичных, плиоценовых и понт-меотис-сарматских отложениях [4].

**Биологическое загрязнение.** Биологическое загрязнение питьевой воды, вызываемое патогенными микроорганизмами, представляет серьезную угрозу здоровью населения. Источниками загрязнения грунтовых вод обычно являются участки интенсивной и длительной фильтрации загрязненных фекальных и хозяйственно-бытовых стоков, выгребные ямы, животноводческие фермы, неисправная канализационная сеть.

Особую важность для санитарной оценки воды имеет определение бактерий группы кишечной палочки. Присутствие кишечной палочки свидетельствует о загрязнении воды фекальными стоками и, следовательно, о возможности попадания в нее болезнетворных бактерий, в частности бактерий брюшного тифа. По нормам СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения.

Санитарная охрана источников» допустимо общее микробное число 100 КОЕ/мл, не допускаются общие колиформные бактерии (КОЕ/100 мл) и термотолетарные колиформные бактерии (КОЕ/100 мл).

Бактериологическое загрязнение четвертичного водоносного горизонта выявлено в Бахчисарайском районе, здесь индекс БГКП составляет 28–36 КОЕ/дм<sup>3</sup>, на территории санатория «Мисхор» (земли Ялты) – 240 КОЕ/дм<sup>3</sup>.

Среднеэоценовый водоносный горизонт загрязнен в каптаже села Обрыв Симферопольского района и предприятия «Симферопольский камнеобрабатывающий завод» (БГКП – 80 КОЕ/дм<sup>3</sup>).

Юрский водоносный горизонт загрязнен на землях городов Алушты и Ялты, индекс БГКП здесь составляет 28–460 КОЕ/дм<sup>3</sup>.

В районе Севастополя бактериологические показатели неблагоприятны практически по всей территории. Индекс БГКП достигает 2380 КОЕ/дм<sup>3</sup>. Даже на централизованном Орловском водозаборе периодически отмечается бактериологическое загрязнение вод эксплуатационного сарматского водоносного горизонта.

В связи с уменьшением финансирования работ по осуществлению мониторинга качественных характеристик подземных вод в последние 10 лет провести полную оценку развития процессов загрязнения водоносных горизонтов трудно. А при отсутствии этих работ количество очагов, подверженных химическому загрязнению, может только увеличиться [4].

**Наблюдательная сеть.** Наблюдательная сеть по ведению мониторинга подземных вод в Республике Крым в 2001 г. состояла из 513 точек наблюдения, из которых 152 были размещены в природных условиях формирования подземных вод и 361 – в условиях нарушенного режима.

К 2009 г. число наблюдательных скважин сократилось до 223, из них 12 характеризовали природные и слабонарушенные условия режима и 211 – нарушенные условия формирования режима подземных вод.

Режимная сеть к 2015 г. уменьшилась до 130 точек наблюдений, из которых 12 характеризовали природные и слабо нарушенные условия формирования режима и 118 – нарушенные условия формирования режима подземных вод.

Как мы видим, за последние 15 лет количество наблюдательных скважин в Крыму сократилось в 4 раза (с 513 до 130 точек наблюдения), что, безусловно, сказывается на возможности проведения полноценных наблюдений за подземными водами.

Одной из первоочередных задач, необходимых для сохранения ресурсов подземных вод полуострова, является восстановление и строительство достаточного количества наблюдательных скважин, а также постоянный контроль за количественными и качественными параметрами подземных вод.

Все это еще раз доказывает, что чрезвычайно важно осуществлять постоянный государственный мониторинг подземных вод, а также применять принципы рационального использования подземных водных запасов, в противном случае существует вероятность потерять такие важные для населения и экономики Крыма ресурсы.

Нами сформулирован перечень негативных процессов и явлений, которые могут возникнуть или уже происходят на полуострове из-за нерационального использования подземных вод, несоблюдения технических, санитарных норм и правил эксплуатации водозаборов:

- увеличение ДВ;
- подтягивание соленых вод из выше- и нижезалегающих водоносных горизонтов, в приморской зоне (морских вод);
- снижение количества и качества кондиционных вод;
- химическое и бактериологическое загрязнение подземных вод в районах интенсивной антропогенной деятельности (нелицензированные и стихийные свалки полуострова, полигоны ТБО, стоки и выбросы промышленных предприятий и населения);

- закрытие скважин;
- дополнительные капиталовложения на углубление скважин;
- дополнительные капиталовложения на очистку подземных вод;
- потери подземных источников водоснабжения, дополнительные затраты на поиск новых источников и строительство водозаборных сооружений;
- полив солоноватыми водами приведет к засолению почв и потере урожая;
- длительный прием в пищу солоноватой воды негативно скажется на здоровье населения (особенно сельского).

**Выводы.** В Республике Крым выделяется 14 месторождений подземных вод, разведанные и оцененные запасы которых (с минерализацией до 1,5 г/дм<sup>3</sup>) составляют около 400 млн м<sup>3</sup>/год.

Основными факторами, влияющими на состояние подземных вод, являются гидрометеорологические условия и хозяйственная деятельность человека (эксплуатационный водоотбор, потери на площадях орошения, свалки ТБО и др.).

На территории Крыма существует несколько ДВ, которые образовались еще во второй половине прошлого века, однако до сих пор, несмотря на значительное уменьшение отбора подземных вод, их размеры сократились незначительно. Все водозаборы, находящиеся в зоне их влияния, эксплуатируются в сложных гидрохимических условиях.

Также в Республике Крым в 2014 г. было зафиксировано 36 очагов загрязнения подземных вод, 13 из которых были расположены на землях Севастополя. Наиболее загрязнены первые от поверхности водоносные горизонты, которые незащищены или слабо защищены от вертикальной миграции поллютантов.

В связи с уменьшением финансирования работ по ведению мониторинга качественных характеристик подземных вод в последние 10 лет провести полную оценку развития процессов загрязнения водоносных горизонтов трудно. А при отсутствии этих работ количество очагов подверженных химическому загрязнению может только увеличиться.

За последние 15 лет количество наблюдательных скважин в Крыму сократилось в 4 раза (с 513 до 130 точек наблюдения). Все это еще раз доказывает, что чрезвычайно важно осуществлять постоянный государственный мониторинг подземных вод, а также применять принципы рационального использования подземных водных ресурсов.

#### **Список использованных источников**

1 Гидрогеология СССР. Т. VIII. Крым: монография / под ред. В. Г. Ткачука. – М.: Недра, 1971. – 364 с.

2 Иванютин, Н. М. Подземные воды Крыма. Проблемы и перспективы использования / Н. М. Иванютин // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 2(4). – С. 95–101.

3 Лущик, А. В. Проблемы рационального использования запасов пресных подземных вод в районе степного Крыма / А. В. Лущик // Водные ресурсы. – 1976. – № 4.

4 Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2014 и 2015 году. – Режим доступа: <http://meco.rk.gov.ru>.

УДК 631.811:635.646

**С. Г. Балакай**

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

#### **ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СТИМУЛЯТОРА РОСТА В РАСТВОРЕ НА ПОЛЕВУЮ ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И УРОЖАЙНОСТЬ БАКЛАЖАНОВ**

*Целью исследований является изучение влияния концентрации стимуляторов роста в растворе при внутрпочвенном струйном поливе семян баклажанов во время посева на рост и развитие растений, а также формирование урожайности. Для моде-*

лирования струйного полива использовалась однорядная ручная сеялка, оборудованная водопроводящей системой струйного полива. Устройство позволяло устанавливать различную глубину посева за счет изменения глубины проникновения сошника в почву (от 1–2 до 8–10 см). Объем подачи воды семенам регулировался скоростью передвижения сеялки и расходом воды, подаваемой в трубопровод. Размеры контура увлажнения (смачивания) почвы корректировали в зависимости от потребности культуры во влаге, продолжительности прорастания семян, наличия влаги в почве и прогноза метеоусловий на период получения всходов. Внутрипочвенный струйный полив производился такой нормой и таким способом, чтобы влага не увлажняла самый верхний слой почвы, и на поверхности не образовывалась почвенная корка, поэтому в каждом конкретном случае рассчитывали поливную норму и концентрацию веществ в растворе. Высевались семена районированного сорта баклажанов Алмаз. В соответствии со схемой опыта к семенам баклажанов подавалась различная концентрация (от 0,005 до 0,030 %) стимулятора роста «Гуми-макс», что способствовало получению более ранних всходов (на 1 сут), в этих вариантах и сроки фенологических фаз и технической спелости баклажанов наступили быстрее на 3–4 сут, однако более высокая достоверная урожайность (4,12 кг/м<sup>2</sup>) получена в варианте 2 с концентрацией стимулятора роста в растворе 0,010 %.

*Ключевые слова:* внутрипочвенный полив, режим орошения, урожайность, почва, стимулятор роста, семена, семенное ложе, устройство.

**Введение.** В условиях засушливого климата юга России орошаемые земли являются гарантом получения высокого урожая большинства сельскохозяйственных культур. Орошение способствует созданию более благоприятных условий увлажнения почвы и приземного слоя, роста и развития растений. Все это в конечном итоге оказывает позитивное влияние на формирование более высокой урожайности растений, в 2–3 раза превышающей урожайность в богарных условиях.

В настоящее время в достаточной мере разработаны режимы орошения и способы полива большинства сельскохозяйственных культур, подобраны дождевальная и другая техника, системы капельного орошения, и отработаны технологии орошения. Однако, все эти мероприятия возможно проводить при наличии поливной воды в оросительных каналах. Но как показывает производственный опыт возделывания овощных культур посевом семенами в грунт, оптимальные сроки посева семян на орошаемых полях и сроки подачи оросительной воды в инженерные оросительные сети не совпадают. Так, в условиях Ростовской области оптимальные сроки посева семян приходится на вторую декаду апреля, а воду в оросительную сеть Донского магистрального канала начинают подавать в первой декаде мая. В случае отсутствия осадков невозможно получить полноценные всходы, так как влаги в верхнем 0–5 см слое почвы недостаточно, и проведение предпосевных и довсходовых увлажнительных поливов в связи с отсутствием оросительной воды в каналах неосуществимо [1]. Поэтому сельхозтоваропроизводителям приходится изыскивать возможность забора воды для орошения из других водных источников (местный сток, если он имеется), или сдвигать сроки посева на 2–3 недели, или рисковать и сеять семена в надежде на будущие дожди.

Но и при наличии оросительной воды возникают проблемы. При проведении послепосевных (или довсходовых) поливов (при поливе дождеванием) следует давать малые поливные нормы (100–150 м<sup>3</sup>/га). При этом распространенные дождевальные машины отечественного и зарубежного производства имеют высокую интенсивность дождя (более 0,2 мм/мин), что приводит в большинстве случаев к образованию почвенной корки, особенно на слитых заплывающих почвах. Устранить вредное влияние почвенной корки можно только следующими поливами, которые увлажняют верхний слой почвы и дают возможность проросткам пройти этот слой и дать всходы [2, 3]. Если учесть, что семена некоторых культур прорастают и дают всходы только на 15–20-й день (например, баклажаны), то поливы приходится повторять каждые 3–5 дней, т. е. требуется 3–4 и более довсходовых полива.

Вместе с тем даже при наличии оросительной воды необходимость проведения предпосевных поливов приводит к задержке сроков посева до 10–15 сут, соответственно, сокращается продолжительность вегетации сельскохозяйственных культур, и сдвигаются сроки уборки, что особенно важно для ранних овощных культур, выращиваемых для ранней реализации. В связи с этим актуальным становится разработка ресурсо- и энергосберегающих способов и режимов орошения сельскохозяйственных культур в период посев – всходы [4].

Предварительный анализ научных литературных источников показал, что на сегодняшний день в производственных условиях не используются посевные агрегаты импортного или отечественного производства, способные осуществлять посев семян и увлажнение почвы вокруг семенного ложа с созданием запаса влаги, достаточного для получения дружных всходов. Необходимо провести информационный поиск, изучить и систематизировать литературные источники и другие материалы по выявлению распространенных способов полива, режимов орошения сельскохозяйственных культур, возможности использования существующей поливной техники для струйного внутрпочвенного полива при посеве для увлажнения почвы вокруг семян и создания запасов влаги с целью получения дружных всходов семян без послепосевных поливов.

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

Исследования по изучению влияния концентрации стимулятора роста «Гумимакс» в растворе, подаваемом при струйном поливе, на полевую всхожесть семян баклажанов проводились по приведенной ниже схеме:

- вариант 1. Концентрация стимулятора в растворе 0,005 %;
- вариант 2. Концентрация стимулятора в растворе 0,010 %;
- вариант 3. Концентрация стимулятора в растворе 0,015 %;
- вариант 4. Концентрация стимулятора в растворе 0,020 %;
- вариант 5. Концентрация стимулятора в растворе 0,030 %;
- вариант 6. Чистая вода (контроль).

Раствор стимулятора роста «Гумимакс» и воды из расчета концентрации стимулятора роста от 0,005 до 0,030 %.

Технология основной и текущей подготовки почвы соответствовала зональным системам земледелия [5]. Предшественник – озимая пшеница. Зональными системами земледелия рекомендованы сроки посева баклажанов семенами в грунт при прогревании почвы на глубине 0–10 см до 12–14 °С, которые наступают в начале третьей декады апреля. В опытах посев семян производился 22–23 апреля 2015 г. Весна 2015 г. оказалась влажной, осадки выпадали равномерно, и поверхность почвы в слое 0–10 см имела высокую влажность (80–82 % НВ), поэтому для создания условий среднесухого года проводилось искусственное иссушение верхнего слоя почвы путем дополнительной предпосевной культивации. Культивация одновременно способствовала и выравниванию поверхности почвы, что очень важно для равномерной заделки мелких семян овощных культур.

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка приведена в таблице 1.

Во время посева влажность почвы в слое 0–10 см составила 68,5 % НВ. Такая влажность не позволяет семенам набрать достаточного количества влаги для быстрого прорастания, поэтому требовался предпосевной полив или применение струйного внутрпочвенного полива одновременно с посевом.

Для моделирования струйного полива использовалась однорядная ручная сеялка, оборудованная водопроводящей системой струйного полива. Устройство ручной сеялки позволяет устанавливать различную глубину посева за счет изменения глубины проникновения сошника в почву (от 1–2 см до 8–10 см). Объем подачи воды к семенам

регулировался скоростью передвижения сеялки и расходом воды, подаваемой в трубопровод. Измерение влажности почвы на глубине посева семян позволяло рассчитать необходимый объем воды для смачивания почвы и создания увлажненного контура вокруг семян различного диаметра, а изменение расхода воды в трубопроводе и скорости передвижения сеялки – подать расчетный объем воды. Для каждого варианта опыта отладка расхода воды производилось отдельно в защитной зоне участка.

**Таблица 1 – Наличие питательных веществ в почве перед посевом, 2015 г.**

Горизонт отбора образцов, см	Наличие веществ в почве			
	Нитраты, мг/кг	Фосфор подвижный, мг/кг	Калий обменный, мг/кг	Гумус, %
0–10	34,2	28,4	412,4	3,21
10–20	22,1	21,2	386,0	2,82
20–30	20,8	12,4	311,0	2,74
30–40	16,8	5,7	221,0	1,65
0–40	23,5	16,9	332,6	2,60

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

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

В опытах высевались семена районированного сорта баклажанов Алмаз, всходы получены на 10–15 день после посева.

**Результаты и обсуждение.** Расчет дозы стимулятора роста для создания концентрации раствора, заданной схемой опыта, приведен в таблице 2, из расчета на 100 л раствора.

**Таблица 2 – Расчетные дозы стимулятора роста для создания раствора заданной концентрации, 2015 г.**

Стимулятор	Доза «Гумимакса» для создания заданной концентрации раствора, из расчета на 100 л раствора, в мл				
	0,005 %	0,010 %	0,015 %	0,020 %	0,030 %
«Гумимакс»	5	10	15	20	30

При посеве вокруг семян создавался контур увлажнения радиусом 2 см. Расчетный расход раствора на 1 пог. м рядка при ширине междурядий 0,7 м составил около 100 мл (расчетная доза равна 0,096 л/пог. м). В контрольном варианте применялась чистая вода (вариант 6).

Данные фенологических наблюдений за всходами семян баклажанов приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Даты посева и получения всходов баклажанов при струйном поливе семян раствором стимулятора роста «Гумимакс», 2015 г.**

Вариант	Дата посева	Дата полных всходов	Дней от посева до получения полных всходов	Без струйного полива $\pm\Delta$ , сут
1	22.04	04.05	12	0
2	22.04	04.05	12	0
3	22.04	03.05	11	+1
4	22.04	03.05	11	+1
5	22.04	04.05	12	0
6 (К)	22.04	04.05	12	0

Наблюдения показали, что всходы баклажанов появились раньше на 1 сут в вариантах 3 и 4 при концентрации стимулятора роста 0,015 % и 0,020 %. Уменьшение (менее 0,015 %) или увеличение концентрации (более 0,020 %) на продолжительность периода посев – всходы не повлияла.

Аналогично изменялись и сроки наступления фазы бутонизации, цветения и технической спелости баклажанов (таблица 4).

**Таблица 4 – Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений баклажанов при струйном поливе раствором стимулятора роста, 2015 г.**

Вариант	Дата наступления фенологической фазы						Продолжительность периода сборов	
	посев	всходы	бутонизация	цветение	техническая спелость		сут	± Δ, сут
					начало	конец		
1	22.04	04.05	31.05	18.06	09.08	07.10	59	0
2	22.04	04.05	30.05	17.06	07.08	07.10	61	+2
3	22.04	03.05	27.05	16.06	05.08	07.10	63	+4
4	22.04	03.05	28.05	16.06	05.08	07.10	63	+4
5	22.04	04.05	28.05	17.06	06.08	07.10	62	+3
6 (К)	22.04	04.05	01.06	21.06	09.08	07.10	59	0

Более ранние сроки бутонизации (28.05) и цветения (16.06) наступили в вариантах 3 и 4. Повышение концентрации стимулятора роста в растворе более 0,020 % привело к задержанию всходов и сроков прохождения фенологических фаз. Продолжительность периода технологической спелости, сопровождавшегося сборами урожая в вариантах 3 и 4, была больше на 4 сут, по сравнению с контролем.

Ускорение сроков созревания в вариантах 3 и 4 позволило продлить период сбора урожая на 4 дня, однако урожайность в этих вариантах (3,70–3,98 кг/м<sup>2</sup>) была ниже, чем в варианте 2, в котором она составила 4,12 кг/м<sup>2</sup> (таблица 5).

**Таблица 5 – Урожайность баклажанов (биологическая), 2015 г.**

Вариант	Продолжительность периода сборов урожая, сут	Количество сборов, шт.	Суммарная урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Отклонение от К	
				±Δ, кг/м <sup>2</sup>	%
1	59	6	3,77	0,08	2,1
2	61	6	4,12	0,27	7,0
3	63	6	3,98	0,13	3,4
4	63	6	3,70	-0,15	3,9
5	62	6	3,62	-0,23	6,0
6 (К)	59	6	3,85	0,00	0,00
НСР <sub>05</sub> , кг	-	-	0,11	-	-

Таким образом, в вариантах (варианты 3 и 4) с применением раствора стимулятора роста при струйном поливе семян наблюдались более ранние всходы (на 1 сут), в этих вариантах и сроки фенологических фаз и технической спелости баклажанов наступили быстрее на 3–4 сут, однако более высокая достоверная урожайность (4,12 кг/м<sup>2</sup>) получена в варианте 2.

**Выводы.** Установлено, что применение внутрипочвенного струйного полива стимулятором роста «Гумимакс» концентрацией 0,015–0,020 % способствует более ранней всхожести семян (на 1 сут), полученной в вариантах 3 и 4, в этих вариантах и сроки фенологических фаз и технической спелости баклажанов наступили быстрее на 3–4 сут, однако более высокая достоверная урожайность (4,12 кг/м<sup>2</sup>) получена в варианте 2 с концентрацией стимулятора роста в растворе 0,010 %.

**Список использованных источников**

1 Технология посева овощных культур с одновременным поливом / Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев, Н. И. Балакай, С. Г. Балакай // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., г. Минск, 16–17 октября 2013 г. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2014. – Т. 1. – С. 150–154.

2 Пат. 2483516 Российская Федерация, МПК А01С 7/20. Устройство для внутрипочвенного полива семян при посеве / Балакай Г. Т., Балакай Н. И., Балакай С. Г., Бабичев А. Н.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2012106788/13; заявл. 24.02.12; опубл. 10.06.12, Бюл. № 16. – 6 с.

3 Пат. 2302094 Российская Федерация, МПК А 01 В 49/06, А 01 С 5/08. Устройство для посева семян / Балакай Г. Т., Калашников В. И., Балакай А. Г.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2005116429/12; заявл. 30.05.05; опубл. 10.07.07, Бюл. № 19. – 6 с.

4 Устройство и технология внутрипочвенного полива высеваемых семян [Электронный ресурс] / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, А. Н. Бабичев, С. Г. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2011. – № 3(03). – 11 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=37&id=47>.

5 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы: в 3 ч. – Ростов н/Д.: Дон. издат. дом, 2013.

УДК 633.844:631.55:631.67

**А. Г. Жуйков**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

**ЗАВИСИМОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРОЖАЙНОСТИ ВИДОВ ГОРЧИЦЫ ОТ ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ**

*Целью исследования являлось изучение целесообразности размещения таких засухоустойчивых масличных культур семейства капустных, как виды горчицы: сарептская яровая, сарептская озимая, белая и черная на орошаемых массивах Южной Степи в контексте рационального использования поливной воды и формирования количественно-качественных показателей урожая. В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния орошения на семенную продуктивность, содержание в семенах масла, общие сборы масла и горчичного шрота, а также базисные посевные кондиции альтернативных масличных культур для зоны Южной Степи Украины – горчицы сарептской, белой и черной. Определены коэффициенты водопотребления и окупаемости поливной воды урожаем данных культур для условий естественного увлажнения и орошения. Доказана высокая эффективность размещения товарных и семеноводческих посевов горчицы на орошаемых массивах, отмечено повышение урожайности сарептской яровой горчицы на 76,1%; озимой – на 71,2%; белой – на 67,0% и черной – на 64,1% в сравнении с неорошаемым контролем при одновременном существенном увеличении содержания в семенах масла и снижении доли эфирного масла. Применение орошения позволило также существенно снизить показатель коэффициента водопотребления культур в сравнении с вариантом их выращивания в условиях природного увлажнения: сарептской яровой – на 16,4%; озимой – на 13,6%; белой – на 10,3% и черной – на 8,4%. Максимальное значение эффективности использования оросительной воды (водоотдачи) – коэффициента окупаемости культуры за счет получения дополнительного урожая составило: для сарептской горчицы –*



1,01 кг/м<sup>3</sup>; белой – 0,77 кг/м<sup>3</sup>; озимой – 0,66 кг/м<sup>3</sup> и черной – 0,59 кг/м<sup>3</sup>. Размещение семеноводческих посевов горчицы в орошаемых условиях позволило значительно улучшить и основные посевные кондиции горчичных семян: выход семенной фракции – в среднем на 5,4 %; показатель массы 1000 семян – на 0,7 г; лабораторную всхожесть – на 4,2 %; энергию прорастания – на 3,1 %.

*Ключевые слова:* горчица сарептская, белая, черная, орошение, урожайность, масличность, сбор масла и шрота, посевные кондиции.

**Введение.** Современные экономические реалии и трансформационные процессы, характерные для агропромышленного комплекса Украины, вынуждают тех немногочисленных землепользователей, которым удалось сохранить «большое» орошение, отводить поливные земли исключительно под культуры, способные максимально полно реализовать биологический потенциал урожайности и окупить расходы на их орошение высоколиквидной и конкурентоспособной на аграрном рынке продукцией [1, 2]. К сожалению, горчица традиционно не относится к культурам, которые имеют приоритет в размещении на орошаемых землях, что объясняется, в первую очередь, нестабильностью спроса на горчичное сырье на внутреннем рынке и, как следствие, широкой амплитудой колебания закупочных цен на нее [3–9]. Во-вторых, катастрофическое уменьшение площадей поливного клина в зоне Степи, характерное для последних 20 лет, дает возможность разместить на орошаемых площадях в лучшем случае овощные культуры (в большой мере благодаря капельному орошению), сою и кукурузу. Определенный стереотип, согласно которому горчица априори является культурой неорошаемого земледелия, сложился благодаря значительной экологической пластичности культуры, ее скороспелости и высоким адаптивным свойствам, в первую очередь, устойчивости к почвенной и, что самое главное, воздушной засухе [10–14]. Практически единственным хозяйством в зоне Южной Степи, где горчица в отдельные годы выращивается при орошении, является ООО «СИТ-Агро», расположенное в Горностаевском районе Херсонской области, оно специализируется на производстве сортовых и товарных семян горчицы и поставляет продукцию по прямым фьючерсным экономическим контрактам в Германию.

**Материалы и методы.** Практическое решение обозначенной задачи реализовывалось нами путем закладывания краткосрочного полевого опыта. Фактор А в нем был представлен видом горчицы (сарептская яровая, сарептская озимая, белая и черная), фактор В – уровнем увлажнения (естественный – без орошения, орошение). Вариант орошения был представлен вегетационными поливами с использованием ДМ «Фрегат» при предполивном пороге 70 % от НВ в слое почвы 50 см. В среднем за годы исследований проводилось два вегетационных полива общей оросительной нормой 850 м<sup>3</sup>/га. Почвы опытного участка – черноземы южные среднесолонцеватые тяжелосуглинистые. Площадь опытного участка первого порядка – 300 м<sup>2</sup>, размещение участков в опыте – по блокам. Количество осадков за период вегетации культуры принималось по данным ближайшего метеорологического пункта (пгт. Горностаевка). Влажность почвы определялась термостатно-весовым способом. Учет урожая проводился путем прямого комбайнового сбора с последующим взвешиванием и перерасчетом на 100%-ную чистоту и 10%-ную влажность, масличность семян – на аппарате Сокслета с использованием в качестве растворителя дихлорэтана, посевные качества – методом термостатного проращивания. Повторность всех полевых и лабораторных исследований – четырехкратная с последующей математической обработкой данных методом дисперсионного анализа [15].

**Результаты и обсуждение.** Как свидетельствуют результаты наших исследований, проведенных в данном хозяйстве на Каховской орошаемой системе, все виды горчицы характеризуются высокой степенью реакции на применение орошения, нами были отмечены существенные прибавки как урожайности семян, так и улучшение ее качественных показателей (таблица 1).

**Таблица 1 – Влияние орошения на количественно-качественные показатели урожайности горчицы разных видов (ООО «СИТ-Агро», среднее за 2008–2010 гг.)**

Вид горчицы (фактор А)	Условия увлажнения (фактор В)	Урожай- ность семян, ц/га	Содержание масла, %		Сбор с 1 га, ц	
			жир- ное	эфир- ное	масло*	шрот
Сарептская яровая	Без орошения – контроль	11,30	37,20	1,14	4,00	7,30
	Орошение	19,90	38,70	1,03	7,40	12,50
Сарептская озимая	Без орошения – контроль	8,20	37,90	1,11	3,00	5,20
	Орошение	14,10	39,50	1,01	5,30	8,80
Белая	Без орошения – контроль	9,70	27,70	0,92	2,60	7,10
	Орошение	16,20	29,00	0,80	4,50	11,70
Черная	Без орошения – контроль	7,80	36,50	1,26	2,70	5,10
	Орошение	12,80	37,50	1,08	4,60	8,20
НСР <sub>05</sub>	А	1,89	0,62	0,09	0,27	0,38
	В	1,33	0,76	0,06	1,31	2,19
	АВ	1,52	1,02	0,07	0,44	0,56

\* – при условии: 4 % неотделимого остатка масла в шроте.

В варианте выращивания горчицы в условиях естественного увлажнения (без применения орошения) в среднем за годы проведения исследований прибавка урожайности кондиционных семян сарептской яровой горчицы составила 8,6 ц/га (76,1 %), озимой – 5,9 ц/га (71,2 %), белой – 6,5 ц/га (67,0 %) и черной 5,0 ц/га (64,1 %).

При рассмотрении качественных показателей семян горчицы нами отмечена закономерность, согласно которой при орошении доказательно увеличивается показатель содержаемого в семенах масла и уменьшается доля эфирного (по всем видам культуры). Следовательно, при выращивании в условиях орошения хозяйственно-ценные признаки горчицы, а именно общий сбор масла и горчичного шрота, также существенно преобладали над теми, которые были получены при возделывании культуры на богаре.

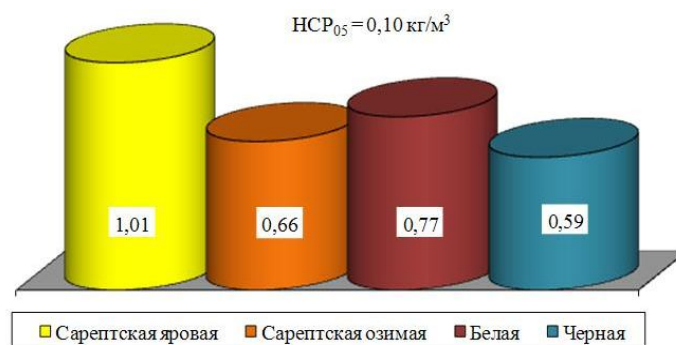
Большинство исследователей сходятся в выводах о высоком уровне рациональности и экономности использования горчицей активной грунтовой влаги, что ставит ее в один ряд с наиболее засухоустойчивыми масличными культурами семейства капустных и позволяет формировать урожай семян даже в самые засушливые годы. По результатам наших исследований коэффициент водопотребления – основной показатель, по которому можно объективно оценивать культуру в контексте ее соответствия экологическим условиям зоны выращивания (в первую очередь, влагообеспеченности, распределению атмосферных осадков в течение вегетационного периода, сумме активных температур), напрямую зависел от условий увлажнения горчицы (рисунок 1).

По результатам опыта можно сделать вывод о существенном снижении коэффициента водопотребления горчицы при выращивании ее в орошаемых условиях, по сравнению с неорошаемыми условиями. В варианте возделывания яровой сарептской горчицы снижение коэффициента водопотребления составило 16,4 % (1259 м<sup>3</sup>/т против 1465 м<sup>3</sup>/т); озимой – 13,6 % (1777 и 2018 м<sup>3</sup>/т); белой – 10,3 % (1546 и 1706 м<sup>3</sup>/т) и черной – 8,4 % (1957 и 2122 м<sup>3</sup>/т соответственно) относительно контрольного варианта.

С целью более объективного обоснования экономической и производственной целесообразности размещения производственных площадей горчицы на орошаемых массивах нами был рассчитан показатель окупаемости поливной воды благодаря дополнительному урожаю семян культуры, полученному за счет орошения (коэффициент водоотдачи) (рисунок 2).



**Рисунок 1 – Коэффициент водопотребления видов горчицы в зависимости от условий увлажнения, м<sup>3</sup>/т (ООО «СИТ-Агро», среднее за 2008–2010 гг.)**



**Рисунок 2 – Прибавка урожая семян горчицы на 1 м<sup>3</sup> оросительной воды, кг (ООО «СИТ-Агро», среднее за 2008–2010 гг.)**

Установлено, что дополнительная прибавка урожая при орошении составила 1,01 кг кондиционных семян на 1 м<sup>3</sup> оросительной воды. Этот показатель получен на участке, на котором выращивалась горчица сарептская яровая. На втором месте по эффективности потребления оросительной воды находится белая горчица (соответственно 0,77 кг/м<sup>3</sup>). Существенной разницы в окупаемости поливной воды озимой и черной горчицей не отмечено.

Кроме очевидного позитивного влияния применения искусственного орошения на урожайность и хозяйственно-ценные признаки товарных горчичных семян за годы проведения исследований наблюдалось также существенное улучшение базисных посевных кондиций горчичных семян, которые выращивались в условиях орошения в семеноводческих целях. В первую очередь это касается наиболее принципиальных посевных качеств – показателя массы 1000 семян (M<sub>1000</sub>), лабораторной всхожести и энергии прорастания семян (таблица 2).

**Таблица 2 – Влияние орошения на базисные посевные качества семенного материала горчицы (ООО «СИТ-Агро», среднее за 2008–2010 гг.)**

Вид горчицы (фактор А)	Условия увлажнения (фактор В)	Выход посевной фракции, %	M <sub>1000</sub> , г	Лабораторная всхожесть, %	Энергия прорастания, %
1	2	3	4	5	6
Сарептская яровая	Без орошения – контроль	80,2	2,7	91,5	91,5
	Орошение	86,9	3,3	95,2	95,2
Сарептская озимая	Без орошения – контроль	78,8	2,8	84,6	84,6
	Орошение	85,0	3,5	89,0	89,0

## Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Белая	Без орошения – контроль	83,1	4,0	92,9	92,9
	Орошение	87,0	4,9	96,3	96,3
Черная	Без орошения – контроль	77,7	2,5	81,7	81,7
	Орошение	82,3	3,0	86,5	86,5
НСР <sub>05</sub>	А	1,61	0,12	1,88	1,88
	В	3,34	0,36	1,51	1,51
	АВ	1,95	0,44	2,60	2,60

На основе результатов наших исследований можно сделать вывод, что за счет размещения семеноводческих посевов горчицы на орошаемых массивах в среднем возможно увеличить выход посевной фракции после первичной, вторичной очистки и калибрования на стационаре в варианте сарептской яровой горчицы с 80,2 до 86,9 %, озимой – с 78,8 до 85,0 %; белой – с 83,1 до 87,0 % и черной – с 77,7 до 82,3 %. Показатель массы 1000 семян в орошаемых условиях значительно превышал аналогичный показатель в неорошаемых условиях: в варианте выращивания горчицы сарептской яровой – на 0,6 г; озимой – 0,7 г; белой – 0,9 г и черной – 0,5 г. Аналогичная тенденция была отмечена и при анализе зависимости лабораторной всхожести и энергии прорастания: размещение посевов горчицы в орошаемых условиях характеризовалось увеличением показателя на 4,2 % и 3,1 % соответственно в среднем по всем видам культуры.

**Выводы**

1 Применение орошения является очень действенным рычагом повышения семенной производительности горчицы, обеспечивающим увеличение урожайности сарептской яровой горчицы на 76,1 %; озимой – на 71,2 %; белой – на 67,0 % и черной – на 64,1 % в сравнении с неорошаемыми условиями с одновременным существенным увеличением содержания в семенах масла и уменьшением эфирного. Это также позволяет уменьшить коэффициент водопотребления культуры в сравнении с выращиванием ее в условиях естественного увлажнения: сарептской яровой – на 16,4 %; озимой – на 13,6 %; белой – на 10,3 % и черной – на 8,4 %.

2 Максимальный показатель эффективности использования оросительной воды – коэффициент ее окупаемости дополнительным урожаем культуры (водоотдача) составил для сарептской горчицы 1,01 кг/м<sup>3</sup>; белой – 0,77 кг/м<sup>3</sup>; озимой – 0,66 кг/м<sup>3</sup> и черной – 0,59 кг/м<sup>3</sup>.

3 Размещение семенных посевов горчицы на орошаемых массивах позволяет существенно улучшить и основные посевные кондиции горчичных семян: выход семенной фракции – в среднем на 5,4 %; показатель массы 1000 семян – на 0,7 г; лабораторную всхожесть – на 4,2 % и энергию прорастания – на 3,1 %.

В перспективе планируется исследование влияния орошения на жирнокислотный состав горчичного масла в контексте содержания в ней физиологически полезных и вредных жирных кислот.

**Список использованных источников**

- 1 Фирсов, Ф. Ф. Горчица / Ф. Ф. Фирсов. – Волгоград, 1954. – 121 с.
- 2 Хомутов, В. А. Сарепта и горчица / В. А. Хомутов // Степные просторы. – 2001. – Спец. вып. – С. 2–6.
- 3 Шевцова, Л. П. Агробиологические особенности и продуктивность традиционных и редких видов масличных культур в засушливом Поволжье / Л. П. Шевцова, Н. А. Шьюрова, А. В. Каленюк // Нива Поволжья. – 2008. – № 4. – С. 36–39.

4 Шевцова, Л. П. Адаптивные приемы формирования высокопродуктивных агрофитоценозов горчицы сарептской в Правобережье Саратовской области / Л. П. Шевцова, Д. А. Комягин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2007. – № 1. – С. 75–78.

5 Ясиновский, Г. Горчица завоевывает популярность / Г. Ясиновский // Зерно. – 2006. – № 10. – С. 46–49.

6 Auler, T. Unkrautunterdrückung mit Sinapis alba L. als Bodendecker: diss / T. Auler. – Hohenheim, 1998. – II. – 90 s.

7 Sarandon, S. J. Respuesta de la colza – Conola (*Brassica napus* L. Sp. Olifera forma annua) a la fertilizacion con N a la siendra. Efecto sobre la acumulacion y partision materia seka, el rendimiento componentes / S. J. Sarandon, Adriana M. Chamorro // Rev. Agron. Univ. Nac. La Plata. – 1996. – № 10. – P. 12–20.

8 Алексеев, А. П. Влияние минерального питания на продуктивность и поступление питательных веществ в растения сарептской горчицы в зоне недостаточного увлажнения / А. П. Алексеев, К. М. Мелентьева // Агротехника. – 1975. – № 1. – С. 114–121.

9 Артемов, А. М. Горчица в Николаевском районе / А. М. Артемов // Степные просторы. – 2001. – Спец. вып. – 36 с.

10 Бородычев, В. А. Горчица: реалии и перспективы / В. А. Бородычев, С. Б. Адьяев, А. В. Левина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – №1(21). – С. 9–17.

11 Бородычев, В. В. Водный режим и продуктивность горчицы сарептской в рисовых чеках / В. В. Бородычев, А. В. Левина, С. Б. Адьяев // Плодородие. – 2011. – № 1. – С. 9–11.

12 Вишневский, П. С. Влияние элементов технологии на формирование продуктивности горчицы / П. С. Вишневский // Сборник статей Международной научной конференции молодых ученых и специалистов. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2012. – Т. 1. – С. 12–16.

13 Левина, А. В. Агротехнические приемы возделывания горчицы сарептской в рисовых чеках Калмыкии: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Левина Анастасия Валерьевна. – Саратов, 2011. – 212 с.

14 Медведев, Г. А. Особенности возделывания горчицы на каштановых почвах Волгоградской области / Г. А. Медведев, Н. Г. Екатериничева, Д. Е. Михальков // Вестник АПК. – 2001. – № 6(167). – С. 2–3.

15 Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография / В. А. Ушкаренко, Н. Н. Лазарев, С. П. Голобородько, С. В. Коковихин. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

УДК 628.862.7

**О. А. Муратов**

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

**А. Р. Муратов, Г. Л. Фырлина**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

### **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

*Формирование системы машинных технологий и машин является основой разработки стратегии развития комплексной механизации ремонтно-восстановительных работ. Обозначены цели и задачи создания системы машинных технологий и машин, выделены отличительные особенности предлагаемой системы. Предложен ее состав и разработаны основные требования к содержанию системы машинных технологий и машин для комплексной механизации мелиоративных работ.*

*Ключевые слова: комплексная механизация, ремонтно-восстановительные работы, система машинных технологий и машин, требования к системе, типы машинных технологий.*

В последние годы остро встал вопрос о необходимости выработки перспективной стратегии развития комплексной механизации ремонтно-восстановительных работ на основе современных технологий и технических средств в условиях сельскохозяйственного производства в Республике Узбекистан.

Одним из главных этапов решения данной задачи является создание и реализация системы машинных технологий и машин для комплексной механизации аграрного производства. Составной частью этой системы и одновременно отдельной отраслью является механизация мелиоративных работ.

Для создания системы машинных технологий и машин научные институты и проектно-конструкторские организации должны использовать прогрессивные методы разработки технических средств на базе блочно-модульного конструирования не только отдельных машин, но и их систем и типоразмерных рядов [1]. Это позволит сократить сроки производства единичных технических средств и в целом создаст условия для ускорения разработки всей техники, входящей в систему машин для возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. В основном это касается технического обслуживания, ремонта и реконструкции, а также строительства оросительных и коллекторно-дренажных систем, что является актуальным и требует безотлагательного решения. Следует отметить, что машинные технологии и машины – это документ, обеспечивающий согласованную и направленную в единое русло деятельность различных ведомств, организаций и предприятий по оснащению водного хозяйства всеми необходимыми машинными технологиями и техническими средствами в условиях многоукладности сельскохозяйственного производства.

Основной целью создания системы машинных технологий и машин являются определение направления развития комплексной механизации мелиоративных работ и разработка научно обоснованного подхода к организации производства в Республике Узбекистан или рекомендаций для закупки за рубежом необходимых средств механизации с высокими технико-экономическими и технологическими показателями. Система машинных технологий и машин должна содержать в себе конкретные научно обоснованные рекомендации, а именно: какие машинные технологии, технические средства и какими технико-эксплуатационными параметрами они должны обладать, чтобы обеспечить в перспективе комплексную механизацию работ в водном хозяйстве с минимальными затратами [2].

Для решения поставленной задачи необходимо выполнить критический анализ:

- требований нормативно-технической литературы на предмет актуальности и эффективности действующих норм и рекомендаций;
- достижений науки и техники в области механизации водохозяйственных и мелиоративных работ;
- работ, посвященных теоретическим проработкам реконструкции, ремонта и восстановления эксплуатационных параметров оросительных и коллекторно-дренажных каналов и сооружений на них в условиях Узбекистана;
- нормативной документации по производству очистки, ремонта, реконструкции и восстановлению оросительных и коллекторно-дренажных каналов и сооружений на них;
- технологических схем производства работ при очистке, ремонте, реконструкции и восстановлении оросительных и коллекторно-дренажных каналов и сооружений на них;
- методов и схем организации работ экскаваторами в забоях различного назначения;
- технологических параметров строительных и мелиоративных машин, оборудования зарубежных производств, применяемых при производстве очистки, реконструк-

ции, ремонта и восстановления эксплуатационных показателей оросительных и коллекторно-дренажных каналов и сооружений на них;

- типовых технологических карт на производство очистки, ремонта, реконструкции и восстановления эксплуатационных показателей оросительных и коллекторно-дренажных каналов и сооружений на них.

Отличительные особенности разрабатываемой системы перспективных машинных технологий и машин для очистки и ремонта, строительства оросительных и коллекторно-дренажных каналов и производства культуртехнических работ по мелиоративному улучшению состояния земель и эксплуатационных работ на оросительных и коллекторно-дренажных системах:

- обеспечение достаточной адаптивности средств механизации к технологиям производства ремонтно-строительных работ в регионах, вилоях, предгорных, равнинных и полупустынных зонах с учетом географических ландшафтов Республики Узбекистан при соблюдении установленных ресурсных, экологических ограничений;

- научная обоснованность регламентов технологических требований к техническим, экономическим, эксплуатационным показателям многоцелевых и многофункциональных технических средств механизации мелиоративных работ для закупки за рубежом;

- обеспечение условий создания в Узбекистане мобильных сборно-разборных (блочно-модульных) технических средств, универсальных по способу энергоснабжения;

- обеспечение условий совершенствования конструкции рабочих органов, адаптивных к различным грунтовым условиям;

- разработка высокоэффективного вспомогательного оборудования интегрального типа;

- расширение области применения средств механизации мелиоративных работ и сокращение их сезонности.

Система перспективных машинных технологий и машин для очистки, ремонта и строительства оросительных, коллекторно-дренажных сооружений (в том числе отдельно расположенных) и осуществления культуртехнических работ по мелиорации должна включать типичные для основных экономических районов базовые техники выполнения мелиоративных работ и технологии, адаптированные к условиям природно-сельскохозяйственных зон (типы) и приоритетным видам аграрного производства в Узбекистане.

Под перспективным типом машинных технологий и машин подразумевается такая рационально ограниченная совокупность типовых вариантов прогрессивных машинных технологий одного целевого назначения, которая обеспечивает высокоэффективное достижение цели в пределах всего диапазона различных производственных условий, типичных для республики (региона). В дальнейшем перспективные типы машинных технологий и машин будут использованы при разработке машинных технологических систем и системы технологии в целом [3].

Под машинной технологической системой подразумевается вся совокупность машинных технологий выполнения основных и вспомогательных работ, необходимых для получения конечной товарной продукции какого-либо одного вида.

Совокупность типов машинных технологий и технологических систем в масштабах республики (региона) является основой общереспубликанской системы машинных технологий производства мелиоративных работ.

Типы машинных технологий определяются путем обобщения предложений по новым и существующим технологиям, из числа которых отбираются прогрессивные для каждого типоразмера, то есть в полной мере соответствующие научно-техническому прогрессу и обеспечивающие технико-экономическую эффективность по сравнению со всеми остальными машинными технологиями того же типоразмера.

Под типоразмером технологии по аналогии с техническими средствами подра-

зумеается ее конкретный вариант, заданный, с одной стороны, типичным вариантом (типом) производственных условий, а с другой стороны, принятым техническим вариантом («размером») ее осуществления (таблица 1).

**Таблица 1 – Технологический регламент основных показателей системы машинных технологий и машин для ремонта и очистки коллекторно-дренажных каналов от наносов**

Типичная операция	Тип производственных условий
1 Планировка берм, засыпка ям и воронок, крепление откосов каналов и берегов водоемов	Микронеровности при заравнивании ям, промоин и отсыпка откосов по результатам мониторинга с отклонением $\pm 5$ см
2 Исправление деформации профиля канала, откосов дамб и удаление наносов: - одноковшовыми экскаваторами: а) с радиусом копания до 20 м; б) с радиусом копания до 16 м; в) с радиусом копания до 12 м; г) с радиусом копания до 9 м; д) машинами непрерывного действия; - земснарядами	Очистка от наносов и травянистой растительности без нарушения проектного профиля с укладкой грунта в пределах полосы отчуждения канала: - глубиной, м / шириной по дну, м / заложением откосов, 1,0 : <i>m</i> : а) до 10,0 / до 8,0 / до 1,0 : 3,0; б) до 8,0 / до 5,0 / до 1,0 : 2,5; в) до 6,0 / до 4,0 / до 1,0 : 2,0; г) до 5,0 / до 3,0 / не менее 1,0 : 1,5; д) до 3,0 / до 0,5 / не менее 1,0 : 1,0; - глубиной, м / шириной по верху, м / заложением откосов, 1,0 : <i>m</i> : до 10,0 / до 50,0 / до 1,0 : 3,0. Устройство обвалования, укладка и наращивание пульповода
3 Разравнивание вынутаго грунта	Отсыпка наносов на откосы дамб и каналов, а также на проезжую часть инспекторской дороги не допускается
4 Ремонт сооружений на коллекторно-дренажном канале	По результатам мониторинга без переуплотнения прилегающего грунта

Прогрессивные варианты машинных технологий и машин для комплексной механизации мелиоративных работ выбираются из числа современных, разработанных в последнее время (в том числе и за рубежом), указанных в рекомендациях или технологических картах перспективных действующих систем машинных технологий и машин, отчетах о научно-исследовательских и проектных работах и т. д. Из этих же источников определяются и необходимые показатели машинных технологий и машин.

#### Список использованных источников

1 Федеральные регистры базовых технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г. / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации; разработ. Б. М. Князев [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2003. – 112 с.

2 Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1986–1995 годы: в 4 ч. – Ч. 3. Мелиорация / сост. Е. Д. Томин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1988. – 387 с.

3 Муратов, А. Р. Система машин и технологий для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 2011–2016 годы / А. Р. Муратов, О. А. Муратов. – Ч. III. Мелиорация. – Ташкент: Global color print, 2015. – 138 с.



УДК 631.6; 632.123.1; 528.88

**А. В. Бреева**

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

### **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОЛУЧЕНИЮ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСБОРОВ**

*В статье приведен обзор современных подходов к получению и обработке топографо-геодезической информации. Цель проведенной работы – рассмотреть возможность использования данных радарной топографической съемки и средств системы автоматизированного проектирования (САПР) для получения топоосновы при прогнозировании возникновения и развития наводнений. В исследовании представлен пример применения цифровой модели рельефа (ЦМР), построенной на основе сведений SRTM, в среде Autodesk AutoCAD (Civil 3D, InfraWorks). Рассмотренный подход к обеспечению исходными топографическими данными для моделирования способствует автоматизации их получения и существенному сокращению временных затрат.*

*Ключевые слова: гидродинамическая цифровая модель, водосборная площадь, цифровая модель рельефа (ЦМР), система автоматизированного проектирования (САПР), данные SRTM, морфометрические исследования.*

**Введение.** Получение количественных морфометрических сведений о форме и структуре поверхности речной долины является неотъемлемым этапом при прогнозировании возникновения и развития наводнений. По площади охватываемых территорий и наносимому материальному ущербу наводнения превосходят все остальные стихийные бедствия. Затоплению подвержена территория Российской Федерации общей площадью 400 тыс. км<sup>2</sup>, на которой проживает более 4,6 млн человек [1].

Ростовская область входит в число 22 субъектов РФ с высоким риском возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных весенне-летним половодьем и сильными осадками [2].

Погодная составляющая риска в сельском хозяйстве сопряжена с другими видами рисков, в совокупности они образуют достаточно серьезную проблему, игнорирование которой может привести к печальным последствиям. Именно в сельском хозяйстве всесторонний и правильный учет риска имеет принципиальное значение, поскольку зависимость условий и результатов производства от случайных, прежде всего, погодных факторов здесь особенно велика. Так, по имеющимся данным [1], сильные дожди в 2016 г. вызвали гибель посевов на площади 130 тыс. га, т. е. неблагоприятные погодные условия являются важным внешним фактором возникновения негативных последствий.

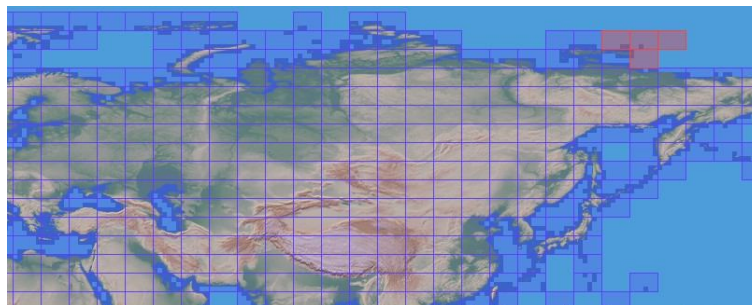
Современным средством прогнозирования отрицательного воздействия неблагоприятных погодных условий в поймах рек является моделирование, т. е. создание гидродинамических цифровых компьютерных моделей водотоков (рек и балок) и проведение сценарных исследований для решения различных задач, направленных, в том числе и на обеспечение безаварийного пропуска расходов дождевых и снеговых паводков в русле [3].

Моделирование – задача трудоемкая, и важным аспектом энерго- и ресурсосбережений является применение уже на начальной стадии моделирования современных средств цифрового проектирования, которые позволили бы проводить быстрый анализ проектных решений и автоматизацию расчетов. Нередко при исследовании рек специалисты сталкиваются с проблемой недостатка топографических данных наблюдений. И поскольку на начальном этапе работы необходимые для моделирования сведения отсутствуют, к решению поставленной задачи удастся приступить далеко не сразу. В итоге это отражается на эффективности использования ресурсов и трудовых затратах. В результате чего производство топографической съемки в связи с большой территорией

объекта (водосборная площадь бассейна обследуемого участка обычно достигает десятки, а то и сотни кв. км), несмотря даже на применение высокотехнологичного оборудования, занимает значительное время. Существует возможность получения сведений из традиционных источников: карт и результатов ранее произведенной землемерной съемки, но трудности на этом этапе возникают в связи с отсутствием в открытом доступе крупномасштабных картографических материалов и сложностью оцифровки имеющихся данных проведенных научных изысканий [4, 5].

**Материалы и методы.** Возможным решением этой проблемы является получение морфометрических характеристик водосборных бассейнов из открытых источников цифровых моделей рельефа (ЦМР) [6], к обработке которых современными средствами системы автоматизированного проектирования (САПР) можно приступить незамедлительно. В настоящее время ЦМР активно вовлекаются в различные морфометрические исследования [7]. А особенностью САПР является возможность создавать цифровую модель местности и проекта в едином информационном пространстве, построенном на единой идеологии, единых принципах и удовлетворяющем единым требованиям [8]. Поэтому при выборе программного обеспечения, руководствуясь практическим опытом, специалисты чаще всего склоняются к применению программных комплексов Autodesk AutoCAD Civil 3D. Данная САПР объектов инфраструктуры и выпуска документации по ним, основанная на технологии информационного моделирования инженерных сооружений (BIM), предназначена для инженеров, работающих над проектами транспортной инфраструктуры, землеустройства и водных ресурсов. Пользователи получают возможность координировать проекты, исследовать проектные альтернативы, моделировать процесс эксплуатации объектов и выпускать высококачественную документацию. Комплекс Civil 3D нашел применение в таких областях, как инженерно-геодезические изыскания, проектирование транспортных сооружений, объектов генпланов промышленного и гражданского строительства, трубопроводных сетей и других инженерных решений [9].

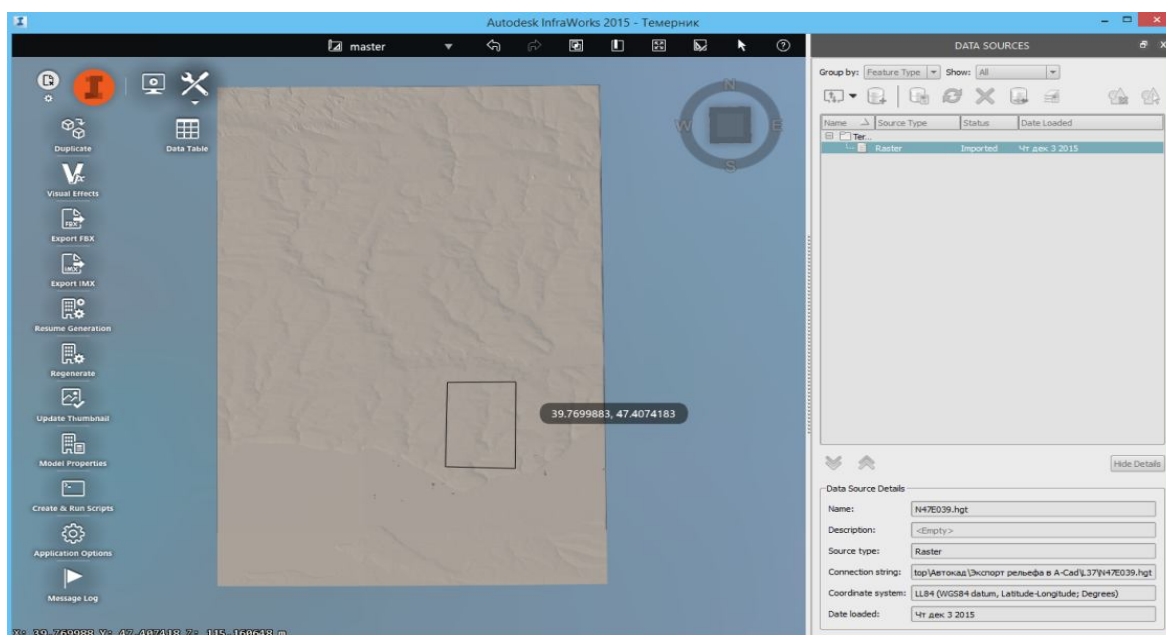
Одним из наиболее распространенных источников данных ЦМР являются сведения SRTM (Shuttle radar topographic mission), т. е. данные радарной топографической съемки большей части территории земного шара, произведенной за 11 дней в феврале 2000 г. с помощью специальной радарной системы. Двумя радиолокационными сенсорами SIR-C и X-SAR было собрано более 12 терабайт данных. Результатом съемки стала ЦМР 85 % поверхности Земли [10]. Открытых источников ЦМР с каждым годом становится все больше, однако в некоторых случаях полная доступность и описание продукта появляется только после детальной проверки глобальным сообществом специалистов и пользователей. В настоящее время в открытом доступе уже имеется версия скорректированных данных от 26 мая 2014 г. [11] (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Фрагмент карты покрытия цифровой модели земной поверхности**

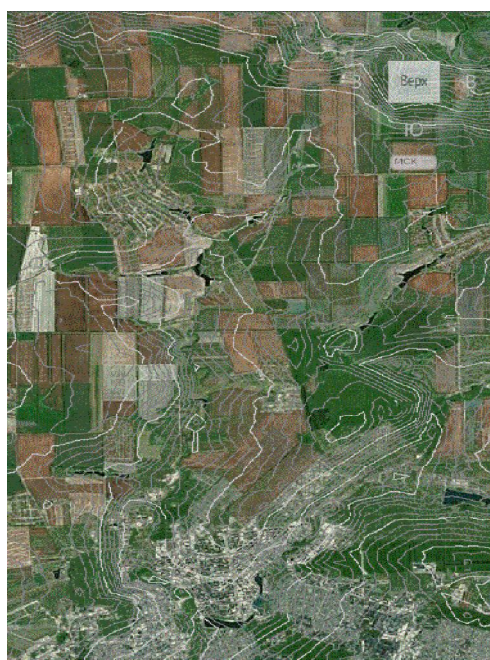
Полученные из этих источников данные имеют два типа файлов: NGT и GeoTIFF. Оба типа файлов являются растровым изображением, показывающим высотность. Для получения из них поверхности и ее последующей обработки исходные файлы моделируемой территории необходимо конвертировать в формат \*.IMX. Для этих целей мож-

но использовать программу Autodesk InfraWorks (рисунок 2). Программа InfraWorks представляет собой инструмент концептуального моделирования, помогающий проектировщикам объектов инфраструктуры создавать и наглядно демонстрировать проектные предложения [9]. Затем полученный участок рельефа в формате \*.IMX импортируется в среду Civil 3D.

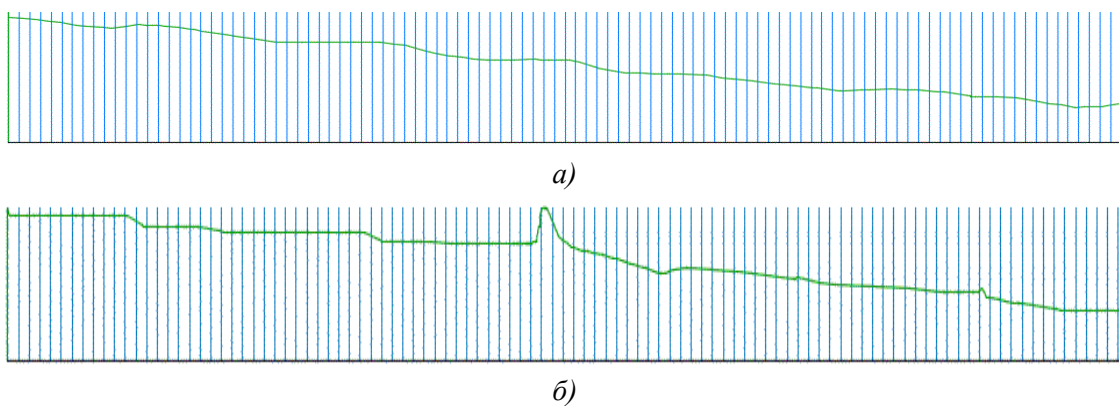


**Рисунок 2 – Поверхность участка ЦМР L37 N47E038 (район водосборной площади р. Темерник, Ростовская область) в среде InfraWorks**

**Результаты и обсуждения.** В результате в среде Civil 3D мы получаем ЦМР (рисунок 3). Однако необходимо понимать, что, несмотря на то, что полученная таким образом поверхность вполне адекватно передает крупные участки рельефа объекта проектирования, мелкие его элементы (дно балки, перегораживающие сооружения и прочее) передаются не вполне корректно (рисунки 4, 5).

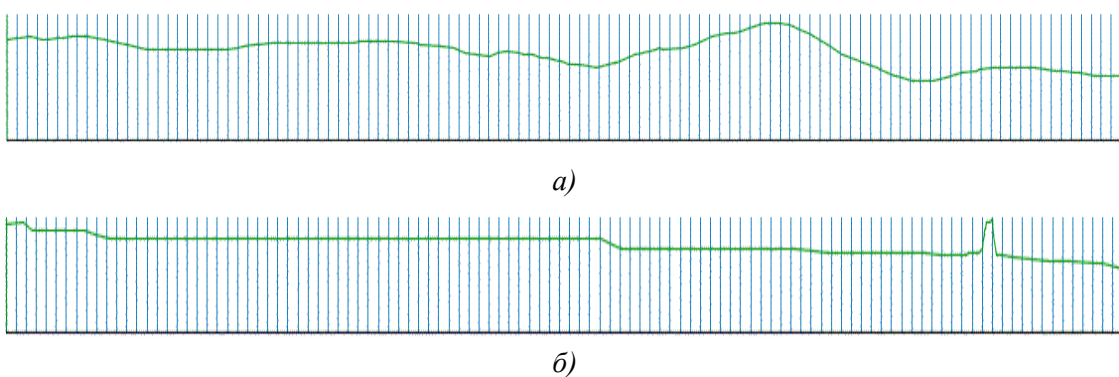


**Рисунок 3 – Пример ЦМР водосборной площади р. Темерник (Ростовская область) на основе данных SRTM в среде Civil 3D**



*a* – на основе данных SRTM; *б* – на основе данных топографической съемки

**Рисунок 4 – Продольный профиль участка балки Хавалы (правой приточности р. Темерник)**



*a* – на основе данных SRTM; *б* – на основе данных топографической съемки

**Рисунок 5 – Продольный профиль участка балки Темерник**

На рисунках четко видно, что на поверхности рассматриваемого нами участка, созданной на основе данных SRTM, отметки тальвега балки оказались в среднем выше, а подпорные ГТС и проезды вовсе не получили отображения. Однако отметки склонов балки и более пологих участков рельефа оказались соответствующими действительности с достаточной для практического применения точностью. Таким образом, созданная в результате ЦМР, совмещенная с космоснимком при помощи инструмента Civil 3D «Геопозиционирование», подходит для предварительного планирования и оценки объемов работ. Применение рассмотренного подхода могло бы существенно сократить временные затраты на начальном этапе работ.

Преимущество данного подхода заключается в том, что после внесения в построенную ранее модель рельефа уточняющих данных (сложные участки рельефа или дополнительные области проектирования) не требуется производить какой-либо ручной перерасчет, поскольку в рассмотренном программном обеспечении при изменении цифровой модели автоматически пересчитываются все профили и сечения. Модель постоянно обновляется в соответствии с результатами работ, что обеспечивает актуальность информации.

**Выводы.** Таким образом, рассмотренный подход к обеспечению проектировщиков исходными топографическими данными при решении различных водохозяйственных задач с использованием средств САПР, таких как программные комплексы Autodesk AutoCAD (Civil 3D, InfraWorks) и открытых источников ЦМР (SRTM) способствует автоматизации получения данных моделирования и существенному сокращению временных затрат.

**Список использованных источников**

- 1 Наводнения России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geographyof-russia.com/navodneniya-rossii>.
- 2 Прогноз чрезвычайной обстановки на территории Российской Федерации на 2015 год от 24 декабря 2014 г. № 123-1489-7-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mchs.gov.ru/operationalpage/forecasts/item/3510275>.
- 3 Пономаренко, Т. С. Цифровое компьютерное моделирование гидродинамических процессов в среде MIKE / Т. С. Пономаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 54. – С. 97–104.
- 4 Мелиоративные мероприятия на р. Темерник в г. Ростове-на-Дону. Сток со склонов, примыкающих к низовым водохранилищам на балке Темерник: техно-рабочий проект // Гидрологическая записка. – Ростов н/Д.: Южгипроводхоз, 1977.
- 5 Водопропускной коллектор на участке реки Темерник, расположенном южнее 6 МКР СЖР в г. Ростове-на-Дону // Пояснительная записка 07054-ПЗ. – Т. 1. – Ростов н/Д.: Южводпроект, 2008.
- 6 Павлова, А. Н. Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съемки SRTM (на примере бассейна р. Терешки) / А. Н. Павлова // Известия Саратовского университета. – 2009. – Т. 9. – С. 39–44.
- 7 Сутырина, Е. Н. Определение морфометрических характеристик искусственных водоемов по данным дистанционного зондирования (на примере водохранилищ Суховской и Тельминской ГЭС) // Известия Иркутского государственного университета. – 2010. – Т. 3. – № 2. – С. 167–178.
- 8 Моргунова, А. А. Использование САПР для решения геодезических задач при строительстве высоковольтных линий электропередач / А. А. Моргунова // Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра: материалы междунар. науч. конф., г. Казань, май 2015 г. – Казань: Бук, 2015. – С. 35–40.
- 9 Официальный сайт производителя программных комплексов Autodesk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://autodesk.ru>.
- 10 The shuttle radar topography mission / T. G. Farr [et al.] // CEOS SAR Workshop, Toulouse, 26–29 Oct. 1999. – Noordwijk, 2000. – P. 361–363.
- 11 Панорама карты покрытия SRTM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas\\_org3.htm](http://viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas_org3.htm).

УДК 631.92

**А. К. Кулик, М. В. Власенко**

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

**К ДОКЛАДУ О ВЕДЕНИИ ХОЗЯЙСТВА НА АРЧЕДИНСКО-ДОНСКИХ ПЕСЧАНЫХ ЗЕМЛЯХ В ГРАНИЦАХ ФРОЛОВСКОГО, ИЛОВЛИНСКОГО И СЕРАФИМОВИЧСКОГО РАЙОНОВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Цель исследований – установление основных форм использования Арчединско-Донских песчаных земель, выявление их проблемных зон и внесение предложений по их устранению. Выявлено, что скотоводство в регионе потеряло товарную форму и ограничилось обеспечением местного населения мясной продукцией. Животноводческая отрасль требует развития кормопроизводства на базе посевов многолетних трав. Создание шестипольных почвозащитных севооборотов позволит получить 25–30 тыс. т кормовой продукции и обеспечить выпасающихся на песках животных кормами в зимний период, а также иметь бахчевое поле на площади 3 тыс. га. Разви-*



тие мясного животноводства на песках требует также племенной работы и обеспечение водопоями на удаленных участках. Установлено, что лесопользование в регионе осуществляется стихийно и в ограниченных размерах. В лесничествах, созданных на базе лесхозов, посадку и уход выполняют сторонние учреждения, не имеющие опыта и механизмов. Сохранность культур сосны за последние пять лет на нулевой отметке. На необлесенных участках бугристых песков для улучшения водообеспечения предлагается маячная культура сосны по саванному типу, которая будет способствовать аккумуляции горизонтальных осадков в объеме 170–200 л на одно дерево в холодный период. Песчаные земли необходимо содержать в чистоте, так как они пропускают в грунтовые воды значительное количество атмосферных осадков, а загрязненная вода, мигрируя в грунтовые воды, вызывает ухудшение их качества.

*Ключевые слова:* пресные грунтовые воды, песчаные земли, формы использования песчаных земель, фитомасса, лесное хозяйство, лесокультурные работы.

**Введение.** Доминантными формами использования Арчединско-Донских песчаных земель были и останутся в будущем пастбищное хозяйство и лесоразведение [1].

Развитие мясного животноводства на песках требует племенной работы, обеспечения животных водопоями на удаленных участках, кормами в зимний период, кооперативной реализации продукции. Важнейшим элементом развития животноводства является кормопроизводство на базе посевов многолетних трав.

Лесное хозяйство – один из основных видов использования песчаных земель. Лес стабилизирует природную обстановку, депонирует углекислоту, дает древесину, является надежным защитником легких почв от дефляции, поддерживает высокий санитарно-эстетический уровень песчаных земель. Лесничества Арчединское и Серафимовичское на Арчединско-Донских песках создали 9022 га сосновых культур, которые являются неотъемлемым элементом песчаного ландшафта. Лесистость территории увеличилась на 25 % и может оставаться на этом уровне и в дальнейшем. Для улучшения работ в лесном хозяйстве необходимо, чтобы лесничества имели свои кадры рабочих и комплект лесохозяйственных механизмов. Они должны выполнять собственными силами весь комплекс лесокультурных и лесохозяйственных работ.

В растениеводстве наиболее развитой отраслью сельского хозяйства в настоящее время является бахчеводство.

**Материалы и методы.** Природопользование в условиях рыночной экономики рассматривалось с учетом методологии системного анализа [2, 3], в соответствии с Концепцией социально-экономического развития АПК Прикаспийского региона [4] и методами оценки эколого-экономической эффективности использования земель [5, 6], в которых восстановление деградированных угодий и обеспечение животных полноценными кормами обозначены как приоритетные направления.

Растительный покров изучался с помощью космической фотосъемки с учетом фаз вегетации растений. Выделялись аномальные по степени спектральной яркости площади, затем на них проводились наземные исследования. Анализ состояния объектов растительности выполнялся по результатам оценки [7].

**Результаты и обсуждения.** Песчаные массивы являются важнейшим источником аккумуляции пресных грунтовых вод [1, 8, 9]. Основа их наполнения – атмосферные осадки. В настоящее время накапливаемая вода в объеме 108,5 млн м<sup>3</sup> на Арчединско-Донских песках в среднем за год сбрасывается в р. Дон, обеспечивая его опреснение и увеличение дебита. Это – важнейшая природоохранная функция песчаных земель [10–12]. Современное использование этой воды для хозяйственных нужд оценивается в доли процента. В перспективе возможен каптаж пресных вод для централизованного водоснабжения населенных пунктов.

Объем накапливаемой воды всецело зависит от величины годичного прироста фитомассы. В последнее время из-за малого количества скота травостои на песках уплотня-

ются, увеличивается растительная масса. Есть основание прогнозировать рост годичного прироста фитомассы на открытых и слабозаросших песках до 2,0–2,2 т/га. Это явление уменьшит аккумуляцию, вследствие чего годовой сброс воды сократится на 24 млн м<sup>3</sup>.

В связи с частыми степными пожарами процесс накопления биомассы и перевода ее в гумус чрезвычайно заторможен. При пожарах выгорает дернина, зола раздувается ветром. Пески как были бедны, так и остаются бедными. Поедание травы скотом сокращает горючий материал, а продукты жизнедеятельности остаются на месте, увеличивая плодородие песков.

Единственным способом поддержания необходимой плотности растительного покрова является его стравливание животными. Современный годовой пророст фитомассы на Арчединско-Донском песчаном массиве составляет 347,1 тыс. т. При допустимом стравливании 50 % в корма уйдет 174 тыс. т, что позволит получить выход мясной продукции в объеме 15 тыс. т. Для этого на пастбищах необходимо иметь 50 тыс. голов КРС, включая телят. Указанное количество скота дает возможность удерживать достаточную плотность травостоя и предохранять пески от дефляции.

В 20-х гг. прошлого столетия на придонских песках от ст. Казанской до г. Калачна-Дону (460 тыс. га) выпасалось 97 тыс. голов крупного рогатого скота и 60 тыс. овец и коз. В настоящее время количество скота сократилось в 12 раз, овец и коз – в 7 раз, а число лошадей (основа казачьего быта) – с 5 тыс. до 120 голов. В целом скотоводство потеряло товарную форму и ограничилось обеспечением местного населения мясной продукцией. В таких же пропорциях уменьшилось количество скота на Арчединско-Донских песках (таблица 1).

**Таблица 1 – поголовье скота на Арчединско-Донских песках, 1929 и 2011 гг.**

Год	КРС	В т. ч. коров	Овцы и козы	Лошади
1929	45000	12000	30000	2500
2011	3830	1875	4441	85

Увеличение поголовья скота в настоящее время является чрезвычайно сложной задачей. Пески формально разделены на пай и переданы в частное владение, существуют сельскохозяйственные объединения (в прошлом колхозы), имеются крупные землевладельцы. Никто из них в настоящее время не заинтересован в развитии скотоводства. На пай выделено по 30 га бугристых песков, на которых возможно выпасать десяток голов. Индивидуальная пастба может применяться в исключительных случаях. Наиболее приемлемая форма – создание животноводческих товариществ, где 20–30 пайщиков объединяют свои участки для летнего выпаса скота. В зимний период скот содержится в каждом подворье отдельно. В определенной степени такая форма ведения хозяйства осуществляется и сейчас, но в ограниченных масштабах и на участках, прилегающих к населенным пунктам. Мясное животноводство на песчаных землях нуждается в племменной работе, кооперативной реализации продукции, обеспечении водопоями на удаленных участках, что несложно технически выполнить путем создания небольших водоемов (рисунок 1).

Площадь южных черноземов, входящих в комплекс Арчединско-Донских песков, составляет 22 тыс. га. Создание на 18 тыс. га шестипольных почвозащитных севооборотов (четыре поля заняты многолетними травами: люцерна, пырей безкорневищный, житняк, одно поле – бахчевыми культурами и одно поле – суданской травой или озимой рожью) дает возможность получить 25–30 тыс. т кормовой продукции и обеспечить выпасающихся на песках животных кормами в зимний период. Этот же севооборот позволит иметь бахчевое поле на площади 3 тыс. га.

Общая площадь, занятая бахчевыми, превышает 10 тыс. га. В текущем году урожайность составила 10 т/га товарного арбуза, однако реализовать представилась возможность только 60–70 %. Остальной арбуз на площади 3–4 тыс. га остался на поле

(рисунок 2). Требуется коренная перестройка этой отрасли, в том числе и сокращение площадей посевов. При внедрении шестипольных кормовых севооборотов на площади 18 тыс. га арбузы займут 3 тыс. га. При урожайности в 10 т/га объем товарной продукции составит 30 тыс. т. Для реализации продукции целесообразно кооперативное (как и в животноводстве) бахчеводство.



**Рисунок 1 – Искусственный водоем вблизи пос. Угольский**



**Рисунок 2 – Зброшенне арбузне поле, Теркин – Клетско-Почтовський, 2011 г.**

Современное бахчеводство находится на грани экологической катастрофы. Легкие почвы распахиваются сплошными массивами, площадь которых нередко превышает сотни гектаров. Эти территории не имеют полезащитных лесных полос и становятся чрезвычайно уязвимыми для дефляции. Безусловно, при возврате пыльных бурь, таких как в 1969, 1972, 1974, 1985 гг., посевы бахчевых культур и пахотный горизонт будут унесены ветром. Надежной защитой бахчевых являются лесные полосы. Однако их в рассматриваемом регионе мало, и они не представляют собой законченную систему.

Противодефляционную защиту могут выполнить определенные агротехнические приемы, в первую очередь, кулисная распашка, при которой против вредоносных ветров в направлении север-юг пахутся ленты, кулисы шириной 30 м. Оставляются полосы естественного травостоя шириной 5–6 м для защиты посевов. Они необходимы также для проезда транспорта и складирования арбузов. Надежной противодефляционной защитой могут стать двух–трехрядные посевы озимой ржи через 3 м. Они также защитят растения арбузов от свертывания плетей ветром.

Для выполнения лесокультурных работ предложен надежный механизированный способ посадки сосны, названный Донским. Он включает в себя весеннюю посадку без подготовки почвы на слабозаросших и заросших песках типа 2 и 3. Используются машины МПП-1, МЛУ-1 с дерносьемами. Машина по целине снимает дернину шириной 80 см и глубиной 12–15 см и укладывает ее в обе стороны от борозды. В борозде делается щель сошником на глубину 30–35 см, куда высаживается сеянец сосны. Рых-



ление в ряду посадок осуществляется культиватором КПП-2,5, который копирует бороздковый микрорельеф и рыхлит почву по ряду культур. Засоренность культур очень низка, так как семена трав смещаются в сторону от ряда культур дерносьемами. Опытное лесничество Арчединского лесного колледжа в 2011 г., выполнив посадку в борозды, получило приживаемость сосновых культур 70 %.

В лесничествах, созданных на базе лесхозов, введена новая форма организации труда, при которой посадку и уход выполняют сторонние учреждения, не имеющие надлежащего опыта и механизмов. Несмотря на то, что сосна высажена в лесничествах на многих сотнях гектаров, сохранность культур за последние пять лет находится на нулевом уровне.

Лесопользование в настоящее время осуществляется стихийно и в ограниченных размерах. Вместе с тем имеются древостои сосны и, особенно ольхи, которые можно изъять без экологического ущерба. Возраст спелости сосняков для степной зоны оценен в 50–60 лет. Такие культуры можно вырубать и на это место посадить новые. Особенно это относится к ольховым лесам. Они в своем большинстве перестойные, портится древесина. Вместе с тем они находятся в оптимальных условиях водопитания. Для них необходим ускоренный (25–30 лет) оборот рубок.

На необлесенных участках бугристых песков мы предлагаем маячную культуру сосны по саванному типу. Метод испытан на песках в урочище «Лысая гора» (г. Волгоград) и на Камышинских песках. На 1 га высаживались 20–30 деревьев сосны, что имитировало однорядную полосу через 100–150 м. Посадка велась в буровые скважины глубиной 80 см. Нижняя часть скважин была заполнена песком с дополнением местных растительных остатков. Вокруг скважины в радиусе 1,5 м выпалывалась вся растительность. Посадку осуществляли ранней весной. Два человека за один рабочий день могут посадить 80 сеянцев сосны, выполнив посадку на площади 4 га. Для бурения скважин использовался бур Розанова и его модификации. Приствольные круги в год посадки пропалывались 2 раза, в последующие годы культуры оставались без ухода.

Посадку маячной культуры сосны можно механизировать: подготовка почвы под посадку выполняется бульдозером на базе экскаватора ЭО1101 (ИнтерДон). Снимается верхний слой дерна на 10 см. Образуется площадка, лишенная конкурентной растительности, длиной 3 м. В центре ковшом экскаватора копается яма на глубину 60 см, в которую сажается 3 сеянца сосны. Уход за лесными культурами не осуществляется. Конкурентная травянистая растительность отсутствует в течение всего вегетационного периода. Для посадки был использован следующий материал: в первом опыте – стандартный двухлетнего возраста, во втором – четырехлетний самосев сосны с оставленной верхней мутовкой и обрезанными боковыми ветками. В первом случае приживаемость лесных культур составила 63 % и прирост – 12 см, во втором – 67 % и прирост – до 20 см. Это говорит о приоритете в данном конкретном случае местного крупномерного самосевного посадочного материала с обрезкой лишней фитомассы.

Маячная культура сосны будет способствовать аккумуляции горизонтальных осадков (гидрометеоров) в объеме 170–200 л на одно дерево в холодный период, что улучшит их водообеспечение.

На Арчединско-Донских песчаных землях Волгоградской области возможно развитие товарного садоводства и виноградарства в богарных условиях с дополнительным водоснабжением за счет неглубоких грунтовых вод. В перспективе может планироваться сплошное бугристого рельефа, добавление глинистого мелиоранта, сапропеля и органики, создание садооградных лесных полос. Такая мелиорация в сочетании с неглубокими пресными водами сделает садоводство и виноградарство рентабельным.

**Выводы.** Вовлечение в хозяйственный оборот песчаных земель – важнейшая задача, стоящая перед сельским хозяйством региона в связи с возрастающей потребностью населения в продуктах питания. Для успешного развития всех форм хозяйствования

ния на Арчединско-Донских песках в границах Фроловского, Иловлинского и Серафимовичского районов Волгоградской области необходимо:

- запретить применение на песках гербицидов, размещение хранилищ ядохимикатов, строительство крупных животноводческих объектов, очистных сооружений, обустройство карьеров, которые заваливаются мусором, бытовыми и производственными отходами (так как этот брукхт пропускает огромное количество грязной воды, которая вследствие малой величины адсорбируется песком, целиком погружается в подземные воды, вызывая их необратимое загрязнение);

- начать строительство дорог с твердым покрытием: радиальную из пос. Падок на кордон Скоровский и далее на пос. Чернополянский, а также окружной со стороны Донского лесничества, х. Зимовской через Выездинский на Чернополянский и далее – Козиновский, Отрожки и Березняки;

- ознакомить жителей региона с современными способами ведения животноводства, методами выращивания кормовых трав, экономическими возможностями ведения хозяйства и юридическими правами предпринимателей;

- разработать программы оказания финансовой и юридической помощи населению в приобретении механизмов для ведения скотоводства, племенного скота, семян трав, целевой литературы;

- обеспечить хозяйства региона ветеринарной службой.

#### **Список использованных источников**

1 Кулик, А. К. Опреснение и водность р. Кумылги под влиянием песков / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 56. – Ч. 2. – С. 14–19.

2 Проблемы методологии системных исследований / под ред. И. В. Блауберга, В. Н. Садовского, Э. Г. Юдина. – М.: Мысль, 1970. – 544 с.

3 Моделирование динамики геоэкоосистем регионального уровня / П. М. Хомяков, В. Н. Конищев, С. А. Пегов, С. Г. Смолина; под ред. П. М. Хомякова, Д. М. Хомякова. – М.: МГУ, 2000. – 382 с.

4 Концепция социально-экономического развития агропромышленного комплекса Прикаспийского региона. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1990. – 59 с.

5 Полунин, Г. А. Методические рекомендации по определению общего экономического эффекта от использования результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в агропромышленном комплексе / Г. А. Полунин, А. В. Гарист, Р. И. Князева. – М.: РАСХН, 2007. – 12 с.

6 Сычев, В. Г. Методология оценки эколого-экономической эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения / В. Г. Сычев, В. А. Черников, О. А. Соколов. – М.: ВНИИА, 2009. – 148 с.

7 Пат. 2211465 Российская Федерация. Способ оконтуривания территории защитных лесных насаждений по космическим снимкам / Кравцов В. В., Кравцова А. В., Кулик А. К.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т агролесомелиорации. – № 2001107475/28; заявл. 20.03.01; опубл. 27.08.03.

8 Кулик, А. К. Водный режим и баланс влаги песчаных земель Нижнего Дона: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Кулик Алексей Константинович. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – 28 с.

9 Кулик, А. К. Географическое положение, природные условия, типы песков Арчединско-Донского песчаного массива / А. К. Кулик // Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Победы в Сталинградской битве. – 2013. – С. 331–337.

10 Кулик, А. К. Эколого-гидрологическая оценка воздействия сельского и лесного хозяйства на песчаные земли Верхнего Дона / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути

повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. 1(57). – С. 89–94.

11 Кулик, А. К. Влияние песчаных массивов на опреснение и повышение водности рек Донского бассейна / А. К. Кулик // Вестник РАСХН. – 2014. – № 2. – С. 39–42.

12 Кулик, Н. Ф. Водный режим песков аридной зоны / Н. Ф. Кулик. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 277 с.

УДК 631.347

**С. Н. Рыжко, С. В. Ботов, М. С. Органов, Н. В. Рыжко**

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НИЗКОНАПОРНЫХ ДМ «ФРЕГАТ»**

*Приводятся результаты исследований по снижению энергопотребления на подкачивающих насосных станциях путем перевода ДМ «Фрегат» на низконапорный режим работ. Это обеспечивает увеличение числа работающих машин, повышается их суточная выработка и снижается время полива орошаемого участка.*

*Ключевые слова: низконапорные дождевальные машины, насосные агрегаты, дождевание, низконапорный режим работы, экономия энергопотребления.*

В настоящее время дождевальная машина (ДМ) «Фрегат», являющаяся основной в мелиоративном комплексе Саратовской области и нашей страны, имеет значительные преимущества автоматического полива, однако ее энергоемкость остается самой высокой. Напор на входе в машину составляет 0,5–0,7 МПа, на выходе – 0,9–1,2 МПа, на подачу 1 м<sup>3</sup> воды тратится значительное количество электроэнергии – 0,34–0,57 кВт·ч, в то время как при оптимальном режиме работы насосной станции эти значения могут составлять 0,12–0,33 кВт·ч (в зависимости от типа насосного агрегата). При работе закрытой оросительной сети с большими напорами возникают значительные колебания давления (до 1,5–2,1 МПа), которые вызывают гидроудары и порывы [1]. Отказы трубопровода закрытой сети приводят к срыву поливов и потере урожая. Для устранения вышеперечисленных недостатков предлагается перевод ДМ «Фрегат» на низконапорный режим работы.

Известна конструкция низконапорной ДМ «Фрегат», в которой используются гидроцилиндры с увеличенным до 152 мм диаметром гильзы. Такие гидроцилиндры способствуют снижению скорости движения машины, а минимальное время ее оборота увеличивается в 1,72 раза (с 51 до 90 ч) [2]. Минимальная поливная норма повышается с 225 до 387 м<sup>3</sup>/га, что нецелесообразно, особенно при первых весенних поливах.

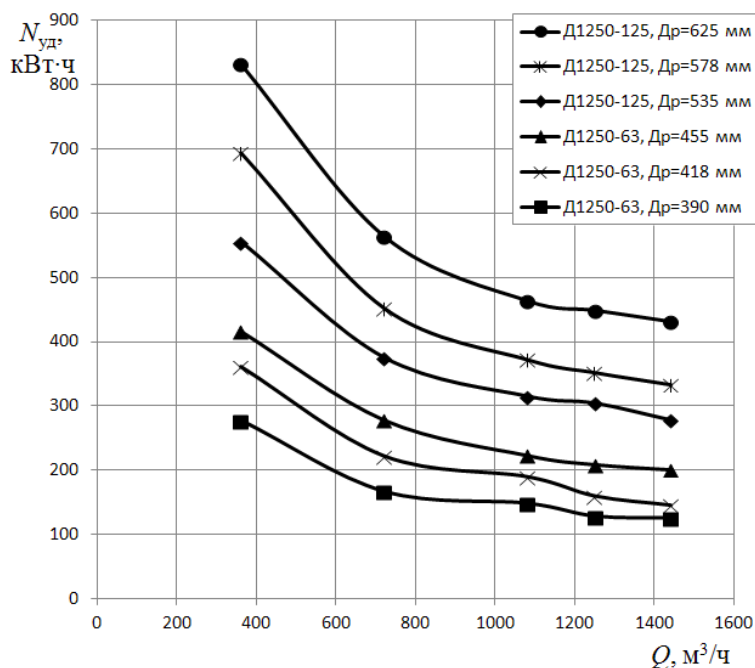
Для перевода ДМ «Фрегат» на низкий напор в ВолжНИИГиМ применяют полиэтиленовый трубопровод, который прокладывается параллельно основному стальному трубопроводу в раскосы и под регуляторами скорости. Он обеспечивает подачу воды на гидроприводы тележек. Крепление полиэтиленовой трубы осуществляется при помощи кронштейнов или хомутов. Запитка гидроприводов от полиэтиленовой трубы и монтаж сливных клапанов производится через седелки. В начале полиэтиленовой трубы устанавливается фильтр тонкой очистки. Основное преимущество низконапорных ДМ «Фрегат» с полиэтиленовым трубопроводом заключается в том, что цикличность гидропривода последней тележки составляет 4,5–5,0 ход/мин, при этом время полива и минимальная поливная норма приближаются к значениям серийной высоконапорной машины.

В ООО «Наше дело» на НС № 2 Энгельсской ОС из 20 ДМ «Фрегат» на площади орошения в 917 га 10 наиболее удаленных машин с большим числом опорных тележек (14–16 шт.) и расходом воды 80–90 л/с переведены на низкий напор (№ 1, 7, 9, 10, 15, 16, 17, 18, 19 и 20). Это позволило увеличить число одновременно работающих машин.

Если до модернизации два насосных агрегата Д1250-125 с мощностью электродвигателя 630 кВт обеспечивали работу только 7–8 высоконапорных ДМ «Фрегат», то после перевода машин на низкий напор одновременный полив проводили уже 10 машин. Максимальный расход воды двух агрегатов увеличился с 630 до 700–720 л/с.

Цикл полива ДМ на орошаемом участке состоит из поочередной работы двух групп машин по 10 шт. Напор на насосной станции составляет 0,8 МПа, на входе машины в зависимости от места ее расположения – 0,4–0,6 МПа. Время полного цикла для полива всего орошаемого участка – 11–12 дней при поливной норме 350 и 450 м<sup>3</sup>/га. За время цикла полива постоянно круглосуточно работают два насосных агрегата и только в конце цикла (1–2 дня) – один агрегат для завершения круга у оставшихся машин, которые имеют различную длину или простаивали по причине устранения неисправностей.

Работающие одновременно 10 машин «Фрегат» позволяют максимально оптимизировать эксплуатацию насосных агрегатов. Если при высоконапорном режиме оптимальной нагрузкой было восемь машин, то при отказе одной и двух машин потребление электроэнергии на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды резко увеличивается с 340 до 380 и 400 кВт·ч (рисунок 1). Подключенные 10 машин, работая при низконапорном режиме, потребляют 350 кВт·ч электроэнергии для подачи 1000 м<sup>3</sup> воды, а при ночном отключении двух машин режим работы насоса остается оптимальным на уровне 340 кВт·ч. После модернизации машин (перехода на низкий напор) насосные агрегаты большую часть времени эксплуатируются в оптимальном режиме.



**Рисунок 1 – Удельная потребляемая мощность на подачу 1000 м<sup>3</sup> воды ( $N_{уд}$ ) для различных типов насосных агрегатов**

Межполивной период при низконапорном режиме работы ДМ «Фрегат» составляет 11–12 дней, а при эксплуатации в высоконапорном режиме для некоторых машин он может составлять 16–18 дней. Работа машин «Фрегат» в низконапорном режиме обеспечит большую кратность поливов за поливной сезон и позволит поддерживать влажность почвы на оптимальном уровне в течение всего вегетационного периода.

Потребление электроэнергии при низконапорном режиме машин «Фрегат» за один цикл полива, занимающий 12 дней (общее время работы насосных агрегатов – 370 ч), составляет 185 тыс. кВт·ч. В случае эксплуатации машины при высоконапорном режиме на один цикл полива необходимо затратить 205 тыс. кВт·ч.

При напоре на выходе насосной станции 0,8МПа снижается давление в закрытой оросительной сети и величина гидроударов при отключении машин «Фрегат». Это минимизирует порывы трубопроводов и повышает надежность работы закрытой оросительной сети.

10 машин «Фрегат», работая при низконапорном режиме, обеспечивают повышение дневной выработки до 75–80 га/сут, производительность за 1 сут увеличивается в 1,25 раза. Повышение производительности позволит снизить интенсивность труда и может обеспечить операторам резервные дни.

Исследования работы ДМ на орошаемом участке при низконапорном режиме показали, что имеются возможности для дальнейшего повышения производительности. Необходимо обеспечить точную настройку всех машин «Фрегат» на требуемый расход воды согласно картам настройки дождевальных насадок, устанавливаемых по учащенной схеме. Для исключения потерь воды от протечек у неработающих машин и поддержания необходимого напора на машинах, близко расположенных к насосной станции, следует установить дисковые затворы или ручные задвижки. Вследствие протечек через гидрозадвижки у неработающих машин образуются лужи у неподвижной опоры, и колеи заполняются водой, что может вызвать буксование тележек. Анализ эксплуатации низконапорных машин «Фрегат» показывает, что за счет правильной последовательности включения требуемых машин существует возможность одновременно завершить полив при различном числе опорных тележек и уменьшить время полива орошаемого участка.

**Выводы.** Перевод ДМ на низконапорный режим работы обеспечивает увеличение числа одновременно работающих машин, повышает расход воды насосной станции, снижает потребление электроэнергии на полив, уменьшает напор на выходе насосной станции и динамические нагрузки на трубопровод закрытой оросительной сети, сокращает время полива орошаемого участка, повышает суточную производительность машин. Все это способствует поддержанию влажности почвы на оптимальном уровне и выращиванию стабильных и высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

#### Список использованных источников

1 Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин / Н. Ф. Рыжко. – Саратов: СГАУ, 2009. – 176 с.

2 Рязанцев, А. И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях / А. И. Рязанцев. – Рязань, 1991. – 131 с.

УДК 631.67

**Н. Е. Волкова, В. И. Ляшевский**

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

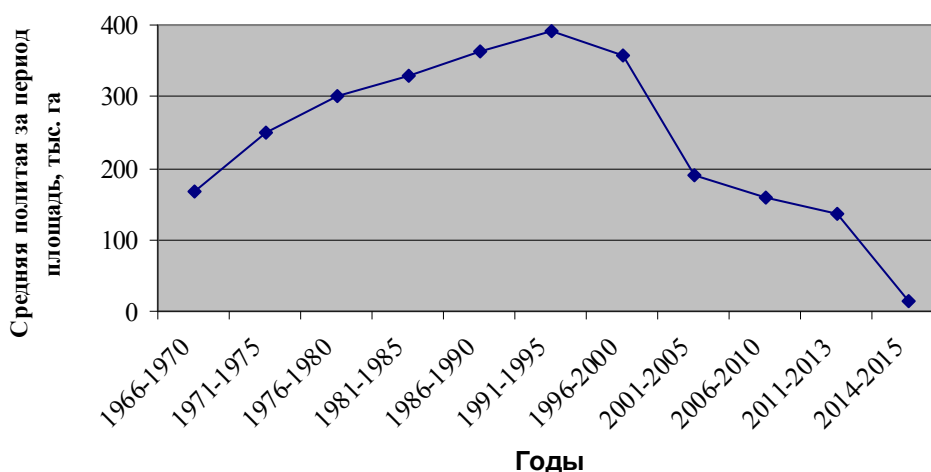
### **ОРОШАЕМОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ КРЫМА: ВОЗМОЖНОСТИ БУДУЩЕГО РАЗВИТИЯ**

*Целью исследований являлось изучение тенденций, существующих в орошаемом земледелии Республики Крым. Выйти из кризисной ситуации, сложившейся в последние два года, можно только четко осознавая причины, которые привели к такому развитию событий, и особенности формирования и развития подотрасли орошаемого земледелия в регионе. Прекращение поставок днепровской воды является последним, но не единственным звеном в цепи событий, следствием которых стало практически полное прекращение ведения орошения на территории республики – из 397 тыс. га орошаемых земель в 2015 г. было полито только 10,4 тыс. га. Это привело к ряду негативных последствий, которые отразились как на экономическом, так и социальном развитии*

Крымского региона, а именно: сокращению рабочих мест, простаиванию земель, дорогостоящей техники и оборудования (дождевальные машины зарубежного производства, системы капельного орошения), сокращению валового сбора сельскохозяйственных культур и др. Улучшение текущей ситуации возможно по двум сценариям. Первый связан с обеспечением Крымского региона внешним водисточником, второй – с рациональным использованием имеющихся водных ресурсов. Оба варианта предполагают изменение общих подходов к организации и осуществлению деятельности не только орошаемого земледелия, но и промышленности, коммунального водоснабжения населения, а также человеческого менталитета. Для общей стабилизации необходимо отбросить потребительское отношение к природным ресурсам и искать точку равновесия между устойчивым социально-экономическим развитием региона и экологическим состоянием водных ресурсов.

*Ключевые слова:* орошаемое земледелие, дефицит водных ресурсов, дождевание, капельное орошение, водисточник, рациональное водопользование.

Одно из первых упоминаний об оросительных системах в Крыму датируется VI в. до н. э. и связано с ведением орошаемого садоводства и виноградарства в Херсонесе. Источником воды для этих целей была р. Черная [1]. Начало бурного развития орошаемого земледелия на Крымском полуострове отождествляют с приходом днепровской воды в регион по системе Северо-Крымского канала. Так, в 1965 г. произошел резкий скачок площади политых земель с 18,8 тыс. га в 1964 г. до 98,2 тыс. га. То есть фактически произошло увеличение в 5,2 раза. На рисунке 1 приведена динамика изменения средней величины политой площади орошаемых земель по периодам в Крыму [2–4].



**Рисунок 1 – Средняя политая площадь орошаемых земель в Крыму по периодам (с 1966 по 2015 г.)**

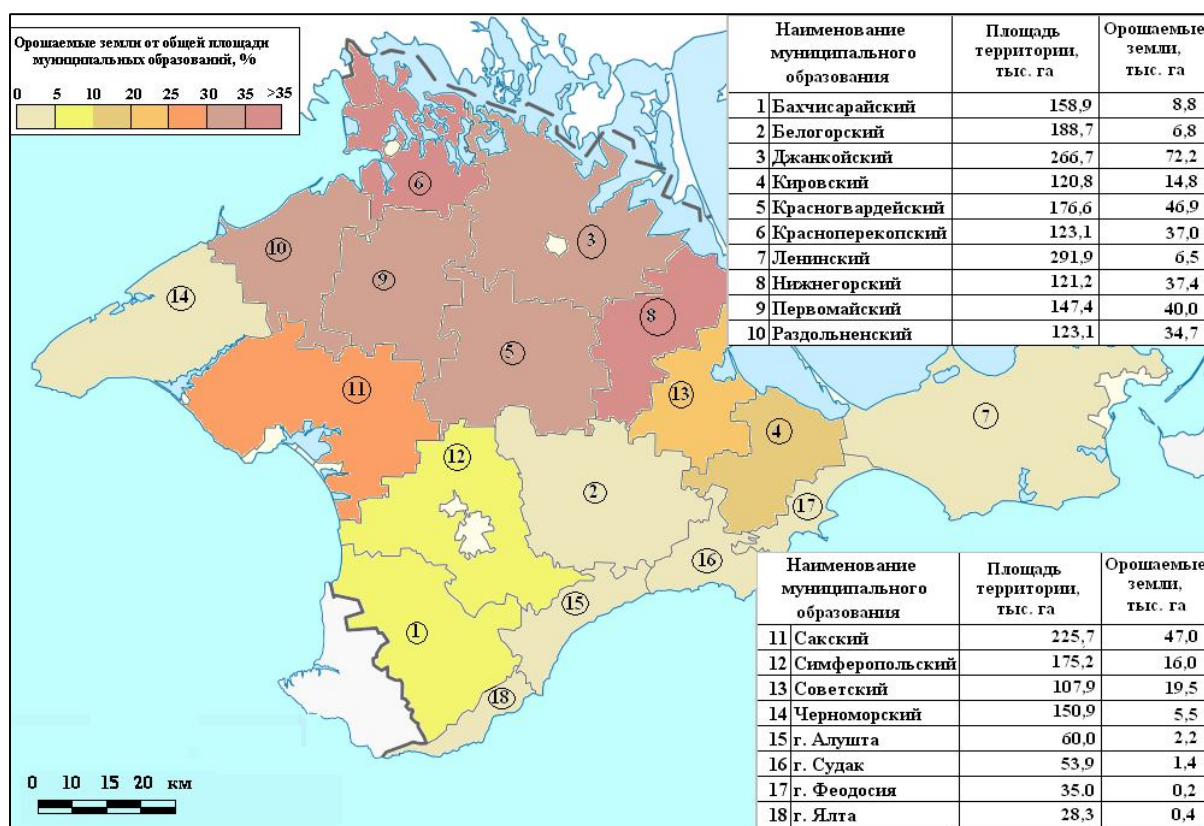
Как видно из рисунка 1, своего пика орошаемое земледелие достигло в период с 1986 по 2000 г., затем начался резкий спад (2001–2005 гг.), основной причиной которого был распад СССР в 1991 г. Вследствие произошедших событий на эксплуатацию мелиоративных систем практически перестали выделяться ассигнования. Это, в свою очередь, привело к тому, что на мелиоративных системах не проводились своевременные текущие и капитальные ремонты, а насосно-силовое оборудование, средства полива, запорно-регулирующая арматура с течением времени существенно изнашивались.

Постепенно негативное влияние данных факторов накапливалось. В результате реформирования коллективных сельскохозяйственных предприятий на основе частной собственности на землю и имущество путем обеспечения всем членам колхозов и совхозов права свободного выхода из этих предприятий с земельными участками (паями) и имущественными паями, которое было проведено согласно Приказу Президента Украины [5], произошло резкое сокращение площади политых земель на территории Крыма.



Следующий скачок снижения площади политых земель вследствие прекращения Украиной подачи воды в Крым по Северо-Крымскому каналу произошел в 2014 г. и стал критической точкой для орошаемого земледелия. Если до этого периода водохозяйственный комплекс обеспечивал нужды народного хозяйства на 80 % за счет днепровской воды, подаваемой по Северо-Крымскому каналу, на 10 % – за счет поверхностных местных водных объектов и на 10 % – за счет подземных вод, то в 2014 г. пришлось все потребности в воде покрывать из местного стока. Это, в свою очередь, привело к тому, что для основного потребителя воды Северо-Крымского канала – орошаемого земледелия – данного ресурса почти не осталось. В итоге политые площади в сравнении с 2013 г. сократились в 7,8 раза и составили в 2014 г. 17,3 тыс. га, а в 2015 г. – 10,4 тыс. га.

Согласно проектным данным общая площадь орошаемых земель в Республике Крым составляет 397,2 тыс. га. На рисунке 2 наглядно можно увидеть, что основная площадь проектных орошаемых земель приходится на степную зону Крымского полуострова – Джанкойский, Красногвардейский, Красноперекопский, Нижнегорский, Первомайский и Раздольненский районы.



**Рисунок 2 – Орошаемые земли Республики Крым по муниципальным образованиям**

Основным источником воды для целей орошения на данных территориях была днепровская вода, подаваемая по системе Северо-Крымского канала. В таблицах 1, 2 приведены итоги поливных сезонов 2013, 2015 гг. соответственно [4].

Из таблиц 1 и 2 видно, что если в 2013 г. поливалось в среднем около 30–40 % орошаемых земель степной зоны Крымского региона, то в 2015 г. этот процент значительно снизился и составил 0–4 %. Основные площади поливаемых земель расположены в Бахчисарайском, Белогорском, Симферопольском муниципальных районах и на территории сельскохозяйственных зон городских округов Алушта, Судак, Ялта – там, где сосредоточены местные источники воды (рисунок 3).

Таблица 1 – Сводные итоги поливного сезона 2013 г.

В тыс. га

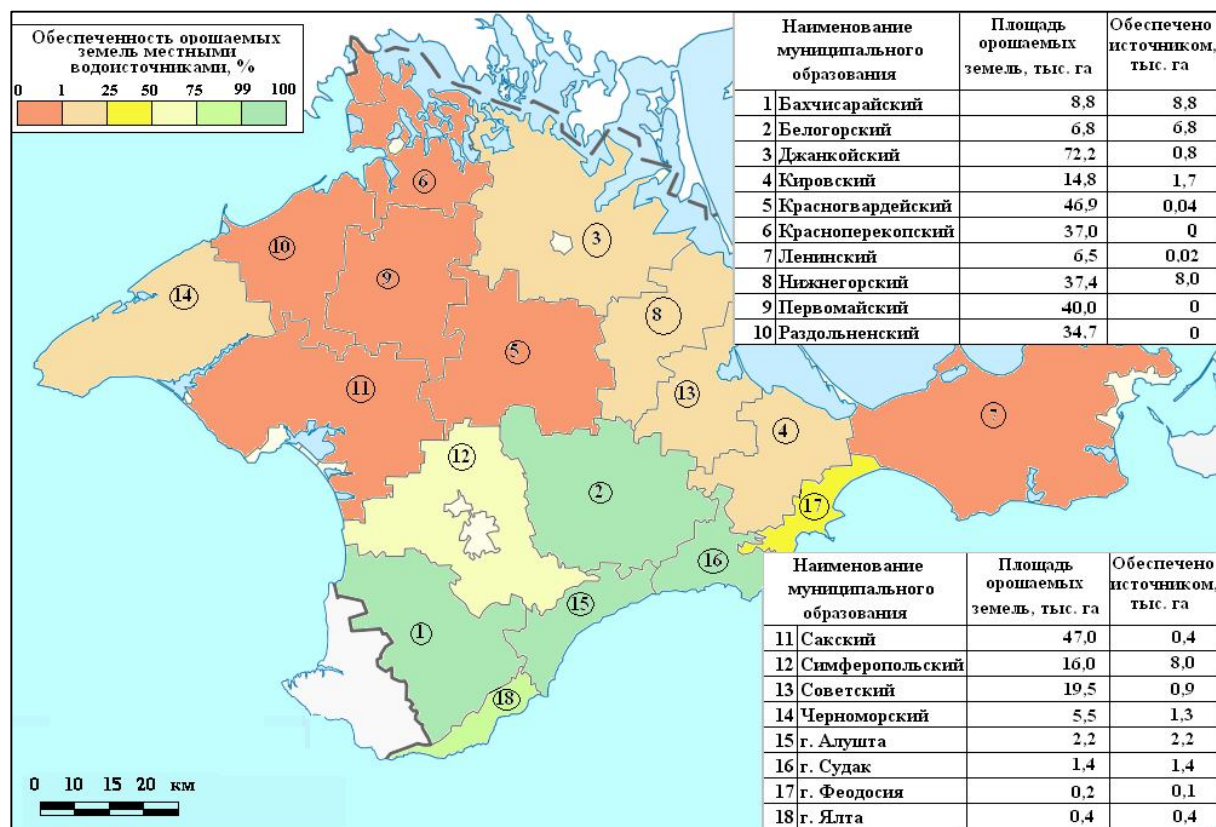
Наименование муниципального подразделения	Полиито				
	дождева- нием	по бороз- дам	затопле- нием	капельным орошением	всего
Бахчисарайский район	0,00	2,40	0,00	1,71	4,11
Белогорский район	0,00	1,59	0,00	0,03	1,62
Джанкойский район	18,62	15,83	0,89	0,97	36,31
Кировский район	1,64	0,19	0,00	0,94	2,77
Красногвардейский район	13,67	0,73	0,00	2,73	17,13
Красноперекопский район	5,80	1,10	7,50	0,37	14,77
Ленинский район	1,27	0,00	0,00	0,00	1,27
Нижегорский район	4,76	0,96	1,50	0,52	7,74
Первомайский район	9,03	0,71	0,00	0,58	10,32
Раздольненский район	8,56	0,06	3,42	0,61	12,65
Сакский район	9,67	1,90	0,00	2,62	14,19
Симферопольский район	4,50	1,42	0,00	0,90	6,82
Советский район	1,93	0,38	0,65	0,20	3,16
Черноморский район	0,77	0,00	0,00	0,00	0,77
Городской округ Алушта	0,00	1,17	0,00	0,27	1,44
Городской округ Судак	0,00	0,40	0,00	0,41	0,81
Городской округ Феодосия	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Городской округ Ялта	0,00	0,25	0,00	0,01	0,26
Итого по региону	80,22	29,09	13,96	12,87	136,14

Таблица 2 – Сводные итоги поливного сезона 2015 г.

В тыс. га

Наименование муниципального образования	Полиито			
	дождеванием	по бороздам	капельным орошением	всего
Бахчисарайский район	0,00	1,12	2,03	3,15
Белогорский район	0,00	0,62	0,08	0,70
Джанкойский район	0,00	0,10	0,08	0,18
Кировский район	0,00	0,00	0,06	0,06
Красногвардейский район	0,67	0,00	0,39	1,06
Красноперекопский район	0,00	0,00	0,00	0,00
Ленинский район	0,00	0,00	0,00	0,00
Нижегорский район	0,16	0,80	0,51	1,47
Первомайский район	0,00	0,00	0,00	0,00
Раздольненский район	0,00	0,00	0,00	0,00
Сакский район	0,07	0,00	0,07	0,14
Симферопольский район	0,71	0,32	0,49	1,52
Советский район	0,00	0,00	0,00	0,00
Черноморский район	0,00	0,00	0,00	0,00
Городской округ Алушта	0,00	1,16	0,27	1,43
Городской округ Судак	0,00	0,37	0,21	0,58
Городской округ Феодосия	0,00	0,00	0,00	0,00
Городской округ Ялта	0,00	0,09	0,00	0,09
Итого по региону	1,61	4,58	4,19	10,38





**Рисунок 3 – Площади орошаемых земель, привязанных к местному стоку, согласно результатам инвентаризации источников орошения, проведенной в 2014 г.**

Сформировавшаяся тенденция к сокращению площади политых земель в степной зоне Республики Крым сильно отразилась на использовании дождевания как способа полива сельскохозяйственных культур, поскольку значительная часть существующей дождевальной техники закреплена за хозяйствами данной территории. В результате произошло существенное изменение соотношения долей основных для Крыма способов полива в структуре орошаемых земель (рисунок 4) [4].



**Рисунок 4 – Распределение политых земель по способам полива**

Наибольшего упадка за последние 25 лет полив дождеванием достиг в 2015 г. Данным способом было полито 1616 га, из 1298 единиц техники работало 24, причем из них только 4 машины современного образца (обновление парка дождевальной техники началось с 2001 г., за период 13 лет было приобретено около 200 машин). Данные негативные тенденции отразились также и на капельном орошении (способе полива, который считают самым водосберегающим). В таблице 3 приведена информация по использованию систем капельного орошения в 2013, 2015 гг.

**Таблица 3 – Использование систем капельного орошения**

Наименование муниципального образования	2013 г.			2015 г.		
	наличие сис- тем капельного орошения, га	из них полито		наличие сис- тем капельного орошения, га	из них полито	
		га	%		га	%
Бахчисарайский район	1967,6	1714	87	2027,0	2027	100
Белогорский район	32,0	32	100	78,0	78	100
Джанкойский район	966,0	966	100	76,0	76	100
Кировский район	1481,0	938	63	1296,2	58	4
Красногвардейский район	3084,4	2732	89	2421,4	394	16
Красноперекопский район	366,6	367	100	0,0	0	0
Ленинский район	20,5	0	0	7,5	0	0
Нижнегорский район	523,0	520	99	575,3	509	88
Первомайский район	585,2	585	100	94,6	0	0
Раздольненский район	614,0	614	100	0,0	0	0
Сакский район	2624,0	2824	108	1449,0	67	5
Симферопольский	898,0	898	100	709,0	486	69
Советский район	239,0	198	83	23,0	0	0
Черноморский район	0,0	0	0	0,0	0	0
г. Алушта	270,0	270	100	270,0	270	100
г. Судак	490,0	410	84	323,0	209	65
г. Феодосия	328,0	0	0	328,0	0	0
г. Ялта	10,0	10	100	10,0	0	0
Итого по региону	14499,3	13078	90	9688,0	4174	43

Анализ таблицы 3 показывает, что и для капельного орошения в последние годы характерно значительное, если сравнивать с общей площадью данных систем, сокращение политых земель. Так, в 2013 г. было полито около 90 % площадей с системами капельного орошения, а в 2015 г. – 43 %.

Стабилизация сложившейся ситуации и увеличение площади политых земель возможны как за счет рационального использования местных водных ресурсов, сбросных, коллекторно-дренажных и очищенных сточных вод, так и обеспечения региона внешним водоисточником. При этом следует учитывать необходимость соблюдения нормированного водопотребления отраслями экономики и предпочтения при возделывании с использованием орошения отдельных групп сельскохозяйственных культур, дающих наибольший эффект при орошении и приоритетных для Крыма.

Таким образом, при разработке перечня мероприятий, направленных на улучшение текущей ситуации в орошаемом земледелии, необходимо учитывать следующие причины и особенности его формирования и развития:

- значительное сокращение площади орошаемых земель по причине усиления дефицита водных ресурсов;
- простаивание дорогостоящей современной дождевальной техники и оборудования;
- ухудшение технического состояния оросительных сетей, сооружений и оборудования на них;
- значительное сокращение земель, политых дождеванием, по бороздам, капельным орошением, в том числе и на территориях, обеспеченных водоисточниками.

При разработке сценариев повышения водообеспеченности отраслей экономики (в том числе и орошаемого земледелия) Республики Крым необходимо отбросить потребительское отношение к природным ресурсам и искать точку равновесия между

стабильным социально-экономическим развитием региона и экологическим состоянием водных ресурсов.

#### Список использованных источников

1 Водное хозяйство Крыма: история развития, современное состояние / Республиканский комитет по водному хозяйству Автономной Республики Крым. – Симферополь: Доля, 2003. – 78 с.

2 Годовой отчет по технической эксплуатации оросительных систем Крыма за 2014 год / Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым. – Симферополь, 2014. – 105 с.

3 Орошаемое земледелие и водное хозяйство Крымской АССР / Управление мелиорации и водного хозяйства Крымской АССР. – Симферополь, 1991. – 256 с.

4 Звіт з технічної експлуатації зрошувальних систем Криму у 2013 р. / Держводагенство України. – Сімферополь, 2013. – 114 с.

5 Про невідкладні заходи щодо прискорення реформування аграрного сектора економіки: Указ президента України від 3 грудня 1999 № 1529/99 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/U1529\\_99.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/U1529_99.html), 2016.

УДК 633.2

**С. Ю. Турко, Г. А. Сурхаев**

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

#### **ПРОДУКТИВНОСТЬ ОПЫТНЫХ ПОСЕВОВ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПАСТБИЩ АРИДНОЙ ЗОНЫ (АЧИКУЛАКСКАЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ)**

*Цель исследований – изучение биоэкологии и урожайности многолетних трав Ставропольской селекции, которые прошли первичную интродукцию в поликомпонентных посевах, являются устойчивыми в новых экологических условиях. Проведен мониторинг продуктивности опытных посевов кормовых растений для улучшения пастбищ аридной зоны. Результат исследований – проведение отбора и испытание кормовых растений и способов их культивирования на песках сухой степи и полупустыни. Получены новые данные по биоэкологии и урожайности кормовых видов с учетом почвенно-климатической неоднородности территории, а также выявлены наиболее перспективные виды и сорта кормовых растений.*

*Ключевые слова: кормовые растения, поликомпонентные посева, деградация пастбищ, фитомелиорация, фитомасса, рост и развитие, аридная зона.*

**Введение.** Актуальность восстановления и повышения природно-ресурсного потенциала малопродуктивных земель ежегодно возрастает в связи с увеличением антропогенной нагрузки на пастбища, деградацией растительного покрова, нарушением сезонности использования [1–3].

Природные пастбищные экосистемы аридных регионов России характеризуются бедным видовым составом, низкой продуктивностью с резкими колебаниями по годам и сезонам. Бессистемное использование пастбищ с ранней весны до поздней осени приводит к изреживанию растительности, выпадению из травостоя ценных кормовых трав, а также интенсивной деградации угодий и уменьшению продуктивности. Нерациональная эксплуатация пастбищных угодий способствует их полной деградации, создает угрозу для кормопроизводства, основу которого составляют пастбища и луга, дающие дешевые корма.

Для эффективного и рационального использования деградированных пастбищ

необходимо широкое применение фитомелиорации территорий, предусматривающей создание посевов высокопродуктивных кормовых трав.

Биоклиматический потенциал перспективных видов и сортов кормовых злаковых трав Ставропольской селекции, обладающих высокой кормовой ценностью и питательностью, дает возможность широко использовать их при фитомелиорации деградированных угодий в регионах с засушливым климатом. Внедрение устойчивых и продуктивных растений позволит повысить урожайность и сконструировать долговечные агроценозы [4–6].

**Материалы и методы.** Объектами исследований являлись наиболее продуктивные фитомелиоранты – многолетние травы Ставропольской селекции, мелкоделяночные опыты с ними ставились на Ачикулакской опытной станции (6–17-летние монокомпонентные посевы на песках Восточного Предкавказья). Закладка опытов и наблюдения за развитием и продуктивностью проводились согласно общепринятым методикам [7, 8].

**Результаты и обсуждение.** Фитомелиорация, способствующая целесообразному использованию пастбищных угодий, предполагает посев высокопродуктивных кормовых трав, в том числе селекционно улучшенных [9].

На Ачикулакской научно-исследовательской лесной опытной станции (НИЛОС) (с. Ачикулак, Нефтекумский район Ставропольского края) проводилась биоэкологическая оценка 6–17-летних монопородных посевов трав Ставропольской селекции. По ее результатам установлены хорошая сохранность этих трав и высокая продуктивность, уровень которой составляет 24–54 ц/га, что в 2–5 раз выше контроля. На среднегумусированных почвах преимущественными являются широкорядные посевы через 45 см. Причем многовозрастные (14–17 лет) посевы по биоэкологическим характеристикам не уступают 6-летним, поэтому могут быть использованы для расширения ассортимента трав-мелиорантов с целью восстановления деградированных пастбищ.

Для обеспечения животных зеленым кормом большое значение имеет накопление фитомассы в летний период, когда начинается ощущаться дефицит кормовых средств из-за выгорания степной растительности.

На Ачикулакской НИЛОС были проведены наблюдения в весенне-летний период за ростом и развитием многолетних трав в зависимости от способа посева (таблица 1).

**Таблица 1 – Динамика роста многолетних трав в зависимости от способа посева (интродукционный питомник), 2015 г.**

Вид и сорт растений	Способ посева	Возраст, лет	Высота растений, см	
			весна	лето
1	2	3	4	5
Кострец безостый сорта Ставропольский-35	Сплошной	15	42,7	72,2
Кострец безостый сорта Вегур	Сплошной	13	38,5	90,4
Пырей удлиненный сорта Солончаковый	Сплошной	13	50,5	90,7
	Ширококорядный – 45 см		50,5	109,3
	Ширококорядный – 70 см		51,8	112,0
Житняк сибирский сорта Новатор	Сплошной	13	31,0	62,8
	Ширококорядный – 45 см		44,0	69,4
	Ширококорядный – 70 см		38,0	77,0
Пырей удлиненный сорта Ставропольский 10	Сплошной	14	44,8	95,9
	Ширококорядный – 45 см		44,8	98,0
	Ширококорядный – 70 см		46,8	97,0
Пырей средний сорта Ставропольский 1	Сплошной	13	35,0	90,4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Житняк гребенчатый	Сплошной	15	38,2	79,0
Житняк гребенчатый сорта Викрав	Сплошной	5	39,6	95,9
	Ширококорядный – 45 см		42,6	98,0
	Ширококорядный – 70 см		44,5	97,0

В весенний период лучшее развитие и более высокий рост наблюдали у пырея удлиненного сорта Ставропольский 10 (44,8–46,8 см) и пырея удлиненного сорта Солончаковый (50,5–51,8 см). Житняк гребенчатый сорта Викрав достиг высоты 40–44 см, житняк сибирский сорта Новатор – 31–44 см, пырей средний сорта Ставропольский 1 – 35 см при сплошном способе посева.

В летний период наибольшую высоту и лучшее развитие отмечали у растений пырея удлиненного сорта Солончаковый (109–112 см) при ширококорядном способе посева, пырей удлиненный сорта Ставропольский 10 и житняк гребенчатый сорта Викрав имели высоту 97–98 см при этом способе посева. Биоэкология с учетом селекционного отбора позволяет травам максимально полно использовать почвенную влагу.

Оценка продуктивности видов проводилась в весенне-летний период. Весной урожайность многовозрастных посевов костреца безостого сортов Ставропольский-35 и Вегур, житняка сибирского сорта Новатор, пырея среднего сорта Ставропольский 1 составляла 15–27 ц/га, а житняка гребенчатого сорта Викрав, пырея удлиненного сорта Ставропольский 10 и пырея сорта Солончаковый – 42–49 ц/га.

В летний период наибольшая кормовая продуктивность была получена при ширококорядных посевах пырея удлиненного сорта Ставропольский 10 (56,0–58,6 ц/га) и пырея удлиненного сорта Солончаковый (56,0–68,0 ц/га). В остальных вариантах посевов кормовая продуктивность варьировалась от 12 до 33 ц/га. Биометрические показатели многолетних трав в зависимости от способа посева в летний период представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Биометрические показатели растений в зависимости от способа посева (интродукционный питомник), лето 2015 г.**

Вид и сорт растений	Способ посева	Высота, см	Фитомасса, ц/га	Количество вегетативных побегов, м <sup>2</sup>	Генеративный показатель			
					количество генеративных побегов, м <sup>2</sup>	длина колоса, см	количество семян в колосе, шт.	масса семян, ц/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пырей удлиненный сорта Ставропольский 10	Ширококорядный – 45 см	114	56,0	344	88	13	13	2,0
	Ширококорядный – 70 см	115	58,6	263	886	20	15	2,2
	Сплошной	112	35,0	940	235	22	21	4,7
Пырей удлиненный сорта Солончаковый	Ширококорядный – 45 см	115	68,0	910	240	12	10	4,8
	Ширококорядный – 70 см	125	56,0	754	105	17	14	2,3
	Сплошной	110	41,1	905	214	9	18	3,5

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Житняк сибирский сорта Новатор	Ширококорядный – 45 см	107	12,0	110	375	6	25	4,5
	Ширококорядный – 70 см	105	20,2	1392	348	7	25	4,8
	Сплошной	75	22,6	200	125	12	35	1,1
Житняк гребенчатый сорта Викрав	Ширококорядный – 45 см	97	12,3	585	185	6	30	4,8
	Ширококорядный – 70 см	105	17,2	405	148	6	32	4,3
	Сплошной	90	21,0	124	69	6	18	1,9
Пырей удлиненный сорта Ставропольский 1	Сплошной	85	30,0	213	175	10	12	0,8
Житняк гребенчатый	Сплошной	71	33,0	890	467	6	23	3,7

Выявлено, что пырей удлиненный сортов Ставропольский 10 и Солончаковский по сравнению с житняками имеет лучшие показатели роста, а также фитомассы. Урожайность кормовой массы растений пырея удлиненного сорта Ставропольский 10 составила в среднем 58,0 ц/га сухой массы, пырея удлиненного сорта Солончаковский – в среднем 64,4 ц/га, житняка гребенчатого – 33,0 ц/га, житняка сибирского сорта Новатор – 22,6 ц/га, житняка гребенчатого сорта Викрав – 18,0 ц/га. Хорошую семенную продуктивность имеют пыреи и житняки, но сплошные посеы у житняков уступают в два раза ширококорядным посевам.

Установлено, что максимальная урожайность кормовой массы получена у пырея удлиненного сорта Солончаковский в зависимости от способа посева (в пределах от 411 до 680 г/м<sup>2</sup>) и пырея удлиненного сорта Ставропольский 10 (от 350 г до 560 г/м<sup>2</sup>), тип распределения фитомассы в аэротопе – приземистый. Фитомасса у кострецов безостых составляет 190 г/м<sup>2</sup>, распределяется она в аэротопе по приземистому типу, а у житняков – 120–220 г/м<sup>2</sup>, тип ее распределения в аэротопе пастбищных фитоценозов – центральный. У всех испытываемых видов большое количество кормовой массы получено при ширококорядных посевах, а фитомасса многолетних трав имеет хорошее уплотнение в аэротопе и равномерное заполнение ее по всей высоте растений.

В весенний период многолетние травы хорошо развивались, их фитомасса формировалась в зависимости от способа посева (таблица 3). Самые высокие показатели развития и формирования фитомассы (153–225 г/куст) отмечены у пырея удлиненного сорта Солончаковский. Растения пырея удлиненного сорта Ставропольский 10 имели фитомассу в среднем 40–56 г/куст в зависимости от способа посева. У житняка сибирского сорта Новатор фитомасса находилась в среднем в пределах 10–38 г/куст, преимущество здесь также имеют ширококорядные посеы.

Данные таблицы 3 показывают, что 14-летние травы имеют хорошее развитие и фитомассу. Но самое лучшее развитие и формирование фитомассы наблюдаются у пырея удлиненного сортов Ставропольский 10 и Солончаковский, особенно в ширококорядных посевах. Далее по этим показателям следуют житняки с массой 55–70 г/куст, и отстают пырей средний сорта Ставропольский 1 и житняк гребенчатый с массой 22–24 г/куст.

Полученные данные свидетельствуют о том, что индивидуальное развитие у многолетних трав в летний период было хорошее. Степень развитости у пыреев намного выше, чем у житняков. Выделяются растения пырея удлиненного сорта Солончаковский, при хорошем развитии они накапливают 130–310 г/куст, при слабом – 115–176 г/куст в зависимости от способа посева. Далее по накоплению фитомассы следует пырей удли-

ненный сорта Ставропольский 10, при хорошем развитии его фитомасса составила 160–220 г/куст, при слабом – 100–120 г/куст в зависимости от способа посева. У житняка гребенчатого сорта Викрав при хорошем развитии показатели фитомассы находились в пределах 55–70 г/куст, при слабом – 20–30 г/куст в зависимости от способа посева.

**Таблица 3 – Формирование фитомассы многолетних трав в зависимости от способа посева (интродукционный питомник), 2015 г.**

Вид и сорт растений	Способ посева	Период наблюдений	Фитомасса, г/куст		
			крупный	средний	мелкий
Пырей удлиненный сорта Ставропольский 10	Сплошной	Весна	70	35	25
		Лето	160	140	100
	Ширококорядный – 45 см	Весна	80	30	35
		Лето	120	100	80
	Ширококорядный – 70 см	Весна	85	55	30
		Лето	220	110	100
Пырей удлиненный сорта Солончаковый	Сплошной	Весна	270	170	80
		Лето	90	70	40
	Ширококорядный – 45 см	Весна	200	155	105
		Лето	230	90	50
	Ширококорядный – 70 см	Весна	300	270	105
		Лето	220	120	55
Житняк сибирский сорта Новатор	Сплошной	Весна	15	10	7
		Лето	20	15	12
	Ширококорядный – 45 см	Весна	50	35	30
		Лето	60	55	45
	Ширококорядный – 70 см	Весна	34	30	15
		Лето	80	70	55
Житняк гребенчатый сорта Викрав	Сплошной	Весна	20	15	5
		Лето	55	40	30
	Ширококорядный – 45 см	Весна	30	20	10
		Лето	57	30	20
	Ширококорядный – 70 см	Весна	40	30	15
		Лето	70	40	30
Пырей удлиненный сорта Ставропольский 1	Сплошной	Весна	65	45	45
		Лето	30	25	12
Житняк гребенчатый	Сплошной	Весна	70	45	
		Лето	30	25	20

Во всех вариантах преимущество имеют ширококорядные посева. У житняка сибирского сорта Новатор при хорошем развитии фитомасса составила 40–80 г/куст, при слабом – 20–40 г/куст, здесь ширококорядные посева также показали лучшие результаты.

Изучение особенностей накопления фитомассы на светло-каштановых супесчаных почвах показало их пластичность. Так, в апреле (в период активного роста и кущения) они характеризуются приземным типом заполнения аэрозопа. Затем (в период образования колоса) они формируют бипиковый тип, который не отмечается у аборигенных растений, не имеющих селекционного отбора. Поэтому высокая продуктивность изучаемых многолетних трав вполне объяснима. Также возможно прогнозирование их хорошей совместимости с естественными фитоценозами на деградированных пастбищах, на которых преобладает приземный тип заполнения фитомассы.

Для наиболее урожайных образцов были составлены агротехнические паспорта (таблица 4).

**Таблица 4 – Агротехнический паспорт многолетних трав Ставропольской селекции, Ачикулакская НИЛЮС**

Вид и сорт растений	Способ посева	Показатель								
		Высота, см	Веgetация, дни	Фитомасса, г/куст	Урожайность семян		Масса 1000 семян, г	К. е. в 1 кг корма	Сырой протеин, %	Клетчатка, %
					г/куст	ц/га				
Житняк гребенчатый сорта Викрав	Сплошной	61,2	225	1,0	1,00	1,2	5,5	0,39	6,78	38,7
	Широкорядный – 45 см	61,5	225	1,3	1,30	1,8	6,0	0,39	6,78	38,7
	Широкорядный – 70 см	71,6	225	1,5	1,50	2,3	6,3	0,39	6,78	38,7
Житняк сибирийский сорта Новатор	Сплошной	62,8	230	1,0	0,50	0,8	5,3	0,37	6,75	39,9
	Широкорядный – 45 см	69,4	230	3,2	0,60	1,4	5,8	0,37	6,75	39,9
	Широкорядный – 70 см	77,0	230	3,5	0,70	1,7	5,9	0,37	6,75	39,9
Пырей удлиненный сорта Солончаковый	Сплошной	90,7	225	35,0	0,35	1,8	9,0	0,31	7,25	41,3
	Широкорядный – 45 см	109,3	225	45,0	0,47	2,2	9,1	0,31	7,25	41,3
	Широкорядный – 70 см	112,0	225	61,0	0,65	2,4	9,6	0,31	7,25	41,3
Пырей удлиненный сорта Ставропольский 10	Сплошной	95,9	275	46,0	3,90	1,6	8,4	0,34	14,10	35,7
	Широкорядный – 45 см	96,0	275	59,0	5,80	1,9	8,5	0,34	14,10	35,7
	Широкорядный – 70 см	98,0	275	106,0	6,80	2,1	8,7	0,34	14,10	35,7
Пырей средний сорта Ставропольский 1	Сплошной	70,0	273	233,0	1,00	0,8	11,2	0,30	11,30	39,7
Житняк гребенчатый	Сплошной	92,0	225	25,0	2,50	3,7	8,9	0,39	6,80	39,9



В агротехнических паспортах отражены особенности развития и хозяйственно ценные показатели: продолжительность вегетации в среднем составляет 225 дней.

Многолетние травы имеют высокую семенную продуктивность (особенно при широкорядных посевах): житняк гребенчатый сорта Викрав – 1,8–2,3 ц/га (масса 1000 семян – 6,0–6,3 г), житняк сибирский сорта Новатор – 1,4–1,7 ц/га (масса 1000 семян – 5,8–5,9 г), пырей удлиненный сорта Солончаковый – 1,4–1,7 ц/га (масса 1000 семян – 9,1–9,6 г), пырей удлиненного сорта Ставропольский 10 – 1,9–2,1 ц/га (масса 1000 семян – 8,5–8,7 г), пырей средний сорта Ставропольский 1 (сплошной посев) – 0,3 ц/га (масса 1000 семян – 11,3 г), житняк гребенчатый (сплошной посев) – 0,4 ц/га (масса 1000 семян – 6,8 г).

**Выводы.** Исследования по оценке и внедрению новых видов и сортов кормовых растений позволили выявить лучшие для региона высокопродуктивные многолетние травы Ставропольской селекции.

Установлена их хорошая сохранность и продуктивность на уровне 24–54 ц/га, что 2–5 раз выше контроля. Преимущество на среднегумусированных почвах имеют широкорядные посевы через 45 см. Причем многовозрастные (14–17 лет) посевы по биоэкологическим характеристикам не уступают 6-летним, поэтому могут использоваться для расширения ассортимента трав-мелиорантов с целью восстановления деградированных пастбищ.

Выявлено, что 14-летние травы имеют хорошее развитие и фитомассу. Лучшее развитие и формирование фитомассы наблюдаются у растений пырея удлиненного сортов Ставропольский 10 и Солончаковый при широкорядных посевах. Далее по этим показателям следуют житняки с массой 55–70 г/куст, отстают пырей средний сорта Ставропольский 1 и житняк гребенчатый с массой 22–24 г/куст.

Полученные данные свидетельствуют о том, что индивидуальное развитие у многолетних трав в летний период было хорошее. Степень развитости у пыреев намного выше, чем у житняков. Выделяются растения пырея удлиненного сорта Солончаковый, которые при хорошем развитии накапливают 130–310 г/куст, при слабом – 115–176 г/куст в зависимости от способа посева. Далее по накоплению фитомассы следует пырей удлиненный сорта Ставропольский 10, при хорошем развитии его фитомасса составила 160–220 г/куст, при слабом – 100–120 г/куст в зависимости от способа посева. У житняка гребенчатого сорта Викрав при хорошем развитии показатели фитомассы находились в пределах 55–70 г/куст, при слабом – 20–30 г/куст в зависимости от способа посева.

Во всех вариантах преимущество имеют широкорядные посевы. У житняка сибирского сорта Новатор при хорошем развитии фитомасса составила 40–80 г/куст, при слабом – 20–40 г/куст, здесь широкорядные посевы также показали лучшие результаты. Выявлена последовательность прохождения фаз вегетации: житняк → кострецы → пырей, что важно учитывать при формировании зеленого конвейера.

Учет высокого биоклиматического потенциала и особенностей формирования аэротопа перспективных кормовых растений позволит использовать их при фитомелиорации деградированных угодий.

Полученные материалы могут применяться при создании современных технологий восстановления и улучшения деградированных пастбищ аридной зоны. Обогащение и реконструкция кормовых угодий Северо-Западного Прикаспия способствуют улучшению их продуктивности, устойчивости и долговечности.

#### **Список использованных источников**

1 Турко С. Ю. Фитомелиорация деградированных угодий на основе технологии выращивания перспективных видов кормовых растений / С. Ю. Турко / Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 1(57). – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – С. 68–72.

2 Воронина, В. П. Оценка кормовых ресурсов аридных лесопастбищ Северо-

Западного Прикаспия / В. П. Воронина, В. С. Баянов / Научная жизнь. – 2012. – № 1. – С. 53–56.

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

4 Рекомендации по формированию лесопастбищ в аридной зоне / В. И. Петров [и др.]. – Волгоград, 2000. – 42 с.

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

6 Рекомендации по обогащению аридных пастбищ новыми видами кормовых древесных растений. – Волгоград, 1990. – 86 с.

7 Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю. К. Новоселов [и др.]; под ред. Ю. К. Новоселова, Г. Д. Харькова, Н. С. Шевцовской. – М.: ВИК, 1987. – 200 с.

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

9 Пенькова, И. Н. Улучшение и использование природных пастбищ Волгоградской области / И. Н. Пенькова, В. А. Парамонов. – Волгоград, 1996 – 62 с.

УДК 626.8:681.3

**Т. С. Пономаренко**

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

### **ПРОЦЕСС СОЗДАНИЯ ДВУМЕРНОЙ МОДЕЛИ УЧАСТКА ДОНСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА В СРЕДЕ MIKE**

*В статье описан процесс создания двумерной модели участка Донского магистрального канала в среде MIKE. Представлены основные этапы разработки и результаты моделирования.*

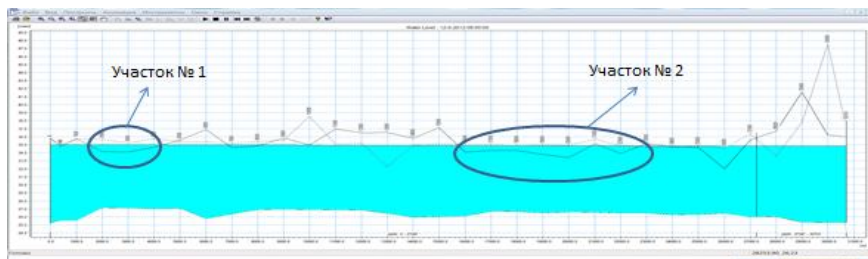
*Ключевые слова: моделирование, двумерная модель, батиметрия, магистральный канал, интерполяция.*

В настоящее время методы цифрового математического моделирования водотоков получили широкое распространение во всем мире [1, 2]. В нашей стране РосНИИПМ является одним из лидеров по применению таких средств в мелиоративной отрасли.

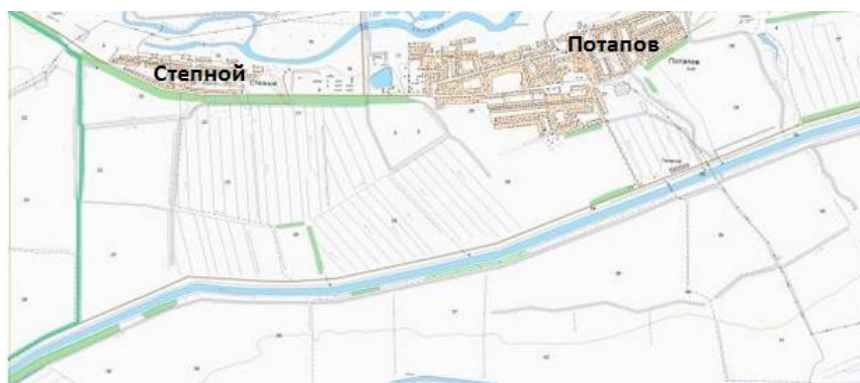
В 2014 г. в данном институте были проведены работы по созданию цифровой модели участка Донского магистрального канала (ДМК) общей протяженностью 30 км. Основная цель исследований – изучение процесса разработки цифровых компьютерных моделей и возможности применения данных средств в мелиоративном комплексе. В результате выполненных работ была создана одномерная гидродинамическая модель данного участка [3] и проведены сценарные исследования, суть которых заключалась в задании заведомо высоких уровней воды в канале для обнаружения и локализации на плане участков с относительно низкими отметками, где имеется потенциальный риск возникновения перелива воды через гребень дамбы. В результате данных исследований были выявлены два таких участка (рисунок 1).

На каждом участке установлено точное время возникновения переливов (в заданных условиях и пределах интервалов моделирования), оценена продолжительность и определены значения расходов в зоне возникновения переливов. В результате анализа данных значений для разработки двумерной модели, которая решает задачу

отображения плановых течений в так называемой двумерной схематизации, был выбран участок № 1. На участке имеется два населенных пункта: Степной и Потапов. Рельеф с перепадом высотных отметок от 34,5 до 13,5 м. Общая площадь моделируемого участка составила 35 км<sup>2</sup> (рисунок 2).



**Рисунок 1 – Участки с возникновением перелива**



**Рисунок 2 – Участок для двумерного моделирования**

Двумерная модель создана в среде MIKE с применением модулей MIKE Zero и MIKE 21 [4, 5]. Для разработки модели использованы имеющиеся архивные топографические и гидрологические данные.

Разработка двумерной модели включает два основных этапа – описание топографии и создание модели течения [6, 7].

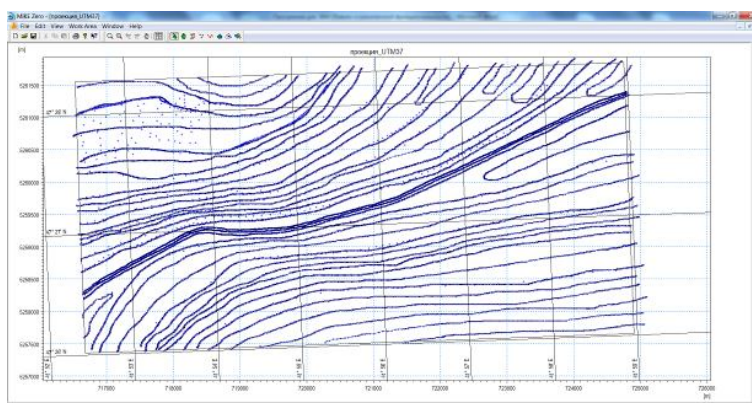
Этап описания топографии являлся важнейшей частью работы при создании двумерной гидродинамической модели, т. к. именно топографические особенности прилегающей территории оказывают определяющее влияние на режим и направление течения поверхностного стока. Для описания этой поверхности в редакторе батиметрии сгенерирован специальный сеточный файл, в котором каждой ячейке присвоена своя отметка поверхности.

Для определения правильных размеров моделируемой области были заданы проекция, координаты начальной точки и размеры рабочей области. В полученный сеточный файл импортированы топографические данные (рисунок 3). Тип исходных данных определялся проекцией.

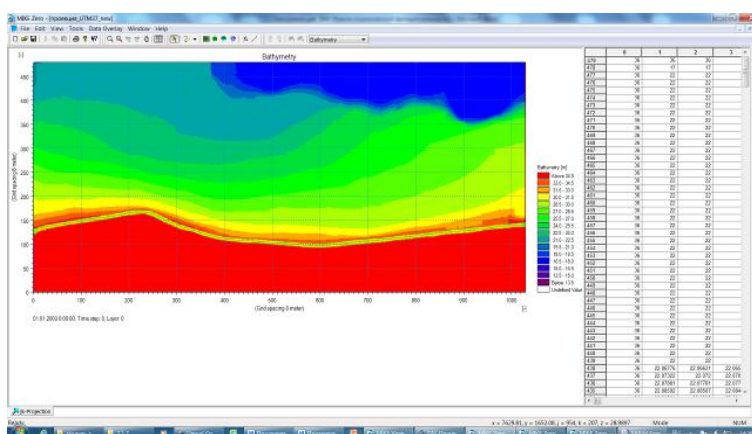
Для окончательного преформирования данных в карту рельефа была выполнена интерполяция, которая проводилась с учетом параметров цифровой топографической основы (размер ячеек и их количество) и выбранного метода интерполяции.

Завершающим шагом при работе в редакторе батиметрии явилось сохранение результатов интерполяции, после чего программой была сгенерирована цифровая модель рельефа ДМК и прилегающей к нему территории (рисунок 4).

Интерфейс редактора батиметрии имеет графический и табличный вид. Эти два вида динамически связаны между собой. Существует возможность интерполировать данные в редакторе сетки, статистически их обрабатывать и анализировать. Созданная цифровая топографическая модель была использована в гидродинамической модели для расчета затопления территории.



**Рисунок 3 – Сеточный файл**

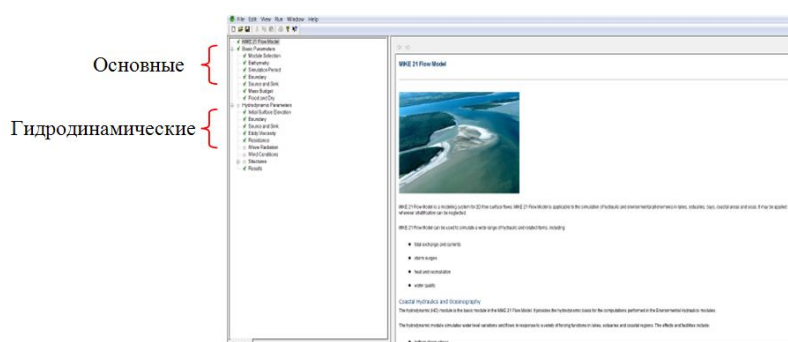


**Рисунок 4 – Карта рельефа**

После построения карты рельефа и определения границ моделируемой территории приступают к выполнению второго этапа – построение модели течения [8].

Для построения модели течения были заданы основные гидродинамические параметры потока в специально созданном файле модели течения.

Данный файл состоит из двух частей: основных и гидродинамических параметров (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Файл модели течения**

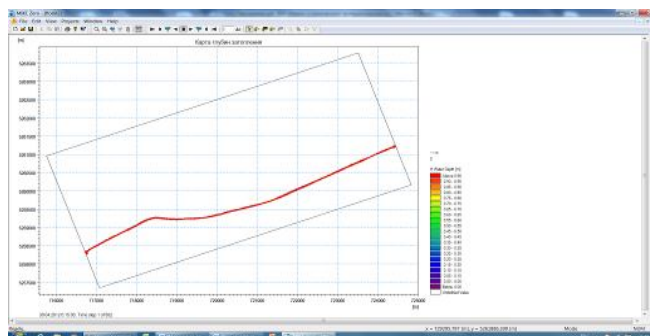
На первом этапе были заданы основные параметры модели, включающие выбор модуля расчета, батиметрию, период расчета, граничные условия, источники, массоперенос, параметры затопления и осушения [8].

На втором этапе были заданы следующие гидродинамические параметры модели: начальный уровень воды, граничные условия, вихревая вязкость, шероховатость, волновые напряжения, ветровые условия. В качестве граничных условий были заданы временные ряды с высокими значениями уровня воды в канале.

В разделе результатов были заданы: количество прямоугольных зон, определяемых по начальным и конечным координатам ячеек, пространственный и временной диапазоны сохранения файла результатов моделирования, а также определены требуемые выходные данные.

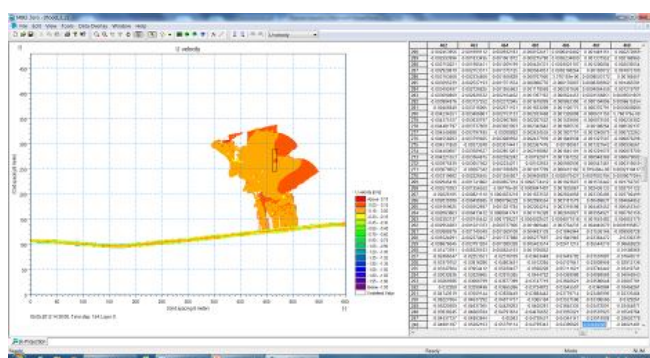
На завершающем этапе программой был выполнен расчет разработанной цифровой модели.

Для просмотра результатов моделирования необходимо открыть файл результатов, который будет отражать ситуацию на начальный период моделирования (рисунок 6).

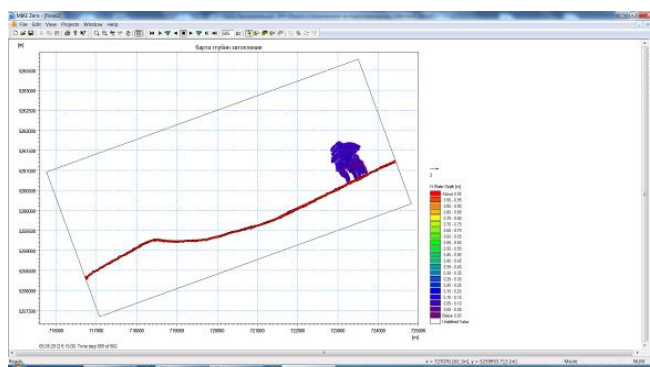


**Рисунок 6 – Начальный период моделирования**

Дальнейший просмотр результатов моделирования осуществляется путем переключения временных интервалов или анимацией (в зависимости от выбора программы для просмотра результатов) (рисунки 7, 8).



**Рисунок 7 – Результат моделирования  
(просмотр в редакторе плановой сетки)**



**Рисунок 8 – Результат моделирования  
(просмотр в Result Viewer)**

Для большей наглядности при демонстрации результатов моделирования в полученный файл можно добавить картографический материал (подложку) моделируемого участка (рисунок 9).





полнение расчетов прохождения дождевых осадков различной повторяемости: презентационный материал о ходе выполнения проекта / ГК НКФ «Волга». – 2013.

3 Пономаренко, Т. С. Разработка одномерной гидродинамической модели участка Донского магистрального канала в среде MIKE / Т. С. Пономаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 56. – Ч. 1. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – С. 69–89.

4 Официальный сайт производителя программных комплексов MIKE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mikebydhi.com>, 2015.

5 Пономаренко, Т. С. Цифровое компьютерное моделирование гидродинамических процессов в среде MIKE / Т. С. Пономаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 54. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – С. 97–104.

6 MIKE 21 Flow Model. Hydrodynamic Module: User Guide. – Denmark: DHI, 2013.

7 MIKE 21 Flow Model. Hydrodynamic Module: Scientific Documentation. – Denmark: DHI, 2013.

8 Презентационные материалы из курса обучения по использованию программы MIKE FLOOD / ГК НКФ «Волга». – 2014.

УДК 633.2

**О. С. Силина, Е. Н. Павлючик, А. Д. Капсамун, Н. А. Епифанова**

Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель, Тверь, Российская Федерация

### **БИОПРОДУКТИВНОСТЬ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ ЗА ТРИ ГОДА ПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

*На основе данных полевого опыта, проведенного в 2012–2015 гг., обобщена продуктивность разнопоспевающих трехкомпонентных бобово-злаковых травостоев за три года пользования при возделывании на дерново-подзолистой осушаемой почве Верхневолжья. В травосмесях изучались сорта клевера лугового разной степени спелости: ультрараннеспелый – Марс, два раннеспелых сорта – ВИК 7, Дымковский и позднеспелый – Витязь. Урожайность сухой массы исследуемых травостоев за время наблюдений составила 5,7–9,5 т/га. Показано, что возделывание сортов трав разных групп спелости, различающихся периодом вегетации, требованиями к обеспеченности влагой и теплом, позволяет получать высокую продуктивность кормовых трав в оптимальные для заготовки кормов фазы развития при меньшей степени зависимости от негативных климатических явлений.*

*Ключевые слова:* бобово-злаковые травосмеси, клевер луговой, люцерна изменчивая Находка, клевер гибридный Йыгева, злаковые травы, тимофеевка луговая ВИК 9, овсяница луговая Сахаровская, ежа сборная Хлыновская, фестулолиум ВИК 90, высота травостоя, густота стеблестоя, продуктивность кормовых травосмесей.

Многолетние бобово-злаковые травы занимают ведущее место в создании кормовой базы для животноводства и повышении белкового баланса кормов. Использование их широкого видового и сортового набора при возделывании на осушаемых землях позволяет при высокой продуктивности травостоев получить дешевый и полноценный корм для животных [1–3].

Основной задачей исследований является поиск наиболее продуктивных многолетних травосмесей для повышения устойчивости кормопроизводства. На осушаемых почвах Нечерноземья самое широкое применение из бобовых трав получил клевер луговой. Выращивание разных сортов клевера лугового актуально, поскольку позволяет продлить сроки уборки трав, рационально использовать кормоуборочную технику, тру-

довые ресурсы и снизить неблагоприятные воздействия погодных условий на продуктивность кормовых травостоев.

Введение современных видов и сортов трав в кормопроизводство и их адаптация к местным условиям возделывания – важные направления научно обоснованного кормопроизводства, способного обеспечить животноводство зеленым и сырьевым кормом. Для трав современного поколения свойственны экологическая устойчивость и продуктивность, они способны полнее использовать природные ресурсы, сглаживать негативные явления и обеспечивать производство кормов высокого качества, в меньшей степени зависящего от изменений погодных условий [1, 4].

Установлено, что реализованная урожайность кормовых культур составляет не более 20–30 % от потенциальной продуктивности. Исследователи считают, что основной причиной низкой, нереализованной продуктивности сортов кормовых трав является несбалансированность системы «организм – среда», что выражается в снижении устойчивости интенсивных сортов и неоптимальных условий среды, которые лимитируют реализацию потенциальной продуктивности растений.

Правильный выбор соответствующих адаптированных кормовых растений является решающим фактором в формировании экологически устойчивых и продуктивных агрофитоценозов. Использование их в кормопроизводстве позволяет решить экологические и производственные проблемы: устойчивую продуктивность по годам, обеспеченность ресурсо- и энергоэкономичности, экологическую безопасность производства высокобелковых кормов при сохранении оптимальных экологических параметров окружающей среды [2, 5, 6].

**Материалы и методы.** Исследования проведены на полевом полигоне отдела кормопроизводства ФГБНУ «ВНИИМЗ» (2012–2015 гг.) в Тверской области. Опыт заложен в 2012 г. согласно методике ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса (1997 г.).

Почва опыта – осушенная дерново-подзолистая суглинистая, характеризуется слабокислой реакцией почвенной среды со средней обеспеченностью легкогидролизуемым азотом, подвижным фосфором и концентрацией обменного калия.

Схема опыта включает многолетние бобово-злаковые травосмеси различной скороспелости, наиболее адаптированные к условиям гумидной зоны Нечерноземья, состоящие из двух бобовых культур и одного злакового компонента.

Объектами исследований являются травосмеси с составом из современных и распространенных видов и сортов трав – клевера лугового: ультрараннеспелого Марс и раннеспелых сортов Дымковский и ВИК 7 в смеси с люцерной изменчивой Находка, а также позднеспелого клевера лугового Витязь в смеси с клевером гибридным Йыгева. Третьим компонентом в исследуемых сложных травосмесях при участии двух бобовых культур являются злаковые травы: ежа сборная Хлыновская, овсяница луговая Сахаровская, фестулолиум ВИК 90 и тимофеевка луговая ВИК 9.

Размещение вариантов и повторностей в опытах последовательное. Повторность опыта трехкратная. Размер делянки – 192 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 50 м<sup>2</sup>.

Скашивание клеверо-злаковых травостоев проводилось: первого укоса – в фазу бутонизации – начала цветения бобовых культур (на сено), второго укоса – через 45–55 дней после первого укоса (на силос).

Фенологические наблюдения, учет плотности травостоя, продуктивности кормовой массы, отбор почвенных и растительных образцов для химического анализа проводили по общепринятым методикам (Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами, 1997; Методические рекомендации по рациональному использованию осушаемых земель в Нечерноземной зоне России, 1997).

Для статистической обработки результатов исследований применялся метод дисперсионного анализа с использованием компьютерных программ (Б. А. Доспехов, 1978).



**Результаты и обсуждение.** Формирование продуктивности кормовых травосмесей определяется режимом скашивания травостоя, видовыми и сортовыми особенностями и складывающимися погодными условиями, характеризующимися непостоянством.

Видовой состав травосмесей является показателем сохранности травостоя и изменяется в зависимости от года пользования, периода скашивания трав и от их эколого-биологических особенностей.

Анализ ботанического состава при наблюдениях за травосмесями первого года пользования показал, что при проведении первого укоса в смесях преобладают бобовые травы (70–80 %), при втором укосе соотношение бобовых растений и злаковых уравнивается (40–50 % бобовых культур против 50–60 % злаковых).

Параметры высоты травостоя в период первого укоса варьируются от 60 до 90 см; при вторичном скашивании, в период обеспечения трав продуктивной влагой только на 50 % нормы, высота травостоя в среднем не превышала 46 см. Аналогичные данные получены и при наблюдениях за густотой травостоя: 404–804 шт./м<sup>2</sup> при первичном скашивании против 167–342 шт./м<sup>2</sup> при вторичном. Отсутствие влаги при повышенной температуре воздуха в межукосный период действовало угнетающе на развитие смесей, снижая, а в отдельные периоды и останавливая рост и кустистость трав.

При таких условиях выход сухого вещества сложных бобово-злаковых травосмесей первого года пользования за два укоса в целом по вариантам эксперимента составил 7,7–9,5 т/га. Наибольшей урожайностью сухой массы как при первом, так и втором укосе отличались травосмеси с раннеспелым Марсом (5,9 и 3,6 т/га соответственно) и позднеспелым клевером Витязь (6,1 и 3,1 т/га соответственно) (таблица 1).

**Таблица 1 – Продуктивность сухой массы бобово-злаковых травосмесей первого года пользования при двух укосах**

Сорт клевера лугового / вид злаков	Тимофеевка луговая ВИК 9		Овсяница луговая Сахаровская		Ежа сборная Хлыновская		Фестулолиум ВИК 90		В среднем		
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	за два укоса
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2013 г.											
ВИК 7	6,0	2,4	4,8	2,9	4,6	2,4	4,9	2,8	5,1	2,6	7,7
Марс	6,7	3,8	6,5	3,5	5,6	4,2	4,8	3,0	5,9	3,6	9,5
Дымковский	5,7	3,0	5,4	2,5	6,2	3,2	5,9	3,5	5,8	3,1	8,9
Витязь	6,5	3,5	5,1	3,1	6,6	2,6	6,1	3,2	6,1	3,1	9,2
В среднем	6,2	3,2	5,5	3,0	5,8	3,1	5,4	2,9	5,7	3,1	8,8
За два укоса	9,4		8,5		8,9		8,3		8,8		
1-й укос: НСР <sub>05</sub> – 1,369; 2-й укос: НСР <sub>05</sub> – 0,571; за два укоса: НСР <sub>05</sub> – 1,478											
2014 г.											
ВИК 7	4,0	1,5	3,7	1,6	4,2	2,4	4,1	1,6	4,0	1,8	5,8
Марс	4,4	1,8	3,6	2,3	5,2	1,8	4,7	1,8	4,5	1,9	6,4
Дымковский	4,1	1,9	4,5	2,2	4,4	2,0	3,6	2,0	4,1	2,0	6,1
Витязь	4,7	1,9	4,0	1,8	3,1	1,6	4,0	1,8	3,9	1,8	5,7
В среднем	4,3	1,8	3,9	2,0	4,3	1,9	4,1	1,8	4,1	1,9	6,0
За два укоса	6,1		5,9		6,2		5,9		6,0		
1-й укос: НСР <sub>05</sub> – 0,943; 2-й укос: НСР <sub>05</sub> – 0,412											

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015 г.											
ВИК 7	5,9	3,9	4,3	3,9	4,6	2,5	3,5	3,3	4,6	3,4	8,0
Марс	4,8	4,1	5,2	4,5	5,2	3,8	5,1	4,0	5,1	4,1	9,2
Дымковский	5,6	4,0	4,9	3,2	4,3	3,2	4,6	3,2	4,8	3,4	8,2
Витязь	5,6	3,5	4,9	3,3	4,9	2,9	4,4	2,5	5,0	3,0	8,0
В среднем	5,5	3,9	4,8	3,7	4,8	3,1	4,4	3,2	4,9	3,5	8,4
За два укоса	9,4		8,5		7,9		7,6		8,4		
1-й укос: НСР <sub>05</sub> – 1,543; 2-й укос: НСР <sub>05</sub> – 1,267; за два укоса НСР <sub>05</sub> – 1,522											

Оценивая продуктивность травосмесей в зависимости от злакового компонента, следует отметить, что более высокий урожай обеспечили смеси с тимофеевкой луговой (9,4 т/га сухой массы) и ежой сборной (8,9 т/га сухой массы); продуктивность смесей с фестулолиумом и овсяницей луговой оказалась ниже примерно на 1 т.

При оценке изучаемых травосмесей во второй год пользования выявлено, что при первом укосе в ботаническом составе преобладают злаковые травы (до 70 %), а при вторичном скашивании составляющая злаковых трав не превышает 40 %, доля бобовых компонентов увеличилась до 60 % за счет активного роста более засухоустойчивой культуры с глубокопроникающей корневой системой – люцерны изменчивой.

Разнопоспевающие травосмеси второго года пользования при первом укосе обеспечили продуктивность сухой массы на уровне 3,9–4,5 т/га при высоте трав 60–90 см и густоте стеблестоя до 800 шт./м<sup>2</sup>.

При вторичном скашивании в последней декаде сентября выход сухой массы сложных травосмесей был в 2 раза меньше, чем при первичном скашивании и составил 1,8–2,0 т/га сухой массы, в которой содержалось 1,5–1,7 т/га к. е.

В целом за два укоса продуктивность сухой массы травосмесей разных сортов клевера составила 5,7–6,4 т/га. При сравнении продуктивности травосмесей в зависимости от вида злакового компонента следует отметить, что наибольший урожай сухой массы обеспечил клевер в смеси с ежой сборной и тимофеевкой луговой (6,1–6,2 т/га), с незначительным перевесом (в 0,1–0,2 т/га) смесей с овсяницей и фестулолиумом.

При формировании продуктивности травосмесей третьего года пользования отмечено, что в начальный период роста трав выпало большое количество осадков при пониженной температуре, а в межукосный период среднесуточная температура повысилась при отсутствии осадков в отдельные периоды.

При таких условиях рост травосмесей изменялся и ко времени проведения первого укоса составил 55–100 см, второго укоса – 38–63 см.

Густота стеблестоя трав при проведении первичного скашивания варьировалась от 330 до 678 шт./м<sup>2</sup>, второго укоса – от 310 до 722 шт./м<sup>2</sup>, что на 8–12 % меньше. Только в травосмесях, в состав которых включена ежа сборная, густота стеблестоя ко времени вторичного скашивания была на 11–48 % больше, чем при первичном скашивании.

В периоды скашивания отмечено, что при первом укосе бобовых культур в составе травосмесей было 69–87 %, при втором укосе – 65–93 %. В травостоях третьего года пользования освободившуюся нишу после выпадения клевера лугового вследствие его биологических особенностей занимает люцерна изменчивая. Соотношение клевера и люцерны в смесях составляет практически равные доли (30–40 %).

Бобово-злаковые травосмеси при первичном скашивании в фазу бутонизации – начала цветения бобовых культур формируют урожайность сухой массы 4,6–5,1 т/га или 3,9–4,3 т/га к. е. При вторичном скашивании в первой декаде сентября урожайность травосмесей снижается до уровня 3,0–4,1 т/га сухой массы при содержании 2,6–3,5 т/га к. е.

При двуукосном скашивании на третий год пользования травостоями, доля первого укоса составила 55–59 %, второго – 41–45 %. Лучшими по данному показателю были ранне- и среднеспелые травосмеси с наиболее равномерным распределением кормовой массы по укосам.

В целом за два укоса продуктивность сухой массы травосмесей разных сортов клевера составила 8,0–9,2 т/га. Следует отметить, что более высокую продуктивность сформировали смеси клевера в сочетании с тимофеевкой (9,4 т/га сухой массы). При двуукосном скашивании наибольшей продуктивностью отличались травосмеси с клевером Марс (9,2 т/га сухой массы) с содержанием 7,8 т/га к. е.

Сопоставление полученной в полевом эксперименте продуктивности бобово-злаковых травостоев показало, что выход сухого вещества смесей во втором году пользования в среднем составил 6,0 т/га, это ниже на 2,0 т/га по сравнению с первым годом пользования, а на третий год пользования продуктивность возросла до уровня 8,4 т/га за счет активного роста более долговечного бобового компонента.

Полученная экономическая оценка свидетельствуют о том, что исследуемый видовой и сортовой состав многолетних бобово-злаковых травосмесей имеет низкую стоимость и является эффективным источником энергии и растительного белка для сельскохозяйственных животных.

При использовании данных смесей на второй год жизни рентабельность составила 88–141 %; третий – 18,4–132,9 % и четвертый – 57,8–87,7 %.

Анализ экономических показателей возделывания исследуемых травосмесей показывает, что наиболее выгодным является использование в травосмесях раннеспелого клевера лугового Марс и позднеспелого Витязь, уровень рентабельности их возделывания составляет 120–140 % при условном чистом доходе 14–21 тыс. руб./га и окупаемости 2,0–2,4 руб./на руб. затрат. Из злаковых компонентов наиболее эффективным в травосмесях является тимофеевка луговая, при использовании которой получен условный чистый доход 2,16 тыс. руб./га, продуктивность составила 39,7 т/га зеленой массы с рентабельностью 57,8 %.

**Выводы.** Экспериментально подтверждено, что введение в полевое кормопроизводство травосмесей на основе современных сортов многолетних трав, климатически, фитоценотически, эдафически и симбиотически адаптированных к условиям осушаемых почв, позволяет формировать устойчиво высокие урожаи кормовой массы (4,3–8,1 т/га к. е.) и повысить продуктивность кормовых звеньев севооборотов на 15–18 % при незначительных материальных и энергетических затратах (коэффициент энергетической эффективности – 2,8–3,1).

Установлена возможность высокоэффективного использования на осушаемых пахотных землях многолетних агрофитоценозов на основе экономии азотных удобрений (до 100–150 кг/га д. в. в год), что способствует увеличению выхода переваримого протеина на 10–15 % и снижает опасность загрязнения водных источников нитратами.

#### **Список использованных источников**

1 Головня, А. И. Сравнительная кормовая продуктивность бобовых трав и их смесей со злаками в экстремальных погодных условиях / А. И. Головня, Н. И. Разумейко // Кормопроизводство. – 2012. – № 4. – С. 10–12.

2 Хисматуллин, М. М. Расширение видового набора многолетних трав – необходимое условие повышения эффективности пойменных лугов / М. М. Хисматуллин, П. А. Чекмарев // Луговое и полевое кормопроизводство. – 2012. – № 2. – С. 10–12.

3 Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: Агропромиздат, 1997. – 27 с.

4 Роль бобовых культур в совершенствовании полевого травосеяния / Ю. К. Новоселов, А. С. Шпаков, М. Ю. Новоселов, В. В. Рудоман // Кормопроизводство. – 2010. – № 7. – С. 19–22.

5 Возделывание и использование перспективных сортов клевера лугового в кормопроизводстве Центральных районов Нечерноземной зоны России / В. М. Косолапов [и др.]. – М.: РЦСК, 2009. – 36 с.

6 Тюлин, В. А. Формирование устойчивой продуктивности бобово-злаковых и злаковых травостоев / В. А. Тюлин. – Тверь: ТГСХА, 2000. – 223 с.

7 Методические рекомендации по рациональному использованию осушаемых земель в Нечерноземной зоне России. – М.: Россельхозакадемия, 1997. – 76 с.

8 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1978. – 351 с.

УДК 631.67

**Э. Э. Сейтумеров**

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

### **СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОГО СТОКА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОРОШЕНИЯ**

*Крым относится к региону с низким водоресурсным потенциалом. В маловодные годы на 1 чел. приходится менее 1,0 тыс. м<sup>3</sup> воды, что по классификации ЮНЕСКО характеризует Крым как водodefицитный регион. Местный речной сток в средневзвешенный год составляет 0,91 км<sup>3</sup>, а в маловодный – всего 0,43 км<sup>3</sup>, что явно недостаточно для удовлетворения нужд региона. По разным оценкам в средневодный год запасы местных водных источников могут обеспечить потребности народного хозяйства на 15–20 %. Низкая водообеспеченность региона привела к тому, что для орошаемого земледелия воды почти не осталось. В результате чего политые площади значительно сократились (с 137 тыс. га в 2013 г. до 10 тыс. га в 2015 г.). При этом следует отметить, что Крым является курортной зоной, это подразумевает необходимость обеспечения гостей полуострова достаточным количеством воды соответствующего качества, а также свежими и качественными продуктами питания (овощи, фрукты, мясо, молоко и т. п.). Для стабильного развития овощеводства, садоводства и животноводства орошение является одним из основных факторов.*

*Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, эффективность орошаемого земледелия, эколого-безопасное водопользование.*

**Введение.** В сложившейся ситуации основным источником водообеспечения орошения являются местные водные ресурсы. В условиях жесткого сокращения водных ресурсов полуострова и возрастающего потребления пресной воды наиболее актуальным в аграрном секторе экономики Крыма становится научно обоснованное применение ресурсосберегающих и эколого-безопасных технологий водопользования. В этой работе основной акцент сделан на анализ ситуации, связанной с эффективностью возделывания сельскохозяйственных культур при орошении (источник орошения, физическая площадь полива, кратность полива, водоподача, используемый способ полива, валовой сбор), в период адаптации сельскохозяйственной отрасли к новым условиям дефицита водных ресурсов. На основе полученных результатов, собственных научных разработок в данном направлении и производственного опыта передовых сельскохозяйственных предприятий Крыма разработан перечень мероприятий, внедрение которых позволит рационально использовать имеющиеся водные ресурсы и частично стабилизировать ситуацию, сложившуюся в орошаемом земледелии Республики Крым.

Целью исследований являлось научное обоснование технологий и технических средств ресурсосберегающего, эколого-безопасного водопользования в орошаемом зем-

леделии Республики Крым, использование которых создаст предпосылки гарантированного ведения орошаемого земледелия в условиях острого дефицита водных ресурсов.

Достижение поставленных целей невозможно без рационального использования водных ресурсов и водохозяйственного комплекса (ВХК) в целом. Для получения максимального количества сельхозпродукции необходимо дальнейшее развитие орошаемого земледелия – гаранта получения стабильных максимальных урожаев сельхозкультур, в том числе и кормовых для успешного развития животноводства.

Ранее дефицит водных ресурсов Крыма восполнялся за счет подачи днепровской воды по Северо-Крымскому каналу. Потребности населения и отраслей экономики в воде в 2012 г. составили около 1,66 км<sup>3</sup>. На 80,4 % они удовлетворялись водозабором из пресных поверхностных источников, в том числе из Северо-Крымского канала – на 72,9 %, подземных горизонтов – 6,5 %, моря – 0,5 %, а также за счет привлечения воды в оборотные системы водоснабжения –12,5 %. Основным потребителем воды (до 82,4 %) являлось сельское хозяйство [1, 2].

**Результаты и обсуждение.** В настоящее время в условиях заметного сокращения водных ресурсов возникла необходимость оценки всех имеющихся водных резервов, в том числе для обеспечения орошаемого земледелия. В данный момент в Крыму имеется 15 водохранилищ различной емкости, наполняющихся за счет естественного стока, большая часть из которых задействована для коммунального и питьевого водоснабжения. Однако имеющиеся водохранилища также могут быть использованы для нужд орошаемого земледелия.

К таким объектам можно отнести Бахчисарайское, Альминское, Балановское и Львовское водохранилища с общим проектным объемом 20,4 млн м<sup>3</sup>, из которых 12,0–14,0 млн м<sup>3</sup> могут быть направлены для целей орошения в средневзвешенный по обеспеченности год, что позволит оросить с применением совершенных технологий полива до 5 тыс. га.

Также при достаточной водообеспеченности года возможно использование для орошения части стока Симферопольского водохранилища путем дополнительного питания Салгирской оросительной системы, которая по проекту предназначалась для орошения 20 тыс. га. Вода для орошения поступает из реки Салгир, а также из Симферопольского водохранилища. В настоящий момент в виду перекрытия Северо-Крымском канала Симферопольское водохранилище задействовано исключительно для целей водоснабжения г. Симферополя. На текущий момент общая площадь орошаемых земель на Салгирской ОС не превышает 1500 га. Однако в годы достаточной обеспеченности часть объема, накопленного в водохранилище, может быть использована для питания Салгирской ОС. Повысить гарантии водообеспеченности в зоне ответственности Салгирской ОС позволит устройство дополнительных регулирующих емкостей (деривационных водохранилищ), в которых можно накапливать избыточный сток в паводковый период и затем использовать его для полива сельскохозяйственных культур. Таким образом, площади орошаемых земель могут быть увеличены до проектных 20 тыс. га.

Особые условия складываются при эксплуатации Альминского водохранилища. Наполнение данного водохранилища осуществляется за счет сброса воды из Партизанского водохранилища. Однако в настоящий момент такой сброс не осуществляется, несмотря на то что, в Партизанском водохранилище накапливается достаточный объем водных ресурсов. При рациональном подходе к управлению вышеназванной водохозяйственной системой каскада водохранилищ возможно дополнительно аккумулировать до 4,5 млн м<sup>3</sup> воды для нужд сельского хозяйства и орошаемого земледелия, что позволит оросить 1,5 тыс. га.

Необходимо учитывать значительный ресурс, накапливаемый в прудах. В 874 прудах, расположенных на различных водосборах, накапливается объем воды, составляющий по некоторым оценкам до 143 млн м<sup>3</sup>. При рациональном подходе с учетом распо-

ложения земель сельскохозяйственного назначения возможно использовать до 30 млн м<sup>3</sup> воды. Однако достоверных сведений об объеме, который можно направить на нужды сельского хозяйства из прудов, в настоящий момент не имеется. Для этого необходимо провести дополнительные изыскания, поскольку в последние годы не осуществлялась соответствующая инвентаризация по оценке технического состояния, реальной наполняемости данных водных объектов, а также наличия земель сельскохозяйственного назначения в географической близости от рассматриваемых прудов.

До строительства Северо-Крымского канала в Крыму на местном стоке орошалось не больше 50 тыс. га, в основном сады и виноградники. Таким образом, при рациональном подходе к использованию ресурсов местного стока Крыма и применении совершенных технологий капельного полива представляется вполне реальным увеличение существующего массива орошаемых площадей на 30–40 %.

Одним из альтернативных источников повышения водообеспеченности Крыма может быть повторное использование сбросных и сточных вод. По оценке экспертов, в Крыму во внутренние водные бассейны и акваторию Азовского и Черного морей ежегодно сбрасывается более 200 млн м<sup>3</sup> пресной воды различной степени минерализации и загрязнения техногенными химическими ингредиентами, а также около 120 млн м<sup>3</sup> дренажно-сбросных вод мелиоративных систем и более 100 млн м<sup>3</sup> городских коммунальных стоков [3]. Однако повторно сточные воды практически не используются. Этот огромный резерв водных ресурсов необходимо в обязательном порядке учитывать и применять для преодоления дефицита водных ресурсов в Крыму. Решить такую сложную задачу в полном объеме и в короткий срок невозможно. Поэтому на первом этапе предлагается на примере пилотных объектов разработать технологию доочистки, обосновать экономическую эффективность и эколого-социальную необходимость использования сточных вод после доочистки для орошения. По предварительным расчетам при использовании ресурсов сточных вод (после доочистки) только Симферопольского комплекса канализационных очистных сооружений можно оросить дополнительно 8–10 тыс. га.

По данным экспертов, суммарные эксплуатационные ресурсы подземных вод, пригодных к использованию (до 1 г/дм<sup>3</sup>), по состоянию на 1 января 2012 г. составляли 343,7 млн м<sup>3</sup>, однако почти все они связаны с поверхностным стоком и не могут рассматриваться как дополнительные и оказывающие существенное влияние на решение проблем водообеспечения.

При значительном дефиците водных ресурсов для ведения орошаемого земледелия важным фактором экономии воды в рамках повышения эффективности ее использования является интенсивное применение водосберегающих способов орошения. Большое внимание необходимо уделять правильному выбору способа и техники полива. Это, в свою очередь, предопределяет понимание того факта, что орошение – это интенсивный шаг в производстве, который невыгодно использовать при низком уровне внесения удобрений, защиты растений, агротехники и т. п. В этой связи актуальной задачей является поиск путей экономии оросительной воды и наиболее рационального ее использования.

Применение необоснованных поливных и оросительных норм без оценки экологических последствий их воздействия на орошаемые земли и прилегающие территории, а также преобладание в большей степени экономических целей над экологическими результатами способствует развитию негативных процессов на поливных землях. К примеру, при достаточных естественных объемах водообеспеченности территории при выборе способа и техники полива основополагающими факторами являются размеры и конфигурация поля, рельеф местности, выращиваемая культура и т. п. В условиях острого дефицита водных ресурсов первоочередным фактором должен стать имеющийся в наличии объем воды, который будет использоваться для целей орошения. Исходя из имеющегося объема воды, предполагаемого перечня возделываемых культур

и поливной нормы, можно определить площадь орошения, а затем произвести выбор способа орошения и техники полива.

**Выводы.** В настоящее время для повышения водообеспеченности Республики Крым необходимо выполнить следующие мероприятия:

- провести корректировку материалов инвентаризации прудов (по данным инвентаризации 2013 г. на территории Республики Крым на 1 января 2014 г. уже насчитывалось 1898 прудов) с целью оптимизации использования водных ресурсов и ускорить процесс их паспортизации (в настоящее время паспортизировано только около 30 % данных водных объектов);

- разработать программу модернизации водного хозяйства Крыма, включающую схему обновления канализационных очистных сооружений, реконструкцию водопроводно-канализационной сети;

- провести корректировку материалов инвентаризации всех водозаборных скважин и сооружений и обустройство их приборами водоучета, это позволит получить точную информацию о добыче и использовании подземных вод;

- повсеместно в промышленности и сельском хозяйстве внедрить водосберегающие технологии с учетом современных методов интегрированного управления водными ресурсами;

- обосновать возможность реализации повторного использования сточных и сбросных вод;

- выполнить районирование территории Крыма с указанием возможных источников орошения, наличия орошаемых площадей и установить объем необходимых капитальных затрат на восстановление сельхозпроизводства;

- обеспечить водоучет на реках Крыма, это позволит рассчитать водный баланс малых рек полуострова;

- постоянно в средствах массовой информации популяризировать бережное и экономное отношение к водным источникам и их эффективное использование в различных отраслях экономики Крыма.

Это далеко не полный перечень мероприятий, выполнение которых даст возможность повысить водообеспеченность полуострова и эффективно управлять ВХК Крыма.

#### **Список использованных источников**

1 Водное хозяйство Крыма / под ред. П. Ф. Дудкова. – Симферополь: Доля, 2008. – 264 с.

2 Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України. – Київ: Аграрна наука, 2009. – 624 с.

3 Сторчоус, В. Н. Устойчивое развитие орошаемого земледелия в условиях резкого дефицита водных ресурсов в Республике Крым / В. Н. Сторчоус, Э. Э. Сейтумеров // Известие сельскохозяйственной науки Тавриды. – Симферополь: Н. А. Гальцева, 2015. – № 1(164) – С. 40–49.

УДК 633.85:631.6:631.5

**Ю. А. Лавриненко, А. Н. Влащук, Л. В. Шапарь**

Институт орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук Украины,  
Херсон, Украина

#### **ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СОРТОВ РАПСА ОЗИМОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА СЕВА И НОРМЫ ВЫСЕВА В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ**

*Целью исследований являлось определение водопотребления и семенной продуктивности сортов рапса озимого в зависимости от срока сева и нормы высева в условиях*

юга Украины. Исследования проводили согласно требованиям общепринятых методик. Приведены материалы исследований, которые свидетельствуют о том, что суммарное водопотребление растений рапса озимого главным образом зависит от сроков сева, сортовых особенностей и погодных условий года. Наиболее эффективно влага использовалась посевами первого срока сева, в котором коэффициент водопотребления колебался от 894 до 1106 м<sup>3</sup>/т. Среди изучаемых сортов наиболее рациональным относительно использования влаги был сорт Антария (при севе в первую декаду сентября с нормой высева 1,1 млн шт./га). В среднем за годы опытов суммарное водопотребление этого сорта составляло 2296 м<sup>3</sup>/га. Коэффициент водопотребления – 894 м<sup>3</sup>/т. Среди исследуемых сортов рапса озимого наибольшая семенная продуктивность в 2015 г. наблюдалась у сорта Антария – 3,61 т/га (при севе в первую декаду сентября с нормой высева 1,1 млн шт./га). Сорт рапса озимого Антария наиболее эффективно использует влагу и является перспективным для внедрения в условиях юга Украины.

*Ключевые слова:* рапс озимый, сорт, срок сева, норма высева, водопотребление, урожайность.

**Введение.** На юге Украины в период сева рапса озимого в почве возникает определенный дефицит продуктивной влаги, который может компенсироваться только за счет осадков, влагозарядкового полива в орошаемых условиях в осенний период. Нарушение водного режима почвы на посевах рапса озимого вследствие засухи в осенний период неблагоприятно влияет на показатели зимостойкости, холодостойкости, а в весенне-летний период ухудшает продукционные процессы и приводит к снижению урожая культуры. Поэтому обеспеченность растений рапса влагой в осенний период – это самый важный фактор в их жизнедеятельности. Водный режим в засушливой степной зоне Украины тесно связан с количеством осадков, которые неравномерно выпадают за вегетационный период рапса озимого, что приводит к значительному дефициту водопотребления растений в критические периоды роста и развития. Источниками почвенной влаги в зоне южной степи Украины являются орошение и атмосферные осадки, которые в последние годы выпадают крайне редко и неравномерно. Ростовые процессы в начальные этапы развития растений рапса озимого могут проходить нормально только при условии оптимального насыщения влагой верхнего слоя почвы. Особенно важно наличие продуктивной влаги на глубине заделки семян, что гарантирует дружные всходы и оптимальное развитие растений перед уходом в зиму. Сев рапса озимого на юге Украины приходится на период суховея, температура на поверхности почвы в это время достигает 40–60 °С, поэтому удержать оптимальную влажность для прорастания семян на глубине 3–4 см очень проблематично. В этой связи оптимизация сроков сева, норм высева и подбор наиболее адаптированных сортов рапса озимого является актуальным вопросом технологии возделывания этой культуры на юге Украины [1–4].

**Материалы и методы.** Задача исследований предполагала изучение водопотребления сортов рапса озимого в зависимости от сроков сева, норм высева, а также его влияние на семенную продуктивность. Исследования проводили на опытном поле Института орошаемого земледелия НААН в 2012–2015 гг. Опыт закладывался в соответствии с методикой проведения полевых исследований [5–8].

Почва опытного участка – темно-каштановая, среднесуглинистая. При высыхании отмечается ее высокая плотность и низкая водопроницаемость. Общая скважность в слое почвы 0–40 см составляет 47 %. Наименьшая влагоемкость слоя почвы 0,7 м – 22,0 %, влажность увядания – 9,7 % от массы сухой почвы, плотность сложения – 1,40 г/см<sup>3</sup>. Содержание гумуса в пахотном слое почвы – 2,2 %. Среднее содержание в слое почвы 0–50 см нитратного азота – 1,3 мг/100 г почвы, подвижного фосфора – 3,1 мг/100 г почвы и обменного калия – 33,2 мг/100 г почвы. По характеристике почва типична для зоны южной степи Украины.

Опыт трехфакторный, полевой, повторность четырехкратная. Закладка вариан-



тов опыта проводилась методом расщепленных делянок. Площадь посевной делянки первого порядка – 432 м<sup>2</sup>, второго порядка – 168 м<sup>2</sup>, третьего порядка – 36 м<sup>2</sup>. В опыте изучали следующие сорта рапса озимого: Антария (Винницкая государственная опытная станция НААН), Сенатор Люкс (ННЦ «Институт земледелия НААН»), Анна (Институт масличных культур НААН), Черемош (Прикарпатская государственная опытная станция Института сельского хозяйства Карпатского региона НААН). Сорта рапса озимого отечественной селекции Антария, Сенатор Люкс, Анна и Черемош высеивали в три срока: фактор А – первый срок сева (первая декада сентября), второй срок сева (вторая декада сентября) и третий срок сева (третья декада сентября). Фактор В – сорт Антария, Сенатор Люкс, Анна, Черемош. Фактор С – норма высева 0,9–1,1–1,3 млн шт. всхожих семян/га.

**Результаты и обсуждения.** Наши исследования свидетельствуют о том, что при глубоком залегании грунтовых вод водопотребление растений рапса озимого происходит за счет атмосферных осадков и запасов продуктивной влаги в почве. В благоприятные по влагообеспеченности годы у растений рапса озимого наблюдается наибольшее суммарное водопотребление. В дальнейшем оно способствует увеличению высоты растений, оптимизирует формирование надземной и подземной массы растений данной культуры.

Так, в среднем за годы исследований на посевах растений рапса озимого в слое почвы 0–100 см суммарное водопотребление составляло 2351 м<sup>3</sup>/га при севе в первую декаду сентября, 2298 м<sup>3</sup>/га – при севе во вторую декаду сентября и 2347 м<sup>3</sup>/га – при севе в третью декаду сентября (таблица 1).

**Таблица 1 – Суммарное водопотребление растений рапса озимого в зависимости от сроков сева в слое почвы 0–100 см**

Фактор А, срок сева	Год получения урожая	Суммарное водопотребле- ние, м <sup>3</sup> /га	Использование влаги			
			с почвенных запасов		за счет осадков	
			м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
Первая декада сентября	2013	1948	789	40	1159	60
	2014	2203	984	45	1219	55
	2015	2903	684	23	2219	77
	Среднее	2351	819	35	1532	65
Вторая декада сентября	2013	1936	777	40	1159	60
	2014	2223	1004	45	1219	55
	2015	2734	515	19	2219	81
	Среднее	2298	765	33	1532	67
Третья декада сентября	2013	1957	798	41	1159	59
	2014	2277	1058	46	1219	54
	2015	2807	588	21	2219	79
	Среднее	2347	815	35	1532	65

Полученные результаты свидетельствуют о том, что суммарное водопотребление растений рапса озимого в основном зависит от атмосферных осадков вегетационного периода. В таких условиях наиболее эффективно влага использовалась посевами первого срока сева, здесь коэффициент водопотребления колебался от 894 до 1106 м<sup>3</sup>/т (таблица 2).

Среди исследуемых сортов наиболее рациональным в использовании влаги был сорт Антария (при севе в первую декаду сентября с нормой высева 1,1 млн шт./га) (таблица 3).

В среднем за годы исследований суммарное водопотребление этого сорта составило 2296 м<sup>3</sup>/га. Коэффициент водопотребление – 894 м<sup>3</sup>/т.

Поэтому можно сказать, что этот сорт наиболее эффективно использует влагу и имеет все перспективы для его внедрения в зоне южной степи Украины.

**Таблица 2 – Показатели суммарного водопотребления сортов рапса озимого (среднее за 2013–2015 гг.)**

Фактор А, срок сева	Фактор В, сорт	Фактор С, норма высева, млн шт./га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
Первая декада сентября	Антария	0,9	2434	958
		1,1	2191	894
		1,3	2176	925
	Сенатор Люкс	0,9	2402	1106
		1,1	2370	1053
		1,3	2368	1067
	Анна	0,9	2488	1008
		1,1	2398	955
		1,3	2393	1010
	Черемош	0,9	2357	1034
		1,1	2350	1073
		1,3	2286	1016
Вторая декада сентября	Антария	0,9	2277	1079
		1,1	2366	1126
		1,3	2274	1024
	Сенатор Люкс	0,9	2193	1198
		1,1	2323	1222
		1,3	2240	1173
	Анна	0,9	2367	1272
		1,1	2417	1179
		1,3	2281	1233
	Черемош	0,9	2228	1342
		1,1	2294	1334
		1,3	2312	1321
Третья декада сентября	Антария	0,9	2428	1298
		1,1	2274	1292
		1,3	2248	1284
	Сенатор Люкс	0,9	2215	1527
		1,1	2313	1542
		1,3	2299	1410
	Анна	0,9	2407	1345
		1,1	2423	1268
		1,3	2389	1257
	Черемош	0,9	2214	1401
		1,1	2297	1521
		1,3	2259	1353

**Таблица 3 – Суммарное водопотребление исследуемых сортов рапса озимого в слое почвы 0–100 см**

Фактор В, сорт	Год урожая	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Использование влаги			
			с почвенных запасов		за счет осадков	
			м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
1	2	3	4	5	6	7
Антария	2013	1928	769	40	1159	60
	2014	2133	914	43	1219	57
	2015	2828	609	21	2219	79
	Среднее	2296	764	33	1532	67

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Сенатор Люкс	2013	1948	789	40	1159	60
	2014	2168	949	44	1219	56
	2015	2791	572	20	2219	80
	Среднее	2302	770	33	1532	67
Анна	2013	1963	804	41	1159	59
	2014	2347	1128	48	1219	52
	2015	2877	658	23	2219	77
	Среднее	2396	864	36	1532	64
Черемош	2013	1948	789	40	1159	60
	2014	2155	936	43	1219	57
	2015	2772	553	20	2219	80
	Среднее	2298	766	33	1532	67

За весенне-летний период водопотребление растениями рапса озимого при разных нормах высева в среднем за годы исследований было на одном уровне, и значительных колебаний не наблюдалось (таблица 4).

**Таблица 4 – Суммарное водопотребление растений рапса озимого в зависимости от нормы высева в слое почвы 0–100 см**

Фактор С, норма высева, млн шт./га	Год урожая	Суммарное водопотреб- ление, м <sup>3</sup> /га	Использование влаги			
			с почвенных запасов		за счет осадков	
			м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
0,9	2013	1936	777	40	1159	60
	2014	2254	1035	46	1219	54
	2015	2812	593	21	2219	79
	Среднее	2334	802	34	1532	66
1,1	2013	1954	795	40	1159	60
	2014	2233	1014	45	1219	55
	2015	2816	597	21	2219	79
	Среднее	2334	802	34	1532	66
1,3	2013	1951	792	40	1159	60
	2014	2214	995	45	1219	55
	2015	2816	597	21	2219	79
	Среднее	2327	795	34	1532	66

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что 2015 г. по условиям влагообеспеченности был наиболее благоприятным, что и способствовало в дальнейшем получению наибольшей семенной продуктивности растений рапса озимого (таблица 5).

**Таблица 5 – Урожайность сортов рапса озимого в зависимости от сроков сева и норм высева по годам исследований**

Фактор А, срок сева	Фактор В, сорт	Фактор С, норма высева, млн шт./га	Урожайность, т/га		
			2013 г.	2014 г.	2015 г.
1	2	3	4	5	6
Первая декада сентября	Антария	0,9	1,88	2,15	3,60
		1,1	1,96	2,19	3,61
		1,3	1,55	2,12	3,38
	Сенатор Люкс	0,9	1,61	2,00	2,91
		1,1	1,52	2,18	3,05
		1,3	1,82	2,10	2,75

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
	Анна	0,9	1,83	2,09	3,12
		1,1	1,92	2,10	3,50
		1,3	1,85	2,16	3,11
	Черемош	0,9	2,01	1,82	3,01
		1,1	1,92	1,83	2,81
		1,3	2,03	1,96	2,76
Вторая декада сентября	Антария	0,9	1,61	1,74	2,96
		1,1	1,47	1,76	3,08
		1,3	1,59	2,07	3,00
	Сенатор Люкс	0,9	1,42	1,67	2,39
		1,1	1,35	1,84	2,51
		1,3	1,61	1,76	2,37
	Анна	0,9	1,42	1,61	2,55
		1,1	1,57	1,62	2,96
		1,3	1,51	1,66	2,40
	Черемош	0,9	1,49	1,25	2,25
		1,1	1,43	1,26	2,48
		1,3	1,51	1,36	2,38
Третья декада сентября	Антария	0,9	1,64	1,68	2,28
		1,1	1,42	1,60	2,27
		1,3	1,32	1,60	2,33
	Сенатор Люкс	0,9	1,14	1,22	1,99
		1,1	1,07	1,33	2,10
		1,3	1,32	1,33	2,24
	Анна	0,9	1,56	1,68	2,12
		1,1	1,75	1,71	2,28
		1,3	1,68	1,76	2,27
	Черемош	0,9	1,58	1,23	1,92
		1,1	1,50	1,23	1,80
		1,3	1,60	1,34	2,06
Оценка существенности частичных различий					
НСР <sub>05</sub> , т/га		А	0,11	0,21	0,35
		В	0,10	0,20	0,21
		С	0,11	0,18	0,16

Следует отметить, что за три года исследований наибольшая семенная продуктивность наблюдалась в 2015 г. при севе в первую, вторую и третью декады сентября. Это объясняется тем, что метеорологические условия, а именно влагообеспеченность и температурный режим на протяжении всего периода вегетации культуры были благоприятными.

**Выводы.** Таким образом, можно сделать вывод, что в условиях южной степи Украины семенная продуктивность рапса озимого находится в зависимости главным образом от сроков сева, адаптивности сорта и метеорологических условий года.

Полученные материалы исследований свидетельствуют о том, что суммарное водопотребление растений рапса озимого зависело большей частью от атмосферных осадков вегетационного периода. В таких условиях наиболее эффективно влага использовалась посевами первого срока сева, здесь коэффициент водопотребления колебался от 894 до 1106 м<sup>3</sup>/т.

Наиболее рациональным в использовании почвенной влаги был сорт Антария (при севе в первую декаду сентября с нормой высева 1,1 млн шт./га). В среднем за годы исследований суммарное водопотребление этого сорта составило 2296 м<sup>3</sup>/га. Коэффициент водопотребления – 894 м<sup>3</sup>/т.

Среди исследованных сортов рапса озимого наибольшая семенная продуктивность в 2015 г. наблюдалась у сорта Антария (3,61 т/га при севе в первую декаду сентября с нормой высева 1,1 млн шт./га). Этот сорт наиболее эффективно использует влагу и имеет перспективы для внедрения его в зоне Южной Степи Украины.

#### Список использованных источников

1 Шевелуха, В. С. Периодичность роста сельскохозяйственных растений и пути ее регулирования / В. С. Шевелуха. – М.: Колос, 1980. – 455 с.

2 Гойсюк, С. О. Водний баланс та коефіцієнт водоспоживання посівів озимого ріпаку залежно від способів сівби та удобрення / С. О. Гойсюк, Л. В. Гойсюк [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/e-journals/nd/2007-1/07gsosfp.pdf/>.

3 Гавриленко, В. Ф. Избранные главы физиологии растений / В. Ф. Гавриленко, М. В. Гусев, К. А. Никитина. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 440 с.

4 Малярчук, А. С. Влияние азотных удобрений и основной обработки почвы на продуктивность рапса озимого в севообороте на орошении юга Украины / А. С. Малярчук // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. Всерос. науч.-исслед. ин-та масличных культур. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2014. – № 1(157–158). – С. 103–108.

5 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 616 с.

6 Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві і рослинництві: навчальний посібник / В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікішенко, С. П. Голобородько, С. В. Коковіхін. – Херсон: Айлант, 2008. – С. 272–275.

7 Основы научных исследований в агрономии / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз. – Київ: Дія, 2005. – 288 с.

8 Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве / В. А. Ушкаренко, Н. Н. Лазарев, С. П. Голобородько, С. В. Коковихин. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 335 с.

УДК 633.25:631.8:631.53.01

**Н. Е. Василенко, С. Ф. Антонив, С. И. Колесник, С. И. Фостолович,  
В. В. Коновальчук, А. А. Запрута**

Институт кормов и сельского хозяйства Подолья Национальной академии аграрных наук Украины, Винница, Украина

#### **ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ПОЛЕВИЦЫ ТОНКОЙ**

*Представлены данные научных поисков по изучению влияния агротехнических приемов, направленных на повышение семенной продуктивности полевицы тонкой сорта Юнона, оптимизации условий ее питания в критические фазы роста и развития, особенно в период формирования урожая семян. В ходе исследований установлено, что при выращивании полевицы тонкой сорта Юнона наиболее эффективной системой удобрения является проведение в фазу выхода в трубку внекорневой подкормки микроудобрением «Брексил Микс» (2 кг/га) в сочетании с карбамидом (5 кг/га) или «Плантафолом» (2 кг/га) на фоне основного удобрения (N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) весной, в начале отрастания семенных посевов. Это способствовало формированию максимальной продуктивности стеблестоя (1128–1127 шт./м<sup>2</sup>), количества семян (4994–4976 шт. на 10-ти стеблях), массы 1000 семян 0,14 г, при этом уровень семенной продуктивно-*

сти составил 560–561 кг/га, что на 37–33 кг/га выше в сравнении с фоном  $N_{60}$  и на 295–283 кг/га выше в сравнении с делянками без удобрений.

*Ключевые слова:* полевица тонкая, удобрения, водорастворимые и органические микроудобрения, семенная продуктивность, посевные качества.

**Введение.** Многолетние злаковые травы имеют большое значение при формировании культурных сенокосов и пастбищ с продолжительным сроком использования. В сравнении с бобовыми травами они дольше остаются в травостоях и составляют основную массу в травосмесях в течение 4–6 лет. Но создание высокопродуктивных сеяных угодий сдерживается дефицитом семян, особенно многолетних злаковых трав. По данным статистической отчетности, производство семян этой группы культур обеспечивает их потребность только на 20 % [1, 2].

Это объясняется, прежде всего, тем, что существующие технологии не позволяют в полной мере использовать семенной потенциал современных сортов злаковых трав. В наше время семенные посевы используются только два–три года и то не всегда эффективно, тогда как разработка соответствующих способов даст возможность значительно увеличить производство высококачественных семян и ликвидировать существующий его дефицит для нужд полевого и лугового кормопроизводства.

Известно, что многолетние злаковые травы характеризуются сильным осыпанием, поэтому их уборку проводят при влажности семян 20–30 %. Кроме того, семенной ворох содержит значительную часть листьев и стеблевой массы и имеет свойство быстро согреваться, при этом семена теряют свои семенные качества [3–5].

В Украине на протяжении 1980–1990 гг. многолетние травы на семенные цели выращивали на площади – 383,8–545,5 тыс. га, что составляет 11,3–14,8 % от общей площади посева многолетних трав на корм и семена, или 1,1–1,7 % от общей площади посева сельскохозяйственных культур.

Семеноводческие посевы злаковых трав в этот период составляли 52,6–81,6 тыс. га, или 1,69–2,05 % от площади многолетних трав и 0,15–0,25 % от площади посева сельскохозяйственных культур.

С 1990 г. производство трав на семена стремительно сокращается. При этом площади посевов и валовой сбор семян многолетних трав на протяжении последних 20 лет снизился соответственно в 7,0–6,2 раза.

Еще более сложная ситуация с производством злаковых трав, площади которых и валовой сбор семян сократились соответственно в 8,8 и 12,3 раза. При этом урожайность злаковых трав упала почти в 1,4 раза. Это может свидетельствовать о том, что или семеноводческие посевы, которые заложены на семена, низких генераций, или семена с посевов используются на кормовые цели.

Улучшение минерального питания семенных посевов злаковых трав с целью повышения их продуктивности, биологической ценности при уменьшении потребности в минеральных удобрениях за счет одновременного улучшения питательного режима почвы и увеличения активности полезной микрофлоры, технологически объединенных в один процесс производства, позволяет получить экологически чистую продукцию и благоприятно сказывается на состоянии внешней среды.

Сегодня актуален вопрос точных расчетов норм удобрений и обоснования последовательности их внесения. В мире уже приходят к выводу, что не следует вносить слишком высокие нормы азота (больше 150 кг). Не менее важно изучение окислительно-восстановительных процессов и фиксации соединений азота, а также путей уменьшения потерь азота в растворах и газообразной формы. Проблема азота имеет и другой аспект: потери азотных удобрений путем вымывания достигают 15–20 %.

Система семеноводства многолетних трав базируется на принципе концентрации производства семян отдельных видов в зоне с наиболее благоприятными климатическими условиями. Семенная продуктивность полевицы тонкой в значительной мере за-

висит от экологических факторов и агротехнических условий выращивания, в том числе: плотности агроценоза, обеспечения влагой, светом и питательными веществами в отдельные этапы органогенеза.

Во время формирования семян 15–25 % семян, несмотря на то, что являются физиологически полноценными, по своим биометрическим параметрам (размер семян, объем зародыша, масса 1000 семян) не могут быть кондиционными. Такие семена имеют низкую энергию и силу роста, поэтому более чувствительны к неблагоприятным условиям прорастания.

Высокая парусность семян при низкой объемной массе приводит к значительным потерям при обмолоте и очистке, высеять такие семена сеялками механического типа очень сложно. Разработка концепции проведения агротехнических приемов по оптимизации условий питания растений злаковых трав в критические фазы роста и развития, в том числе в период формирования семян, дает возможность увеличить объемы выхода кондиционных семян. Разработанная система удобрений базируется на использовании минеральных, а также водорастворимых удобрений, содержащих макроэлементы (В, Мо, Mg, S), и органических микроудобрений, ассоциативных азотфиксаторов и фосфоромобилизирующих препаратов.

Использование минеральных и водорастворимых удобрений, разработка технологий выращивания направлена на полную реализацию генетического потенциала семенной продуктивности полевицы тонкой перспективного сорта Юнона (низовой злаковой травы) в агроценозе.

**Материал и методы.** Опыты проводились в 2014–2015 гг. на серых лесных оподзоленных среднесуглинистых почвах исследуемых полей отдела семеноводства и трансфера инноваций Института кормов и сельского хозяйства Подолья НААН. Пахотный горизонт почвы характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,75–1,91 %, гидролитическая кислотность – 1,73–3,60 мг-экв. на 100 г почвы, доля легкогидролизующего азота (по Корнфилду) – 75–100 мг/кг, подвижных форм фосфора (по Чирикову) – 84–120 мг/кг и калия – 64–85 мг/кг воздушно-сухой почвы, сумма поглощенных оснований – 12–13 мг-экв. на 100 г почвы [6–8].

Полевицу тонкую высевали зерно-травяной сеялкой черезрядно (30 см) с нормой высева (5–6 кг/га) ранней весной, под покров ярового ячменя с нормой посева 4,0 млн всхожих семян. Повторность опыта трехкратная, площадь учетной делянки составляла 30 м<sup>2</sup> [6, 8].

Внесение минеральных удобрений проводили осенью под основную обработку почвы согласно схеме исследований. Микроудобрение «Брексил Микс» (2 кг/га) на серых лесных почвах вносили в фазу выхода в трубку полевицы тонкой (по схеме исследований). «Брексил Микс» содержит: Cu – 0,8 %, В – 1,2 %, Fe – 0,6 %, Mg – 3,6 %, Mn – 0,7 %, Zn – 5 %. В опыте использовали также водорастворимое удобрение «Плантафол», в состав которого входят: N – 5,0 %; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 15,0 %; K<sub>2</sub>O – 45,0 %; В – 0,02 %; Fe – 0,01 %; Mn – 0,05 %; Zn – 0,05 %; Cu – 0,05 %, при этом Cu, Fe, Mn, Zn – хелаты в форме ЭДТА (этилендиаминтетрауксусной кислоты).

За один–два дня до уборки урожая отбирали пробные снопы для исследования структуры семенного травостоя и биологического урожая семян по следующим показателям: количество растений и стеблей на 1 м<sup>2</sup> и на одном растении, в том числе генеративных и вегетативных, количество соцветий на одном растении и на единицу площади, количество семян в соцветии, индивидуальная семенная продуктивность растений, масса семян в соцветии, масса 1000 семян.

Учет урожая полевицы второго года жизни проводили из всех повторений опыта со следующей доочисткой семян и перерасчетом на стандартную влажность (15 %).

Все учеты и наблюдения в исследованиях осуществляли согласно «Методическим указаниям по проведению исследований в семеноводстве многолетних трав» [9].

Посевные качества семян многолетних трав (энергия прорастания, всхожесть) определяли согласно «Методике определения силы роста семян кормовых культур» [10].

Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа на персональном компьютере с использованием специальных пакетов прикладных программ типа Exel, Statistika, Sigma.

**Результаты и обсуждение.** В результате исследований, проведенных отделом семеноводства и трансфера инноваций Института кормов и сельского хозяйства Подолья НААН на серых лесных почвах в условиях 2014–2015 гг., установлено, что полевица тонкая, как и все злаковые травы положительно реагирует на внесение азотных удобрений. При улучшении азотного питания у растений стимулируются процессы роста, при этом процесс созревания семян притормаживается, удлиняется период вегетации. При чрезмерном внесении азотных удобрений уменьшается урожайность семян из-за более активного развития вегетативных стеблей по сравнению с генеративными.

Для роста и развития растений необходимо обеспечить их сбалансированным питанием не только макроэлементами (азот, фосфор и калий), но и микроэлементами, в том числе такими, как железо, марганец, цинк, медь, магний. Если не давать подкормку растениям в виде микроэлементов, задерживаются рост растений и их переход из вегетативной фазы в фазу плодоношения.

По результатам исследований установлено влияние изучаемых факторов на индивидуальный рост растений полевицы тонкой. Если высота растений в делянках без удобрений была 54–61 см (среднее за 2014–2015 гг.), то с использованием основного удобрения  $N_{60}$  – 57–67 см, при полном минеральном удобрении  $N_{60}P_{45}K_{45}$  – 62–72 см (таблица 1).

**Таблица 1 – Биометрические показатели семенной продуктивности полевицы тонкой сорта Юнона в зависимости от системы удобрения**

Удобрение	Внекорневая подкормка в фазу выхода в трубку, кг/га	Количество стеблей		Количество семян на 10-ти стеблях, шт.	Масса 1000 семян, г
		генеративных, шт./м <sup>2</sup>	вегетативных, шт./м <sup>2</sup>		
1	2	3	4	5	6
Без удобрений (контроль)	0	785	971	3603	0,08
	Карбамид – 5	802	1006	3683	0,09
	«Плантафол» – 2	817	1079	3726	0,11
	«Брексил Микс» – 2	831	1101	3775	0,11
	Карбамид – 5 + «Брексил Микс» – 2	890	1139	3884	0,12
	«Плантафол» – 2 + «Брексил Микс» – 2	881	1180	3857	0,12
$N_{60}$	0	1030	1192	4688	0,11
	Карбамид – 5	1044	1237	4749	0,11
	«Плантафол» – 2	1057	1272	4767	0,12
	«Брексил микс» – 2	1070	1316	4820	0,12
	Карбамид – 5 + «Брексил Микс» – 2	1090	1354	4907	0,13
	«Плантафол» – 2 + «Брексил Микс» – 2	1090	1343	4960	0,13
$N_{60}P_{45}K_{45}$	0	1084	1204	4787	0,12
	Карбамид – 5	1097	1253	4827	0,12
	«Плантафол» – 2	1112	1284	4886	0,12



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
	«Брексил Микс» – 2	1117	1329	4905	0,13
	Карбамид – 5 + «Брексил Микс» – 2	1128	1356	4994	0,14
	«Плантафол» – 2 + «Брексил Микс» – 2	1127	1404	4976	0,14

В вариантах внекорневого внесения удобрений наибольшее влияние на высоту растений имели карбамид (5 кг/га) + «Брексил Микс» (2 кг/га). В зависимости от фона основного удобрения они способствовали повышению высоты растений до 61, 67 и 72 см соответственно. Наибольшую высоту растений (72 см) полевицы тонкой наблюдали в варианте при внекорневом внесении карбамида (5 кг/га) + «Брексил Микса» (2 кг/га) на фоне основного удобрения  $N_{60}P_{45}K_{45}$ .

Минеральные удобрения, которые были добавлены в основное удобрение в условиях достаточного обеспечения влагой, способствовали увеличению количества вегетативных и генеративных стеблей. В наших исследованиях количество генеративных и вегетативных стеблей на контроле составляло 785 и 971 шт./м<sup>2</sup>. Удобрения, добавленные в основное удобрение  $N_{60}$  и  $N_{60}P_{45}K_{45}$ , благоприятствовали увеличению количества генеративных стеблей соответственно на 245 и 299 шт./м<sup>2</sup>, вегетативных – на 221 и 230 шт./м<sup>2</sup> (таблица 1).

Внекорневое питание карбамидом (5 кг/га), «Плантафолом» (2 кг/га) и «Брексил Миксом» (2 кг/га) на фоне основного удобрения ( $N_{60}$ ) увеличивало количество генеративных стеблей соответственно на 242, 240, 239 шт./м<sup>2</sup> в сравнении с аналогичными вариантами без удобрений. На фоне полного минерального удобрения ( $N_{60}P_{45}K_{45}$ ) в этих вариантах количество генеративных стеблей возросло на 53, 55, 47 шт./м<sup>2</sup> в сравнении с фоном, когда вносились только азотные удобрения ( $N_{60}$ ). Наибольшее количество генеративных стеблей (1128 шт./м<sup>2</sup>) наблюдалось в вариантах, в которых внекорневое питание карбамидом (5 кг/га) + «Брексил Миксом» (2 кг/га) проводилось на фоне основного удобрения ( $N_{60}P_{45}K_{45}$ ). В этом варианте отмечалось также и наибольшее количество вегетативных стеблей (1404 шт./м<sup>2</sup>).

Наименьшее количество семян на 10-ти стеблях (3603 шт.) было отмечено на контроле без удобрений. Внекорневое питание карбамидом (5 кг/га), «Плантафолом» (2 кг/га) и микроудобрением «Брексил Микс» (2 кг/га) способствовало увеличению количества семян на 10-ти стеблях соответственно на 80, 123, 172 шт., в вариантах без удобрений – на 61, 79, 132 шт. на фоне  $N_{60}$  и 40, 99, 118 шт. на фоне  $N_{60}P_{45}K_{45}$ .

Внесение сочетания карбамида (5 кг/га) с микроудобрением «Брексил Микс» (2 кг/га) в качестве внекорневого удобрения на фоне основного  $N_{60}P_{45}K_{45}$  способствовало формированию наибольшего количества семян на 10-ти продуктивных стеблях (4994 шт.).

Установлено, что в среднем за годы исследований наибольшая масса 1000 семян (0,14 г) наблюдалась в вариантах, в которых на фоне полного минерального удобрения ( $N_{60}P_{45}K_{45}$ ) проводилось внекорневое внесение карбамида или «Плантафола» в сочетании с микроудобрением «Брексил Микс».

В условиях 2014–2015 гг. за счет природного плодородия в контрольном варианте был получен урожай семян полевицы тонкой сорта Юнона на уровне 168 кг/га. Проведение внекорневой подкормки в фазу выхода в трубку способствовало росту семенной продуктивности в вариантах без минеральных удобрений соответственно на 34; 70; 80, 97 и 110 кг/га в сравнении с контролем без внекорневых подкормок. На фоне основного удобрения  $N_{60}$  и  $N_{60}P_{45}K_{45}$  прирост урожая благодаря внекорневым подкормкам составил соответственно вариантам с фонами минеральных удобрений 18, 35, 65, 86, 91 и 14, 20, 41, 56, 57 % (таблица 2).

**Таблица 2 – Влияние удобрений на семенную продуктивность и посевные качества полевицы тонкой сорта Юнона**

Удобрение	Внекорневая подкормка в фазу выхода в трубку, кг/га	Урожайность семян, кг/га	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Без удобрений (контроль)	0	168	32	72
	Карбамид – 5	202	34	73
	«Плантафол» – 2	238	37	73
	«Брексил Микс» – 2	248	40	74
	Карбамид – 5 + «Брексил Микс» – 2	265	44	74
	«Плантафол» – 2 + «Брексил Микс» – 2	278	46	74
N <sub>60</sub>	0	437	42	75
	Карбамид – 5	455	45	75
	«Плантафол» – 2	472	46	76
	«Брексил Микс» – 2	502	48	77
	Карбамид – 5 + «Брексил Микс» – 2	523	49	78
	«Плантафол» – 2 + «Брексил Микс» – 2	528	50	78
N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	0	504	46	77
	Карбамид – 5	518	50	78
	«Плантафол» – 2	524	51	78
	«Брексил Микс» – 2	545	52	79
	Карбамид – 5 + «Брексил Микс» – 2	560	54	81
	«Плантафол» – 2 + «Брексил Микс» – 2	561	57	81

Примечание – НСР<sub>05</sub> (кг/га): 2014 г. – А – 12,7; В – 18,1; АВ – 12,8; 2015 г. – А – 13,8; В – 16,9; АВ – 13,2.

Наибольшее влияние на урожайность полевицы тонкой оказали минеральные удобрения, добавленные в основное удобрение. Так, если в вариантах без удобрений в среднем за годы исследований урожайность была в пределах 168–278 кг/га, то с внесением N<sub>60</sub> в основное удобрение она возрастала до 437–528 кг/га. С использованием полного минерального удобрения (N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) урожай увеличивался до 504–561 кг/га.

Наибольший урожай в среднем за годы исследований был получен в вариантах, в которых на фоне полного минерального удобрения (N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) проводились внекорневые подкормки водорастворимыми удобрениями: карбамидом и «Плантафолом» в сочетании с микроудобрением «Брексил Микс», причем урожайность (560 и 561 кг/га) была практически одинаковой.

В исследованиях установлена зависимость посевных качеств семян, энергии прорастания, всхожести от величины внесенных минеральных и микроудобрений. Энергия прорастания семян на контроле (без удобрений) составила 32 %, а на фоне основного удобрения N<sub>60</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> она увеличивалась до 42 и 46 %. Проведенные внекорневые подкормки повышали энергию прорастания на 2–14 % в зависимости от вида удобрений или их комбинаций.

Влияние факторов, изучаемых в опыте, на всхожесть семян полевицы тонкой было менее существенным. Так, если наименьшая всхожесть (72 %) была отмечена на контроле, то максимальный ее показатель (81 %) был в вариантах, в которых на фоне полного минерального удобрения (N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) проводились внекорневые подкормки водорастворимыми удобрениями: карбамидом или «Плантафолом» в соединении с микроудобрением «Брексил Микс».

Во всех вариантах опыта были сформированы семена, которые соответствовали требованиям Госстандарта по показателям всхожести.

**Выводы.** При выращивании полевицы тонкой сорта Юнона наиболее эффективной системой удобрения является проведение в фазу выхода в трубку внекорневой подкормки микроудобрением «Брексил Микс» (2 кг/га) в сочетании с карбамидом (5 кг/га) или «Плантафолом» (2 кг/га) на фоне основного удобрения (N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) весной, в начале отрастания семенных посевов. Это способствовало формированию максимальной продуктивности стеблестоя (1128–1127 шт./м<sup>2</sup>), количества семян (4994–4976 шт. на 10-ти стеблях), массы 1000 семян 0,14 г, уровень семенной продуктивности составил 560–561 кг/га, что на 37–33 кг/га выше в сравнении с фоном N<sub>60</sub> и на 295–283 кг/га выше в сравнении с делянками без удобрений.

#### Список использованных источников

- 1 Семеноводство и семенной контроль: науч. изд. / авт. предисл. Г. П. Жинова, К. А. Морозовой: [пер. с чеш.]. – М.: Колос, 1981. – 335 с.
- 2 Гаврилюк, М. М. Основы сучасного насінництва / М. М. Гаврилюк. – Київ: ННЦІАЕ, 2004. – 256 с.
- 3 Богородская, П. Б. Влияние сроков уборки на урожай семян злаковых трав / П. Б. Богородская, В. В. Павлинова // Сборник научных трудов БелНИИ мелиорации и водного хозяйства. – 1985. – № 33. – С. 121–127.
- 4 Довідник по виробництву насіння багаторічних трав / Б. С. Зінченко [та ін.]; за ред. Б. С. Зінченко. – Київ: Урожай, 1990. – 230 с.
- 5 Микитенко, А. П. Насінництво багаторічних трав / А. П. Микитенко, М. П. Половий. – Київ: Урожай, 1976. – 183 с.
- 6 Бабич, А. О. Методика проведення дослідів по кормовиробництву / за ред. А. О. Бабича. – Вінниця, 1994. – 87 с.
- 7 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- 8 Основы наукових досліджень в агрономії: підручник / В. О. Єщенко [та ін.]; за ред. В. О. Єщенка. – Київ: Дія, 2005. – 288 с.
- 9 Методические рекомендации по изучению исследований в семеноводстве многолетних трав. – М., 1986. – 36 с.
- 10 Переprawo, Н. И. Методика определения силы роста семян кормовых культур / Н. И. Переprawo, Н. И. Георгиади, Л. Н. Мельникова. – М: РГАУ – МСХА, 2012. – С. 10–25.

УДК 634.1.076

#### А. Н. Рыжаков

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

#### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЯБЛОК В РОССИИ

*Целью исследования является проведение анализа современного состояния производства яблок в России. В статье приведены статистические сведения о потреблении яблок, данные по структуре импорта и производству яблок, представлена информация о хозяйствах, занимающихся их выращиванием. Отмечено, что после сокращения площадей яблоневых садов в последние годы (более чем на 16 тыс. га) в 2015 г. сады были заложены на площади 5,77 тыс. га. Доля импорта составила 50 % или 1278,60 тыс. т, то есть Россия на сегодняшний день является крупнейшим импортером яблок в мире. Сложившаяся ситуация в связи с продуктовым эмбарго создала благоприятные условия для развития отечественного производства яблок, в том числе для закладки современных садов в орошаемых условиях, и способствовала привлечению государства к решению задач продовольственной безопасности.*

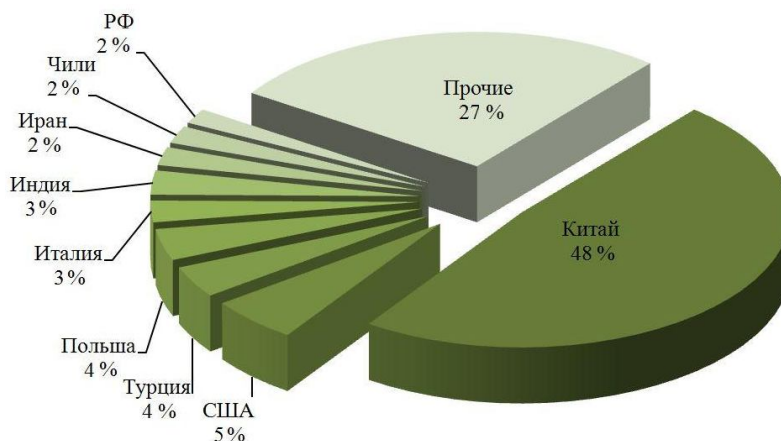
*Ключевые слова:* яблоки, урожайность, площадь яблоневых садов, сады интенсивного типа, адресная система орошения, плодово-ягодные насаждения, техническое яблоко, импортозамещение.

В России яблоко – самый популярный фрукт, составляющий более трети плодового рациона [1]. Яблоки являются естественным природным продуктом для климатической полосы России, ценным источником натрия, железа, калия, бора, богаты витамином С и показаны к потреблению Министерством здравоохранения РФ и Институтом питания Академии медицинских наук.

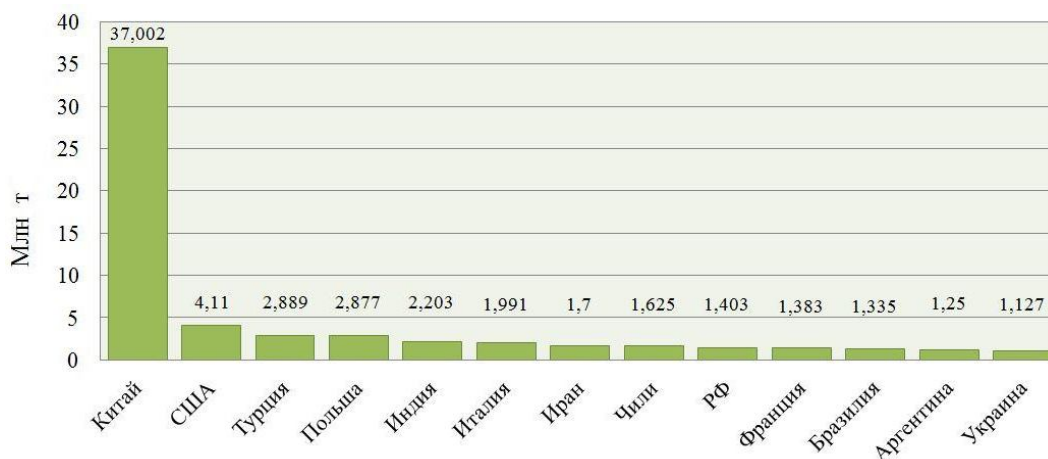
В июле 2014 г. Федеральная служба государственной статистики представила анализ рациона населения, в котором особенное внимание уделено потреблению свежих фруктов [2]. Около 70 % всех жителей России, по данным этого исследования, в среднем потребляют свежие фрукты, в том числе яблоки, каждый день или через день. Максимальная концентрация частого потребления фруктов наблюдается в крупных городах, а наиболее активной группой является молодежь. Однако именно городские жители потребляют меньше яблок, чем сельские, поскольку имеют большую возможность выбора. Свежие фрукты пользуются постоянным спросом и за счет того, что они очень популярны у молодежи. И этот спрос будет гарантированно удерживать положительную динамику в ближайшие 5–7 лет [3]. К тому же спрос на отечественные плоды растет и со стороны переработчиков, поскольку ведущие производители соков и детского питания редко вкладываются в собственную сырьевую базу.

Потребители, розничные торговцы, производители соков, фруктовых консервов и детского питания ощущают недостаток отечественных яблок. Однако, без проблем купить местные яблоки можно лишь в сезон урожая. Зимой отечественная продукция пропадает, и на рынке доминируют импортные яблоки. В России природно-климатические условия позволяют выращивать яблоки с минимальным применением пестицидов, на основании чего их можно отнести к экологическим продуктам с высоким содержанием биологически активных веществ. Наши плодородные почвы и умеренный климат позволяют полностью обеспечить Россию плодами и ягодами. Наша страна имеет возможность производить 5–7 млн т плодов в год [4]. Но ввиду ряда причин пока это осуществить невозможно.

Оценка рынка значительно затруднена отсутствием официальной статистики по производству свежих яблок. Согласно The World Apple and Pear Association (WAPA) [5], по состоянию на 2012 г. Россия занимала девятое место в рейтинге стран-производителей яблок, ее доля в общем производстве была чуть менее 2 % (рисунок 1), в то время как мировое производство яблок в 2012 г. составило 76,3 млн т. Первое место по объемам производства яблок занимал Китай (рисунок 2).

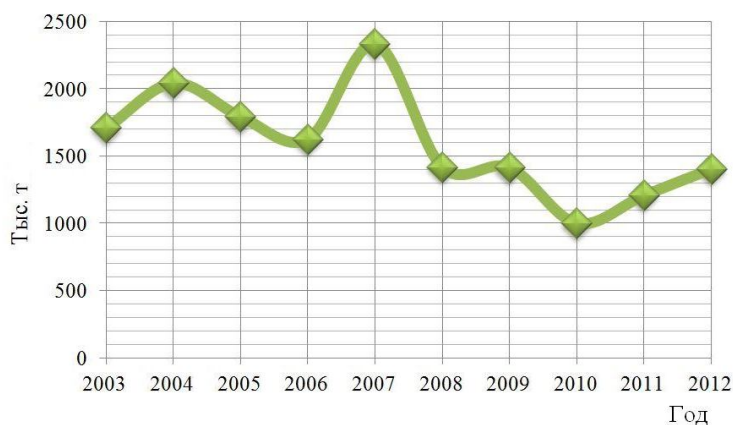


**Рисунок 1 – Доли стран в производстве яблок в 2012 году (натуральное выражение)**



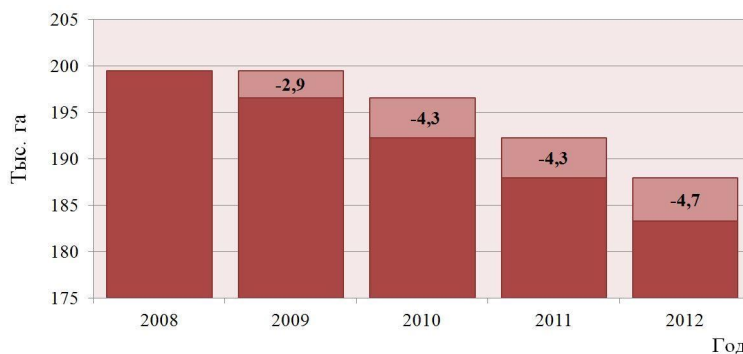
**Рисунок 2 – Передовые производители яблок**

В 2012 году по результатам сборов валовой урожай яблок в РФ составил 1403 тыс. т [5] (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Динамика производства яблок в РФ в 2003–2012 гг. по версии WAPA**

На протяжении многих лет в стране отмечается сокращение площадей плодовых насаждений. По итогам 2014 г. без учета присоединения Крыма и Севастополя площади уменьшились. В целом же благодаря новым территориям значение показателя выросло на 2,3 % от уровня 2013 г. [6]. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций [7] площадь яблоневых садов РФ в течение последних лет неукоснительно падала (рисунок 4). Сокращения площадей яблоневых садов за последние годы составило более чем 16 тыс. га.



**Рисунок 4 – Площадь яблоневых садов РФ согласно статистике ООН**

Очевидным фактом является то, что количество садов практически не увеличивается, поскольку садоводство считается отраслью с повышенными рисками. Климат в нашей стране капризный, поэтому требуются очень серьезные инвестиции. Суровая зима может привести к гибели не только будущего урожая, но и самих деревьев. В результате о возврате инвестиций не может быть и речи.

Повышение урожайности садоводства связано с закладкой интенсивных садов. Накопленный опыт возделывания современных интенсивных садов как в нашей стране, так и в Европе доказывает, что у этого типа сада при всех преимуществах есть два существенных недостатка – высокая стоимость закладки сада и высокая себестоимость получаемых плодов [3]. Для того чтобы заложить интенсивный сад, который будет производить не 6–7 т, а 40 т яблок с 1 га, необходимо вложить как минимум от 500 тыс. до 2 млн руб. на 1 га. При процентной ставке до 14–15 % по кредитам обслуживать их не способна ни одна отечественная сельскохозяйственная отрасль [1]. Еще одним важнейшим условием успешного развития отрасли садоводства является оснащенность современными холодильниками и применение прогрессивных технологий хранения. Существующие холодильники сильно изношены и морально устарели. В настоящее время обеспеченность отрасли садоводства в холодильных емкостях составляет менее 40 % [3]. Кроме того, вступление России в ВТО с открытием границ для беспешинного импорта яблок по демпинговым ценам поставило всю многолетнюю стратегию развития российского садоводства под вопрос.

Большинство крупнейших садоводческих хозяйств создавалось на базе совхозов. Многие посадки яблонь сегодня находятся приблизительно на том же уровне развития, что и в советские времена. Еще одной немаловажной проблемой является хранение фруктов и логистика. Поэтому нередко приходится сбывать товар по бросовым ценам. В результате чего за последние 20 лет количество плодопитомнических и плододческих хозяйств в России сократилось в десятки раз [1].

Яблоневые сады в России можно подразделить на два типа: садовые хозяйства, производящие, в основном товарное яблоко [3], и сады в возрасте от 25 до 40 лет [8]. Последние (их большинство) из-за нехватки средств сильно зависимы от погодных условий и производят в основном техническое яблоко, отправляемое на переработку. Вследствие чего их объем производства серьезно отличается от года к году.

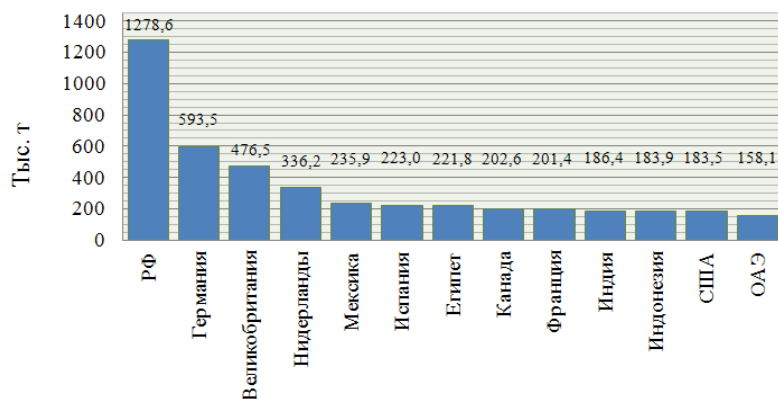
Лидирующие позиции по размерам площадей в региональном разрезе по семечковым культурам занимает Краснодарский край с долей 9,1 % [2]. В настоящий момент в Россию поставляют яблоки чуть более 100 компаний, заметных на рынке производителей, продажи которых измеряются тысячами тонн. Однако России нет в списке крупных экспортеров яблок.

Необходимо также отметить, что российский рынок характеризуется постоянно растущими требованиями к производителям, и цены на яблоки стабильно высоки, хотя динамика изменений по месяцам в разные годы различна.

Единственным позитивным фактором может стать поддержка, которую начинает оказывать государство вследствие возникшей ситуации с продуктовым эмбарго. С августа 2014 г. в России официально действует запрет на ввоз в течение года продуктов сельского хозяйства, готовой пищевой, молочной, мясной, рыбной продукции и иных товаров из США, Австралии, Канады, Евросоюза, Норвегии и других стран. В том числе под эмбарго попали импортные яблоки, которые занимают около 80 % рынка РФ [3]. Общий объем импорта в Россию сухофруктов, фруктов и орехов за 2013 г. составил 6 млн т на 6,1 млрд долл. [9]. Уже за период с января по сентябрь 2014 г. этот объем сократился почти на 10 % в натуральном (весовом) выражении, а что касается финансового снижения, то оно несколько ниже 9 %.

Россия является самым крупным импортером яблок в мире (1278,6 тыс. т). Из 52-х государств основная доля импорта приходится в основном на дальнее зарубе-

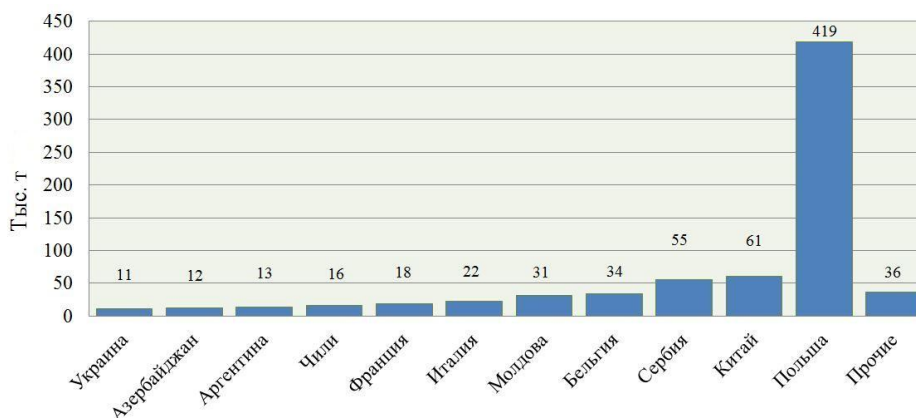
жье (93 %). Импорт яблок из стран Евросоюза составляет 59 %, из страны СНГ (70 тыс. т) – 7 % от всего импорта [9]. На рисунке 5 представлены статистические данные ООН [7], которые могут расходиться с данными федеральной статистики.



**Рисунок 5 – Передовые импортеры яблок**

Самым крупным поставщиком яблок для россиян всегда была Польша. По данным Федеральной таможенной службы, в 2013 г. одна только Польша импортировала в Россию около 705 тыс. т яблок общей стоимостью 390 млн долл., что составляет 55 % всего импорта яблок в весовом выражении. На второй позиции по объемам поставок яблок в Россию – Молдова, в 2013 г. объем импорта составил 14,2 %. Также активность проявили Турция и Белоруссия. Закрывает список основных партнеров Китай – всего около 9 % от объема в 2013 г.

Как только были озвучены первые санкции, уже в августе 2014 г. сокращение поставок яблок составило 24 % по отношению к августу 2013 г., а в сентябре 2014 г. отметка достигла 36 %. Налаженный коридор остался только с Китаем. Как только европейские производители потеряли российский рынок, диалог с РФ начали сербы (импорта яблок из Сербии возрос на 31 %), увеличили отгрузку Китай (85 тыс. т) и Украина. Ощутимо повысились поставки из Турции (почти на 26 %), Новой Зеландии (рост в 1,5 раза) и Аргентины (106 тыс. т) [3]. На рисунке 6 представлена структура импорта яблок в РФ на сентябрь 2014 г.



**Рисунок 6 – Структура импорта яблок в РФ на сентябрь 2014 г.**

Но после дальнейшего расширения перечня стран, попадающих под действие продуктового эмбарго, в Россию был прекращен ввоз яблок из Турции и Украины. Однако, несмотря на рыночные осложнения и изменение структуры импорта, Россия по-прежнему обеспечена свежими яблоками. При этом необходимо отметить, что сохраняется наиболее благоприятная ситуация для развития отечественного производства и переработки яблок внутри страны.

Наряду с внесением изменений в Государственную программу развития сельского хозяйства, которая рассчитана на 2013–2020 гг., Минсельхозом был разработан ряд мероприятий, направленных на повышение производства яблок (в общей программе развития садоводства). Всего на программу развития собственного отечественного производства садоводческой продукции выделено около 4 млрд руб., что обосновано потребностью в форсированном импортозамещении [3].

Разработанная государством поддержка сельского хозяйства в этой области предполагает погектарное субсидирование при закладке многолетних садов, а также ежегодные субсидии на уход за действующими садами [9].

Согласно оперативной информации Министерства сельского хозяйства общая емкость рынка семечковых плодов в России составила в этом году 3 млн т в фактическом показателе, из них доля импорта – 50 %. В первой половине 2015 г. в России многолетние насаждения были заложены на площади 5,77 тыс. га [3]. Но, несмотря на позитивные тенденции в сфере производства яблок, остаются проблемы в культуре садоводства (закладка новых садов производится на новых землях без лесополос и ветроломных посадок, что резко снижает зимостойкость садов) и неутрачивающий конфликт производителей и переработчиков.

За последние годы в РФ в связи с экономической ситуацией производство яблок (площади садов и урожай) постоянно сокращалось. Не улучшило ситуацию и вступление РФ в ВТО, поставив отечественных производителей в заведомо проигрышное положение по отношению к крупным экспортерам яблок на российский рынок. Но сформировавшаяся ситуация в связи с продуктовым эмбарго создала благоприятные условия для развития отечественного производства яблок, в том числе для закладки современных садов в орошаемых условиях, привлекая государство к решению задач продовольственной безопасности.

#### **Список использованных источников**

1 Евпланов, А. А. Импорт в Россию более чем втрое превышает собственное производство [Электронный ресурс] / А. А. Евпланов. – Режим доступа: <http://rg.ru/2012/07/31/yabloki.html>, 2012.

2 Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gks.ru>, 2015.

3 Импортозамещение: Промышленное выращивание яблок в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://moneymakerfactory.ru/biznesidei/importozameschenie-yablok>, 2014.

4 Муханин, И. В. Анализ рынка яблок в России и в мире [Электронный ресурс] / И. В. Муханин, С. А. Мордынский. – Режим доступа: <http://asprus.ru/blog/analiz-rynka-yablok-v-rossii-i-v-mire>, 2014.

5 The world apple and pear association: World data report [Resource electronic]. – Available at: <http://wapa-association.org>, 2015.

6 Закладка многолетних плодово-ягодных насаждений в 2015 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://idmarketing.ru/catalog/pischevaja\\_promyshlennost.htm](http://idmarketing.ru/catalog/pischevaja_promyshlennost.htm), 2015.

7 Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: Статистика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fao.org/statistics/ru/>, 2015.

8 Миронов, В. В. Производители яблок обвинили переработчиков в росте цен [Электронный ресурс] / В. В. Миронов. – Режим доступа: <http://rg.ru/2015/10/06/yabloki-site.html>, 2015.

9 Точиева, Л. Л. Рынок орехов и фруктов в России: импорт яблок в 2014 г. [Электронный ресурс] / Л. Л. Точиева. – Режим доступа: [http://id-marketing.ru/goods/rynok\\_orehov\\_i\\_phruktoy\\_v\\_rossii\\_import\\_yablok\\_v\\_2014\\_g.htm](http://id-marketing.ru/goods/rynok_orehov_i_phruktoy_v_rossii_import_yablok_v_2014_g.htm), 2014.



УДК 631.6:631.445.53:631.821.2

**С. А. Манжина**Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация**ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ АПК РЕГИОНА  
МИКРОУДОБРЕНИЯМИ ЗА СЧЕТ МЕСТНЫХ РЕСУРСОВ**

*Дефицит микроэлементов в почвах Ростовской области наблюдается практически с начала крупномасштабного освоения земель в интересах сельского хозяйства страны. Пополнение микроэлементов можно осуществлять за счет их получения из крупнотоннажных отходов, накопленных на территории региона. Особый интерес в качестве эффективного транспортировщика этих веществ в почвы представляет сернокислый мелиорант и сульфат аммония, в присутствии которых они имеют наилучшую растворимость и биодоступность при кинетически активных температурах окружающей среды.*

*Ключевые слова: микроудобрения, плодородие почв, микроэлемент, крупнотоннажные отходы, дефицит микроэлементов, цинкосодержащие отходы, марганецсодержащие отходы, медьсодержащие отходы.*

Удобрения являются быстродействующим и высокоэффективным средством роста урожайности и повышения плодородия почв: практика показывает, что не менее 40–50 % прироста урожаев складывается за счет удобрений в черноземных зонах страны и не менее 60–70 % – в нечерноземных [1]. Под влиянием удобрений улучшается качество продукции, повышается экономическая эффективность трудозатрат в растениеводстве, уменьшаются темпы деградации почв.

Немаловажное, а порой и лимитирующее значение среди питательных веществ почвы занимают так называемые микроэлементы. Еще со времен Советского Союза, когда сельское хозяйство страны и туковая промышленность были куда лучше скооперированы, чем в текущий период, почвы, вовлеченные в сельскохозяйственный оборот, испытывали дефицит по микроэлементам [2–5]. Не улучшилось их состояние и в настоящее время. Так, по данным ВПНО «Союзсельхозхимия» и ЦИНАО, агрохимическое обследование почв в количестве 18 млн га на содержание микроэлементов выявило, что во внесении цинковых удобрений нуждалось порядка 78 % обследованных пахотных земель на территории бывшего СССР, медных – 67 %, марганцевых – 91 %, молибденовых – 87 % [4, 6]. При этом было обнаружено, что высокий дефицит меди отмечается в торфяно-болотных почвах; молибдена – кислых дерново-подзолистых и серых лесных; бора – дерново-подзолистых и красноземах; марганца, железа, цинка – карбонатных почвах. Наибольший эффект от применения молибденовых, медных и борных удобрений был получен в Северо-Западном, Центральном и Волго-Вятском районах; цинковых, марганцевых и кобальтовых удобрений – в ряде районов Сибири и Северного Кавказа [4].

В ряде работ [7, 8] подчеркивается, что недостаток микроэлементов может служить барьером для получения стабильно высоких урожаев, влиять на виталитет растений и процессы азотного обмена, понижать эффект от применения основных минеральных удобрений (уменьшение КПД около 10–12 %). Большинство микроэлементов являются активными катализаторами, ускоряющими целый ряд биохимических процессов. При этом выявлен синергический эффект от их применения, то есть совместное влияние микроэлементов значительно усиливает их каталитические свойства [8–11]. Это относится и к использованию макроудобрений совместно с микроэлементами.

В Ростовской области Цимлянской государственной станцией агрохимической службы (ФГУ ГСАС «Цимлянская») было обследовано 10 юго-восточных районов об-

ласти на содержание микроэлементов: цинка, меди и марганца [6]. В процессе почвенного мониторинга (более чем за 40-летний период наблюдений) агрохимической службой установлено уменьшение запасов гумуса во всех зонах области, питательных веществ и микроэлементов [12, 13]. Выявлено, что из 1518,6 тыс. га земель на 1515,6 тыс. га содержалось цинка менее 2 мг/кг почвы, это является крайне низким показателем, и всего 3 тыс. га имело среднее содержание цинка (от 2 до 5 мг/кг почвы). Таким образом, в десяти крупных районах юго-востока Ростовской области наблюдается острый недостаток цинка как микроэлемента [6].

К сожалению, анализируя ряд обстоятельств, характеризующих современный уровень развития тукового производства у нас в стране, вектор направленности его интересов, финансовое состояние аграрного комплекса и другие сопутствующие показатели, мы пришли к выводу, что рассчитывать на резкое увеличение централизованных поставок удобрений в ближайшей перспективе не приходится.

В свою очередь, в Ростовской области, например, есть необходимые сырьевые ресурсы, которые можно использовать для получения удобрительных микроэлементов.

Возьмем в качестве примера такой востребованный на почвах области микроэлемент, как цинк. В традиционно применяемом для его получения сырье – цинковом концентрате и флотационном колчедане (п. 1, 2, таблица 1) – основным цинксодержащим минералом является сфалерит (ZnS). Месторождений указанных руд в Ростовской области не обнаружено, а флотационный колчедан (сырье для производства серной кислоты) является привозным. Однако на территории страны есть производства, в которых образуются цинксодержащие отходы, мало востребованные при товарной переработке (п. 3–9, таблица 1). Из представленных в таблице цинксодержащих отходов по эколого-санитарным соображениям следует исключить те, которые содержат относительно большое количество опасного тяжелого металла – свинца (п. 4, 5, таблица 1), а также по экономическим соображениям те, которые образуются за пределами Ростовской области (п. 6–9, таблица 1). Из оставшихся наибольший интерес представляет, по нашему мнению, доменная пыль (п. 3, таблица 1), которая образуется на металлургическом предприятии «Азовсталь» [14] и содержит относительно большое количество цинка (в пересчете на его оксид ZnO – более 17 %).

Помимо этого предприятия на территории Ростовской области имеются и другие «источники образования» цинксодержащих отходов, однако не столь масштабные. Так, в ЗАО «Тагмет» (г. Таганрог), которое является крупнейшим производителем стальных труб в России, образуются отходы цинка (участок цинкования трубосварочного цеха, участок горячего цинкования труб, травильные растворы участка цинкования, шлаки мартеновского производства) [15–17].

Теперь остановимся на другом немаловажном для плодородия почв микроэлементе – марганце. Марганец в природе встречается только в связанном виде, в земной коре его содержится 0,09 %. Марганецсодержащие минералы весьма многочисленны (около 150), но лишь немногие из них представляют промышленный интерес [1, 18]. Для промышленности основным источником марганца являются оксидные марганцевые руды осадочного происхождения.

Ранее (во времена существования СССР) марганецсодержащие руды добывали на Чиатурском (Грузия) и Никопольском (Украина) месторождениях (таблица 2) [19]. В настоящее время в свете современной геополитической ситуации не всегда имеется возможность беспрепятственно взаимодействовать с соседними государствами для удовлетворения собственных экономических интересов, поэтому стратегически важно иметь и осваивать собственные альтернативные источники марганца.

**Таблица 1 – Состав цинксодержащих отходов [14]**

Источник образования отходов		Массовая доля компонентов, %									
Производство	Отход	Zn	Fe	Cu	Pb	S	Cd	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1 Обжиг пиритного концентрата	Пиритный огарок	1,00–5,00	41,00–59,00	0,10–2,50	0,05–1,00	1,50–6,50	-	-	-	-	-
2 Обжиг флотационного колчедана	Огарок	0,7–0,8	47,0–55,0	0,6–1,4	0,0–0,2	0,5–1,5	7,0–10,0·10 <sup>-4</sup>	18,0–24,0	-	-	-
3 Доменный процесс (черная металлургия)	Доменная пыль	13,8	25,1	-	-	-	-	8,9	6,0	-	4,8
4 Медеплавильный процесс	Пыль из печей	26,0–31,0	0,2–0,5	1,0–1,5	25,0–30,0	-	0,7–0,8	-	-	-	-
5 Плавильное производство свинцово-цинкового предприятия; очистка газов мингпечей, вельцпечей	Пыль и возгоны	60,0–64,0	-	-	11,0–15,0	0,5	0,5–1,0	-	-	-	-
6 Горячее оцинкование металла на предприятиях черной металлургии	Цинковая изгарь	75,00	0,60	0,01	-	0,06	-	0,30	-	-	0,65
7 Производство искусственного волокна	Шлам	60,000–67,500	1,800–2,200	0,008	-	2,000–9,000	-	9,600–20,000	0,300	0,250	-
8 Производство аммиака	Отработанные поглотители серосодержащих соединений (ГИАП-10)	62–73	-	-	-	10–20	-	-	-	-	-
9 Производство гидросульфита натрия	Шлам	61,50–75,00	0,03–0,05	2,80–6,80	-	4,80	-	-	-	-	-

**Таблица 2 – Химический состав марганецсодержащих руд, концентратов и отходов [19–22]**

Сырье	Содержание, % (массовая доля)								
	MnO	MnO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O
Руда	11,8	63,1	1,5	10,9	1,9	-	0,9	0,4	5,1
Концентрат	18,8	62,4	1,3	6,9	1,4	-	1,1	0,3	5,5
Пероксидные руды	1,5	82,2	1,2	6,4	1,7	-	1,2	0,5	1,9
Шлаки:									
- фосфатные завода «Азовсталь»;	2,8	6,5	18,7	19,2	28,0	14,1	2,1	8,2	-
- отвальные Запорожского завода ферросплавов;	4,3	13,4	0,2	27,8	43,8	3,8	3,6	0,3	-
- гранулированные Никопольского завода ферросплавов	5,4	15,5	3,8	45,0	15,0	4,6	5,8	0,6	-
Шламы:									
- Никопольского и Зестафонского заводов;	23,2	3,2	2,4	16,0	7,0	2,0	4,1	0,5	-
- ферросплавов от обогащения марганцевых руд	3,1	21,5	4,0	59,6	3,1	1,9	3,6	0,5	-

Сравнивая альтернативы, нами был сделан вывод, что в качестве источника марганца в интересах АПК Ростовской области или других потребителей целесообразно рассматривать так называемые фосфшлаки завода «Азовсталь». Эти отходы содержат в своем составе не только марганец, но и железо, магний, фосфор, а также CaO, последний считается хорошим химическим мелиорантом для ряда засоленных почв [8, 10]. Особый интерес представляет то, что все эти элементы могут быть выщелочены посредством серной кислоты, преобразуясь в подвижные и биодоступные формы – сульфаты. Насыщенная ими серная кислота в дальнейшем может использоваться либо в качестве самостоятельного мелиоранта (в разбавленном виде до концентраций 0,8–1,0 %), либо в качестве компонента для получения удобрительных смесей или азотно-серного удобрения, например, сульфата аммония.

Еще один микроэлемент – медь. Большие количества медьсодержащих отходов образуются на предприятиях следующих отраслей промышленности: электротехнической – 16,2 %, автомобильной – 7,2 %, черной металлургии – 6,7 %, железнодорожного транспорта – 4,9 %, цветной металлургии – 3,9 %, судостроительной промышленности – 3,9 %. Состав основных видов медьсодержащих отходов приведен в таблице 3.

**Таблица 3 – Составы основных видов медьсодержащих отходов [14, 23]**

Производство	Источник образования отходов		Массовая доля меди в отходе, %
	Отход	Массовая доля отхода в общем балансе, %	
1	2	3	4
1 Производство проката	Шлак	1,7	4,8
2 Производство литья и сплавов на медной основе	Шлак	2,8	8,2
3 Металлообработка проката	Обрез и кусковые отходы	13,6	7,4
	Стружка после обработки сплава	17,7	16,6

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
4 Металлообработка фасонного литья	Стружка после обработки литейных сплавов	14,4	0,5
5 Производство кабельной продукции	Обрез проволоки	8,0	23,3
6 Амортизационный лом	Из литейных сплавов	14,7	0,5
	Из деформируемых сплавов	17,4	12,2
	Кабельной продукции	9,2	26,5
7 Производство серной кислоты	Пиритный огарок обжига флотационного колчедана	70,0–78,0*	0,6–1,4
* – в зависимости от содержания серы в сухом колчедане.			

Наиболее часто используемым медьсодержащим удобрением в нашей стране являются пиритные огарки, что объясняется их доступностью и большими объемами. В 1 т сухого огарка содержание меди может достигать почти 20 кг. Для производства комбинированных удобрений используется и сульфат меди, точнее, медный купорос  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Последний применяют не только для обогащения почв, но и для предпосевной обработки семян [8, 10].

В пиритном огарке значительная часть меди присутствует в виде оксидов:  $\text{CuO}$  и  $\text{Cu}_2\text{O}$ . В воде эти оксиды практически нерастворимы, зато хорошо растворимы в растворах серной кислоты, что играет существенную роль в случае сочетания огарков с сернокислотным мелиорантом или гидролитически кислой сульфатной солью  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – рекомендуемым для почв Ростовской области азотно-серным удобрением.

При растворении оксидов меди в серной кислоте образуется пентагидрат сульфата меди  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , который хорошо растворяется в воде: при температуре 0 °С – 12,9 %; 20 °С – 17,4 %; 55 °С – 26,9 %; 100 °С – 42,4 % [24, 25]. В присутствии серной кислоты его растворимость снижается, но в разбавленных растворах она остается достаточно высокой при температурах, характерных для почв во время внесения удобрения. Более того, оценивая растворимость пентагидрат сульфата меди при кинетически активных для растений температурах, можно предполагать его пролонгированное действие в качестве микроудобрения.

В рамках Ростовской области крупным резервом сырья для производства солей меди, перспективных в качестве микроэлементов, являются огарки от обжига колчедана на сернокислотных заводах. В старых огарках от сжигания рядового колчедана содержится до 1,4 % меди в виде  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_3$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{CuFeS}_2$ , которые имеются, например, на соответствующем заводе в г. Каменске.

В процессе исследования основных статистических данных получены следующие результаты:

- в качестве источника для микроудобрения цинка можно использовать отходы металлургических предприятий (доменная пыль), а также производства стальных труб. Их основной Zn-содержащий компонент – оксид цинка, который является наиболее благоприятной по биодоступности формой;

- на фоне отсутствия в области месторождений марганецсодержащих руд источником указанного микроэлемента являются фосфатшлаки, образуемые на предприятиях ферросплавов, в частности заводе «Азовсталь»;

- для получения меди могут служить пиритные огарки сернокислотного производства (г. Каменск-Шахтинский), медный лом и отходы меди, образующиеся на промышленных предприятиях;

- более эффективно производить внесение этих микроэлементов в составе серно-кислотного мелиоранта (в случае почв с признаками содового засоления) или в сочетании с удобрением сульфат аммония для черноземов и каштановых почв области.

#### **Список использованных источников**

1 О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы: Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 (с изменениями и дополнениями) // Гарант Эксперт [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

2 Агрохимия: учеб. пособие / под ред. П. М. Смирнова, А. В. Петербургского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1975. – 512 с.

3 Орлов, Д. С. Химия почв: учеб. пособие / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во Моск. унта, 1985. – 376 с.

4 Анспок, П. И. Микроудобрения: справочник / П. И. Анспок. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.

5 Пейве, Я. В. Агрохимия и биохимия микроэлементов: избранные труды / Я. В. Пейве. – М.: Колос, 1980. – 281 с.

6 Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв / ЦИНАО РАСХН. – М., 2001. – 25 с.

7 Федюшкин, Б. Ф. Минеральные удобрения с микроэлементами: технология и применение. – Л., 1989. – 205 с.

8 Микроэлементы в сельском хозяйстве / С. Ю. Булыгин [и др.]; под ред. С. Ю. Булыгина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Днепропетровск, 2007. – 99 с.

9 Химическая энциклопедия: в 5 т. Т. 1/ редкол.: И. Л. Кнунянц [и др.] – М.: Сов. энцикл., 1988. – 623 с.

10 Минеев, В. Г. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, КолосС, 2004. – 720 с.

11 Кидин, В. В. Система удобрений / В. В. Кидин. – М.: РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 535 с.

12 Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013–2020 гг.): в 3 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс] / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области. – Режим доступа: [http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSZEM/Sistema\\_zemled\\_do\\_2020\\_1.docx](http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSZEM/Sistema_zemled_do_2020_1.docx).

13 Современные проблемы почвенного покрова Ростовской области [Электронный ресурс] / Ростовский референтный центр Россельхознадзора. – Режим доступа: [http://referent61.ru/2015-god-mezhdunarodnyy-god-pochv/sovremennye-problemy-pochvennogo-pokrova-rostovskoy-oblasti\\_14-05-2015SQLJ/](http://referent61.ru/2015-god-mezhdunarodnyy-god-pochv/sovremennye-problemy-pochvennogo-pokrova-rostovskoy-oblasti_14-05-2015SQLJ/).

14 Лайко, А. В. Ресурсы, технологии и экологические аспекты применения местных удобрений и мелиорантов (на примере Ростовской области): монография / А. В. Лайко, С. А. Манжина, В. В. Денисов. Новочерк. высш. воен. команд. училище связи (воен. ин-т). – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2009. – 154 с.

15 Худяков, И. Ф. Металлургия вторичных тяжелых металлов: учеб. пособие / И. Ф. Худяков, А. П. Дорошкевич, А. П. Карелов. – М.: Metallurgia, 1987. – 526 с.

16 О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2006 году: экологический вестник Дона / под общ. ред. С. Н. Назарова, В. М. Остроуховой, М. В. Паращенко. – Ростов н/Д., 2007. – 300 с.

17 О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2004 году: экологический вестник Дона / под общ. ред. С. Н. Назарова, В. М. Остроуховой, М. В. Паращенко. – Ростов н/Д., 2005. – 298 с.

18 О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2005 году: экологический вестник Дона / под общ. ред. С. Н. Назарова, В. М. Остроуховой, М. В. Паращенко. – Ростов н/Д., 2006. – 350 с.

19 Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 581 с.

20 Лаврухина, А. К. Аналитическая химия марганца / А. К. Лаврухина, Л. В. Юкина. – М.: Наука, 1974. – 219 с.

21 Худяков, И. Ф. Металлургия вторичных тяжелых металлов: учеб. пособие / И. Ф. Худяков, А. П. Дорошкевич, А. П. Карелов. – М.: Metallurgy, 1987. – 526 с.

22 Салли, А. Н. Марганец / А. Н. Сали: [пер. с англ.]; под ред. М. Л. Бронштейна. – М.: Гос. НТИ литературы по черной и цветной металлургии, 1952. – 296 с.

23 Амелин, А. Г. Технология серной кислоты / А. Г. Амелин. – М.: Химия, 1971. – 496 с.

24 Живописцев, В. П. Аналитическая химия / В. П. Живописцев, Е. А. Селезнева. – М.: Наука, 1975. – 198 с.

25 Позин, М. Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот) / М. Е. Позин. – М.: Химия, 1970. – 792 с.

УДК 631.347

**С. Н. Рыжко, О. В. Карпова, С. А. Хорин, Н. Ф. Рыжко**

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

### **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ДОЖДЕВАНИЯ ДЛЯ ДМ «ФРЕГАТ» И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

*Разработана новая дождевальная насадка с дефлектором «обратный конус», которая способствует значительному улучшению агротехнических и функциональных показателей работы устройств приповерхностного дождевания (УПД) для ДМ «Фрегат». Предлагаются новые конструкции УПД, которые позволят облегчить регулирование высоты установки дождевателей; снизить материалоемкость и стоимость устройства; упростить процесс их изготовления на основе применения более дешевых и долговечных материалов, не подверженных коррозии (напорный рукав, полипропиленовые, полиэтиленовые или полихлорвиниловые трубы); повысить надежность работы; обеспечить полный слив оросительной воды с УПД в зимний период, исключая его разрушение.*

*Ключевые слова: дождевальная машина «Фрегат», устройство приповерхностного дождевания, дефлекторная насадка, потери воды на испарение и снос, равномерность полива.*

Дождевальная машина «Фрегат» является наиболее распространенной в мелиоративном комплексе страны и имеет ряд значительных преимуществ. В то же время многочисленные исследования работы многоопорных ДМ «Фрегат» показали, что потери воды на испарение и снос ветром в среднем составляют 10–15 %, а в дневные часы могут достигать 20–30 % и более [1, 2]. Значительные потери воды обусловлены большой высотой подъема дождевого облака при поливе среднеструйными дождевальными аппаратами (до 4–8 м над поверхностью почвы) и сносом дождя при ветре.

Исследования работы ДМ «Фрегат» выявили, что равномерность полива при ветре низкая (коэффициент эффективного полива уменьшается с 0,70 до 0,53–0,45), что также вызвано большой высотой подъема струй и их сносом при ветре [3].

Дождевательные аппараты в конце трубопровода ДМ «Фрегат» формируют дождевое облако с большой, средней и действительной интенсивностью дождя (0,6–0,8 и 2,6–3,0 мм/мин соответственно), диаметр капель в конце струи увеличивается до 2,5–3,5 мм. Такой дождь оказывает значительное энергетическое воздействие на почву, разрушая и уплотняя ее верхний слой, и не позволяет выдавать оптимальные поливные нормы без стока [4].

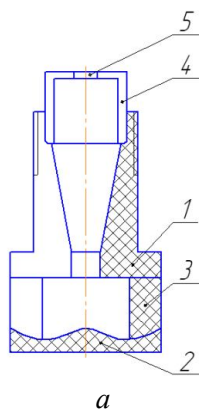
Для снижения потерь воды на испарение и снос, повышения равномерности полива при ветре и уменьшения энергетического воздействия дождя на почву на дождевальных машинах российского и иностранного производства применяют устройства приповерхностного дождевания (УПД), которые позволяют снизить высоту установки дождевателей относительно трубопровода машины.

Исследованиями установлено, что известные УПД российского производства недостаточно надежны в работе (в зимний период при отсутствии слива воды из насадки возможны разрывы чугунных угольников), сложны в изготовлении, трудоемки при монтаже и регулировке, имеют значительную стоимость и требуют совершенствования. Дождевальная насадка должна обеспечивать слив воды после полива.

При обосновании конструкции дождевальной насадки для ДМ «Фрегат» учитывались следующие требования: обеспечение качественного распыла дождя в большом диапазоне расхода воды (0,1–3,8 л/с); возможность регулировки насадки на требуемый расход воды на стадии изготовления; простота конструкции, изготовления и невысокая стоимость (отсутствие цветных материалов).

На основании изложенного выше разработана дождевальная насадка кругового полива с дефлектором «обратный конус» (рисунок 1, а), состоящая из корпуса 1 с коническим дефлектором 2, который выполнен в виде обратного конуса. Дефлектор 2 установлен на двух ножках 3.

Для настройки дождевальной насадки на требуемый расход воды и качественный распыл в корпус 1 под натягом устанавливается дюза 4 с калиброванным отверстием 5. В нижней части корпуса насадки выполнена коническая резьба, которая позволяет монтировать насадку в муфту устройства приповерхностного полива. При работе дождевальной насадки вода проходит через сопло и попадает на конус, где равномерно распределяется. Струя вначале движется вниз, а затем благодаря обратному конусу разворачивается на  $110^\circ$  и сходит вверх под углом  $20^\circ$  к горизонту.



**Рисунок 1 – Дождевальная насадка кругового полива с дефлектором «обратный конус»**

Дождевальная насадка с дефлектором «обратный конус» внедрена на модернизированных УПД типа «сборная штанга» и «сборный свисающий рукав» (рисунок 2). При этом обеспечивается полный слив оросительной воды, высота регулирования дождевателя увеличивается с 0,6 до 2,5 м, и при поливе насадкой не создается или минимизируется реактивный момент от выходящей струи. Это позволяет применять на УПД не только стальные, но и более дешевые и не подверженные коррозии материалы – напорный рукав, полихлорвиниловые, полиэтиленовые или полипропиленовые трубы (рисунок 2, б).

Для обеспечения вертикального положения УПД, на которых в качестве водовода используется мягкий материал (напорный рукав или полихлорвиниловая труба), дождевальные насадки снабжены грузом (рисунок 1, б). Металлический круг наворачива-



ется на дефлектор насадки. Исследования показали, что при расходе воды 0,1–0,8 л/с (диаметр сопла 2,5–6,0 мм) вес груза должен составлять порядка 0,2 кг, а при расходе воды 0,9–2,1 л/с (диаметр сопла 7,0–10,0 мм) – порядка 0,3 кг.

При монтаже «сборной штанги» или «сборного свисающего рукава» на открылке обеспечивается разнос дождевателей, при этом увеличивается ширина захвата дождем, и снижается его средняя интенсивность. Регулировка высоты расположения дефлекторных насадок осуществляется за счет съема нижних частей трубы или рукава.

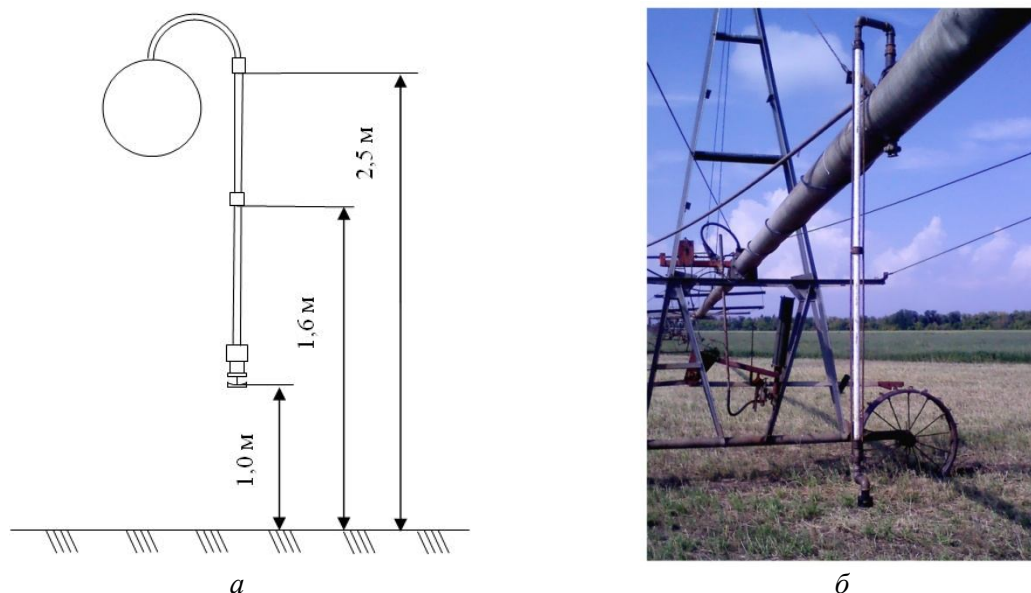


Рисунок 2 – УПД типа «сборная штанга» и «сборный свисающий рукав»

Таким образом, применение дождевальных насадок с дефлектором «обратный конус» позволяет значительно улучшить функциональные свойства модернизированных УПД, а именно: гарантировать полный слив оросительной воды с УПД и исключить его размораживание; применять более дешевые и долговечные материалы, не подверженные коррозии (напорный рукав, полипропиленовые, полиэтиленовые или полихлорвиниловые трубы); снизить материалоемкость и стоимость УПД; упростить процесс изготовления и регулирования высоты установки дождевателей; повысить надежность его работы; обеспечить разнос дождевателей относительно трубопровода машины.

Результаты исследований показывают, что величина потерь воды на испарение и снос ( $E_{ис}$ ) возрастает с увеличением высоты подъема капель дождя над почвой ( $h$ ), частоты вращения аппарата ( $n$ ), а также уменьшается с повышением средней и мгновенной интенсивности дождя ( $\rho_c, \rho_m$ ) и крупности капель дождя ( $d_k$ ). Коэффициент  $K_\alpha$ , учитывающий изменение величины испарения и сноса дождя в зависимости от величины угла  $\alpha$  между трубопроводом машины и направлением ветра для различных дождевальных машин рассчитывается по формулам:

- для дождевальных машин типа «Фрегат», «Волжанка» и «Днепр»:

$$K_\alpha = 1 - 0,009(90 - \alpha); \quad (1)$$

- для ДДА-100МА:

$$K_\alpha = 1 - 0,0017(90 - \alpha). \quad (2)$$

Обработкой опытных данных на ПК нами получено уравнение для расчета величины испарения и сноса дождя ( $E_{ис}$ ) при дождевании одиночным дождевальным аппаратом, дефлекторной насадкой или машиной:

$$E_{ис} = 1,22 \frac{h^{0,6} (n+1)^{0,08}}{d_k^{0,6} \rho_c^{0,2} \rho_m^{0,1}} \left[ T \left( 1 - \frac{\varphi}{100} \right) (V_B + 1) \right]^{0,5} K_\alpha, \quad (3)$$

где  $h$  – высота подъема капель дождя над почвой, м;

$n$  – частота вращения аппарата, об/мин;

$d_k$  – средний диаметр капель, мм;

$\rho_c, \rho_m$  – средняя и мгновенная интенсивность дождя, мм/мин;

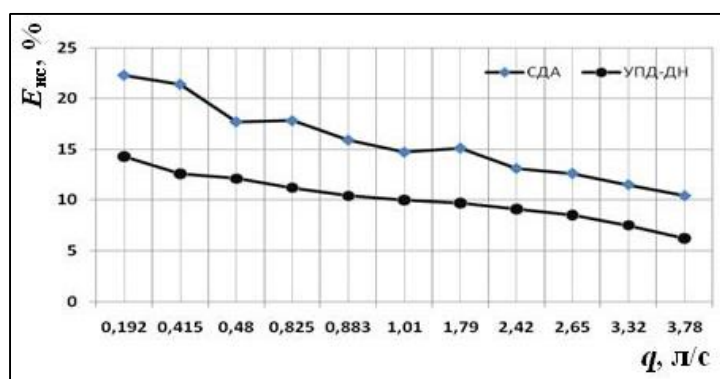
$T$  – температура воздуха, град;

$\varphi$  – относительная влажность воздуха, %;

$V_B$  – скорость ветра, м/с,

$K_\alpha$  – коэффициент, учитывающий изменение величины испарения и сноса дождя в зависимости от величины угла  $\alpha$  между трубопроводом машины и направлением ветра [формулы (1) или (2)].

Исследования показывают, что при средних климатических показателях для Саратовской области ( $T = 17,4$  °С,  $\varphi = 59$  %,  $V_B = 3,8$  м/с) величина потерь воды на испарение и снос ( $E_{ис}$ ) серийных аппаратов изменяется вдоль трубопровода в пределах 10,4–22,3 % (рисунок 3), а для УПД с дефлекторными насадками (УПД-ДН) она уменьшается до 6,0–14,3 % (или в 1,5–1,8 раза).



**Рисунок 3 – Величина испарения и сноса дождя ( $E_{ис}$ ) вдоль трубопровода ДМ «Фрегат» с серийными (СДА) и УПД с дефлекторными насадками (УПД-ДН) при средних показателях напряженности климата**

Снижение величины потерь воды при поливе ДМ «Фрегат» с УПД обусловлено уменьшением высоты подъема и сноса дождевого облака, а также оптимизацией факела распыла дефлекторных насадок.

**Выводы.** Разработана дождевальная насадка с дефлектором «обратный конус», она улучшает агротехнические показатели полива, обеспечивает слив оросительной воды с УПД и не создает реактивный момент при поливе. Это дает возможность при изготовлении УПД использовать более дешевые и долговечные материалы, не подверженные коррозии (напорный рукав, полипропиленовые, полиэтиленовые или полихлорвиниловые трубы).

Модернизированные УПД позволяют снизить их материалоемкость и стоимость, упростить процесс изготовления и регулирования высоты установки дождевателей, повысить надежность работы УПД и обеспечивают разнос дождевателей относительно трубопровода машин для снижения интенсивности дождя.

#### Список использованных источников

1 Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин: монография / Н. Ф. Рыжко. – Саратов: СГАУ, 2009. – 176 с.

2 Слюсаренко, В. В. Новые технические решения для модернизации дождевальных машин «Фрегат» и результаты их внедрения / В. В. Слюсаренко, Н. Ф. Рыжко // Известия Самарского ГАУ. – 2011. – № 3. – С. 16–20.

3 Нагорный, В. А. Повышение эффективности полива ДМ «Фрегат» при использовании новых дождеобразующих устройств / В. А. Нагорный, Н. Ф. Рыжко // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2009. – № 2. – С. 54–56.

4 Рыжко, Н. Ф. Применение дефлекторных насадок и дождевальных аппаратов из полимерных материалов на ДМ «Фрегат» и «Волжанка» / Н. Ф. Рыжко, В. Л. Угнавый, Н. В. Рыжко // Проблемы мелиорации и пути их решения: сб. науч. тр. / ГУ «ВолжНИИГиМ». – М., 2001. – Кн. 1. – С. 142–147.

УДК 631.11:631.6.02

**Э. А. Гаевая, А. Е. Мищенко**

Донской научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Рассвет,  
Российская Федерация

### **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ЭРОЗИОННО ОПАСНЫХ СКЛОНАХ**

*Целью настоящей работы явилось изучение путей усовершенствования агротехнологии возделывания интенсивных сортов яровых и озимых колосовых культур за счет использования ресурсосберегающей обработки почвы в качестве основной. Исследования проводили в многофакторном стационарном опыте по изучению севооборотов различной конструкции и обработки почвы, заложенном в 1986 г. Все исследуемые варианты полностью развернуты во времени и на площади, опыт заложен в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до 3,5–4,0° с полосным размещением культур и чистого пара в трехкратном повторении. Изучены четыре системы основной обработки почвы: чизельная обработка, комбинированная обработка, поверхностная и отвальная вспашка в трех пятипольных севооборотах различной конструкции. В результате проведенных исследований было выявлено, что основная обработка почвы под озимые и яровые культуры при значительной экономии ресурсов позволяет накопить и сохранить достаточное количество доступной влаги по предшественнику чистый пар, необходимой для посева и дружных всходов в засушливый год. Наибольшее количество продуктивной влаги по чистому пару в слое почвы 0–150 см накапливается в варианте чизельной обработки почвы (до 152,4 мм). В вариантах с мелкой обработкой почвы влаги содержалось на 6–8 % меньше, чем с глубокой. Экономия горючесмазочных материалов до 27,5% при незначительном снижении урожайности позволяет мелкие обработки почвы (поверхностную и комбинированную) использовать как альтернативный вид основной обработки под зерновые колосовые культуры.*

*Ключевые слова: доступная влага, урожайность, озимая пшеница, яровой ячмень, экономия топлива, ресурсосбережение.*

Основная обработка почвы – это наиболее дорогостоящая технологическая операция, поэтому ресурсосбережение в земледелии целесообразно в таких энергозатратных операциях. Наряду с чисто агрономическим содержанием этой технологической операции в последние десятилетия в значительной степени ей присущ и иной смысл – экономический. Поскольку обработка почвы является наиболее затратной частью технологии возделывания сельскохозяйственных культур она, безусловно, должна быть оптимизирована. Основная задача, решаемая с помощью обработки почвы, состоит в создании оптимальных условий для возделывания сельскохозяйственных культур. Рациональная система обработки почвы в севооборотах способствует сохранению и повышению уровня почвенного плодородия, обеспечивает оптимальный водный и пищевой режимы, улучшает аэрацию и тепловые свойства почвы [1–2].

Освоение ландшафтных систем земледелия на большей части территории южных регионов необходимо, прежде всего, в связи с тем, что эрозионные процессы негативно сказываются на уровне почвенного плодородия, значительно снижают производство земледельческой продукции. Недобор продукции земледелия даже в относительно умеренные по проявлению эрозионных процессов годы составляет в южных регионах не менее 3 млн т (в пересчете на зерновые единицы). Деграляция почв в настоящее время является одной из важнейших социально-экономических проблем, которая создает угрозу экологической, экономической и в целом национальной безопасности России. Наибольший ущерб почвам нашей страны наносят водная и ветровая эрозия, деградация. По данным государственного учета, общая площадь эродированных, дефлированных, эрозионно и дефляционно опасных сельскохозяйственных угодий составляла 130,0 млн га, в том числе пашни – 84,8 млн га, пастбища – 28,7 млн га. В целом по стране в составе эродированных сельскохозяйственных угодий средне- и сильноэродированные земли занимают около 26,0 %, из них пашни – 14,9 %, сенокосы – 1,2 % и пастбища – 9,3 %. Наиболее сильно подвержены эрозии и дефляции сельскохозяйственные угодья в Северо-Кавказском (92–98 %), Уральском (59–67 %) округах, Центрально-Черноземном (53–56 %) регионе. Поэтому обработка почвы должна выполнять не только функцию подготовки почвы к посеву, но и почвозащитную, а также энергосберегающую функции [3–5].

Цель исследований – изучение путей усовершенствования агротехнологии возделывания интенсивных сортов яровых и озимых колосовых культур за счет использования ресурсосберегающей обработки почвы в качестве основной.

Исследования проводили в многофакторном стационарном опыте по изучению севооборотов различной конструкции и обработки почвы, заложенном в 1986 г. Все исследуемые варианты полностью развернуты во времени и на площади, опыт заложен в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до 3,5–4,0° с полосным размещением культур и чистого пара в трехкратном повторении. Почвы опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый, на лессовидном суглинке. Мощность почвенного горизонта: А – 25–30 см, А + Б – от 30 до 50 см (в зависимости от смывости). Среднее годовое количество осадков – 492 мм, средняя годовая температура – плюс 8,8 °С (минимальная – минус 41 °С, максимальная – плюс 40 °С). Сумма активных температур 3200–3400 °С, безморозный период составляет 175–180 дней. Исследовали четыре системы основной обработки почвы: чизельная обработка (Ч), комбинированная обработка (К), поверхностная (П) и отвальная вспашка (О) в трех пятипольных севооборотах разной конструкции:

- севооборот «А» – 20 % – чистый пар, 60 % колосовых, 20 % пропашных и 0 % многолетних трав;

- севооборот «Б» – 10 % – чистый пар, 50 % колосовых и зернобобовых, 20 % пропашных и 20 % многолетних трав;

- севооборот «В» – 0 % – чистый пар, 40 % колосовых, 20 % пропашных и 40 % многолетних трав.

Система удобрений и защиты растений согласно принятой для зоны.

Одной из главных операций технологического комплекса возделывания зерновых культур в севооборотах засушливой зоны южных регионов является обработка почвы. Установлено, что рациональная обработка почвы в значительной мере способствует сохранению и улучшению ее водно-физических качеств. Наиболее благоприятное сложение обрабатываемого слоя почвы обеспечивает оптимальный водный и питательный режимы, необходимые для получения высоких урожаев (таблица 1).

Накопление влаги в основном достигается за счет оптимального соотношения капиллярных и некапиллярных промежутков в структуре почвы. В условиях недостаточной влагообеспеченности оно должно составлять 2,5 : 1,0 при достаточном увлажнении (до 80–85 % НПВ), некапиллярная скважность – 13–15 % объема почвы [6].

**Таблица 1 – Запас продуктивной влаги ко времени посева озимой пшеницы после пара и непарового предшественника, 2009–2015 гг.**

В мм

Обработка почвы в севообороте	Предшественник озимой пшеницы			
	Пар чистый		Кукуруза на силос	
	0–30 см	0–150 см	0–30 см	0–150 см
Чизельная	39,9	152,4	17,3	46,1
Комбинированная	34,2	140,0	14,2	41,4
Поверхностная	35,2	142,9	13,9	44,6
Отвальная вспашка	38,4	147,5	15,7	37,6

Наибольшее количество продуктивной влаги накапливается в пару к моменту посева озимой пшеницы, для получения дружных всходов в посевном слое должно содержаться 20–22 мм. За время холодного периода в слое 1,5 м накапливается от 140,0 до 152,4 мм продуктивной влаги, этого достаточно для формирования растений на начальном этапе роста и развития как яровых, так и озимых культур.

В наших исследованиях наибольший запас продуктивной влаги чистого пара в слое почвы 0–150 см содержался в варианте чизельной обработки почвы, в остальных вариантах – на 6–8 % меньше. Непаровые предшественники не обеспечивают к началу сева озимой пшеницы достаточного запаса влаги для дружных всходов. Озимую пшеницу в опыте возделывали после пара и после кукурузы на силос. Удобрения вносили 100 кг д. в. на 1 га севооборотной площади. Все изучаемые способы обработки почвы проводили под предшествующую культуру или пар, непосредственно под культуру – поверхностную обработку, что отразилось на урожайности озимой пшеницы (таблица 2).

**Таблица 2 – Урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя в зависимости от обработки почвы, 2009–2015 гг.**

В ц/га

Севооборот, предшественник	Способ обработки			
	чизельная	комбинированная	поверхностная	отвальная
Озимая пшеница по предшественнику чистый пар	54,7	53,3	52,3	55,6
Озимая пшеница по предшественнику кукуруза на силос	39,3	38,7	37,7	39,8
Яровой ячмень по предшественнику озимая пшеница	29,4	28,8	29,2	30,1

Примечание – НСР<sub>05</sub> по озимой пшенице в зависимости от способа обработки почвы – 1,2 ц/га; НСР<sub>05</sub> по яровому ячменю в зависимости от способа обработки почвы – 0,3 ц/га.

Наибольшая урожайность озимой пшеницы была отмечена при отвальной обработке по всем предшественникам. В среднем несколько меньшая урожайность была получена при чизельной обработке. При исследуемых нами поверхностных обработках (комбинированная и обработка дисковыми боронами) в сравнении с отвальной обработкой урожайность составила на 2–3 ц/га меньше. Выращивание озимой пшеницы по непаровым предшественникам (кукурузе на силос) снижало урожайность на 27–28 % по сравнению с урожайностью озимой пшеницы, возделываемой по предшественнику чистый пар. Наибольшая урожайность была достигнута в вариантах с глубокими обработками почвы: чизельной и отвальной. Использование поверхностной обработки почвы в качестве основной привело к снижению урожайности озимой пшеницы на 1–2 ц/га.

Аналогичная зависимость была отмечена и при возделывании ярового ячменя. Ячмень, являясь яровой культурой, высевался весной, а обработки почвы закладывали

осенью непосредственно под культуру. Валовая урожайность ярового ячменя составляла 28,8–30,1 ц/га. Наибольшая урожайность была получена в вариантах при чизельной и отвальной обработке почвы. Урожайность ярового ячменя, как и озимой пшеницы, при мелких поверхностных обработках была незначительно ниже (на 2–4 %), чем в варианте с глубокими обработками почвы.

Наибольшая часть затрат энергии от общего объема для возделывания различных культур приходится на выполнение технологических операций по основной обработке почвы и зависит от ее глубины. Так, затраты на вспашку под яровые культуры составляют 51,4 % от всех затрат на возделывание культуры, под пропашные – 54,8 %, на комбинированную и поверхностную обработку – 49,0–52,5 %, остальные затраты приходятся на уходные работы и уборку. Из приведенных данных видно, что наиболее энергозатратный процесс – это основная обработка почвы, поэтому главный резерв экономии ресурсов – в уменьшении ее глубины.

В таблице 3 показана экономия топлива при различных способах основной обработки почвы по сравнению с отвальной вспашкой. Наибольшая экономия (до 25,7 %) отмечена при поверхностной обработке под ранние яровые.

**Таблица 3 – Экономия топлива при различных способах обработки почвы**

Группа культур	Способ обработки почвы	Экономия топлива, %
Чистый пар, пропашные	Чизельная	15,5
	Комбинированная	20,5
	Поверхностная	23,0
	Отвальная	-
Ранние яровые	Чизельная	7,2
	Комбинированная	23,4
	Поверхностная	25,7
	Отвальная	-
Примечание – за контроль приняты затраты ГСМ при отвальной обработке.		

В севообороте глубокое рыхление (вспашка или какой-либо вид безотвальной обработки) оказывает влияние на характер формирования и урожайность последующих культур, что снижает необходимость ежегодной глубокой обработки. К тому же зерновые колосовые культуры, составляющие половину и более севооборотной площади, к глубокому рыхлению менее требовательны, чем пропашные.

Всесторонняя оценка энергосберегающей обработки почвы показывает, что она сводится, прежде всего, к устранению излишних технологических операций и оптимизации (по количеству и параметрам) обработок, совершенно необходимых для сохранения уровня почвенного плодородия и урожайности, что в целом позитивно сказывается на продуктивности севооборота.

Таким образом, основная обработка почвы под озимые и яровые культуры при значительной экономии ресурсов позволяет накопить и сохранить достаточное количество доступной влаги по предшественнику чистый пар, необходимой для посева и дружных всходов в засушливый год. Наибольшее количество продуктивной влаги (до 152,4 мм) по чистому пару в слое почвы 0–150 см накапливается в варианте чизельной обработки почвы. В вариантах с мелкими обработками почвы влаги в ней содержалось на 6–8 % меньше, чем при глубокой обработке. Экономия горюче-смазочных материалов (до 27,5 %) при незначительном снижении урожайности позволяет мелкие обработки почвы (поверхностную и комбинированную) использовать как альтернативный вид основной обработки под зерновые колосовые культуры.

#### Список использованных источников

1 Листопадов, И. Н. Севообороты южных регионов / И. Н. Листопадов. – Ростов н/Д., 2005. – 276 с.

2 Гаевая, Э. А. Водопроницаемость почв эрозионно опасных земель Приазовской зоны Ростовской области / Э. А. Гаевая, С. А. Тарадин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4(43). – С. 19–23.

3 Современное сельскохозяйственное землепользование в России: состояние, проблемы и перспективы // Программа сотрудничества ЕС – Россия (ТАСИС). – Москва, 2007. – 254 с.

4 Кочетов, И. С. Влияние почвозащитных приемов обработки на динамику, состав органического вещества почвы и формирование урожая сельскохозяйственных культур / И. С. Кочетов, А. И. Белолобцев, С. И. Чебаненко // Доклады РАСХН: науч.-теор. междунар. журн. – 2000. – № 3. – С. 24–26.

5 Игнатъев, Д. С. Обработка почвы на эрозионно опасных склонах / Д. С. Игнатъев, Э. А. Гаевая // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 12(79). – С. 13–14.

6 Шульмейстер, К. Г. Избранные труды: в 2 т. / К. Г. Шульмейстер. – Волгоград: Комитет по печати, 1995. – 456 с.

УДК 631.03:635.64:631.6(477.72)

**Н. П. Косенко, В. В. Малышев**

Институт орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук Украины, Херсон, Украина

### **ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ РАСТЕНИЙ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ ЮГА УКРАИНЫ**

*Целью исследований является оптимизация технологии выращивания маточных корнеплодов свеклы столовой при капельном орошении в южном регионе Украины. Методы исследования – системный анализ, анализ и обобщение результатов многолетних полевых опытов. В результате исследований установлено, что в среднем за три года наиболее высокие показатели суммарного водопотребления ( $4053 \text{ м}^3/\text{га}$ ) получены на участках, засеянных в третьей декаде июня, что на 12,6 % больше, чем при посеве в июле. При внесении расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность корнеплодов  $50 \text{ т}/\text{га}$  коэффициент водопотребления уменьшился на 27,0 % по сравнению с неудобренным контролем ( $98 \text{ м}^3/\text{т}$ ). Минимальный коэффициент водопотребления при выращивании корнеплодов свеклы столовой ( $71 \text{ м}^3/\text{т}$ ) и наибольшая урожайность ( $55,9 \text{ т}/\text{га}$ ) получены при посеве в третьей декаде июня, внесении минеральных удобрений и густоте стояния растений  $400 \text{ тыс. шт.}/\text{га}$ .*

*Ключевые слова: свекла столовая, капельное орошение, поливная норма, суммарное водопотребление, коэффициент водопотребления.*

**Введение.** Климат южной степи Украины характеризуется значительными ресурсами тепла и недостаточным увлажнением. Среднегодовая температура воздуха колеблется в пределах  $9,8\text{--}11,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , наиболее жаркого месяца июля –  $22,0\text{--}24,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , максимальная –  $38,0\text{--}41,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . В среднем за год выпадает  $350\text{--}400 \text{ мм}$  атмосферных осадков, из них треть годовой нормы – в летний период. За период с марта по октябрь наблюдается в среднем 45 суховейных дней, за лето – 23 дня. Гидротермический коэффициент составляет  $0,6\text{--}0,7$  [1]. Поэтому орошение степных земель является важным фактором получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. В степи сосредоточено  $1837,5 \text{ тыс. га}$  (или  $87,2 \%$ ) орошаемых земель Украины [2]. Изучение процесса водопотребления сельскохозяйственных культур в конкретных почвенно-климатических условиях дает возможность влиять на улучшение их роста и развития, не допуская негативного воздействия на растения в результате недостатка или избытка влаги, и разработать приемы по борьбе с непродуктивными ее расходами [3]. Ю. И. Сологуб приводит данные, согласно которым водопотребление свеклы столовой при оптимальном

водоснабжении составляет 4000–5500 м<sup>3</sup>/га. Для обеспечения оптимального водного режима почвы для свеклы в зоне юга Украины в сухой год необходимо не менее 7–8 поливов дождеванием [4]. Исследования в условиях Алтайского края показали, что для формирования урожая 50 т/га требуется 3455–4306 м<sup>3</sup>/га воды [5]. При выращивании свеклы столовой на светло-каштановых почвах Волгоградской области значение суммарного водопотребления составило 7245–7726 м<sup>3</sup>/га при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 80–70–60 % НВ в слое почвы 0,3 м. Значительная часть в структуре водного баланса вегетационного периода столовой свеклы приходилась на оросительную воду (в среднем от 73 до 84 %). Доля участия запасов почвенной влаги в суммарном водопотреблении составляла от 2 до 9 %, атмосферных осадков – 14–15 % общего расхода воды растениями [6]. Величина коэффициента водопотребления свеклы зависит от плодородия почвы: при низком обеспечении элементами питания – 100 м<sup>3</sup>/га, при высоком – 80 м<sup>3</sup>/га [7]. По мнению многих авторов, для повышения урожайности необходимо создавать более благоприятные условия для роста и развития растений (уровень агротехники, внесение удобрений, оптимальная густота стояния растений), при этом уменьшается расход воды растениями на образование единицы продукции [2, 4, 7].

Существенное влияние на водопотребление оказывают сроки посева и густота стояния растений. Коэффициенты водопотребления растений свеклы в зависимости от сроков посева в 2008 г. составили 61,3–81,2 м<sup>3</sup>/т, 2009 г. – 53,9–88,2 м<sup>3</sup>/т и в очень засушливом 2010 г. – 149,3–262,1 м<sup>3</sup>/т корнеплодов. С увеличением густоты стояния растений столовой свеклы в очень засушливых условиях происходит снижение продуктивной влаги в метровом слое почвы независимо от сроков посева от 220,2 до 179,3 м<sup>3</sup>/га. Во влажные годы коэффициент водопотребления увеличивается соответственно от 63,3 до 77,2 м<sup>3</sup>/га [8].

В условиях Волгоградской области при использовании капельного орошения на делянках с постоянным режимом орошения столовой свеклы сорта Египетская плоская 75 % НВ в мало- и острозасушливые годы проводили 34–116 поливов, поливная норма – 48–134 м<sup>3</sup>/га, оросительная норма с уменьшением количества выпадающих осадков возрастала от 4154 до 5568 м<sup>3</sup>/га. Использование небольших поливных норм (50–130 м<sup>3</sup>/га) при применении системы капельного полива устраняет угрозу появления водной эрозии почв, засоления, заболачивания [9]. При выращивании свеклы столовой для зимнего хранения в условиях юга Украины семена высевают с середины июня до середины июля. По средним многолетним данным сумма эффективных температур за период вегетации растений является достаточной для формирования высоких урожаев корнеплодов при орошении [10].

Цель исследований – оптимизация технологии выращивания маточных корнеплодов свеклы столовой при капельном орошении юга Украины.

**Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели в 2012–2014 гг. проводили полевые исследования на типичной для южной степи Украины темно-каштановой среднесуглинистой слабосолонцеватой почве в зоне Ингулецкой орошаемой системы. Содержание гумуса в пахотном горизонте (0–30 см) составляет 2,3 %, гидролизруемого азота – 20 мг, подвижного фосфора – 44 мг, обменного калия – 280 мг на 1 кг абсолютно сухой почвы. Место проведения исследований – опытное поле лаборатории овощеводства Института орошаемого земледелия НААН Украины (Херсонская область). Основными методами исследований являются системный анализ, анализ и обобщение результатов многолетних полевых опытов. Изучение влияния разных сроков посева, доз внесения удобрений и густоты стояния растений на урожайность, товарность, выход маточных корнеплодов свеклы столовой осуществляли путем постановки трехфакторного полевого опыта по схеме: фактор А – срок посева: 1) третья декада июня, 2) первая декада июля; фактор В – доза внесения удобрений: 1) без удобрений (контроль), 2) расчетная доза на урожайность корнеплодов 50 т/га; фактор С – гус-



тота стояния растений: 1) 400 тыс. шт./га, 2) 500 тыс. шт./га. Опыт заложен методом расщепленных делянок. Расчетная доза внесения удобрений в 2012 г. составила  $N_{150}P_{75}K_{60}$ , 2013 г. –  $N_{120}P_{90}K_{60}$ , 2014 г. –  $N_{120}P_{80}K_{80}$ . Повторность опыта четырехкратная, общая площадь делянки – 14 м<sup>2</sup>, учетная – 10 м<sup>2</sup>. Схема посева – 30 + 30 + 30 + 50 см. Систему капельного полива монтировали одновременно с посевом. Поливы проводили при снижении влажности почвы до 75 % НВ в слое почвы 0–30 см. Минеральные удобрения в вариантах опыта вносили: под осеннюю вспашку, перед посевом и в подкормки методом фертигации. В качестве азотного удобрения использовали аммиачную селитру ( $N_{34,4}$ ), перед посевом – нитрофоску ( $N_{14}P_{14}K_{14}$ ), для фертигации – Poly-feed drip ( $N_{20}P_{20}K_{20} + Mg + \text{микроэлементы}$ ) и ( $N_9P_{10}K_{38} + \text{микроэлементы}$ ).

В задачи научно-исследовательской работы входило определение суммарного водопотребления и коэффициента водопотребления растений свеклы столовой сорта Бордо Харьковская.

**Результаты и обсуждение.** В годы с различной естественной влагообеспеченностью дефицит влаги восполнялся проведением различного количества поливов, от чего изменялась и величина оросительной нормы. За вегетацию растений в 2012 г. оросительная норма при первом и втором сроках сева составляла соответственно 2010 и 1920 м<sup>3</sup>/га; 2013 г. – 2230 и 2050 м<sup>3</sup>/га; 2014 г. – 2610 и 2400 м<sup>3</sup>/га. На делянках опыта для поддержания заданного режима увлажнения при посеве в июне было проведено 14–20 поливов. При посеве в первой декаде июля – 15–19 поливов, поливная норма – 100–140 м<sup>3</sup>/га.

Урожайность маточных корнеплодов в 2012 г. составляла 36,5–63,2 т/га, 2013 г. – 21,9–48,9 т/га, 2014 г. – 29,8–55,6 т/га, в среднем за годы исследований – 29,4–55,9 т/га (таблица 1).

**Таблица 1 – Урожайность маточных корнеплодов в зависимости от сроков посева, внесения удобрений и густоты стояния растений, 2012–2014 гг.**

Срок посева (фактор А)	Внесение минеральных удобрений (фактор В)	Густота стояния растений, тыс. шт./га (фактор С)	Урожайность маточных корнеплодов, т/га			
			2012 г.	2013 г.	2014 г.	2012– 2014 гг.
Третья декада июня	Без удобрений (контроль)	400	51,2	38,5	40,5	43,3
		500	46,8	34,9	37,2	39,6
	Расчетная доза	400	63,2	48,9	55,6	55,9
		500	59,7	43,2	47,6	50,2
Первая декада июля	Без удобрений	400	41,5	24,8	33,6	33,3
		500	36,5	21,9	29,8	29,4
	Расчетная доза	400	56,8	36,1	41,2	44,7
		500	51,6	31,8	37,8	40,4
НСР <sub>05</sub> частных различий по фактору А			3,6	8,5	8,5	
НСР <sub>05</sub> частных различий по фактору В			5,8	8,4	8,4	
НСР <sub>05</sub> частных различий по фактору С			3,3	3,3	3,3	
НСР <sub>05</sub> главных эффектов по фактору А			1,5	3,4	3,4	
НСР <sub>05</sub> главных эффектов по фактору В			2,9	4,3	4,3	
НСР <sub>05</sub> главных эффектов по фактору С			2,2	2,6	2,6	

В среднем за годы исследований суммарное водопотребление за вегетацию растений (120 сут) при июньском севе колебалось в пределах 3741–4250 м<sup>3</sup>/га, при июльском (110 сут) – 3350–3725 м<sup>3</sup>/га. Наибольшую долю участия в суммарном водопотреблении составляла оросительная норма от 52,5 до 64,4 %. Наименьшая доля участия в суммарном водопотреблении приходилась на почвенную влагу. Участие эффектив-

ных осадков в водопотреблении зависело от сроков посева: при июньском сроке – 1625 м<sup>3</sup>/га (40,1 %), при июльском – 1344 м<sup>3</sup>/га (37,3 %).

Одним из главных показателей, который свидетельствует об эффективности использования влаги, является коэффициент водопотребления, на который оказывают влияние сроки посева. При июньском посеве на всех фонах питания и густоте выращивания растений коэффициент водопотребления был наименьшим – от 71 до 97 м<sup>3</sup>/т, при позднем сроке посева этот показатель увеличивается до 76–109 м<sup>3</sup>/т. Внесение минеральных удобрений снижает коэффициент водопотребления при июньском посеве на 23,8 %, при июльском – на 30 % по сравнению с контролем (без удобрений). На величину коэффициента водопотребления влияла и густота стояния растений свеклы столовой. При увеличении густоты от 400 до 500 тыс. шт./га в вариантах без удобрений этот показатель повышался, а на делянках с внесением удобрения – снижался. В среднем по опыту коэффициент водопотребления при густоте 400 тыс. шт./га составляет 83 м<sup>3</sup>/т, при 500 тыс. шт./га – 91 м<sup>3</sup>/т. Минимальный коэффициент водопотребления (71 м<sup>3</sup>/т) и максимальная урожайность корнеплодов (55,9 т/га) получены при посеве в третьей декаде июня, внесении минеральных удобрений и густоте стояния растений 400 тыс. шт./га. Максимальный коэффициент водопотребления (109 м<sup>3</sup>/т) и наименьшая урожайность (29,4 т/га) отмечены при июльском посеве, без внесения удобрений и густоте 500 тыс. шт./га.

**Выводы.** На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что наиболее высокие показатели суммарного водопотребления (4053 м<sup>3</sup>/га) получены на участках, засеянных в третьей декаде июня, что на 12,6 % больше, чем при посеве в июле. При внесении расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 50 т/га коэффициент водопотребления уменьшался на 27,0 % по сравнению с неудобренным контролем (98 м<sup>3</sup>/т). Минимальный коэффициент водопотребления при выращивании корнеплодов свеклы столовой (71 м<sup>3</sup>/т) и максимальная урожайность корнеплодов (55,9 т/га) получены при посеве в третьей декаде июня, внесении минеральных удобрений и густоте выращивания растений 400 тыс. шт./га.

#### Список использованных источников

- 1 Бабіченко, В. М. Клімат України / В. М. Бабіченко, В. А. Дячук. – Київ: УНДГІ, 2003. – 564 с.
- 2 Ушкаренко, В. О. Теоретичне обґрунтування еколого-агроекологічного моніторингу зрошуваних земель / В. О. Ушкаренко, В. В. Морозов // Перспективні напрями розвитку водного господарства, будівництва та землеустрою: матеріали міжнарод. науч.-практ. конф. – Херсон: ЛТ-Оффіс, 2016. – С. 28–31.
- 3 Пугач, О. В. Водоспоживання сільськогосподарських культур на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся / О. В. Пугач, О. П. Пугач // Вісник Львівського НАУ. Серія Агрономія. – № 14. – 2010. – С. 253–259.
- 4 Сологуб, Ю. И. Краснобокая красавица – столовая свекла / Ю. И. Сологуб, С. В. Овчарик, Д. А. Ермоленко // Овощи и фрукты. – 2010. – № 2. – С. 18–23.
- 5 Макарычев, С. В. Влияние режимов орошения на водопотребление свеклы столовой в условиях Алтайского Приобья / С. В. Макарычев, Н. И. Зайкова // Вестник Алтайского ГАУ. – 2014. – Вып. 1(111). – С. 24–29.
- 6 Степанова, Н. Е. Водопотребление посевами столовой свеклы / Н. Е. Степанова // Современная аграрная наука: сб. науч. тр. I международ. науч.-практ. конф., г. Нижний Новгород, 5 мая 2015 г. – Н. Новгород: Профессиональная наука. – 2015. – С. 116–119.
- 7 Высочкина, Л. И. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур за счет накопления влаги в почве / Л. И. Высочкина, Т. Н. Высочкина // Технические науки – от теории к практике: материалы XXXVIII международ. науч.-практ. конф. – № 9(34). – Новосибирск: СибАК, 2014. – С. 93–99.

8 Абрамов, А. Г. Формирование маточных корнеплодов столовой свеклы в зависимости от сроков посева и густоты насаждений / А. Г. Абрамов // Вестник Казанского ГАУ. – 2014. – № 1(31). – С. 84–87.

9 Коваленко, И. А. Поливной режим столовой свеклы и кабачка при капельном орошении в условиях Волго-Донского междуречья / И. А. Коваленко, В. В. Осинкин // Инновационные технологии мелиорации земель сельскохозяйственного назначения: межвуз. сб. тр. молодых ученых / Новочерк. инж.-мелиор. ин-т ДГАУ.– Новочеркасск: Лик, 2014. – С. 4–8.

10 Дыдив, И. Особенности выращивания столовой свеклы в летний период / И. Дыдив, О. Дыдив, А. Дыдив // Овощеводство: укр. журн. для профессионалов. – 2013. – № 8. – С. 23–24.

УДК 631.674.6:633.49:631.5 (477.72)

**Г. С. Балашова, С. Н. Юзюк**

Институт орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук Украины, Херсон, Украина

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ**

*Целью исследований являлось изучение влияния основных элементов технологического процесса выращивания картофеля при капельном орошении в условиях юга Украины. Схема опыта предусматривала анализ разных условий увлажнения (расчетных слоев почвы 0–20; 0–40; 0–60 см) и способов внесения минеральных удобрений в действующем веществе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  расчетной дозой на получение 35 т/га клубней (локально при посадке и с поливной водой). Во время вегетации поддерживали предполивную влажность почвы на уровне 80–80–70 % НВ дифференцированно по периодам роста и развития растений: посадка – бутонизация, бутонизация – цветение, цветение – отмирание ботвы. Максимальную продуктивность (35,8 т/га) обеспечило локальное внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  при посадке с увлажнением расчетного слоя почвы 0–60 см. При этом себестоимость единицы продукции составила 1345 тыс. грн./т, рентабельность производства – 160,3 %. Коэффициент водопотребления был минимальным и составил 97,8 м<sup>3</sup>/т. Уменьшение расчетного слоя до 0–20 см привело к сокращению урожайности в среднем по фактору на 4,1 т/га (или 12,6 %) по сравнению со слоем 0–60 см. Это произошло в связи со снижением массы товарного клубня соответственно на 11,2 и 6,3 % по сравнению со слоем почвы 0–60 и 0–40 см. Использование удобрений обеспечивает в среднем по фактору существенную прибавку урожая – 8,5 т/га (или 25,9 %) по сравнению с неудобренным фоном, на котором урожай формировался за счет получения клубней меньшей массы (110,6 г против 138,9 г). По способам внесения удобрений урожайность клубней составляла в среднем по годам 31,6–33,9 т/га, эффективность использования удобрений – 30,0–39,6 %.*

*Ключевые слова: картофель, капельное орошение, расчетный слой почвы, способы внесения удобрений, продуктивность.*

**Введение.** Изменение климата на юге Украины за последние 24 года показало, что в сравнении с предыдущим 30-летним периодом (1961–1990 гг.), по данным Херсонской агрометеорологической станции, среднесуточная температура воздуха повысилась на 0,8 °С при уменьшении среднегодового количества осадков на 19,4 мм. Общеизвестно, что основным лимитирующим фактором в формировании оптимальных урожаев сельскохозяйственных культур, в частности картофеля, в южном регионе является естественная влагообеспеченность. Существующий дефицит влаги необходимо компенсировать за счет искусственного увлажнения – орошения. Среди известных спо-

собов полива (дождевание, поверхностный полив, микроорошение) наибольшую перспективу применения при выращивании картофеля имеет капельное орошение, которое обеспечивает наивысшую окупаемость поливной воды и более высокую урожайность [1]. В Украине этап промышленного использования систем капельного орошения (СКО) для полива овощных культур в открытом грунте начался в 1997 г. С этого времени площади овощных культур, которые орошают с помощью СКО, значительно расширились: если в 2000 г. их насчитывалось 3 тыс. га, то в 2010 г. – более 33 тыс. га. Такая тенденция свидетельствует об известных преимуществах локальных способов полива перед традиционными [2].

Южная степь Украины является значительным производителем картофеля, который в условиях выращивания при орошении является одной из самых рентабельных культур региона [3]. В последние годы площади картофеля в степи увеличиваются: если в 1986–1990 гг. они составляли 15 %, то в 2006–2015 гг. – до 24 % от общей площади под картофелем в Украине. Выращивание картофеля в степной зоне усложняется тем, что создаются жесткие условия вегетации растений: высокие температуры воздуха и почвы, частые суховеи, незначительные и неравномерные осадки. Поскольку юг Украины резко отличается по природно-климатическим условиям от регионов традиционного картофелеводства, здесь требуют теоретической и практической проверки большинство научных разработок, осуществленных в условиях, которые отвечают биологическим особенностям растений картофеля [4]. Вопрос возможного использования капельного орошения для выращивания картофеля биологической спелости на юге Украины мало изучен. В настоящее время около 70 % капельного орошения сконцентрировано именно на юге, поскольку эффективность его использования здесь является наивысшей. В частности, в Херсонской области по состоянию на 2014 г. под капельным орошением находилось 34,55 тыс. га (45,8 % от общей площади, используемой под капельное орошение на Украине) [5]. В настоящий момент этот способ применяют в основном при выращивании фруктов, винограда, овощей и ягод, но существует перспектива широкого распространения СКО и в отрасли картофелеводства.

**Материалы и методы.** Полевые, лабораторные и аналитические исследования выполнялись в течение 2013–2015 гг. в Институте орошаемого земледелия НААН Украины, расположенном на правом берегу р. Днепр в зоне Ингулецкой оросительной системы.

Почва опытного участка – темно-каштановая остаточо-солонцеватая средне-суглинистая, гранулометрический состав с содержанием физической глины 40,6 %. Основная почвообразующая порода – среднесуглинистый лесс, обогащенный гипсом и известью, залегающей на глубине 2,5–3,5 м. Хорошо развитый горизонт карбонатного иллювия находится на глубине 64–90 см.

Объект исследований – технологический процесс выращивания картофеля при капельном орошении в условиях южной степи Украины.

Предмет исследований – закономерности водного и питательного режимов почвы; показатели роста, развития растений и формирования урожая картофеля весенней посадки в зависимости от элементов технологии полива и способов внесения удобрений.

Методы исследований – полевой, лабораторный, математически-статистический, расчетно-сравнительный.

Опыт закладывался методом расщепленных делянок. Сорт Кобза. Делянки первого порядка имели общую площадь 98 м<sup>2</sup>, учетную – 49 м<sup>2</sup>, второго – 14 и 7 м<sup>2</sup>, четырехрядковые. Повторность четырехкратная. Площадь питания 70 × 25 см.

Исследования проводились в соответствии с общепринятыми методиками (Б. А. Доспехова, М. М. Горянского, В. С. Куценко, А. А. Осипчука, А. А. Подгаецкого, Р. А. Вожегова, Ю. О. Лавриненко, М. П. Малярчука, В. О. Ушкаренко, С. П. Голобородько, С. В. Коковихина) [6–10].

Принятый режим орошения – 80–80–70 % НВ, дифференцированно по периодам роста и развития растений:

- всходы – бутонизация;
- бутонизация – цветение;
- цветение – отмирание ботвы.

Фертигация проводилась до фазы цветения.

Схема опыта предусматривала изучение увлажнения разных расчетных слоев почвы (0–20; 0–40; 0–60 см) и способов внесения удобрений (локально при посадке и внесение с поливной водой  $N_{60}P_{60}K_{60}$  расчетной дозой на получение 35 т/га клубней).

**Результаты исследований.** Картофель требователен к влажности почвы и воздуха, что, в первую очередь, связано с формированием большой надземной массы и относительно слабым развитием корневой системы. Современное представление о требовательности картофеля к влаге следующее: эта культура принадлежит к тем, которые негативно реагируют на недостаток легкодоступной влаги в почве практически в течение всей вегетации. Однако наибольший вред наносит дефицит влаги в период формирования клубней [11–13]. При увлажнении слоя почвы 0–60 см в 2013 и 2014 гг. было проведено по 10 поливов, в 2015 г. – 9 поливов, оросительная норма составила в среднем 1908 м<sup>3</sup>/га. Снижение расчетного слоя почвы до 0–40 см привело к увеличению количества поливов (13, 13, 10 шт. соответственно), оросительная норма уменьшилась на 69 м<sup>3</sup>/га. Снижение слоя почвы до 0–20 см привело к существенному уменьшению оросительной нормы (на 313 и 244 м<sup>3</sup>/га) и увеличению количества поливов (17, 21 и 13 шт.) (таблица 1).

Суммарное водопотребление в среднем за 2013–2015 гг. формировалось в зависимости от увлажнения расчетного слоя почвы: 3534, 3466, 3222 м<sup>3</sup>/га соответственно для 0–60; 0–40 и 0–20 см.

**Таблица 1 – Поливной режим картофеля в зависимости от глубины увлажнения почвы, 2013–2015 гг.**

Увлажнение почвы, расчетный слой, см	Количество поливов, шт.	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
0–60	10; 10; 9	1908
0–40	13; 13; 10	1839
0–20	17; 21; 13	1595

На эффективность использования влаги указывает коэффициент водопотребления. При поддержании влажности почвы по периодам роста и развития растений картофеля 80–80–70 % НВ на каждую тонну клубней тратилось от 97,8 м<sup>3</sup> влаги (из них 52,6 м<sup>3</sup> поливной воды) до 141,2 м<sup>3</sup> (из них 76,2 м<sup>3</sup> поливной воды) в зависимости от условий увлажнения (таблица 2).

Способ внесения удобрений при оптимальной влагообеспеченности создает специфические условия для роста, развития картофеля, его фитомассы, корневой системы, формирования урожая в разные периоды вегетации растений.

Максимально продуктивным как при увлажнении 0–60 см слоя почвы, так и опыта в целом оказался вариант с использованием  $N_{60}P_{60}K_{60}$  локально при посадке, сформировавший 35,8 т/га клубней, что на 43,2 % превышает контроль. Внесение удобрений с поливной водой  $N_{60}P_{60}K_{60}$  привело к уменьшению урожайности на 4,9 %. Использование расчетной дозы удобрений при внесении как локально, так и с поливной водой уменьшило урожайность на 5,6–2,2 % соответственно.

Увлажнение 0–60 см и 0–40 см слоя почвы обеспечило получение урожая на уровне 32,7 и 32,2 т/га. Уменьшение расчетного слоя до 0–20 см привело к существенному снижению урожайности – на 4,1 т/га (или 12,6 %) в сравнении с увлажнением 0–60 см слоя.

**Таблица 2 – Водопотребление картофеля при разных условиях увлажнения и способах внесения удобрений, 2013–2015 гг.**

Увлажнение почвы, расчетный слой, см (фактор А)	Способ внесения удобрений (фактор В)		Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	Загрязнение поливной воды, м <sup>3</sup> /т
0–60	Без удобрений		25,0	3534	141,2	76,2
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	Локально при посадке	35,8	3534	97,8	52,6
		С поливной водой	34,0	3534	104,0	56,1
	Расчетная доза на получение урожая клубней 35 т/га	Локально при посадке	33,8	3534	104,6	56,4
		С поливной водой	35,0	3534	101,1	54,5
	0–40	Без удобрений		25,4	3466	136,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		Локально при посадке	33,5	3466	103,4	54,9
		С поливной водой	33,9	3466	102,3	54,2
Расчетная доза на получение урожая клубней 35 т/га		Локально при посадке	34,5	3466	101,0	53,4
		С поливной водой	33,6	3466	103,9	54,8
0–20		Без удобрений		23,0	3222	140,3
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	Локально при посадке	30,2	3222	106,7	52,8
		С поливной водой	30,4	3222	105,9	52,4
	Расчетная доза на получение урожая клубней 35 т/га	Локально при посадке	29,0	3222	111,1	55,0
		С поливной водой	30,6	3222	106,3	52,3

**Выводы.** Максимальную продуктивность и отдачу капиталовложений при выращивании картофеля в условиях юга Украины с применением капельного орошения обеспечило локальное внесение минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 80–80–70 % НВ в расчетном слое 0–60 см. Себестоимость единицы продукции составила 1345 тыс. грн./т, рентабельность производства – 160,3 %. Коэффициент водопотребления при этом был минимальным – 97,8 м<sup>3</sup>/т. Эффективность использования удобрений в зависимости от способов их внесения – 30,0–39,6 %.

**Список использованных источников**

1 Водопотребление и урожайность картофеля весенней посадки при капельном орошении / М. Ромащенко [и др.] // Овощеводство. – 2010. – № 8. – С 56–59.

2 Шатковский, А. Экологические аспекты применения технологий капельного орошения и вопросы качества продукции [Электронный ресурс] / А. Шатковский, Е. Шатковская. – Режим доступа: <http://irrigation.org.ua/?p=785>.

3 Romashchenko, M. I. Tekhnolohiia vyroshchuvannia kartopli v umovakh zroshennia / M. I. Romashchenko, T. A. Plotnikova // Khimiia, Ahronomiia, Servis. – 2006. – № 9–10. – S. 20–21.

4 Andriushko, A. Iu. Zahalni aspekty suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia kartopli / A. Andriushko, Iu. Solohub. – Ahronom, 2004. – S.10–12.

5 Romashchenko, M. I. Kraplynne zroshennia silskohospodarskykh kultur: suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku v Ukraini / M. I. Romashchenko, A. V. Shatkovskiy // Kraplynne zroshennia yak osnovna skladova intensyvnykh ahrotekhnolohii KhKhI stolittia: Materialy II naukovopraktychnoi konferentsii / Natsionalna akademiia ahrarykh nauk Ukrainy, Instytut vodnykh problem i melioratsii. – K., 2014. – S. 3–8.

6 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

7 Горянский, М. М. Методика полевых опытов на орошаемых землях / М. М. Горянский. – Киев: Урожай, 1970. – 84 с.

8 Metodychni rekomendatsii shchodo provedennia doslidzhen z kartopleiu / V. S. Kutsenko [ta in.] / In-t kartopliarstva. – Nemishaieve, 2002. – 183 s.

9 Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh / R. A. Vozhehova [ta in.]; za red. R. A. Vozhehovoï // In-t zrosh. zemlerob. – Kherson, 2014. – 286 s.

10 Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo): navchalnyi posibnyk / V. O. Ushkarenko, R. A. Vozhehova, S. P. Holoborodko, S. V. Kokovikhin. – Kherson, 2014. – 448 s.

11 Бузовер, С. Я. Водный режим картофеля / С. Я. Бузовер // Труды Харьковского сельскохозяйственного института. – Киев: Урожай, 1966. – 98 с.

12 Писаренко, В. А. Режимы орошения сельскохозяйственных культур / В. А. Писаренко, Е. М. Горбатенко, Д. Р. Йокич. – Киев: Урожай, 1988. – 96 с.

13 Мацко, П. В. Водопотребление, режим орошения и техника полива картофеля в южной степи УССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Мацко Петр Владимирович. – Херсон, 1984. – 18 с.

УДК 633.34:631.67:(477.7)

**Г. В. Карашук, С. О. Лавренко, С. В. Карашук**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

### **ФОРМИРОВАНИЕ ПЛОЩАДИ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СОИ СОРТОВ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ЮГЕ УКРАИНЫ**

*Целью исследований являлось изучение формирования площади листовой поверхности и морфологических признаков сои сортов различных групп спелости при выращивании на юге Украины. Изучены следующие сорта сои: Аннушка, Диона, Медея, Аполлон, Донька, Витязь 50. Продолжительность вегетационного периода в среднем за два года исследований составляла в раннеспелой группе 79–85 дней, а в среднеспелой группе – 103–117 дней. Зафиксированное увеличение периода вегетации на 18–38 сут в позднеспелых группах сортов сои позволяет путем подбора различных генотипов более рационально использовать сельскохозяйственную технику и трудовые ресурсы. Минимальная высота растений сои была у раннеспелых сортов и равнялась в среднем за два года исследований 72,0–75,6 см, а у позднеспелых сортов она возросла на 17,2–38,2 см. Максимальную высоту растений сформировал сорт Донька (110,2 см). Высота при-*

крепления нижнего боба с удлинением периода вегетации увеличивалась. Так, если у раннеспелых сортов в среднем за два года исследований она составляла 12,6–13,4 см, то у среднеспелых наблюдалось повышение до 14,1–16,6 см. Максимальное количество боковых ветвей сформировал сорт Доська (3,2 шт.). На период налива семян в раннеспелых сортах Аннушка и Диона площадь листовой поверхности составила соответственно 36,6 и 37,5 тыс. м<sup>2</sup>/га, а в среднеспелых сортах увеличилась до 38,2–39,4 тыс. м<sup>2</sup>/га. Наибольшая площадь листовой поверхности на 1 га сформировалась в среднеспелых сортах Доська и Медея. В среднем за два года исследований урожайность сорта Диона составила 2,89 т/га, это больше чем у стандартного сорта Аннушка (st) на 0,38 т/га (или 15,1 %). Урожайность среднеспелых сортов была на 0,73–2,02 т/га больше чем раннеспелых. Наибольшую урожайность сформировал сорт Доська (4,53 т/га), что больше чем у сорта Витязь 50 (st) на 12,4 %. Несколько уступил ему по данному показателю сорт Медея (4,37 т/га). По урожайности среднеспелые сорта преобладают над раннеспелыми сортами сои. Урожайность сортов сои в 2015 г. была выше чем в 2013 г. (в раннеспелой группе – на 3,2–3,5 %, а в среднеспелой – на 2,3–2,9 %). На орошаемых землях юга Украины для формирования высокого урожая зерна сои рекомендуется высевать раннеспелый сорт Диона и среднеспелые сорта Доська и Медея, что позволяет путем подбора различных генотипов более рационально использовать сельскохозяйственную технику и трудовые ресурсы.

*Ключевые слова:* соя, сорт, группа спелости, вегетационный период, морфологические признаки, площадь листовой поверхности, урожайность.

**Введение.** В эпоху прочной технологической вооруженности человека особую актуальность приобретает функциональная ориентация агрофитоценозов с помощью сортов, которые имеют генетическую систему с определенной структурой и организацией. В этом случае сорт становится биологическим средством производства, целостной системой растений первой степени однородности, способной к самоорганизации, саморегуляции и созданию внутренней и изменению внешней среды, восстановлению специфического круговорота энергии и веществ в образованном на основе этого сорта ценоза. Одним из направлений функциональной ориентации ценоза является создание экологически ориентированных видов, объединяющих в себе высокий потенциал урожайности с надежной генетической защитой урожая от неблагоприятных условий среды.

Правильный выбор сорта – одно из решающих условий получения максимального урожая сои. В каждом хозяйстве необходимо выращивать 2–3 сорта, которые отличаются длительностью вегетационного периода, устойчивостью к болезням, вредителям и неблагоприятным факторам среды (понижение температуры, засуха и др.) [1].

Подбор подходящих сортов – первый и наиболее важный шаг при выращивании сои. При этом исходят из следующих показателей: продолжительность периода вегетации, продуктивные возможности, устойчивость к полеганию, устойчивость к болезням, высота прикрепления нижних бобов, устойчивость к растрескиванию бобов, степень повреждения зерна при уборке и др.

**Материалы и методы.** Формирование площади листовой поверхности и морфологические признаки сои сортов различных групп спелости изучали в полевых опытах, которые проводили в течение 2013 и 2015 гг. в условиях Каховского района Херсонской области.

Закладка и выполнение опытов, отбор почвенных и растительных образцов, подготовка их к анализу осуществлялись согласно методическим указаниям [2–4].

Исследования проводили в однофакторном опыте, который закладывался методом расщепленных делянок. Изучали следующие сорта сои: Аннушка, Диона, Медея, Аполлон, Доська, Витязь 50.

Агротехника проведения исследований была общепринятой для зоны юга Украины. После уборки предшественника выполняли дискование на глубину 10–12 см и



вспашку на глубину 25–27 см. Весной осуществляли ранневесеннее боронование и предпосевную культивацию на 5–7 см. Перед культивацией вносили минеральные удобрения (аммиачную селитру) в количестве 200 кг/га. Сеяли сою с шириной междурядий 45 см сеялкой Клен 4,2 с глубиной заделки семян 4–5 см. В течение вегетации сои вносили гербицид «Фюзилад Форте» (1,0 л/га), выполняли междурядную культивацию. Поливы проводили дождевальной машиной «Фрегат». Для раннеспелых сортов оросительная норма составляла 2500 м<sup>3</sup>/га, а для среднеспелых – 3000 м<sup>3</sup>/га. Собирали урожай сои комбайном «Кейс».

**Результаты и обсуждение.** Опытные наблюдения за продолжительностью вегетационного периода растений сои выявили, что этот показатель меняется в зависимости от групп спелости исследуемых сортов. Установлено, что важнейшую роль играли также метеорологические факторы – количество атмосферных осадков, температура и относительная влажность, количество дней с суховеями и др. Выявлена тенденция к увеличению вегетационного периода у среднеранних и среднеспелых сортов (таблица 1).

**Таблица 1 – Продолжительность вегетационного периода сортов сои различных групп спелости, дней (среднее за 2013, 2015 гг.)**

Сорт	Продолжительность вегетационного периода, дней
Раннеспелые	
Аннушка (st)	79
Диона	85
Среднеспелые	
Витязь 50 (st)	117
Аполлон	103
Донька	110
Медея	111

Продолжительность вегетационного периода в среднем за два года исследований составляла в раннеспелой группе 79–85 дней, а в среднеспелой группе спелости – 103–117 дней. Итак, зафиксированное увеличение периода вегетации на 18–38 сут в среднеспелых группах сортов сои позволяет путем подбора различных генотипов более рационально использовать сельскохозяйственную технику и трудовые ресурсы.

Таким образом, нашими наблюдениями было установлено, что продолжительность вегетационного периода растений сои зависела от погодных условий в период вегетации и от группы скороспелости сорта.

Исследования также выявили, что различные группы спелости изучаемых сортов отличаются друг от друга по показателям высоты растений, высоты прикрепления нижнего боба и количества боковых ветвей (таблица 2).

**Таблица 2 – Изменение морфологических признаков сортов сои разных групп спелости (среднее за 2013, 2015 гг.)**

Сорт	Высота растений, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Количество боковых ветвей, шт.
Раннеспелые			
Аннушка (st)	72,0	12,6	0,9
Диона	75,6	13,4	1,1
Среднеспелые			
Витязь 50 (st)	102,5	15,6	3,1
Аполлон	92,8	14,8	2,8
Донька	110,2	16,6	3,2
Медея	96,9	14,1	3,0

Минимальная высота растений сои была у раннеспелых сортов и равнялась в среднем за два года исследований 72,0–75,6 см, а у позднеспелых увеличилась на 17,2–38,2 см. Максимальную высоту растений сформировал сорт Донька (110,2 см).

Высота прикрепления нижнего боба с повышением группы спелости увеличивалась. Так, если у раннеспелых сортов в среднем за два года исследований она составляла 12,6–13,4 см, то у более высокорослых среднеспелых она повысилась до 14,1–16,6 см.

Такая же закономерность наблюдалась и в количестве боковых ветвей, этот показатель варьировался в зависимости от группы спелости сорта в среднем за два года исследований от 0,9 до 3,2 шт. Максимальное количество боковых ветвей сформировал сорт Донька (3,2 шт.).

Важная роль в формировании урожая сельскохозяйственных культур, как доказано многими учеными, принадлежит деятельности их листового аппарата. Многочисленными исследованиями установлено, что величина урожая в большей степени обеспечивается деятельностью листового аппарата, чем корневой системы [6].

Известно, что формирование урожая значительно зависит от размеров и фотосинтетической деятельности листового аппарата растений [5, 7]. Основными факторами, определяющими возможность нормального прохождения процесса фотосинтеза, являются световая солнечная энергия, температура среды, обеспеченность растений водой и элементами питания. Величина урожая любой сельскохозяйственной культуры в значительной мере определяется размером листового аппарата растений, который аккумулирует солнечную энергию в процессе фотосинтеза и обеспечивает создание органического вещества.

В наших исследованиях формирование надземной массы, а с ней и увеличение площади листовой поверхности растений сои наблюдалось до начала налива семян.

Как видно из полученных данных, четко прослеживается тенденция к нарастанию листовой поверхности по сортам сои всех групп спелости (таблица 3).

**Таблица 3 – Площадь листовой поверхности сортов сои разных групп спелости (среднее за 2013, 2015 гг.)**

В тыс. м<sup>2</sup>/га

Сорт	Фаза развития растений				
	ветвление	бутонизация	цветение	образование бобов	налив семян
Раннеспелые					
Аннушка (st)	9,7	16,6	23,9	33,8	36,6
Диона	9,5	16,8	24,4	34,7	37,5
Среднеспелые					
Витязь 50 (st)	12,0	19,0	25,5	35,7	38,5
Аполлон	10,8	18,1	25,1	35,4	38,2
Донька	11,7	19,2	25,8	36,5	39,4
Медея	11,1	18,3	25,5	36,1	38,7

При сравнении листовой площади различных сортов сои положительная тенденция к росту этого показателя отмечена в условиях орошения у среднеспелых сортов. Так, в среднем за два года исследований на момент налива семян в раннеспелых сортах Аннушка и Диона площадь листовой поверхности составила соответственно 36,6 и 37,5 тыс. м<sup>2</sup>/га, а у среднеспелых сортов увеличилась до 38,2–39,4 тыс. м<sup>2</sup>/га.

Таким образом, при рассмотрении влияния сортовых особенностей нами отмечено, что наибольшая площадь листовой поверхности на 1 га сформировалась у среднеспелых сортов Донька и Медея.

Результаты наших исследований показали, что большей стабильностью урожайности в условиях орошения характеризуются сорта среднеспелой группы. Уровень падения урожайности в зависимости от генотипа и условий года был минимальным в сор-

тах именно этой группы. Это свидетельствует о том, что среднеспелые сорта в условиях орошения по стабильности получения высокой урожайности имеют определенные преимущества над раннеспелыми сортами.

Так, в среднем за два года исследований урожайность сорта Диона составила 2,89 т/га, что больше урожайности сорта Аннушка (st) на 0,38 т/га (или 15,1 %). Урожайность среднеспелых сортов была на 0,73–2,02 т/га больше данного показателя у раннеспелых сортов. Наибольшую урожайность сформировал сорт Донька (4,53 т/га), что больше стандарта сорта Витязь 50 (st) на 12,4 %. Несколько уступил ему по данному показателю сорт Медея (4,37 т/га) (таблица 4).

**Таблица 4 – Влияние сортовых особенностей на урожайность сои**

Сорт	Год исследований		Среднее за 2013, 2015 гг.
	2013	2015	
<b>Раннеспелые</b>			
Аннушка (st)	2,47	2,55	2,51
Диона	2,84	2,94	2,89
<b>Среднеспелые</b>			
Витязь 50 (st)	3,98	4,07	4,03
Аполлон	3,57	3,67	3,62
Донька	4,46	4,59	4,53
Медея	4,32	4,42	4,37
НСР <sub>05</sub> , т/га	0,14	0,19	0,16

Таким образом, по показателю урожайности среднеспелые сорта имеют преимущества над раннеспелыми сортами сои.

Необходимо отметить, что урожайность сортов сои в 2015 г. исследований была выше урожайности 2013 г. в раннеспелой группе на 3,2–3,5 %, а в среднеспелой группе – на 2,3–2,9 %.

**Выводы.** На орошаемых землях юга Украины для формирования высокого урожая зерна сои рекомендуется высевать раннеспелый сорт Диона и среднеспелые сорта Донька и Медея, это позволит путем подбора различных генотипов более рационально использовать сельскохозяйственную технику и трудовые ресурсы при уходе за растениями и последовательной уборки сортов разной группы спелости.

#### Список использованных источников

1 Технология возделывания сои: методические рекомендации / В. И. Сичкарь [и др.]. – Херсон: Айлант, 2000. – 32 с.

2 Горянский, М. М. Методические указания по проведению исследований на орошаемых землях / М. М. Горянский. – Киев: Урожай, 1970. – 261 с.

3 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

4 Методические рекомендации по проведению полевых опытов в условиях орошения УССР. – Херсон, 1985. – Ч. I. – 114 с.

5 Ничипорович, А. А. Фотосинтез и вопросы повышения продуктивности растений / А. А. Ничипорович // Проблемы фотосинтеза. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 190 с.

6 Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А. А. Ничипорович. – М.: АН СССР, 1961. – 133 с.

7 Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / А. А. Ничипорович // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С. 511–527.

УДК 631.67

**В. И. Рожко**

Институт водных проблем и мелиорации, Киев, Украина

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ В КАНАЛЕ ДНЕПР – ДОНБАСС**

*Проведена оценка качества оросительной воды по величине общей минерализации, агрономическим и экологическим критериям. Установлено, что резкое увеличение общей минерализации в Орельском водохранилище связано с влиянием высокоминерализованных вод р. Орельки, впадающей в данное водохранилище. По агрономическим критериям вода в канале Днепр – Донбасс относится к I классу качества, а в районе с. Грушеваха – ко II классу, по экологическим критериям – к I классу качества. Таким образом, в целом оросительная вода в канале – I класса качества, может подаваться для орошения без ограничений только на участке от с. Грушеваха и до сброса в р. Северский Донец и II класса качества, пригодна для орошения при условии экологического контроля и обязательного применения комплекса агрономелиоративных мероприятий.*

*Ключевые слова: оросительная вода, агрономические критерии, экологические критерии, минерализация воды, класс качества воды, общая щелочность, токсическая щелочность.*

**Введение.** Канал Днепр – Донбасс протяженностью 263 км начинается у Днепродзержинского водохранилища на Днестре, проходит по территории Днепропетровской и Харьковской областей и заканчивается вблизи г. Изюма сбросом в р. Северский Донец. Канал имеет комплексное предназначение: улучшение качества водоснабжения Донбасса, Харьковского промышленного района и сбросов в р. Северский Донец, а также орошение сельскохозяйственных земель.

Потребность в оценке качества воды для орошения усиливается в связи с необходимостью возобновления и развития орошения в Украине. Развитие орошения в зоне влияния канала Днепр – Донбасс имеет большую перспективу, так как суммарная проектная площадь орошаемых земель составляет 70,4 тыс. га, а водопотребление – 251 млн м<sup>3</sup>. По данным управления канала Днепр – Донбасс в 2014 г. площадь орошения составляла всего 6,46 тыс. га, а водопотребление за 2014 г. – 4,946 млн м<sup>3</sup>. То есть фактически для орошения используется только 9,2 % земель.

Также на территории Днепропетровской области в зоне деятельности канала Днепр – Донбасс находятся две крупные перспективные в плане возобновления и развития оросительные системы Украины: Магдалиновская и Царичанская с запроектированной площадью орошения 35,8 тыс. га [1].

**Материалы и методы.** Количество и качество оросительной воды является мощным фактором, который существенно влияет на состояние агроландшафта и плодородие почв в процессе многолетней эксплуатации оросительной системы.

Комплексная оценка оросительной воды и ее влияния на гидрогеолого-мелиоративное состояние земель включает анализ:

- общей минерализации оросительной воды с точки зрения опасности вторичного засоления почв и создания условий, подавляющих развитие растений в результате накопления солей в почвенных растворах;
- токсического действия отдельных ионов, находящихся в поливной воде;
- влияния оросительной воды на водопроницаемость почвы (развитие процессов осолонцевания).

Пробы воды для гидрохимического анализа отбирались в пунктах наблюдений Управления каналом Днепр – Донбасс, указанных на рисунке 1.

В соответствии с поставленной задачей комплексная оценка качества воды для орошения проведена по известным методикам [2] и действующим нормативам [3, 4].



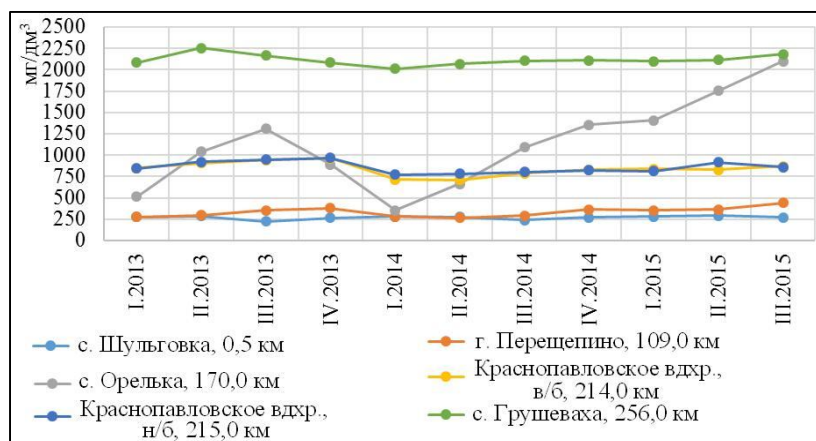
**Рисунок 1 – Карта-схема пунктов наблюдений на канале Днепр – Донбасс**

**Результаты и обсуждение.** Ирригационные показатели канала Днепр – Донбасс определялись по общепринятым методикам. На основе данных Управления каналом Днепр – Донбасс за 2013–2015 гг. по гидрохимическим показателям установлено, что наименьшие величины минерализации воды зафиксированы на гидропостах в с. Шульговка и г. Перещепино с изменениями в пределах от 223 до 291 мг/дм<sup>3</sup> и от 265 до 440 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Таким образом, согласно методике О. М. Костякова вода пригодна для орошения без ограничений [5].

Минерализация воды на гидропосту в с. Орелька изменяется от 354 до 2099 мг/дм<sup>3</sup> и может быть опасной для растений, поэтому необходим комплекс агрономелиоративных мероприятий для улучшения ее состава и свойств. Значительное колебание величины минерализации в с. Орелька связано с влиянием вод р. Орельки, которая впадает в канал в районе Орельского водохранилища. Величина минерализации вод р. Орельки изменяется в пределах от 1343 до 4525 мг/дм<sup>3</sup>, что существенно ухудшает класс качества оросительной воды в канале Днепр – Донбасс и увеличивает риск засоления почвы. Снижение величины минерализации связано с водообменом, который проводился в ноябре – декабре 2013 г. для промывки канала лучшей по ирригационным показателям днепровской водой.

Минерализация воды в верхнем и нижнем бьефах Краснопавловского водохранилища меняется в пределах от 708 до 965 мг/дм<sup>3</sup> и от 774 до 968 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Поэтому эту воду следует применять ограничено, так как в условиях недостаточной естественной дренированности территории возможны засоления почвы.

На гидропосту в с. Грушеваха величина минерализации воды изменяется от 2010 до 2256 мг/дм<sup>3</sup> и также является опасной для растений (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Динамика минерализации воды в канале Днепр – Донбасс за период 2013–2015 гг.**

Была проведена оценка качества воды канала Днепр – Донбасс по агрономическим критериям, в частности, по опасности ощелачивания почвы и вреда ее токсического влияния на растения.

Для оценки качества оросительной воды выделяют три класса: I – пригодная, II – ограничено пригодная, III – непригодная.

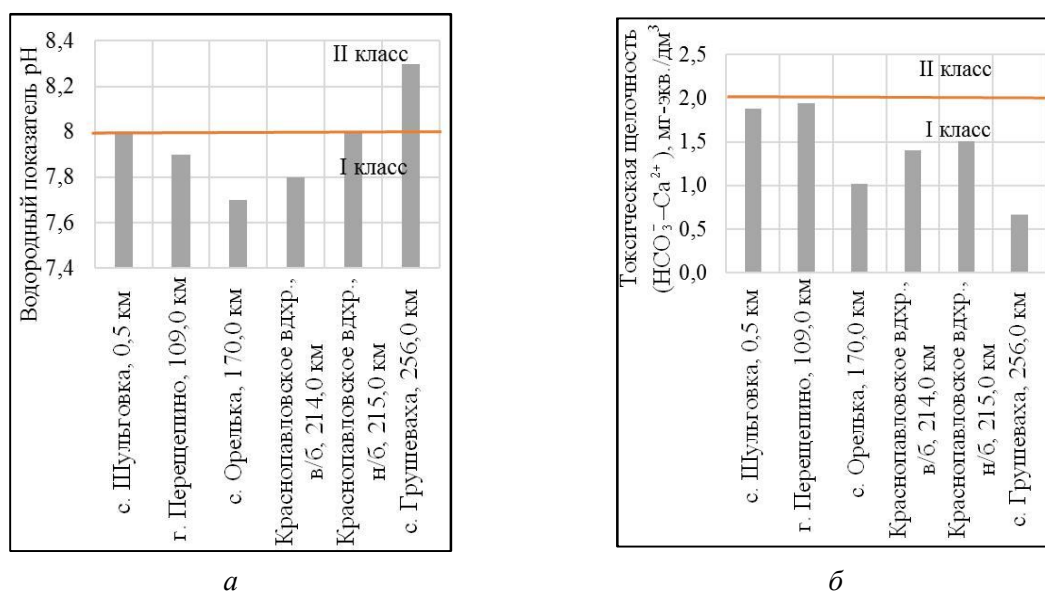
Вода I класса – пригодна для орошения без ограничений.

Воду II класса используют для орошения при условии экологического контроля и обязательного применения комплекса агрономелиоративных мероприятий.

Вода III класса непригодна для орошения без предыдущего улучшения ее состава и свойств.

Оценка качества оросительной воды по опасности ощелачивания почвы проводилась по водородному показателю (рН) и содержанию токсической щелочности. Установлено, что на участке от с. Шульговка до нижнего бьефа Краснопавловского водохранилища вода в канале Днепр – Донбасс имеет нейтральную реакцию и относится к I классу качества. В районе с. Грушеваха вода в канале обладает слабощелочной реакцией и относится ко II классу качества. По содержанию токсической щелочности вода в канале относится к I классу качества.

Таким образом, по опасности ощелачивания почвы вода в канале Днепр – Донбасс относится к I классу, а качество оросительной воды в районе с. Грушеваха – ко II классу (рисунок 3).

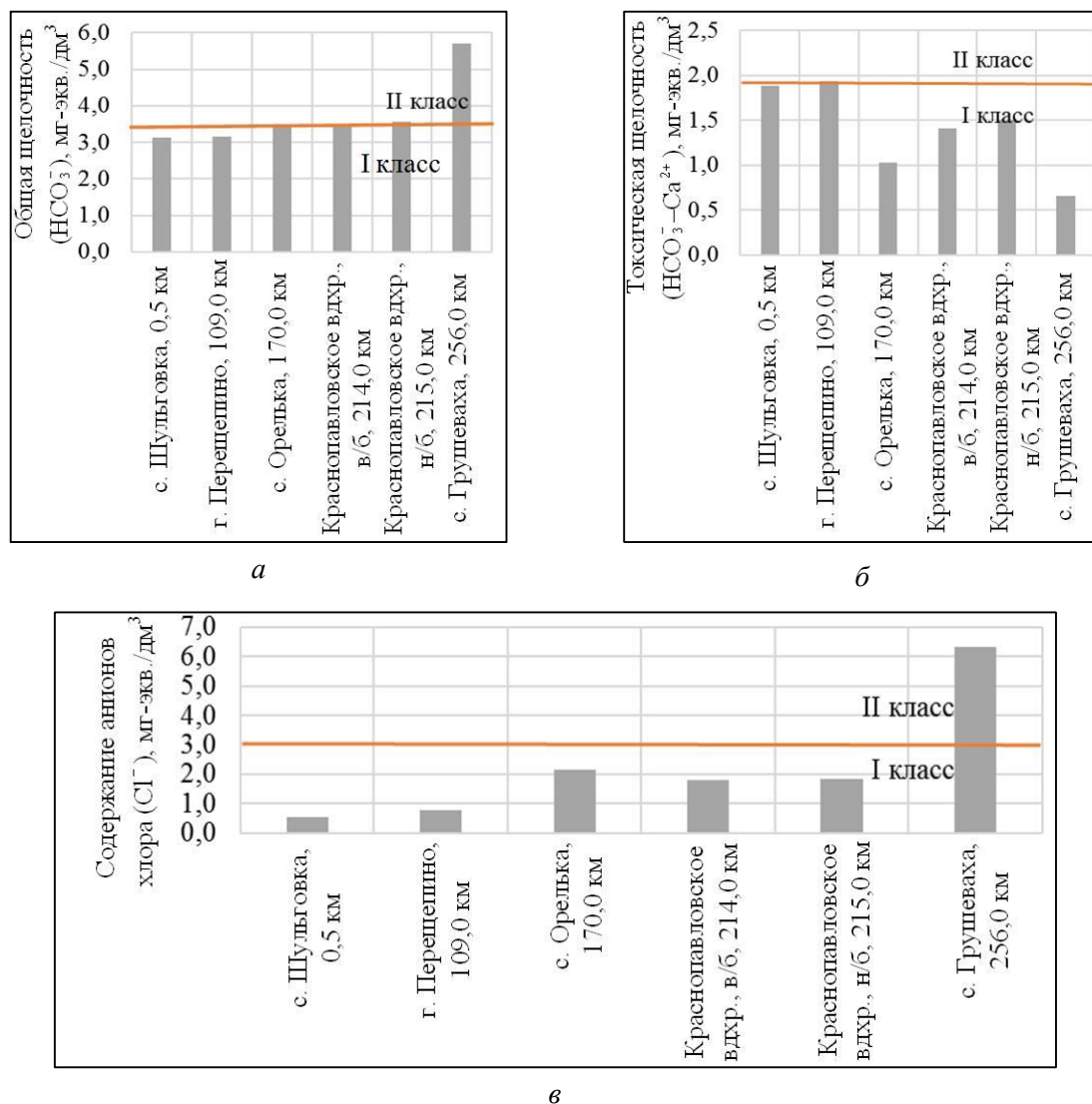


а – по водородному показателю; б – по содержанию токсичной щелочности

**Рисунок 3 – Оценка качества оросительной воды по опасности ощелачивания почвы**

Оценка качества воды по опасности ее токсического влияния на растения проводилась по следующим показателям: содержание общей и токсической щелочности, а также анионов хлора. Анализ данных по содержанию токсичной щелочности показал, что вода в канале Днепр – Донбасс относится к I классу качества, по содержанию общей щелочности – также к I классу, но на гидропосту в с. Грушеваха – ко II классу качества. По содержанию анионов хлора вода в канале на участке от с. Шульговка до нижнего бьефа Краснопавловского водохранилища – I класса качества, а в с. Грушеваха наблюдается ухудшение качества оросительной воды до II класса.

Следовательно, по опасности токсического влияния на растения вода в канале Днепр – Донбасс относится к I классу качества и только в районе с. Грушеваха – ко II классу (рисунок 4).



*а* – по содержанию общей щелочности; *б* – по содержанию токсической щелочности; *в* – по содержанию анионов хлора

**Рисунок 4 – Оценка качества оросительной воды по опасности токсического влияния на растения**

Была проведена также оценка пригодности воды канала Днепр – Донбасс для орошения по экологическим критериям, в частности, по содержанию тяжелых металлов (железо, хром, цинк, медь, кобальт, марганец), нефтепродуктов, БПК<sub>5</sub>. По результатам расчетов установлено, что вода канала Днепр – Донбасс относится к I классу качества и является пригодной для орошения. Содержание металлов изменяется в пределах: железо – от 0,070 до 0,260 мг/дм<sup>3</sup>, хром общий – от 0,003 до 0,008 мг/дм<sup>3</sup>, цинк – от 0,011 до 0,023 мг/дм<sup>3</sup>, медь – от 0,001 до 0,023 мг/дм<sup>3</sup>, кобальт – от 0,005 до 0,011 мг/дм<sup>3</sup>, марганец – от 0,005 до 0,130 мг/дм<sup>3</sup>, что не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) данных веществ для оросительной воды.

Содержание нефтепродуктов в воде канала не зафиксировано.

БПК<sub>5</sub> изменяется в пределах от 1,2 до 6,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> и не превышает уровень ПДК в воде для орошения.

**Выводы.** В соответствии с принципом равнозначности классов воды, ухудшение качества оросительной воды хотя бы по одному из показателей приводит к снижению ее класса. Так, вода в канале Днепр – Донбасс по агрономическим критериям, в частности,

по опасности ощелачивания почвы относится к I классу качества, а в с. Грушеваха – ко II классу; по опасности ее токсичного влияния на растения – также к I классу (в районе с. Грушеваха – ко II классу). По экологическим критериям оросительная вода относится к I классу качества.

С учетом вышеуказанного оросительная вода в канале Днепр – Донбасс относится к I классу качества и является пригодной для орошения без ограничений, а на участке от с. Грушеваха и до сброса в р. Северский Донец – ко II классу качества и может подаваться для орошения при условии экологического контроля и обязательного применения комплекса агроуправляющих мероприятий.

Установлено, что вода, подаваемая на фактически орошаемые земли Днепропетровской области, на участке канала от с. Шульговка до г. Перещепино относится к I классу качества, не требует предварительной подготовки перед использованием и может быть подана на орошение без ограничений.

Для улучшения качества оросительной воды в канале Днепр – Донбасс на участке от с. Грушеваха и до сброса в р. Северский Донец необходимо возобновить орошение земель для повышения интенсивности водообмена и уменьшения риска застаивания воды.

С целью обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственных угодий необходимо увеличить число гидрохимических показателей, по которым проводится мониторинг оросительной воды в канале Днепр – Донбасс и добавить такие, как содержание катионов калия ( $K^+$ ) и натрия ( $Na^+$ ) в воде, а также щелочность от нормальных карбонатов.

#### Список использованных источников

1 Коваленко, Р. Ю. Сравнительный анализ качества воды для орошения на отдельных водных объектах бассейна р. Днепр / Р. Ю. Коваленко, В. И. Умурзакова // Мелиорация и водное хозяйство. – Киев: ИВПиМ, 2013. – Вып. 102. – С.73–78.

2 Методика экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям / В. Д. Романенко [и др.]. – Киев: Символ-Т, 1988. – 28 с.

3 ГОСТ 2730-94. Качество природной воды для орошения. Агрономические критерии. – Введ. 1995-07-01. – Киев: Госстандарт Украины, 1994. – 14 с.

4 ГОСТ 7286:2012. Качество природной воды для орошения. Экологические критерии. – Киев: Минэкономразвития Украины, 2013. – 14 с.

5 Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Сельхозгиз, 1960. – С. 48–49.

УДК 633.49:631.8:631.67(477.72)

**Г. С. Балашова, О. О. Юзюк**

Институт орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук, Херсон, Украина

#### ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ЮГА УКРАИНЫ

*Целью исследования являлось выявить закономерности роста, развития и продуктивности картофеля сортов разных групп спелости при использовании минеральных удобрений и стимуляторов роста. Выполнен анализ фенологических наблюдений, данных о высоте растений и их продуктивности. Схема опыта предусматривала: изучение трех сортов (ранний Скарбница, среднеранний Левада и среднеспелый Явир); наличие или отсутствие удобрений в дозах  $N_{45}P_{45}K_{45}$  и  $N_{90}P_{90}K_{90}$  действующего вещества; обработку препаратами («Эмистимом С», «Регоплантом» и «Стимпо»). Фенологические наблюдения не выявили отличий между вариантами с разными дозами удоб-*



рений и препаратов. Измерение высоты показало прибавку в росте растений картофеля на 20-й день и негативное влияние препаратов на растения во всех вариантах без внесения удобрений. Продуктивность картофеля под воздействием некоторых стимуляторов изменялась от увеличения на 3,59 т/га до уменьшения урожайности на 1,97 т/га по сравнению с контролем в зависимости от сорта и фона удобрений.

**Ключевые слова:** картофель, удобрения, стимуляторы роста, орошение продуктивность, сорт.

**Введение.** Картофель является самой продуктивной сельскохозяйственной культурой умеренной зоны. На территории полесских и лесостепных областей, а также в степи при орошении он обеспечивает наивысшие урожаи и содержит в 1,5–2,0 раза больше углеводов, чем зерновые культуры [1].

Вырастить здоровое, сильное растение картофеля и получить с него хороший урожай можно с помощью комплекса следующих мер: подбор лучших предшественников в севообороте, оптимальные сроки посадки, внесение органо-минеральных удобрений в необходимом количестве, эффективный контроль болезней и вредителей, использование стимуляторов роста, своевременный сбор и правильное хранение. Применение стимуляторов роста пропагандируется агрохолдингами как один из главных способов повышения урожайности наряду с использованием удобрений и подбором сорта. «Эмистим С» – биостимулятор роста растений широкого спектра действия, представляет собой продукт биотехнологического выращивания грибов-эпифитов из корневой системы лекарственных растений. Он содержит сбалансированный комплекс фитогормонов: ауксинов, цитокининов, а также аминокислот, углеводов, жирных кислот, микроэлементов [2]. Регулятор роста «Стиμπο» – новейший композиционный препарат биологического происхождения на основе грибов-микромикетов из корневой системы женьшеня и продуктов жизнедеятельности бактерий *Streptomyces Avermetilis* [3]. Под действием стимулятора роста «Регопланта» происходит ускоренное деление клеток, развитие симбиотической микрофлоры в корневой системе, усиление фотосинтетической активности и увеличение урожайности [4].

Использование стимуляторов роста различного состава и происхождения в картофелеводстве не изучено достаточно хорошо, особенно их сочетание с различными дозами удобрений – оптимальными и выше нормы.

В общем комплексе агротехнических мероприятий, обеспечивающих повышение урожайности картофеля, большая роль принадлежит минеральным удобрениям. Использование минеральных удобрений для повышения урожая и качества картофеля изучено достаточно основательно [5, 6]. При правильном применении NPK в дозах 45–60 кг действующего вещества на 1 га урожай картофеля увеличивается на 60–80 ц/га [5]. В опытах Института орошаемого земледелия минеральные удобрения в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  обеспечивали прибавку в 21,9 %, а более высокая доза минеральных удобрений ( $N_{120}P_{90}K_{30}$ ) – 46,7 %, то есть каждый килограмм питательных веществ удобрений способствовал выращиванию соответственно 20,0 и 26,7 кг картофеля [6].

Некоторые стимуляторы (например, «Эмистим С») используются уже давно. Применение «Эмистима С» в дозе 5 мл/т на стадии предпосадочной обработки показало прибавку урожая картофеля сорта Свитанок киевский в 12,9 % по сравнению с контролем [7]; в дозе 10 мл/га в период вегетации растений обеспечило повышение урожайности картофеля сортов Повинь на 2,5 т/га, Адретта – на 1,9 т/га и Славянка – на 3,0 т/га [8].

**Материалы и методы.** Данная работа является составной частью научных исследований по совершенствованию технологии выращивания семенного картофеля в условиях юга Украины орошении по программе «Картофелеводство», проводимых лабораторией биотехнологии картофеля Института орошаемого земледелия НААН.

Объект исследований – производственный процесс семенного картофеля в условиях орошения на юге Украины.

Предмет исследований – оптимизация агротехнических процессов использования биостимуляторов и минеральных удобрений для повышения урожайности и качества картофеля.

Методы исследований:

- полевой: визуальный и измерительно-весовой;
- лабораторный, а именно статистический;
- расчетно-сравнительный.

Исследования проводились на полях Института орошаемого земледелия НААН Украины, расположенных на правом берегу р. Днепр в зоне Ингулецкой оросительной системы. Опыт заложен методом расщепленных делянок. Повторность четырехкратная. Учетная площадь делянки первого порядка – 88,20 м<sup>2</sup>, второго – 29,40 м<sup>2</sup>, третьего – 7,35 м<sup>2</sup>, общая – 14,70 м<sup>2</sup>. Грунт на делянке – темно-каштановый среднесуглинистый. Площадь питания одного растения – 70 × 26 см. Предшественник – пшеница озимая. Агротехника в опыте общепринятая и соответствует методическим указаниям для данной культуры [9–11], кроме факторов, которые изучались.

Предпосадочная обработка клубней проводилась за 2 дня до посадки 0,1%-ным раствором (20 мл на 20 л воды/т) для вариантов с «Эмистимом С» и «Стимпо», 0,25%-ным раствором (50 мл на 20 л воды/т) для «Регопланта».

В фазу полных всходов и бутонизации были проведены еще две обработки по листьям: 0,01%-ным раствором (20 мл на 250 л/га рабочего раствора) и 0,025%-ным раствором (50 мл на 250 л/га рабочего раствора) соответственно.

**Результаты и обсуждение.** Использование минеральных удобрений и стимуляторов роста не оказывает существенного влияния на прохождение растением картофеля фенологических фаз роста и развития, а имеет значение только для групп спелости сорта.

На десятый день от полных всходов прослеживается тенденция к снижению высоты растений во всех сортах при обработке «Эмистимом С», «Регоплантом» и «Стимпо» на неудобренном фоне. Снижение составило от 1 до 4 см. На удобренном фоне реакция растений на обработку неоднозначна. На фоне N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> препарат «Стимпо» (в вариантах с сортом Скарбница) показал прибавку в 3 см по сравнению с необработанным контролем, и в то же время на фоне N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> растения были ниже на 7 см. Обработка препаратом «Стимпо» среднеспелого сорта Явир как на фоне N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>, так и N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> привела к снижению высоты растений на 3 см.

Препарат «Эмистим С» на 10-й день от полных всходов обеспечил незначительное снижение высоты растений сорта Скарбница на фоне удобрений. Сорт Явир показал положительную реакцию на обработку «Эмистимом С» на фоне удобрений – растения были выше на 1 и 5 см (таблица 1).

**Таблица 1 – Динамика высоты растений в зависимости от сорта, использования удобрений и регуляторов роста**

Сорт	Доза удобрений	Регулятор роста	Высота растений, см		
			10-й день	20-й день	30-й день
1	2	3	4	5	6
Скарбница	Без удобрений	Без обработки	22	35	44
		«Эмистим С»	21	33	42
		«Регоплант»	19	31	46
		«Стимпо»	19	31	47
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	Без обработки	29	45	56
		«Эмистим С»	28	43	57
		«Регоплант»	37	52	55
		«Стимпо»	31	46	57

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	Без обработки	32	51	63
		«Эмистим С»	31	54	65
		«Регоплант»	32	53	63
		«Стимпо»	25	45	53
Явир	Без удобрений	Без обработки	18	30	41
		«Эмистим С»	14	25	38
		«Регоплант»	14	26	40
		«Стимпо»	16	28	41
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	Без обработки	22	37	48
		«Эмистим С»	22	36	49
		«Регоплант»	27	39	52
		«Стимпо»	19	35	51
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	Без обработки	21	37	55
		«Эмистим С»	26	42	58
		«Регоплант»	20	38	54
		«Стимпо»	18	31	51

Обработка «Регоплантом» привела к увеличению высоты растений на 8 см на фоне N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> и не обеспечила прибавки на фоне N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> (сорт Скарбница). Растения сорта Явир были меньше на 5 и 1 см соответственно.

В то же время позитивно влияет на высоту растений картофеля всех трех сортов внесение минеральных удобрений в дозах N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>. Разница между неудобренными и удобренными вариантами в среднем составила от 11 до 7 см на 10-й день в зависимости от группы спелости сорта.

Высота растений на 20-й день отличается от предыдущей. Выявились некоторые закономерности воздействия препарата «Эмистим С» на все сорта. На фоне без удобрений и N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> растения в среднем ниже на 2–3 см, в то время как в вариантах с внесением N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> была прибавка в росте от 2 до 5 см.

Аналогичное действие оказывает и «Регоплант» – в неудобренных вариантах растения, обработанные препаратом, ниже на 4–7 см от контроля, на фоне N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> прибавка составила от 7 до 2 см, на фоне N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> – от 1 до 6 см.

Обработка препаратом «Стимпо» на 20-й день от всходов оказала в целом негативное воздействие на высоту картофеля всех сортов как на фоне без удобрений, так и с удобрениями. Снижение высоты растений составило от 2 до 5 см.

Разница между вариантами без удобрений и вариантами с внесением N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> стала еще более заметной и составила от 14 до 9 см в зависимости от скороспелости сорта. Также стало явным отличие по высоте между вариантами на фоне N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>.

При анализе данных по высоте растений на 30-й день от всходов закономерностей воздействия стимуляторов роста не выявлено. Отмечено как негативное (нулевое), так и позитивное влияние. Разница между неудобренными вариантами и на фоне N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> составила от 17 до 13 см в зависимости от сорта.

Таким образом, можно сделать вывод, что обработка стимуляторами роста существенно не повлияла на высоту растений, в то время как применение N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> дало прибавку от 56,3 до 25,7 % (таблица 2) от контроля у сорта Скарбница, у сорта Явир прибавка составила от 46,8 до 25,0 % от контроля без удобрений.

В таблице 3 красным цветом выделены значения выше НСР, которые демонстрируют позитивный эффект от использования стимуляторов; синим – негативный. Как

видно из таблицы, достоверная прибавка к урожаю (2,61 т/га, или 14,4 %) достигнута за счет использования стимулятора «Регоплант» при выращивании картофеля сорта Скарбница на фоне N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. На этом же фоне «Регоплант» обеспечил прибавку в 1,5 т/га, или 7,7 % у сорта Левада и максимальную прибавку по опыту в 3,59 т/га, или 19,9 % у сорта Явир. Также этот стимулятор продемонстрировал негативное воздействие на урожайность растений сорта Левада и Явир на фоне без удобрений и с внесением N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> (1,36 т/га, или 9,2 %; 1,6 т/га, или 6,3 %).

**Таблица 2 – Высота растений разных групп спелости в зависимости от удобрений**

В см

Сорт	Удобрение	День от всходов					
		10-й	%	20-й	%	30-й	%
Скарбница	Без удобрений	20	0,0	33	0,0	45	0,0
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	31	54,3	47	43,1	56	25,7
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	30	48,2	51	56,2	61	36,3
Явир	Без удобрений	15	0,0	27	0,0	40	0,0
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	23	46,8	37	34,9	50	25,0
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	21	37,1	37	35,8	54	35,0

**Таблица 3 – Урожайность картофеля в зависимости от удобрений и использования стимуляторов роста**

В т/га

Сорт	Удобрение	Регулятор роста			
		Без обработки	«Эмистим С»	«Регоплант»	«Стимпо»
Скарбница	Без удобрений	13,88	13,54	14,73	14,90
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	18,14	18,30	20,75	20,14
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	21,19	21,26	22,01	20,51
Левада	Без удобрений	14,80	15,72	13,44	12,83
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	19,56	21,56	21,06	17,48
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	22,28	21,57	22,49	22,72
Явир	Без удобрений	13,03	12,96	12,28	13,26
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	18,06	19,25	21,65	20,58
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	25,35	24,93	23,74	20,79

Оценка существенности частичных различий:

НСР<sub>05</sub> I = 3,2НСР<sub>05</sub> II = 4,8НСР<sub>05</sub> III = 3,3

Оценка существенности главных факторов:

НСР<sub>05</sub> A = 0,9НСР<sub>05</sub> B = 1,4НСР<sub>05</sub> C = 1,2

Единственная достоверная прибавка урожайности (2 т/га, или 10,2 %), достигнутая за счет «Эмистима С», была отмечена при выращивании среднеранней Левады с внесением N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>.

Препарат «Стимпо» воздействовал позитивно на урожайность картофеля сорта Скарбница при использовании его на фоне N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> (2 т/га, или 11 %), а также сорта Явир (2,52 т/га, или 14 %). Негативное воздействие на повышенном фоне удобрений «Стимпо» оказал на сорт Левада (2,8 т/га, или 14,3 %) и Явир (4,56 т/га, или 18 %).

Таким образом, данные таблицы 3 демонстрируют как позитивное влияние стимуляторов на урожай картофеля трех сортов, так и негативное.

**Выводы.** При использовании стимуляторов роста «Эмистим С», «Регоплант» и

«Стиμπο» в комплексе с минеральными удобрениями в дозах  $N_{45}P_{45}K_{45}$  и  $N_{90}P_{90}K_{90}$  значительного влияния на протекание фенологических фаз картофеля не выявлено.

Обработка стимуляторами роста не оказала существенного и однозначного воздействия на высоту растений, в то время как применение  $N_{45}P_{45}K_{45}$  и  $N_{90}P_{90}K_{90}$  обеспечило прибавку в росте растений сорта Скарбница от 56,2 до 25,7 % от контроля, сорта Явир – от 46,8 до 25,0 % от контроля без удобрений.

При анализе урожайности наиболее эффективным стимулятором роста оказался «Регоплант», который дал достоверную прибавку к урожаю от 7,7 до 19,9 % всех исследуемых сортов. Также стимуляторы способны оказывать негативное влияние на урожайность картофеля всех сортов при использовании их без удобрений или на повышенном фоне. Максимальная прибавка урожая от применения удобрений составила 94,5 %.

#### Список использованных источников

1 Kononuchenko, V. V. Kartoplia. Т. 1 / V. V. Kononuchenko, M. Ia. Molotskyi. – Bila Tserkva, 2009. – 536 s.

2 Emistym S. / Badvasy [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://badvasy.com.ua/uk/2012-11-17-16-40-47/2014-04-25-14-42-37/emestim-s.html>.

3 Stympo / Ahrobiotekh [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://agrobiotech.com.ua/stympo>.

4 Rehoplant / Ahrobiotekh [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://agrobiotech.com.ua/regoplant>.

5 Ильин, В. Ф. Удобрение картофеля / В. Ф. Ильин, Б. А. Писарев, В. А. Сухованов. – М.: Колос, 1974. – 47 с.

6 Bondarchuk, A. A. Kartoplia / A. A. Bondarchuk, M. Ia. Molotskyi, V. S. Kutsenko. – Bila Tserkva, 2007. – 536 s.

7 Broshchak, I. S. I kilnist, i yakist / I. S. Broshchak, I. M. Kovtunyk // Zakhyst roslyn. – 2005. – № 1(103). – S. 28–29.

8 Ishchenko, V. A. Vplyv umov vyroshchuvannia na prodovolchu yakist sortiv kartopli v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy / V. A. Ishchenko, S. M. Slobodian // Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho derzhavnoho ahrarynoho universytetu / UDAU. – Uman, 2005. – Ahronomiia. – 43 s.

9 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

10 Metodychni rekomendatsii shchodo provedennia doslidzhen z kartopleiu / V. S. Kutsenko [ta in.]. – Nemishaieva, 2002. – 183 s.

11 Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo): navchalnyi posibnyk / V. O. Ushkarenko, R. A. Vozhehova, S. P. Holoborodko, S. V. Kokovikhin. – Kherson, 2014. – 448 s.

УДК 631.67:631.152.2:631.152.3

#### Е. И. Чёрная

Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины, Киев, Украина

#### ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОДОЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ЮГА УКРАИНЫ

*В статье рассматриваются условия водоземлепользования в пределах действия внутрихозяйственной оросительной системы. Для проведения исследований выбрана определенная пилотная территория. По результатам системного анализа современ-*

*ных условий функционирования водного и сельского хозяйства даны рекомендации по разработке соответствующих сценариев организации водоземлепользования. Основными проблемами на исследуемом объекте являются значительная фрагментация земель и неудовлетворительное техническое состояние оросительной системы. Для решения данных проблем и оптимизации аграрного потенциала страны необходима разработка интегрированных планов консолидации водных и земельных ресурсов.*

*Ключевые слова: землеводопользование, консолидация, системный анализ, фрагментация, оросительная система.*

**Введение.** Украина имеет достаточно благоприятные климатические, почвенные, экологические условия для развития сельского хозяйства. Однако существует целый ряд проблем в сфере землеводопользования, требующих решения для устойчивого и эффективного сельскохозяйственного производства. Вследствие реформирования аграрного сектора система орошения южных регионов Украины подвергалась серьезным экономическим воздействиям.

**Материалы и методы.** Для восстановления и дальнейшего использования орошения необходимо проведение комплексных исследований по изучению современных условий водоземлепользования в пределах действия внутрихозяйственных оросительных систем, а также требуется обоснование наиболее оптимальных организационных и технико-технологических решений для осуществления интегрированной консолидации. Данные исследования основаны на использовании метода системного анализа и комплексной оценки условий организации и ведения водоземлепользования. Также неотъемлемой составляющей процесса разработки интегрированных планов консолидации водных и земельных ресурсов является налаживание диалога с заинтересованными сторонами для определения целей и направлений развития в сельском хозяйстве [1].

Методика проведения экспериментальных исследований предполагает сбор и анализ современных и ретроспективных данных относительно организационных условий землеводопользования, имеющейся инфраструктуры, специализации ведущих хозяйств и др.

Необходимо создание геоинформационной базы данных природно-климатических условий, включая водно-физические свойства и агрономические показатели почв, глубин залегания уровней грунтовых вод, степени минерализации, засоления и осолонцевания [2].

Следующий шаг – это проведение имитационного моделирования с использованием ИС «Водопотребность». С помощью имитационного моделирования для типичных условий водоземлепользования изучаются закономерности формирования водопотребности в орошении и возможная прибыль при различных сценариях использования и восстановления орошения. Выбранные сценарии оцениваются с технико-экономической точки зрения при помощи ИС «ПТЭО» [3, 4].

Моделирование необходимо выполнять с учетом современных условий и возможных будущих климатических изменений, которые приведут к увеличению норм водопотребности сельскохозяйственных культур [5].

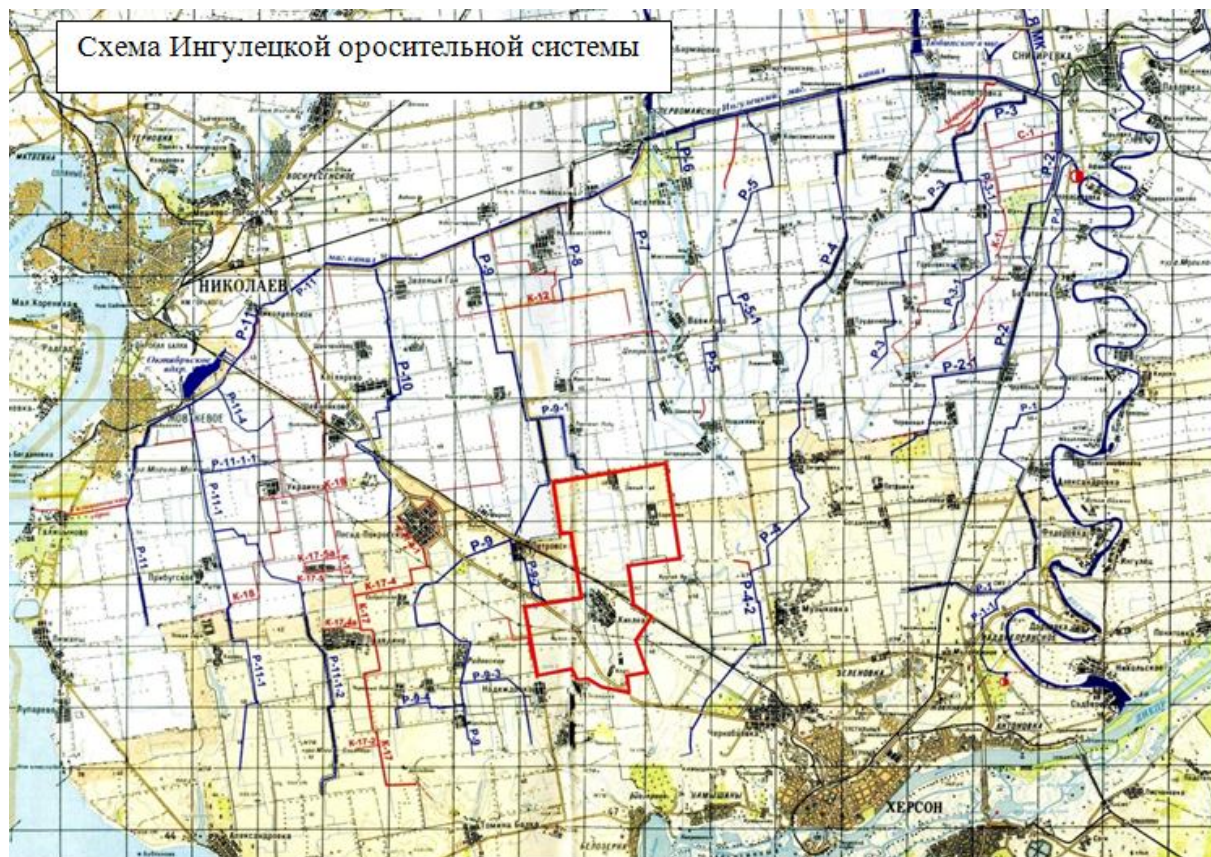
**Результаты и обсуждение.** Для проведения исследований были выбраны пилотные территории, расположенные в зоне действия распределительных каналов Ингулецкой оросительной системы Херсонской области Украины.

На локальном уровне выполнялась общая оценка состояния использования орошения. Исходные данные для проведения исследований были получены в Управлении каналов Ингулецкой оросительной системы (г. Смигиревка), Каховской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции, Белозерском управлении агропромразвития, Херсонском областном управлении водных ресурсов, Херсонском государственном аграрном университете, Институте орошаемого земледелия (г. Херсон).

Ингулецкая ОС расположена в пределах Николаевской и Херсонской областей,



источник орошения – р. Днепр и р. Ингулец. Для обобщения информации в качестве примера рассмотрим территорию Киселевского сельского совета в Белозерском районе Херсонской области (рисунок 1).



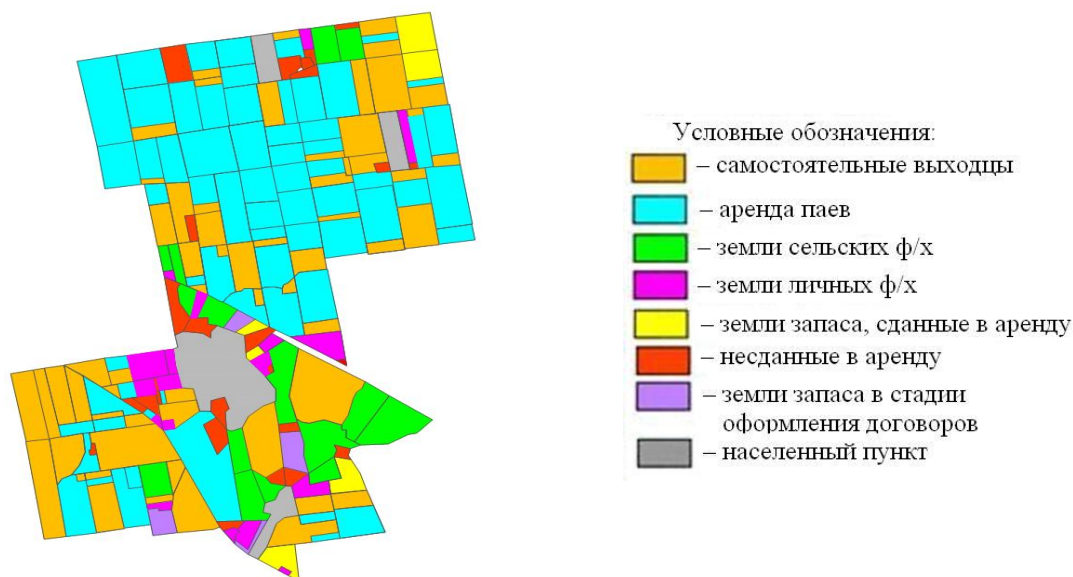
**Рисунок 1 – Схема Ингулецкой ОС**

Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 7646,35 га, из них пашни – 7349,91 га (в том числе орошаемые – 1523,00 га). 1934,61 га занимают земли, которые находятся в государственной собственности, и 6711,74 га – в частной. Почвы – темно-каштановые и их комплексы с солонцами. Эколого-мелиоративное состояние земель удовлетворительное, но на площади в 210 га наблюдается незначительное засоление земель. Климат территории умеренно-континентальный с мягкой зимой (средняя температура зимних месяцев составляет от минус 1 до минус 3 °С) и жарким летом (средняя температура – плюс 22–23 °С). Абсолютный минимум достигает отметки минус 33 °С, абсолютный максимум – плюс 41 °С. Среднегодовая температура составляет 9,3–9,8 °С и имеет устойчивую тенденцию к повышению.

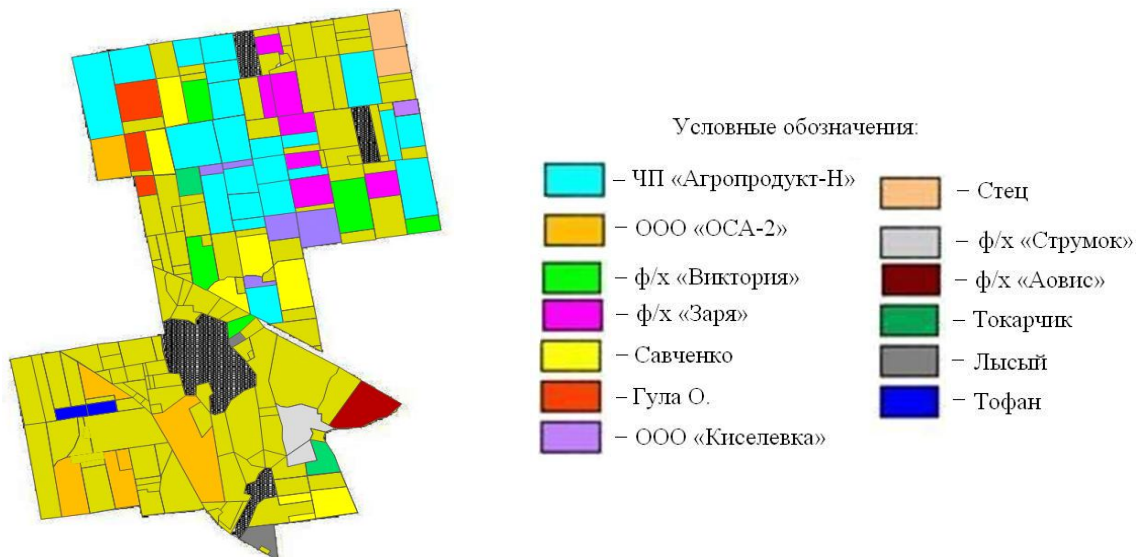
Вода подается с помощью распределительных оросительных каналов Р-9, Р-9-1, Р-9-2 Ингулецкой ОС. Распределение воды в пределах хозяйств осуществляется посредством закрытых напорных трубопроводов и открытых внутрихозяйственных каналов и лотков. Почти на всех межхозяйственных каналах имеется противофильтрационная защита в отличие от внутрихозяйственных, на которых наблюдаются значительные повреждения. Также происходит значительное заиливание и засорение каналов, что уменьшает пропускную способность, а, следовательно, увеличивает потери орошаемой воды и подтапливает территории. Глубина залегания грунтовых вод на орошаемой территории составляет от 2,0 до 5,0 м, на богарных землях – 3,0–5,0 м. Минерализация на глубине до 3 м составляет 1–3 г/дм<sup>3</sup>, более 3 м – от 1 до 5 г/дм<sup>3</sup>. По химическому составу выделяют хлоридные, гидрокарбонатные, сульфатные магниевые-натриевые воды.

Ведущие хозяйства: ЧП «Агропродукт-Н», ООО «Киселевка», ФХ «Заря».

ФХ «Виктория», ООО «Оса-2», специализируются на растениеводстве и животноводстве. Из 1523 га орошаемых земель в 2015 г. было орошено только 15 га. Средняя урожайность сельскохозяйственных культур на богарных землях составила: озимая пшеница – 30,0 ц/га, озимый ячмень – 29,0 ц/га, яровой ячмень – 26,0 ц/га, озимый рапс – 10,0 ц/га, подсолнечник – 3,0 ц/га. Оросительная система на данной территории находится в катастрофическом состоянии. На рисунках 2, 3 представлены схемы землепользования пилотного объекта.



**Рисунок 2 – Схема форм собственности землепользования на пилотной территории**



**Рисунок 3 – Схема землепользователей (конкретных собственников) на пилотной территории**

Разными цветами показаны земли различных землепользователей и земли личных фермерских хозяйств, а также земельные массивы, на которых землевладельцы используют собственные паи единолично. Как видно из схем, в пределах пилотной территории имеется 13 различных землепользователей, которые рассеяны по всей территории сельского совета и используют землю на разных по площади массивах. То есть на данном пилотном объекте наблюдается значительная фрагментация земель. Общее количество паев составляет 1235 шт.



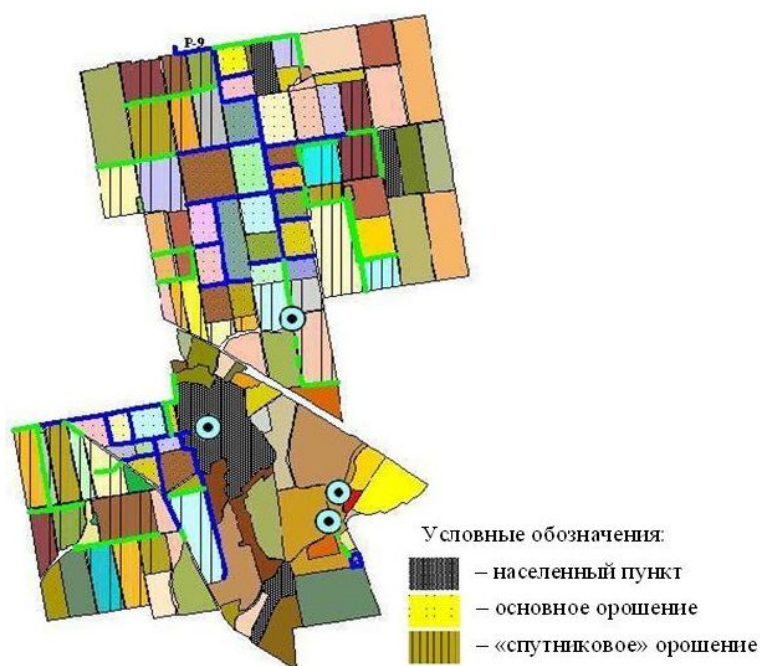
Для решения проблемы фрагментации условий водоземлепользования на оросительной системе необходима разработка вариантов интегрированной консолидации водных и земельных ресурсов. Например, обеспечение работы дождевальной техники в пределах одного сельскохозяйственного поля (владельцы паев, обслуживаемых одной дождевальной машиной, выращивают разнообразные культуры, требующие различных сроков и объемов полива). Еще одним вариантом консолидации земель и восстановления орошения является создание кооперативов по выращиванию сельскохозяйственных культур (отдельные землевладельцы, имеющие земельные паи в разных местах земельного массива заинтересованы в создании кооператива и восстановлении оросительной системы). Для этого необходимо осуществить обмен земельными участками, имеющими доступ к водным ресурсам.

На рисунке 4 представлена схема основного и «спутникового» орошения пилотной территории.

Далее следует выполнить анализ карт землеводопользования, позволяющий оценить площади основного орошения и орошения «спутников» и способствующий выбору возможного сценария:

- восстановление только основного орошения;
- восстановление основного орошения + восстановление орошения «спутников».

После чего необходимо провести расчет эксплуатационного гидромодуля для предложенных севооборотов и сравнить его с проектным значением. Также рассчитываются расходы на реконструкцию, модернизацию или полное восстановление внутрихозяйственной оросительной сети.



**Рисунок 4 – Внутрихозяйственная сеть и площади орошения на пилотной территории**

**Выводы.** Таким образом, для дальнейшей эксплуатации оросительная система нуждается в капитальном ремонте и реконструкции. В целях устойчивого землепользования и восстановления мелиоративной сети также необходимо применение интегрированной консолидации, решение организационных вопросов на национальном, региональном и местном уровнях. Эти действия предусматривают разработку и внедрение законодательства по интегрированной консолидации земель, трансформацию прав собственности на внутрихозяйственные оросительные системы, предоставление

государством долгосрочного льготного кредитования хозяйствам, реализацию инвестиционных проектов, создание ассоциаций водоземлепользователей в пределах отдельных сельских советов и др.

#### Список использованных источников

1 Шворак, А. М. Теоретические основы консолидации земель: содержание, цели, задачи, принципы / А. М. Шворак // Землеустройство и кадастр. – 2008. – № 4. – С. 11–13.

2 WFD CIS Guidance Document No. 9, Implementing the Geographical Information Systems (GIS) of the Water Framework Directive. Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC). – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003. – 166 p.

3 Коваленко, П. И. На пути к трансформации управления орошением в Украине / П. И. Коваленко, А. И. Жовтоног // Вестник аграрной науки. – 2004. – № 3. – С. 5–11.

4 Qualitative and quantitative water scenarios for a pilot area in Crimea / O. I. Zhovtonog, V. V. Polishuk, M. Hoffmann, Kees van Diepen, L. A. Filipenko, I. K. Shostak, V. F. Popovich // Abstracts of Papers UDC 31.6; 626.8; 556.18; 626/627. – Lviv, 2009.

5 Moore, F. C. Adaptation potential of European agriculture in response to climate change / F. C. Moore, D. B. Lobell // Nature Climate Change. – 2014. – № 4(7). – P. 610–614.

УДК 628.1

#### А. В. Петроченко

Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины, Киев, Украина

### ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ В СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

*Целью исследований являлось обоснование новых концептуальных и технических решений повышения эффективности подачи, распределения и очистки воды в системах сельскохозяйственного водоснабжения групповыми водопроводами маловодных территорий, а также в системах капельного орошения. Проанализированы недостатки централизованного водоснабжения сельских населенных пунктов групповыми водопроводами большой протяженности. Предложено и обосновано концептуальное решение замены централизованного водоснабжения сельских населенных пунктов групповыми водопроводами на децентрализованную технологию. Доказана технологическая возможность и эффективность осуществления инновационного процесса восходящего фильтрования воды на многослойных плавающих зернистых фильтрах водоочистных сооружений и установок. На основе применения нового процесса фильтрования воды подготовлены инновационные решения конструкций фильтровальных водозаборов групповых водопроводов и установок для доочистки технической воды до качества питьевой в местах ее потребления, а также очистки воды в системах капельного орошения. Обоснован новый способ восстановления фильтрующих элементов группы параллельно работающим модульным установкам очистки питьевой и оросительной воды, позволяющий уменьшить количество необходимых установок в группе и тем самым снизить капитальные затраты.*

*Ключевые слова:* сельскохозяйственное водоснабжение, капельное орошение, групповой децентрализованный водопровод, очистка воды, плавающий зернистый фильтр, фильтровальный водозабор, водоочистная установка, фильтроцикл.

Согласно стандартам Европейской экономической комиссии ООН государства, у которых запасы пресной воды не превышают 1,7 тыс. м<sup>3</sup> на одного жителя, считаются

необеспеченными собственными водными ресурсами [1]. В Украине на 1 чел. приходится 1,1 тыс. м<sup>3</sup> воды, а в маловодные годы – около 520 м<sup>3</sup>. Особо острый дефицит воды ощущается в юго-восточных регионах Украины. Это объясняется как недостаточной величиной речного стока, который в Украине в зависимости от сумм годовых осадков колеблется от 48,8 до 83,5 млрд м<sup>3</sup>, так и неравномерностью распределения стока по территории страны. Около 70 % речного стока приходится на северо-запад, где проживает 40 % населения страны, а на юго-восточные территории, на которых проживает почти 60 % населения и расположены основные экономические районы (Южный, Донецко-Приднепровский) – всего 30 % речного стока.

Поэтому из всего комплекса водохозяйственных задач Украины приоритетной является задача обеспечения водой населения и отраслей экономики юго-восточных регионов страны. Данная задача решается регулированием стока и перераспределением его в течение года главным образом путем переброски днепровской воды по каналам и водоводам. Для этих целей в Украине построено 1160 водохранилищ с общим объемом свыше 55 млрд м<sup>3</sup>; свыше 30 тыс. прудов; 7 крупных каналов общей длиной 1021 км; 10 наиболее крупных групповых водопроводов большого диаметра, подающих воду на расстояния от 70 до 250 км. На протяжении последних 30 лет было построено 27 групповых сельскохозяйственных водопроводов, предназначенных для водоснабжения 530 населенных пунктов, которые до этого пользовались привозной водой или недоброкачественной сильноминерализованной водой из скважин.

В условиях возрастающего водного дефицита групповые сельскохозяйственные водопроводы в последние годы стали использоваться также для подачи воды в системы капельного орошения. Если за период с 1990 по 2015 г. общая площадь орошаемых земель в Украине уменьшилась с 2,2 млн до 500 тыс. га, то площадь земель капельного орошения за этот период увеличилась более чем в 10 раз.

Анализ работы групповых сельскохозяйственных водопроводов показал, что основным их недостатком является потеря органолептических показателей качества воды в процессе ее транспортировки на большие расстояния [2]. Так, на Западном групповом водопроводе в Запорожской области вода от водозабора, расположенного на канале Р-9 Каховской оросительной системы, до г. Бердянска проходит путь в 175 км за 7 сут. Вода, очищенная на головных очистных сооружениях Западного группового водопровода до качества, соответствующего нормативу питьевой воды 1-й категории [3], в конечном пункте ее транспортировки в отдельные месяцы года по мутности превышает допустимую величину в 8 раз, по цветности – в 4 раза. Но самые большие проблемы возникают из-за большого содержания железа, которое иногда в 10–15 раз превышает нормативный показатель (0,2 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание железа в воде объясняется ее коррозионными свойствами, обусловленными подачей в воду реагентов (главным образом хлора).

Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования [4] показали, что процесс загрязнения воды соединениями железа по длине стального трубопровода имеет накопительный характер и описывается аддитивной функцией:

$$\gamma_{\text{ж}}^i = \sum_{\theta=1}^i \left( \gamma_{\text{ж}}^0 + \frac{4K_{\gamma}^{\theta} t_{\theta}}{d_{\theta}} \right), \quad \theta = \overline{1, i}, \quad (1)$$

$$\gamma_{\text{ж}}^{\text{max}} = \gamma_{\text{ж}}^N = \sum_{i=1}^N \left( \gamma_{\text{ж}}^0 + \frac{4K_{\gamma}^i t_i}{d_i} \right), \quad i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

где  $\gamma_{\text{ж}}^i$ ,  $\gamma_{\text{ж}}^0$  и  $\gamma_{\text{ж}}^N$  – содержание общего железа в воде в конечной точке  $i$ -го участка, в начальной точке водопровода и в конечной точке  $N$ -го участка, г/м<sup>3</sup>;

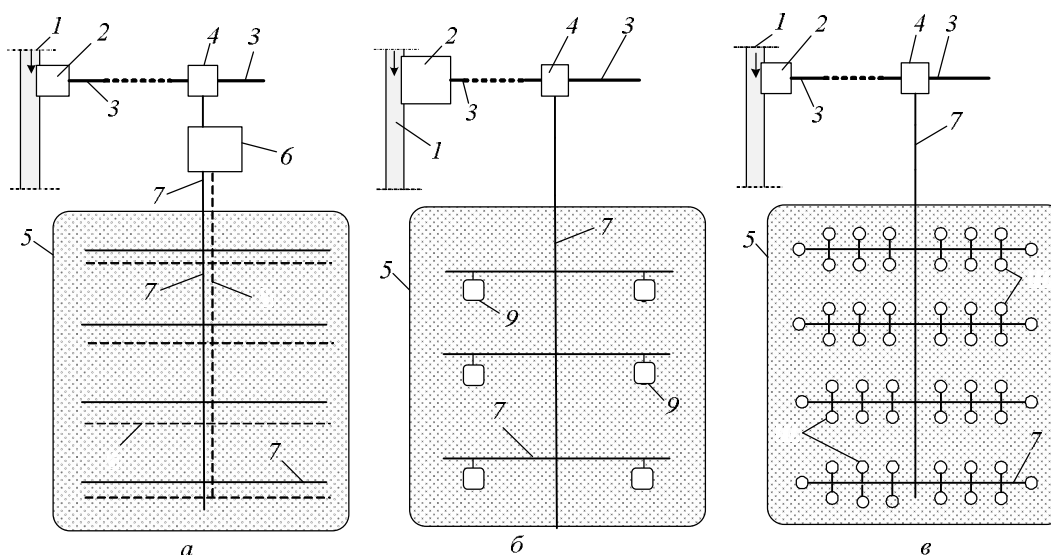
$i$  – индекс промежуточного участка, находящегося перед  $N$ -м участком;

$N$  – индекс конечного участка всего водопровода или его отдельной ветви;

$\theta$  – индекс участка, находящегося перед  $i$ -м участком;  
 $K_{\gamma}^{\theta}$  и  $K_{\gamma}^i$  – скорость загрязнения воды соединениями железа на  $\theta$ -м и  $i$ -м участке, г/м<sup>2</sup>с;  
 $d_{\theta}$  и  $d_i$  – внутренний диаметр водопровода на  $\theta$ -м и  $i$ -м участке, м.

Поскольку из групповых сельскохозяйственных водопроводов для питьевых нужд население потребляет не более 10–15 % воды, а остальную воду используют как техническую для ведения домашнего хозяйства и орошения приусадебных участков, было подготовлено и обосновано новое концептуальное решение сельскохозяйственного водоснабжения групповыми водопроводами. Суть этого решения состоит в замене централизованной технологии подготовки, подачи и распределения воды групповыми сельскохозяйственными водопроводами на децентрализованную технологию, которая предусматривает подготовку технической воды на головных сооружениях водопровода относительно дешевым способом, а в местах потребления воды – доочистку 10–15 % технической воды до качества питьевой.

Были предложены три основные технологические схемы децентрализованного водоснабжения сельских населенных пунктов групповыми водопроводами (рисунок 1), выбор и научное обоснование которых осуществляются в два этапа.



*a* – дуплексная схема подачи технической и питьевой воды; *б* – бюветная схема распределения питьевой воды; *в* – схема с локальной доочисткой технической воды в каждой усадьбе;  
 1 – источник водозабора; 2 – водозаборно-очистное сооружение подготовки технической воды; 3 – главный водовод; 4 – камера переключений подачи воды; 5 – населенный пункт;  
 б – водоочистная станция дуплексной системы водоснабжения; 7 – сеть распределения технической воды; 8 – сеть распределения питьевой воды; 9 – водоочистная установка бюветной схемы подготовки питьевой воды; 10 – локальная водоочистная установка для подготовки питьевой воды в усадьбе

### Рисунок 1 – Основные схемы децентрализованного водоснабжения групповыми водопроводами сельских населенных пунктов

На первом этапе определяют наилучший вариант схемы децентрализованного водоснабжения населенного пункта. Для этого по каждой схеме (рисунок 1) составляют формулы расчета себестоимости водоснабжения населенного пункта (подачи технической и питьевой воды на протяжении года). Наилучшую схему выбирают по критерию минимума себестоимости, согласовывая вариант схемы с жителями населенного пункта.

Второй этап предусматривает инновационное совершенствование и научное обоснование отдельных элементов системы децентрализованного водоснабжения

по выбранной на первом этапе схеме с целью дополнительного снижения себестоимости и повышения его эффективности. Для этого выполняют факторный анализ параметров, которые в наибольшей степени влияют на величину себестоимости.

Исследования показали, что для всех трех схем водоснабжения, представленных на рисунке 1, основными параметрами, в наибольшей степени влияющими на величину себестоимости, являются: стоимость водозаборных и очистных сооружений в голове групповых водопроводов; стоимость водоочистных установок в местах потребления питьевой и оросительной (для капельного орошения) воды; продолжительность фильтрационного цикла водоочистных сооружений и установок. Для улучшения этих параметров ставилась и решалась задача инновационного совершенствования конструктивно-технологических решений децентрализованных групповых сельскохозяйственных водопроводов, а также выполнялось научное обоснование этих решений по следующим основным направлениям.

В голове групповых децентрализованных водопроводов вместо отдельно работающих водозаборных и очистных сооружений было предложено использовать относительно недорогие водозаборно-фильтровальные сооружения, в которых объединены функции забора и очистки воды. Такие сооружения имеют низкую себестоимость и могут использоваться для подготовки технической воды, качество которой будет соответствовать качеству питьевой воды 2-й категории [3].

Для уменьшения размеров водозаборно-фильтровальных сооружений и водоочистных установок, снижения их стоимости, увеличения продолжительности фильтрационного цикла, а также повышения качества очистки воды предложено применять в групповых децентрализованных водопроводах наиболее эффективный процесс восходящего фильтрования воды на многослойных плавающих зернистых фильтрах. Данный процесс ранее не использовался, поэтому является инновационным. Это объясняется особенностью технологии изготовления зерен пенополистирола – основного материала плавающих зернистых фильтров. Зерна пенополистирола получают путем вспенивания исходной фракции полистирола (бисера). Из полупрозрачного стекловидного бисера полистирола диаметром от 0,2 мм и начальной плотностью 1060 кг/м<sup>3</sup> образуют зерна пенополистирола диаметром от 0,3 до 10 мм. Очевидно, что плотность зерен бисера полистирола при вспенивании уменьшается пропорционально кубу величины их диаметра. В фильтровальной камере зерна пенополистирола большего диаметра, имея меньшую плотность, невольно занимают верхний слой плавающей фильтровальной загрузки, а по условию обеспечения восходящего фильтрования воды должно быть наоборот. Поэтому возникла необходимость научного обоснования процесса восходящего фильтрования воды на многослойных плавающих зернистых фильтрах и доказательства технологической возможности его осуществления.

В результате проведенных исследований установлено, что такой процесс очистки воды может быть осуществлен при использовании фильтровальных камер трех видов:

- односекционная камера с многослойным плавающим зернистым фильтром, самопроизвольно образующимся из полифракционной плавающей загрузки (рисунок 2, а);
- многосекционная камера с разделительными решетками (рисунок 2, б);
- односекционная фильтровальная камера, в которой размещены гибкие сетчатые контейнеры (картриджи) с плавающими зернами различных фракций (рисунок 2, в).

Технологическая возможность осуществления процесса восходящего фильтрования воды на многослойных плавающих зернистых фильтрах по схемам рисунка 2, б и в не вызывает сомнений. Она достигается путем дополнения фильтровальных камер известных водоочистных сооружений и установок новыми конструктивными элементами.

По схеме фильтрования рисунка 2, а процесс восходящего фильтрования воды на многослойных плавающих зернистых фильтрах может быть осуществлен путем научно обоснованного выбора параметров плавающих зерен полифракционной плаваю-

щей загрузки. Зерна меньшего размера должны под действием архимедовой силы самопроизвольно подниматься выше зерен большего размера и образовывать верхние фильтровальные слои. Исследования показали, что для получения такого результата недостаточно, чтобы зерна меньшего размера были изготовлены из менее плотного, а зерна большего размера – из более плотного материала. Это объясняется тем, что сила Стокса  $T_i^{ct}$  (Н), которая оказывает сопротивление всплытию в воде  $i$ -го зерна, пропорциональна диаметру зерна  $d_i$ , а результирующая  $T_i^{пд}$  (Н) сил подъема в воде  $i$ -го плавающего шарообразного зерна возрастает пропорционально кубу его диаметра  $d_i$ :

$$T_i^{ct} = -3\pi d_i \eta v_i, \quad (3)$$

$$T_i^{пд} = T_i^a - T_i^{gp} = \frac{1}{6} \pi g d_i^3 (\rho - \rho_i), \quad (4)$$

где  $d_i$  – диаметр  $i$ -го зерна, м;

$\eta$  – динамический коэффициент вязкости воды, Па·с;

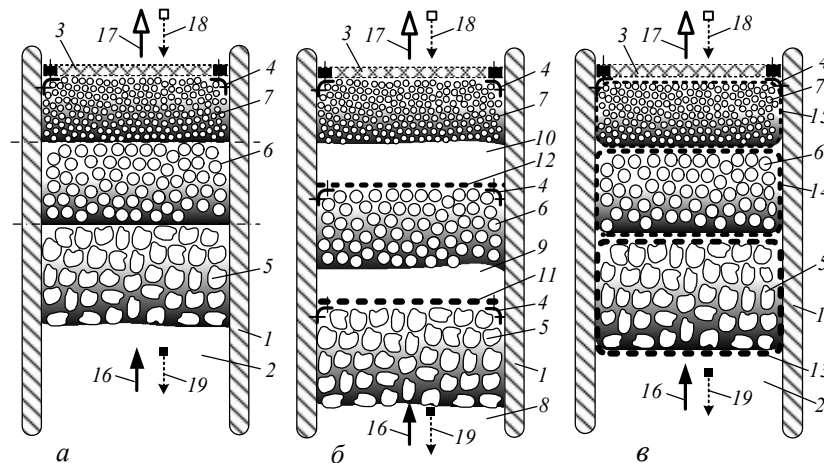
$v_i$  – скорость всплытия  $i$ -го зерна, м/с;

$T_i^a$  и  $T_i^{gp}$  – архимедова сила и сила гравитации, действующие на  $i$ -е зерно, Н;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\rho$  и  $\rho_i$  – плотность воды и плотность материала  $i$ -го зерна, кг/м<sup>3</sup>.

Анализ формул (3) и (4) показывает, что с увеличением диаметра  $d_i$  сила всплытия  $T_i^{пд}$  возрастает быстрее, чем сила сопротивления всплытию  $T_i^{ct}$ . В связи с этим при всплытии зерна большего размера обгоняют зерна меньшего размера. Эффект образования необходимых фильтровальных слоев в этом случае достигается только после дополнительного перемешивания полифракционной зернистой плавающей загрузки.



*a* – односекционная камера с самопроизвольным образованием в ней фильтрующих слоев из плавающих зерен разных фракций; *б* – камера, разделенная на секции, заполненные плавающими зернами разных фракций; *в* – односекционная камера с размещением фракций плавающих зерен в гибкие сетчатые контейнеры;

1 – корпус; 2 – фильтровальная камера; 3 – удерживающая сетка или тонкослойный модуль;

4 – кронштейн; 5, 6 и 7 – плавающие зерна большего, среднего и меньшего диаметра;

8, 9 и 10 – нижняя, средняя и верхняя секции фильтровальной камеры; 11 и 12 – разделительная решетка с ячейками большего и меньшего размера; 13, 14 и 15 – гибкий сетчатый контейнер

с ячейками большего, среднего и меньшего размера; 16 – исходная вода; 17 – очищенная вода;

18 и 19 – промывная вода на входе и на выходе из фильтровальной камеры

**Рисунок 2 – Варианты водоочистных фильтровальных камер с восходящим фильтрованием воды через многослойные плавающие зернистые фильтры**

За основной критерий самопроизвольного образования в фильтровальной камере верхних плавающих фильтрующих слоев из зерен меньших размеров и нижних слоев из зерен больших размеров было принято неравенство:

$$v_{i+1} > v_i, \quad (5)$$

где  $v_{i+1}$  и  $v_i$  – скорость всплытия в воде  $(i + 1)$ -го зерна меньшего и  $i$ -го зерна большего диаметра, м/с.

Всплытие  $(i + 1)$ -го и  $i$ -го зерен происходит с постоянными скоростями (силы, действующие на всплывающие зерна, взаимно уравновешиваются), поэтому с помощью формул (3) и (4) и выполнения несложных преобразований критерий (5) был представлен в следующих удобных для практического применения альтернативных вариантах:

$$\rho_{i+1} < \rho - \left( \frac{d_i}{d_{i+1}} \right)^2 (\rho - \rho_i), \quad (6)$$

$$d_{i+1} > d_i \sqrt{\frac{\rho - \rho_i}{\rho - \rho_{i-1}}}. \quad (7)$$

При исходных параметрах  $d_i$  и  $\rho_i$  зерен нижнего  $i$ -го слоя фильтра по критерию (6) определяют возможность применения материала зерен верхнего  $(i + 1)$ -го слоя с плотностью  $\rho_{i+1}$ , а по критерию (7) – возможный диаметр  $d_{i+1}$  этих зерен.

Таким образом, для варианта очистки воды, представленного на рисунке 2, *а*, инновационным является научно обоснованное соотношение параметров зерен полифракционной плавающей загрузки, при котором обеспечивается самопроизвольное расположение в фильтровальной камере водоочистных сооружений и устройств фильтрующих слоев из зерен меньшего размера выше фильтрующих слоев из зерен большего размера.

Вариант очистки воды, изображенный на рисунке 2, *б*, был положен в основу новых технических решений фильтровально-очистных сооружений для подготовки технической воды: берегового фильтровального водозабора [5], руслового водозабора с трубным фильтровальным оголовком, плавучего водозабора.

Вариант очистки воды, представленный на рисунке 2, *в*, становится основой подготовки новых технических решений установок для очистки питьевой воды в местах ее потребления из групповых водопроводов и оросительной воды в системах капельного орошения.

Одним из направлений снижения себестоимости и повышения эффективности водоснабжения децентрализованными групповыми водопроводами является совершенствование режимов эксплуатации водоочистных сооружений и установок. Так, был предложен новый способ восстановления фильтрующих элементов группы параллельно работающих модульных установок для очистки питьевой и оросительной воды в системах капельного орошения [6]. Суть способа состоит в том, что восстановление фильтрующих элементов группы параллельно работающих водоочистных установок путем их обратной промывки (рисунок 3, *а*) или замены фильтрующих картриджей осуществляют не одновременно для всей группы, а последовательно (рисунок 3, *б*), через интервал времени:

$$T_m = T/m,$$

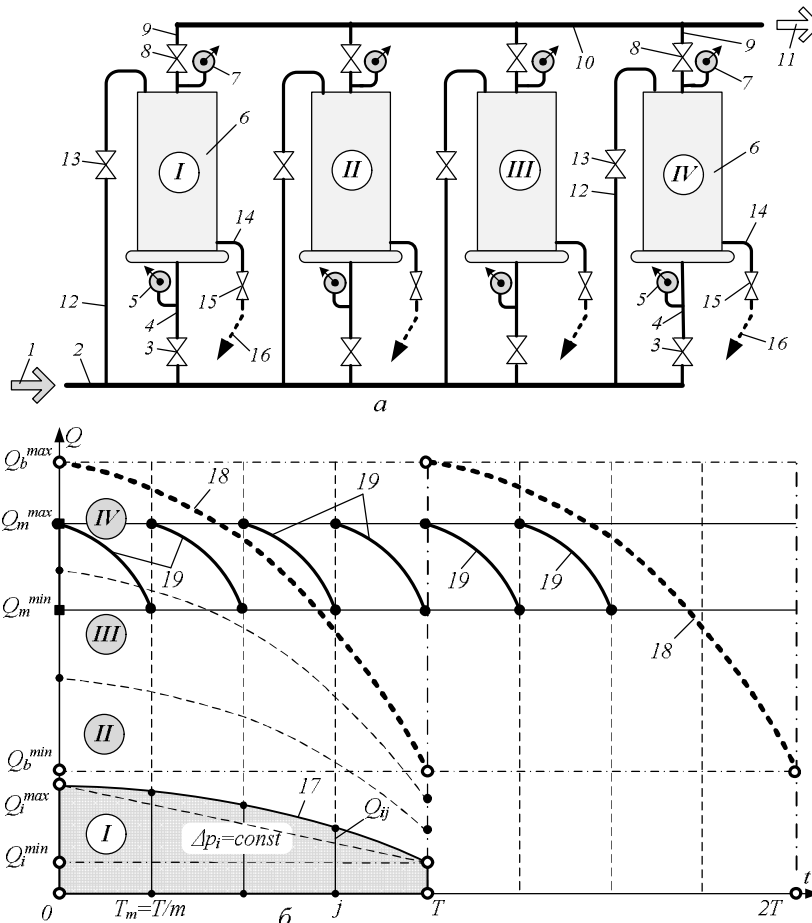
где  $T$  – продолжительность фильтроцикла одной установки, сут;

$m$  – количество установок при новом способе восстановления фильтрующих элементов.

При применении базового способа восстановления фильтрующих элементов с расходными характеристиками, соответствующими графику 17 (рисунок 3, *б*), получаем:

$$Q_b^{\max} = bQ_i^{\max}; Q_b^{\min} = bQ_i^{\min}; \Delta Q_b = Q_b^{\max} - Q_b^{\min} = b(Q_i^{\max} - Q_i^{\min}), \quad (8)$$

где  $Q_b^{\max}$ ,  $Q_b^{\min}$  – расход воды в группе установок в начале и конце фильтроцикла, м<sup>3</sup>/сут;  
 $Q_i^{\max}$ ,  $Q_i^{\min}$  – расход воды через фильтрующий элемент в начале и конце фильтроцикла, м<sup>3</sup>/сут;  
 $b$  – количество установок при базовом способе.



*a* – схема подключения параллельно работающих установок; *б* – графики расхода воды в зависимости от вариантов восстановления фильтровальных элементов;  
 1 – исходная вода; 2 – труба подачи исходной воды; 3 – вентиль; 4 – труба подачи воды в водоочистную установку; 5 – манометр; 6 – водоочистная установка; 7 – манометр; 8 – вентиль; 9 – патрубок; 10 – труба подачи очищенной воды; 11 – очищенная вода; 12 – трубопровод подачи промывной воды; 13 – вентиль; 14 – патрубок отвода промывной воды; 15 – вентиль; 16 – отвод загрязненной промывной воды; 17 – график изменения расхода воды в *i*-й установке в течение фильтроцикла *T* при постоянном напоре  $\Delta p_i$ ; 18 – график изменения расхода воды в блоке водоочистных установок при базовом варианте восстановления фильтровальных элементов; 19 – то же, при новом варианте

**Рисунок 3 – Изменение во времени фильтровальных свойств блока параллельно работающих водоочистных установок**

При новом способе восстановления фильтрующих элементов имеем:

$$Q_m^{\max} = \sum_{j=1}^{m+1} Q_{ij} - Q_i^{\min} ; Q_m^{\min} = \sum_{j=1}^{m+1} Q_{ij} - Q_i^{\max} ; \Delta Q_m = Q_m^{\max} - Q_m^{\min} = Q_i^{\max} - Q_i^{\min} , \quad (9)$$

где  $Q_m^{\max}$  и  $Q_m^{\min}$  – расход воды в группе установок в начале и конце фильтроцикла, м<sup>3</sup>/сут;  
 $m$  – количество установок при новом способе;



$Q_{ij}$  – ордината графика 17 для  $i$ -й установки в конце  $j$ -го интервала деления периода времени  $T$ , м<sup>3</sup>/сут.

Новый способ обеспечивает группе установок более равномерную расходную характеристику (график 19 на рисунке 3, б) по сравнению с базовым способом (график 18). Для нового способа разница  $\Delta Q_m$  (8) между  $Q_m^{\max}$  и  $Q_m^{\min}$  такая же, как и разница между расходом воды через один фильтрующий элемент в начале и конце фильтроцикла, а для базового способа разница  $\Delta Q_b$  (9) между  $Q_b^{\max}$  и  $Q_b^{\min}$  в  $b$  раз больше, чем  $\Delta Q_m$ .

Для системы водоснабжения с проектной величиной расхода воды  $Q_{\text{пр}}$  (м<sup>3</sup>/сут) количество  $b$  параллельно работающих установок в группе при базовом способе восстановления фильтрующих элементов рассчитывают по формуле:

$$b = \left[ \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_i^{\min}} \right] \leq \frac{Q_b^{\min}}{Q_i^{\min}}. \quad (10)$$

При новом способе восстановления фильтрующих элементов количество  $m$  установок определяют по следующему соотношению, используя значения ординат  $Q_{ij}$  графика 17 на рисунке 3, б и последовательно подставляя в данное ниже соотношение пробные значения  $m$ :

$$\sum_{j=1}^{m+1} Q_{ij} \geq Q_{\text{пр}} + Q_i^{\max}. \quad (11)$$

В приближенных расчетах график 17 заменяют прямой линией, тогда количество  $m$  установок в группе определяют по более удобной формуле:

$$m = \left[ \frac{2Q_{\text{пр}}}{Q_i^{\min} + Q_i^{\max}} \right]. \quad (12)$$

Экономический эффект от использования нового способа восстановления фильтрующих элементов группы параллельно работающих установок составляет:

$$E = K_1(b - m), \quad (13)$$

где  $K_1$  – стоимость приобретения и монтажа одной водоочистой установки.

**Выводы.** Для повышения эффективности сельскохозяйственного водоснабжения с помощью групповых водопроводов большой протяженности обоснована необходимость замены централизованной технологии подготовки, подачи и распределения воды на децентрализованную технологию.

Предложены три основные схемы децентрализованного водоснабжения сельских населенных пунктов групповыми водопроводами, выбор наилучшей из них в каждом населенном пункте рекомендуется осуществлять исходя из минимума себестоимости подачи технической и питьевой воды на протяжении года.

Определены и научно обоснованы следующие основополагающие направления и технические решения инновационного совершенствования систем сельскохозяйственного водоснабжения децентрализованными групповыми водопроводами:

- применение в голове групповых водопроводов водозаборно-фильтровальных сооружений, выполняющих функции забора и первичной очистки воды;
- использование наиболее эффективного инновационного процесса восходящего фильтрования воды на плавающих многослойных зернистых фильтрах, обеспечивающего повышение качества очистки воды и увеличение продолжительности фильтроцикла;
- на основе применения нового процесса фильтрования воды подготовлены и рекомендуются для групповых сельскохозяйственных водопроводов новые конструктивные решения берегового фильтровального водозабора, руслового водозабора с трубным фильтровальным оголовком, плавучего водозабора;

- совершенствование режимов эксплуатации систем сельскохозяйственного водоснабжения децентрализованными групповыми водопроводами, одним из результатов которого является новый способ восстановления фильтровальных элементов группы параллельно работающих установок для очистки питьевой и оросительной воды.

#### Список использованных источников

1 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. / А. В. Петроченко // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО РГАТУ; под ред. Н. В. Бышова. – Рязань, 2013. – С. 151–159.

3 ГСанПиН 2.2.4-171-10. Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком. – Официальный вестник Украины. – 2010. – № 51. – С. 99–129.

4 Петроченко, А. В. Исследования процесса загрязнения воды продуктами внутренней коррозии в групповых сельскохозяйственных водопроводах / А. В. Петроченко // Проблемы водоснабжения, водоотведения и гидравлики: науч.-техн. сб. / Киевский нац. ун-т строительства и архитектуры. – Киев, 2015. – Вып. 25 – С. 205–216.

5 Береговой водозабор: пат. 105189 Украина: МПК(7) Е 03 В 3/00 / Петроченко А. В.; заявитель и патентообладатель ИВПиМ; заявл. 12.08.15; опубл. 10.03.16, Бюл. № 5. – 4 с.

6 Способ очистки воды на параллельно работающих фильтровальных установках в системах водоснабжения: пат. 105190 Украина: МПК(7) Е 03 В 3/00 / Петроченко А. В.; заявитель и патентообладатель ИВПиМ; заявл. 12.08.2015; опубл. 10.03.16, Бюл. № 5. – 4 с.

УДК 631.587

**Н. А. Диденко**

Институт водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины, Киев, Украина

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИКИ ВЕДЕНИЯ ИНТЕНСИВНОГО ОРОШЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ХОЗЯЙСТВА «АСКАНИЙСКОЕ» ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ)

*В статье изложены результаты исследований практики интенсивного орошения на уровне полей на примере одного из высокопроизводительных государственных хозяйств Херсонской области «Асканийское» Института орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук Украины (далее «Асканийское») на площади 5,0 тыс. га. На протяжении вегетационных сезонов 2012–2015 гг. проведены наземные и космические наблюдения, внедрена информационная система оперативного управления орошением (ИС) «ГИС-Полив», апробирована система агромониторинга Fieldlook. Предложенный комплекс организационных и технико-технологических мероприятий для обеспечения ресурсоэффективного орошаемого земледелия позволил сэкономить до 30 % водных и энергетических ресурсов, уменьшить норму внесения удобрений до 15 % и повысить урожайность культур на 15 %.*

*Ключевые слова: ресурсоэффективность, водоземлепользование, орошаемое земледелие, информационная система, система агромониторинга.*

**Введение.** За последние 20 лет в связи с распаиванием земель и экономическими преобразованиями существенно изменились условия водоземлепользования на сельских территориях. Так, в зоне действия оросительных систем в Херсонской области

площади фактического орошения уменьшились на 35 %, нормы внесения удобрений снизились на 28 %, в структуре севооборотов более 50 % занимают высоколиквидные культуры, которые в современных условиях изменения климата требуют больших объемов подачи воды для орошения. Продолжение такой практики создает опасность развития деградационных процессов в почвах, ухудшения эколого-мелиоративного состояния земель и нарушения устойчивости функционирования агроландшафтов.

В настоящее время не урегулирован вопрос контроля качества водоземлепользования, не стимулируется соблюдение научно обоснованных технологий выращивания орошаемых культур, в результате чего не соблюдаются требования и нормы экологической безопасности для сохранения окружающей среды.

Анализ данных выполненных ранее исследований показал необходимость дополнительного изучения использования водных и земельных ресурсов на орошаемых землях в современных условиях ведения хозяйства и определения механизмов внедрения научно обоснованных эффективных методов управления технологиями в орошаемом земледелии.

**Материалы и методы.** В результате исследований использованы следующие методы и материалы:

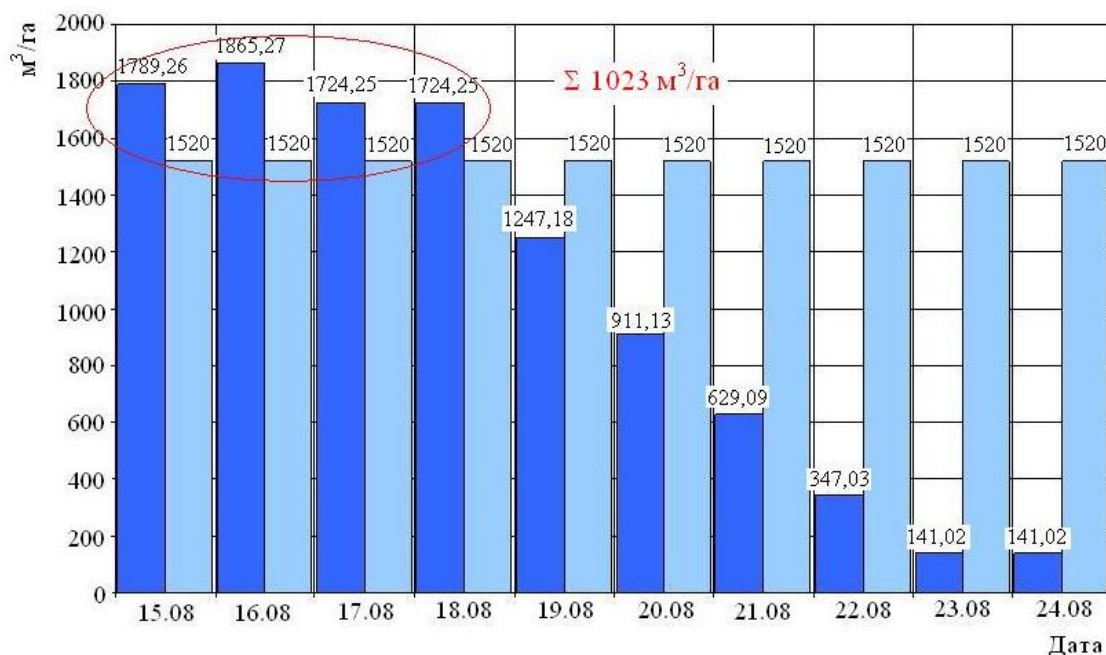
- аналитический – для анализа условий и процессов водоземлепользования, состояния ведения орошаемого земледелия (результаты агрохимических обследований, статистические данные использования орошения и технологий ведения орошаемого земледелия);
- математическое моделирование – для установления тесной связи между исследуемыми факторами;
- полевой (в производственных условиях) – для исследования плотности сложения, водопроницаемости и влажности почв (термостатно-весовой метод, использование портативных влагомеров и станции влажности почвы), наблюдения за фазами развития и состоянием сельскохозяйственных культур;
- лабораторный – для определения запасов влаги в почве, прироста биомассы;
- методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) – для наблюдения за состоянием и развитием растений.

Проводились водно-балансовые исследования с использованием ИС «ГИС-Полив» [1], анализировались метеорологические данные автономной интернет-метеостанции фирмы iMetos (Pessl Instruments) и станции влажности почвы Agri 2.0 (Adcon Telemetry GmbH).

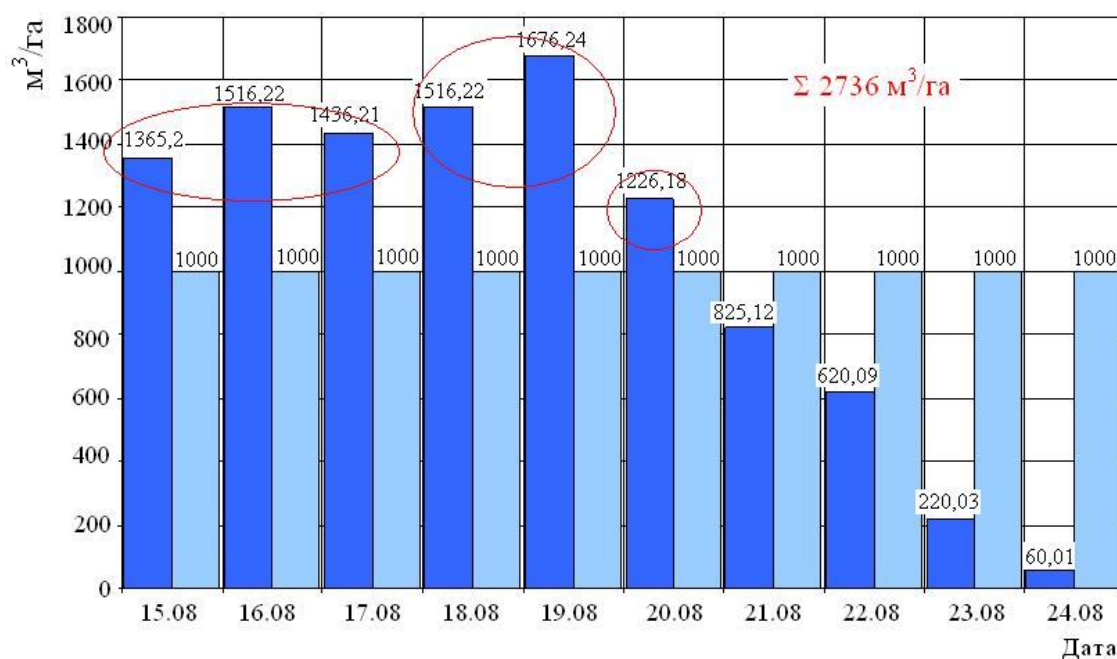
Космические наблюдения, которые включали данные о состоянии посевов, росте и развитии растений на полях (динамика накопления биомассы, содержание азота в растениях, дефицит увлажнения почвы), проводились с применением системы агромониторинга Fieldlook [2] в рамках сотрудничества с голландской компанией Difco International.

**Результаты и обсуждения.** Экспериментальные исследования на сельскохозяйственных полях «Асканийское» показали, что оптимальному ресурсоэффективному ведению орошения препятствует техническое состояние оросительной системы. Вследствие устаревшего оборудования насосных станций и неудовлетворительного состояния дождевальной техники на отдельных полях невозможно поддерживать оптимальный режим орошения. В таких условиях поливы проводились часто и нормами 300–400 м<sup>3</sup>/га.

По результатам расчетов, проведенных системой «ГИС-Полив», доказано, что при насыщении севооборотов высококорентабельными культурами, более 50 % из которых приходится на влаголюбивые (соя – 38 %, кукуруза – 20 % и многолетние травы – 19 %) в критический период их развития дефицит воды может достигать 2,7 тыс. м<sup>3</sup>/га. На рисунке 1 приведен пример необходимых объемов подачи воды для орошения и дефицит водоподачи по двум водовыделам – НС № 11 и 14 Каховского магистрального канала (КМК) за период 15–24 августа 2014 г.



водовыдел НС № 11 КМК



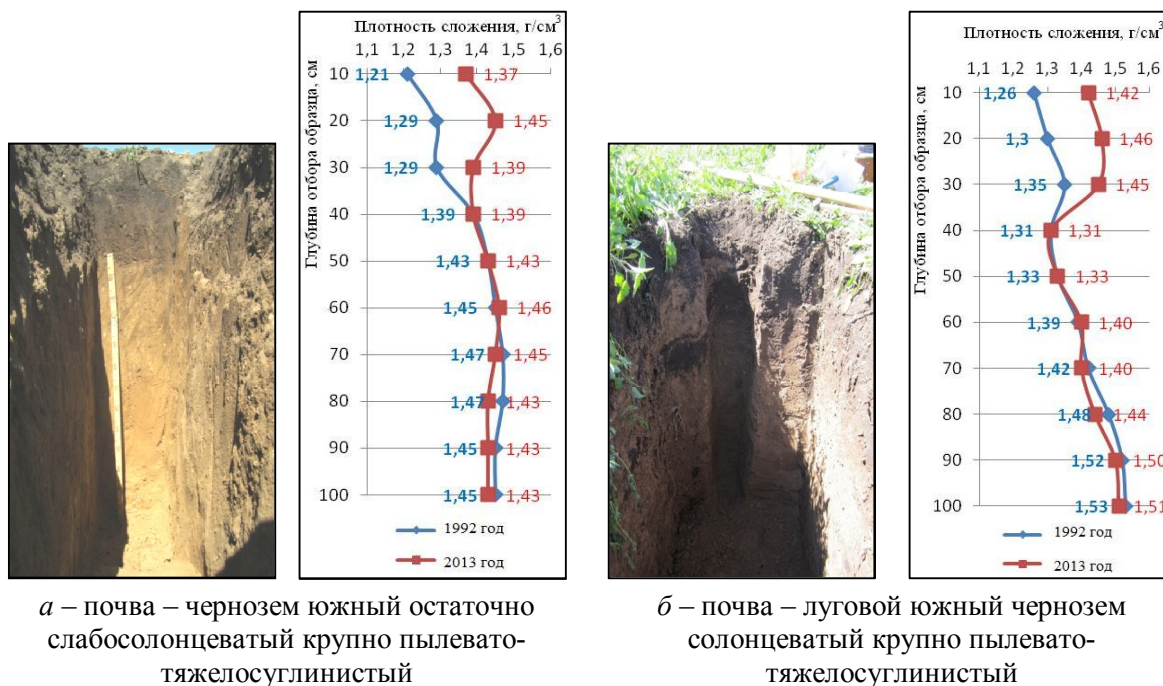
водовыдел НС № 14 КМК

■ – подача воды по НС; ■ – дефицит подачи воды по НС

**Рисунок 1 – Динамика необходимых объемов воды для орошения сельскохозяйственных культур и дефицит подачи воды по двум насосным станциям**

В результате расчетов установлено, что за период исследований разница между необходимыми объемами воды для орошения и дефицитом подачи составляла: для НС № 11 КМК – 1023 м³/га и для НС № 14 КМК – 2736 м³/га. Для смягчения негативных последствий поливы производили в первую очередь на полях, где влажность почвы была более низкой, что позволило снизить риск потерь воды вследствие несвоевременных поливов.

При существующей практике ведения орошаемого земледелия изменяется структурно-агрегатное состояние почв, ухудшаются их водно-физические свойства. Отмечено увеличение плотности сложения почв хозяйства (чернозем южный, луговой южный чернозем и темно-каштановые почвы) в пахотном слое (0–40 см) на 10–13 % по сравнению с исследованиями, проведенными в 1992 г. (данные Украинского научно-исследовательского и проектно-изыскательского института по землеустройству – УкрНДИземпроект) (рисунок 2).

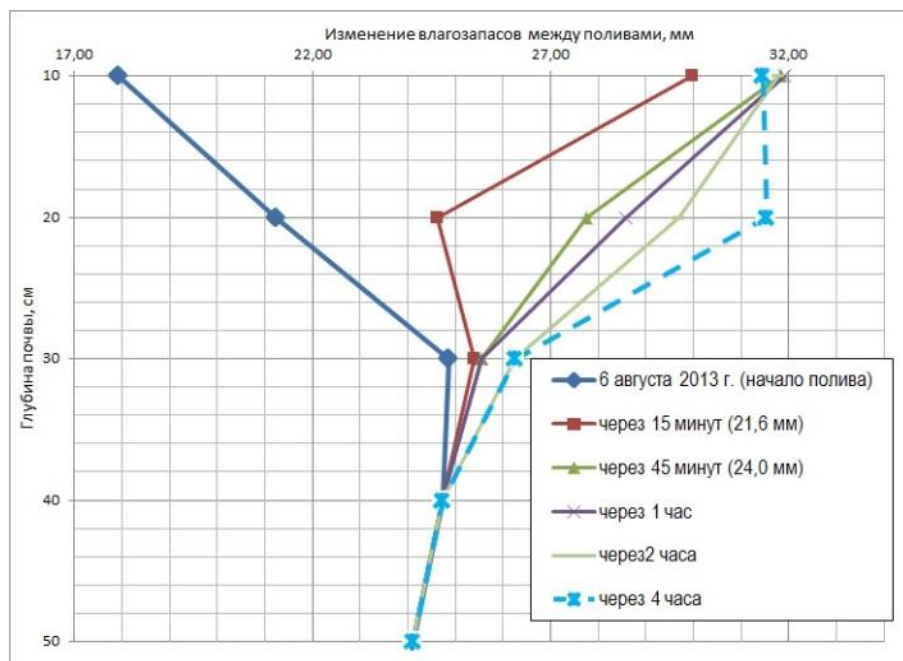


**Рисунок 2 – Изменение плотности сложения почв в опытном хозяйстве «Асканийское»**

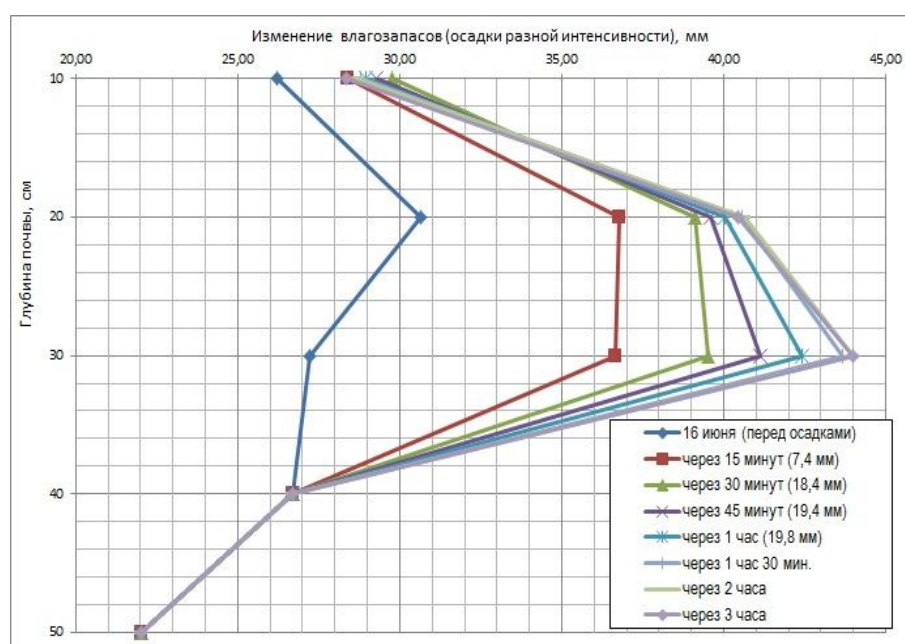
Вследствие уплотнения почв формируются условия, когда поливная норма сосредотачивается в слое почвы 0–30 см (рисунок 3); в случае дождей разной интенсивности просачивание влаги наблюдается до глубины 40 см (рисунок 4). Такие результаты получены на основе анализа данных станции влажности почвы, которая в течение вегетационного сезона находилась на поле под соей и регистрировала каждые 15 минут влажность почвы через каждые 10 см до глубины 60 см. Достоверность результатов, полученных на станции влажности, подтверждалась периодическими замерами влажности почвы термостатно-весовым методом.

В условиях увлажнения только пахотного слоя почвы и его переуплотнения основная масса корней кукурузы и сои сосредотачивается в слое 0–45 см, многолетних трав – в слое 75–80 см. Это значительно меньше нормативных показателей роста корневой системы, обеспечивающих оптимальное развитие сельскохозяйственных культур [3].

Применение системы космического агромониторинга Fieldlook позволило наблюдать за состоянием и развитием культур, а также определять участки и поля с неудовлетворительным развитием биомассы растений. На рисунке 5 приведены результаты мониторинга состояния посевов на поле кукурузы. До критического периода развития кукурузы (конец июня в 2014 г.) наблюдалось стремительное накопление биомассы. В период интенсивного орошения всех культур севооборота, когда суммарная водопотребность превысила мощность насосной станции (НС № 11 КМК), а своевременные поливы не были проведены, рост биомассы существенно замедлился. Вследствие неглубокого залегания корневой системы растений (масса корней расположена в слое 0–35 см) рост биомассы остановился окончательно, что привело к потере урожая.



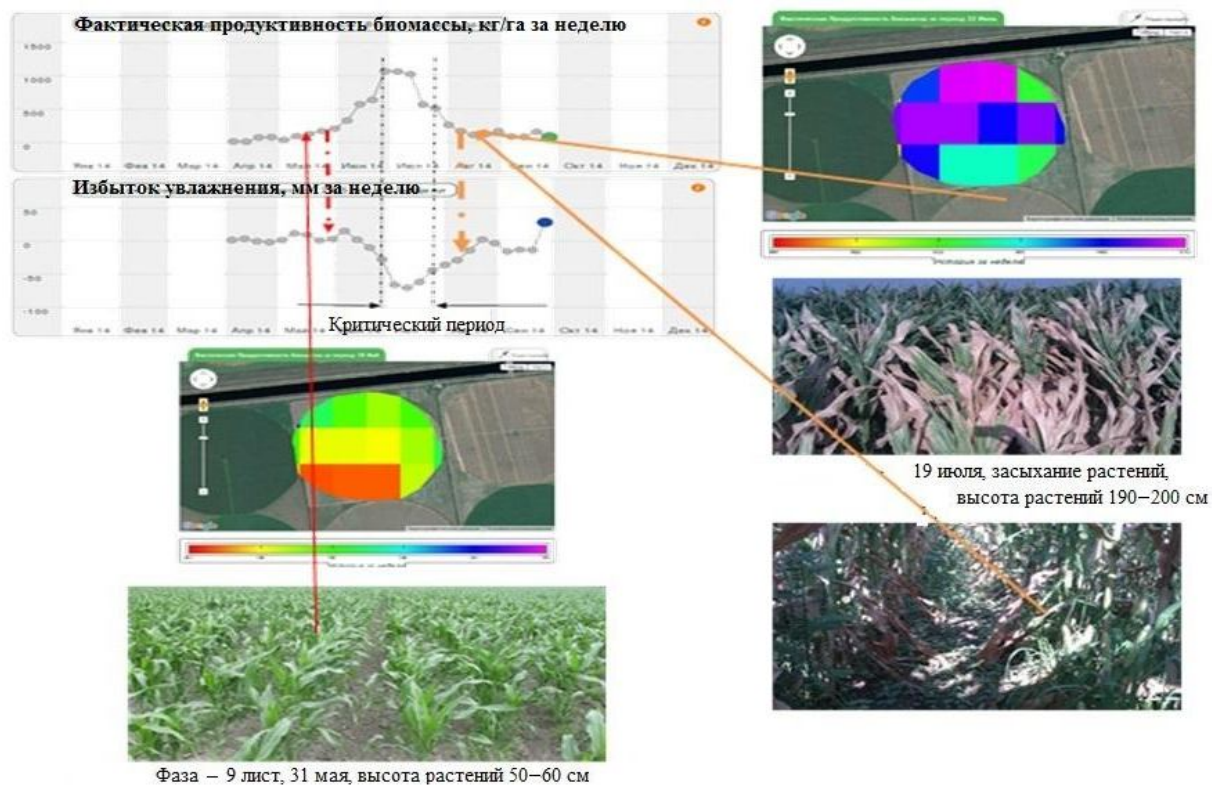
**Рисунок 3 – Эпюры распределения влаги по профилю во время полива (6 августа 2013 г.)**



**Рисунок 4 – Эпюры распределения влаги по профилю во время дождя (16 июня 2013 г.)**

Предложен комплекс организационных и технико-технологических мероприятий, включающих: реконструкцию внутрихозяйственной оросительной системы; организацию использования современных методов наземного и космического мониторинга; внедрение информационной системы оперативного планирования орошения ИС «ГИС-Полив»; применение агро-мелиоративных мероприятий по улучшению агро- и водно-физических свойств почв. Для опытного хозяйства рассчитан необходимый объем инвестиций для внедрения ресурсоэффективных технологий. Установлено, что срок окупаемости инвестиций составит четыре года и обеспечит ежегодную прибыль в размере 2,7 млн долл.





**Рисунок 5 – Динамика развития биомассы кукурузы и фактическое состояние растений по данным наземных наблюдений**

**Выводы.** Как показали исследования, основной причиной неполной реализации агропотенциала сельскохозяйственных культур на орошаемых полях является неудовлетворительное техническое состояние оросительной системы. При таких условиях не всегда удается обеспечить оптимальный режим орошения сельскохозяйственных растений.

Переуплотнение и ухудшение агро- и водно-физических свойств почв является дополнительным фактором, который негативно влияет на развитие сельскохозяйственных культур.

#### **Список использованных источников**

1 Официальный сайт информационной системы оперативного планирования орошением «ГИС Полив» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gispoliv.com/>.

2 Официальный сайт системы агромониторинга Fieldlook [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fieldlook.ru>.

3 Зинченко, А. И. Растениеводство / А. И. Зинченко, В. Н. Салатенко, М. А. Билоножко. – Киев: Аграрная освіта, 2001. – 591 с.

## МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.67:633.11

**А. П. Тищенко**

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

### **ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИН СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПОЧВЕННОГО БАЛАНСОМЕРА**

*Цель исследований заключалась в определении величин суммарного испарения сельскохозяйственных культур с помощью гидравлического почвенного балансомера. Суммарное испарение является основной расходной частью водного баланса сельскохозяйственных угодий. Испарение, наряду с осадками и поливами, определяет влагозапасы почвы, оказывающие первостепенное влияние на продуктивность растений. В орошаемом земледелии суммарное испарение обуславливает сроки и нормы поливов. Для управления поливами в климатических условиях Степного Крыма необходимо иметь измеренные величины водного баланса, входящие в расчет режимов орошения (суммарное испарение, осадки, поливы) за период, не превышающий одних суток. Расчетные методы определения величин суммарного испарения могут успешно применяться при планировании водопользования и проектировании оросительных систем. Метод водного баланса может служить в качестве контрольного за отрезок времени, равный вегетационному периоду. Использование гидравлических почвенных балансомеров позволяет получать измеренные с высокой точностью элементы водного баланса в суточных интервалах, что имеет большое как научное, так и практическое значение.*

*Ключевые слова: водный баланс, суммарное испарение, осадки, гидравлический почвенный балансомер, влагозапасы.*

В настоящее время существует много аналитических методов расчета величин суммарного испарения, что свидетельствует о сложности решения данного вопроса. Пока еще нет универсального расчетного метода, все они являются региональными, т. е. применимы в тех климатических условиях, в которых каждый из них разработан. Из-за многочисленности формирующих факторов (температура, влажность воздуха, ветер, солнечная радиация, облачность и т. д.), а также их сочетания механизм образования суммарного испарения изучен пока еще недостаточно.

В агрономической практике для целей управления режимами орошения за эталонный принят водно-балансовый метод расчета величин суммарного испарения. Однако метод водного баланса далеко не универсален. Основной недостаток обусловлен изменчивостью влагозапасов почвы по площади поля, здесь оказывают влияние различие микрорельефа, фильтрационные и водоудерживающие свойства почвы, состояние растительного покрова и многое другое. Большие ошибки при расчете создаются вследствие ограничения слоя почвы, в котором отбираются пробы для определения влагозапасов.

Обычно в практике принят слой почвы мощностью 1 м. Однако при поливах, даже при самом строгом соблюдении режимов орошения, по трещинам, ходам землероев, пустотам, образовавшимся после отмирания корней растений, поливная вода, а также вода от ливневых осадков проникает за пределы метрового слоя почвы.

Влага, ушедшая до глубины 1,3 м, в дальнейшем будет потреблена растениями. Но в момент измерения влагозапасов с целью их определения в метровом слое почвы, находящаяся в интервале 1,0–1,3 м влага в данный момент учтена не будет, а войдет



в расчет суммарного испарения в последующий период. Таким образом, в первом случае величины окажутся заниженными, а во втором – завышенными.

Следовательно, при отборе почвенных образцов в четырехкратной повторности приходится учитывать погрешности, достигающие в декадном интервале 25–30 %. Кроме того, пробы почвы после отбора необходимо обработать (высушить, взвесить) и произвести расчет влагозапасов. При этом период между наблюдениями еще увеличивается, что, в конечном счете, приводит к неприменимости данного метода для целей управления режимами орошения, не говоря уже о его трудоемкости при отборе почвенных образцов.

С уменьшением периода наблюдений прогрессивно возрастает погрешность, которая при определении влагозапасов через пять суток увеличивается до 40 %.

Анализ метода водного баланса с целью его использования в водно-балансовых расчетах орошаемого поля позволил сделать заключение, что данный метод можно применять в качестве контрольного за отрезок времени, равный вегетационному периоду, т. е. первое определение влагозапасов на орошаемом поле производится в начале вегетации (обычно в марте), когда увлажнение почвы выровнено зимними осадками, а второе – после окончания вегетации, месяц спустя после прекращения поливов, когда увлажнение в расчетном слое также выравнивается вследствие водопотребления растениями.

На основании анализа материалов наблюдений при управлении режимами орошения в реальных условиях, т. е. непосредственно в хозяйствах, был сделан вывод, что для управления поливами необходимо иметь величины, входящие в расчет режимов орошения (осадки, поливы, суммарное испарение) за период, не превышающий одних суток.

Следовательно, расчетные методы определения величин суммарного испарения могут успешно применяться при планировании водопользования и проектировании оросительных систем, но для управления режимами орошения требуются величины суммарного испарения за короткие (суточные) интервалы. Данные величины можно получить только путем непосредственных измерений.

Созданные для этой цели крупногабаритные установки, названные гидравлическими почвенными балансомерами, располагаются непосредственно на полях, занятых сельскохозяйственными культурами, и регистрируют на лентах самописцев величины суммарного испарения с этих культур [1]. Такой подход позволяет иметь суточные величины суммарного испарения и других составляющих водного баланса орошаемого поля, следовательно, определить остаток влаги на каждом поле в конце дня, а значит, становится возможным удерживать увлажнение почвы на орошаемом поле на протяжении всего активного периода вегетации в заданном режиме. Кроме того, измеренные с высокой точностью величины суммарного испарения являются надежной основой для уточнения существующих или разработки новых расчетных методов.

Для измерения величин суммарного испарения разработан беспавильонный гидравлический почвенный балансомер.

Принципиальная схема балансомера аналогична схеме гидравлического почвенного испарителя ГР-17, разработанного в Государственном гидрологическом институте (ГГИ) В. А. Урываевым и П. Н. Бурцевым [2, 3]. В дальнейшем конструкция была усовершенствована, и окончательный вариант прибора будет описан ниже.

Балансомер разработан как сетевой прибор главным образом для измерения суточных величин суммарного испарения, применяемых при расчетах режимов орошения сельскохозяйственных культур. Кроме того, с его помощью можно измерять осадки, поливы, конденсацию водяных паров из воздуха в почву. При дооборудовании водорегулирующим устройством прибор может регистрировать расход грунтовых вод в зону аэрации и инфильтрацию из зоны аэрации на грунтовые воды, т. е. работать как лизиметр. Также при несложной доработке с помощью балансомера изучаются водно-физические характеристики почвы, процессы тепло-, влаго-, солепереноса. Величины составляющих

водного баланса фиксируются на лентах самописцев. Балансомер можно рассматривать как измерительный комплекс, регистрирующий динамику элементов водного баланса почвенного монолита, представляющего собой физическую модель поля [4, 5].

Гидравлический почвенный балансомер является замкнутой системой, позволяющей исследовать каждый элемент в отдельности и водный баланс в целом. Конструкцией прибора предусмотрена регистрация на ленте самописца внутрисуточного хода измеряемых элементов водного баланса с заданной точностью.

Принцип действия балансомера основан на переводе величины суммарного испарения в простое механическое линейное перемещение плавающей системы с записью его на ленте самописца и последующим переводом в линейную величину суммарного испарения.

Изменение влагозапаса почвенного монолита определяется по степени погружения плавающей системы при изменении веса монолита относительно уровня воды в баке, в котором помещается плавающая система. При этом используется равенство, лежащее в основе принципа гидростатического взвешивания:

$$\Delta P = \Delta i \cdot F \cdot \rho_{ж}, \quad (1)$$

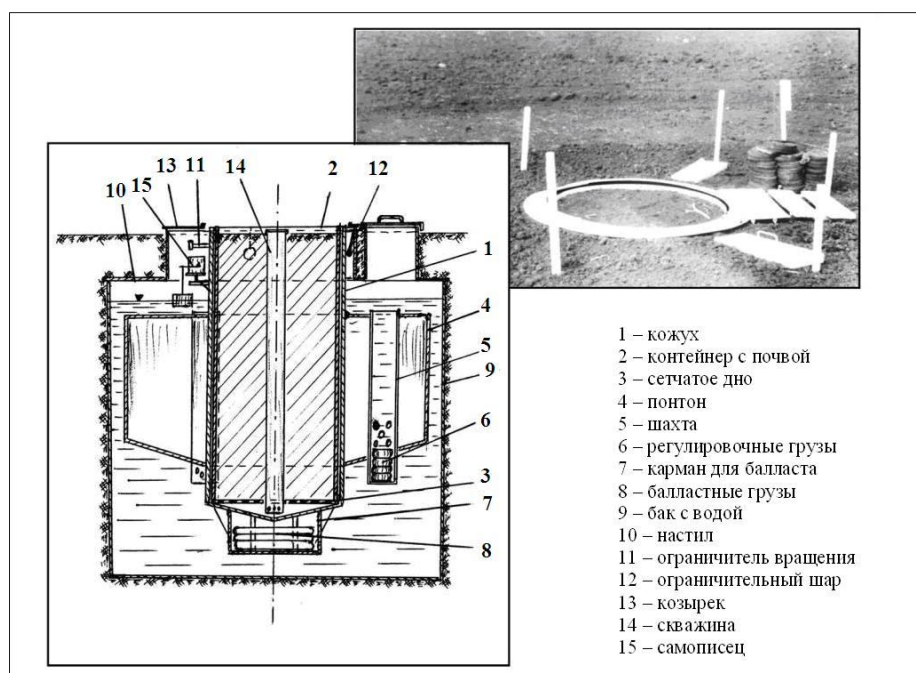
где  $\Delta P$  – изменение массы плавающего тела;

$\Delta i$  – величина изменения степени погружения под влиянием изменения его массы;

$F$  – площадь поперечного сечения плавающего тела;

$\rho_{ж}$  – плотность жидкости, в которой плавает тело.

Гидравлический почвенный балансомер (рисунок 1) состоит из плавающей системы, бака с водой, настила и регистрирующего устройства (самописца).



**Рисунок 1 – Беспавильонный гидравлический почвенный балансомер**

Плавающая система представляет собой цельносварную конструкцию, состоящую из кожуха 1, в который помещается контейнер 2, заполненный почвенным монолитом, удерживаемым в контейнере посредством сетчатого дна 3, понтона 4, приваренного к кожуху, трех шахт 5, в которых помещены регулировочные грузы 6, карман 7 с балластными грузами 8. Бак 9 предназначен для помещения в него плавающей системы. Настил 10 укладывается на бак после заполнения его водой и размещения в него плавающей системы. Во избежание вращения плавающей системы вокруг своей оси,

к стенке кожуха возле самописца приварены два ограничителя 11. Для того чтобы контейнер не прислонялся к горловине настила, между горловиной и верхней частью контейнера помещены на гибких подвесках три деревянных шара 12.

Таким образом, плавающая система свободно плавает в баке и ничем не крепится к горловине настила, обеспечивая высокую точность и качественную запись величин суммарного испарения и других элементов водного баланса, измеряемых балансомером.

Зазор между горловиной настила и контейнером закрывается козырьком 13, а для удаления просочившейся на дно контейнера воды (от дождя и поливов) служит скважина 14. Кроме того, если в скважину вмонтировать водорегулирующее устройство, балансомер будет работать как лизиметр.

Самописец 15 регистрирует на ленте величины вертикального перемещения плавающей системы относительно уровня воды в баке. Основой для изготовления самописца служит серийный недельный метеорологический самописец (барограф, термограф, гигрограф), в котором вместо датчика давления, температуры или влажности воздуха на ось надевается бобышка с двумя стержнями. На один из них навинчивается противовес, а на другой – подвеска, к которой посредством цепочки подвешен поплавочек. Самописец жестко крепится к верхней части кожуха (на плавающей системе) двумя болтами. При необходимости (в научных целях) вместо недельного самописца можно применять суточный, двенадцатичасовой, шестичасовой и даже барабан с часовым механизмом, делающим оборот за два часа. Изменяя масштаб записи вертикального перемещения плавающей системы (перемещением подвески относительно оси самописца) и скорость вращения барабана, можно, например, записать на ленте самописца влияние на суммарное испарение наплывающего на солнечный диск облака.

Испаряющая площадь составляет  $0,75 \text{ м}^2$ , высота почвенной колонны – 2,00 м. Экспериментальными исследованиями установлено, что при таких размерах измеренные прибором величины суммарного испарения не требуют приведения к полю, что важно при оперативном управлении режимами орошения, т. е. измеренные с помощью балансомера величины суммарного испарения являются репрезентативными полю. Почва в контейнере может быть как монолитная (без нарушения структуры), так и насыпная (с последующим послойным уплотнением). В первом случае прибор используется как для научных целей, так и в качестве сетевого прибора, а во втором (насыпной) – только для измерения элементов водного баланса (суммарное испарение, осадки, поливы, конденсация водяных паров из воздуха в почву). В балансомере может произрастать любая сельскохозяйственная культура, а также дикорастущая травянистая растительность.

Техническая характеристика:

- испаряющая площадь монолита –  $0,75 \text{ м}^2$ ;
- высота почвенного монолита – 2 м;
- максимальный вес почвенного монолита в насыщенном водой состоянии – 3,0 т;
- максимальный вес плавающей системы с почвенным монолитом – 4,0 т;
- рабочий ход плавающей системы –  $\pm 50 \text{ мм}$ ;
- чувствительность плавающей системы – 75 г;
- наименьшие измеряемые величины элементов видного баланса, приведенные к слою воды – 0,1 мм.

Все крупногабаритные детали (кроме измерительного устройства) транспортируются и хранятся без упаковки.

Балансомер размещается на производственном поле не менее 100–150 м от ближайшего его края.

Монтаж и подготовка к работе проводятся в следующей последовательности:

- на поле, в месте установки прибора контейнер заряжается почвенным монолитом;
- в вырытом после зарядки контейнера котловане устанавливается бак и заполняется водой;

- производится монтаж плавающей системы: на поверхность бака укладывается настил, а на него – слой почвы на одном уровне с окружающим полем;
- монтируется измерительное устройство;
- осуществляется тарировка прибора.

Тарировка проводится для считывания с ленты самописца суммарного испарения в линейных величинах. Для уменьшения ошибок и удобства вычисления тарировочный коэффициент устанавливается равным единице. Тарировку нужно делать в утренние или вечерние часы, когда нет испарения, и затихает ветер.

Частота наблюдений за суммарным испарением по балансомеру проводится в зависимости от программы. Для управления режимами орошения мониторинг проводится один раз в сутки – утром или вечером.

Суммарное испарение вычисляется по формуле:

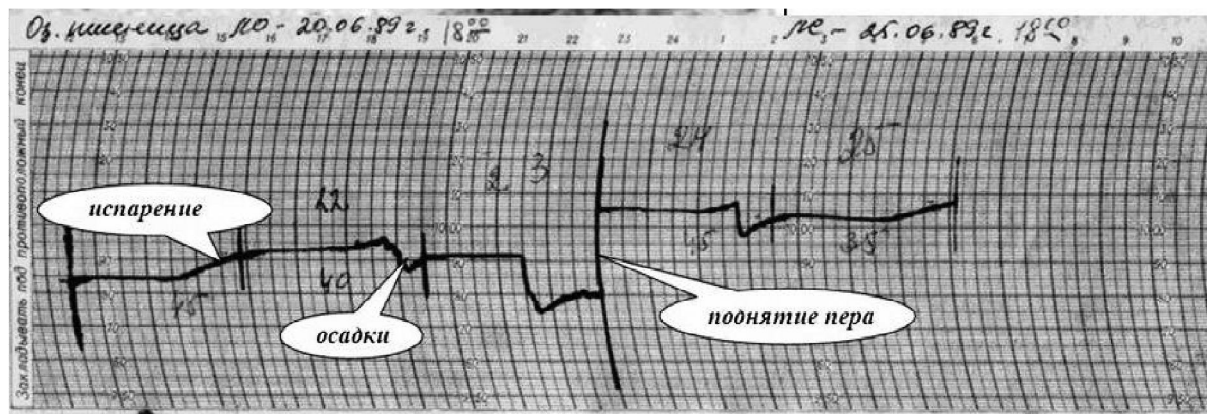
$$E = 5 \cdot H, \quad (2)$$

где  $E$  – суммарное испарение, м<sup>3</sup>/га;

$5$  – цена деления на ленте самописца (в нашем случае использовались ленты барографа и устанавливалась цена деления 5 м<sup>3</sup>/га);

$H$  – количество делений, на которое переместилось перо на самописце за расчетный интервал (сутки).

На рисунке 2 в качестве примера представлена лента с записью суммарного испарения и осадков с недельного самописца.



**Рисунок 2 – Пример записи суммарного испарения с озимой пшеницы и осадков на ленте самописца балансомера**

Наблюдения проводятся в следующем порядке: на барабан с недельным часовым механизмом самописца балансомера надевается лента, и в левом верхнем углу записываются дата и время. На следующий день (утром или вечером) наблюдатель считывает количество делений, на которое опустилось перо за прошедшие сутки. Например, на рисунке 2 видно, что, за 21 июня перо поднялось на девять делений. Умножив это на 5 (цена деления), получаем величину суммарного испарения за 21 июня – 45 м<sup>3</sup>/га. Если в течение суток выпадали осадки, то величина суммарного испарения будет складываться из отдельных частей. Так, 22 июня с утра испарение составляло 25 м<sup>3</sup>/га, затем выпали осадки объемом 50 м<sup>3</sup>/га, после чего снова регистрировалось испарение величиной 15 м<sup>3</sup>/га. Следовательно, величина суммарного испарения за 22 июня – 25 + 15 = 45 м<sup>3</sup>/га.

Если остановились часы, то запись происходит вертикально вниз. В данном случае необходимо, прежде чем снять барабан, сделать протяжку ленты, прокручивая барабан на оси по часовой стрелке. Считывание показаний аналогично указанному выше.

Если перо на ленте опустилось низко, и за следующие сутки, судя по тенденции записи, выйдет за ее пределы, нужно поднять перо, увеличив на несколько звеньев

длину цепочки, соединяющей крючок подвески самописца с поплавком. После считывания показаний барабан с часовым механизмом устанавливается на место.

Обработка почвы, посев и уборка урожая осуществляются вручную при соблюдении правил агротехники. Количество удобрений, вносимых в балансомер во время подкормки сельскохозяйственной культуры на поле, взвешивается на технических весах с точностью до 1 г. Большое внимание нужно уделять состоянию растений в почвенном контейнере и на настиле. Они должны быть по динамике роста и развития одинаковыми с растущими на окружающем поле, на котором установлен балансомер.

### **Выводы**

1 Для управления поливами в климатических условиях Степного Крыма необходимо иметь измеренные величины водного баланса, входящие в расчет режимов орошения (суммарное испарение, осадки, поливы) за период, не превышающий одних суток.

2 Расчетные методы определения величин суммарного испарения могут успешно применяться при планировании водопользования и проектировании оросительных систем.

3 Метод водного баланса можно использовать в качестве контрольного за отрезок времени, равный вегетационному периоду.

4 Применение гидравлических почвенных балансомеров позволяет получать измеренные с высокой точностью элементы водного баланса в суточных интервалах, что имеет большое как научное, так и практическое значение.

### **Список использованных источников**

1 А. с. 1626762 СССР, по классу А01 05Д9/00. Оперативный гидравлический почвенный балансомер / А. П. Тищенко, П. В. Тищенко (СССР). – 1992, SU 1826782 А1 G 05 D 9/00//.

2 Урываев, В. А. Экспериментальные гидрологические исследования на Валдае: моногр. / В. А. Урываев. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 231 с.

3 Федоров, С. Ф. Опыт эксплуатации гидравлического почвенного испарителя малой модели (ГПИ-51) / С. Ф. Федоров // Труды ГГИ. – 1954. – Вып. 45.

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

5 Тищенко, О. П. Наукові засади управління режимами зрошення сільськогосподарських культур за балансовим (інструментальним) методом: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.02 / Тищенко Олександр Павлович. – Херсон, 2012. – 40 с.

УДК 631.416.7:631.416.8:631.417.2:631.445.4

### **О. В. Воеводин**

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

### **ВЗАИМОСВЯЗЬ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ С ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ**

*В результате исследований было установлено, что при снижении содержания гумуса с глубиной доля кальция также уменьшается, в противоположность магнию, количество которого с глубиной повышается или мало зависит от содержания гумуса. Между содержанием гумуса и долей обменного кальция существует прямая зависимость, в то время как между содержанием гумуса и количеством обменного магния такая зависимость является обратной или отсутствует. Полученные данные подтверждают тезис об отсутствии сродства магния почв к органическому веществу. В то же время присутствие обменного кальция в почвенном поглощающем комплексе черноземов обязано в основном органическому веществу почв.*

*Ключевые слова:* чернозем, обменный магний, обменный кальций, органическое вещество почв, гуминовые кислоты.

**Введение.** Эффективность мелиоративных мероприятий, особенно при применении химических мелиораций, во многом зависит от учета взаимодействий основных обменных катионов, к которым в черноземных почвах принадлежат кальций и магний.

Целью работы являлось установление взаимосвязей обменных катионов кальция и магния с органическим веществом черноземных почв.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на черноземных почвах Ростовской области.

В ходе исследования оценивались такие показатели, как содержание обменного кальция и магния по методу Иванова [1], содержание гумуса по ГОСТ 26213-91 [2], фракционно-групповой состав гумуса ускоренным методом М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой [3].

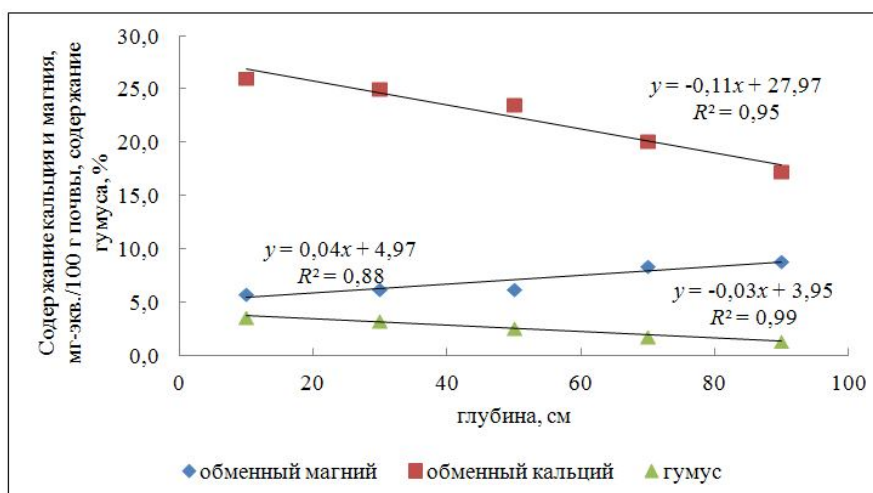
**Результаты и обсуждение.** В результате обследования отдельных полей в ЗАО «Нива» Веселовского района Ростовской области, почвы которых представлены черноземами обыкновенными, было установлено, что с глубиной количество гумуса закономерно снижалось в соответствии со следующей зависимостью (рисунок 1):

$$y = -0,03x + 3,95,$$

где  $x$  – глубина взятия проб, см;

$y$  – содержание гумуса, %;

коэффициент аппроксимации  $R^2 = 0,99$ .



**Рисунок 1 – Изменение содержания гумуса и обменного магния и кальция с глубиной  $n = 28$  см**

Аналогичным образом уменьшалось и содержание обменного кальция. Уравнение, которое описывало это снижение, имело вид:

$$y = -0,11x + 27,97,$$

где  $x$  – глубина взятия проб, см;

$y$  – содержание обменного кальция, мг-экв./100 г почвы;

коэффициент аппроксимации  $R^2 = 0,95$ .

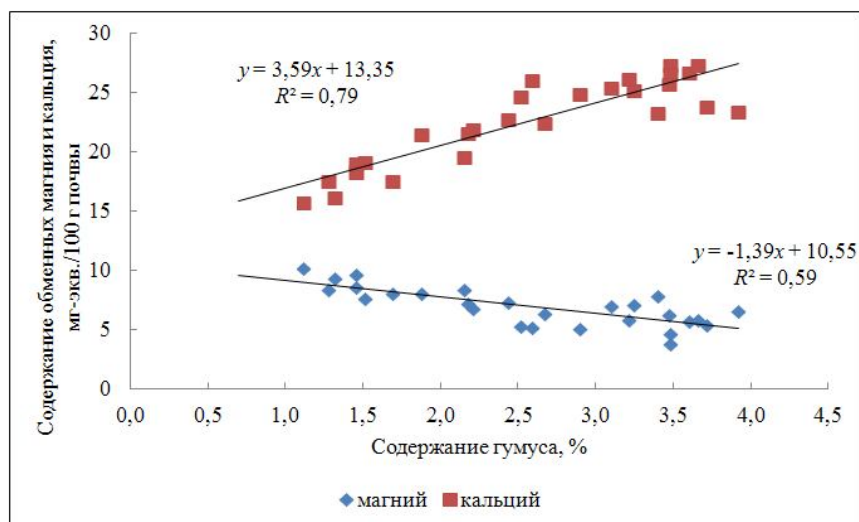
Верхние горизонты, богатые органикой, содержали и большее количество обменного кальция. Так, в слое 0–40 см доля обменного кальция была в среднем на 30 % больше, чем в слое 40–100 см. Для магния была получена зависимость, указывающая на повышение его содержания с глубиной:

$$y = 0,04x + 4,97,$$

где  $x$  – глубина взятия проб, см;

$y$  – содержание обменного магния, мг-экв./100 г почвы;  
коэффициент аппроксимации  $R^2 = 0,88$ .

Между количеством обменного кальция и магния и долей гумуса в черноземе обыкновенном также была обнаружена прямолинейная зависимость (рисунок 2). Как можно видеть на рисунке 2, между содержанием гумуса и долей обменного кальция существует прямая зависимость, в то время как между содержанием гумуса и количеством обменного магния такая зависимость является обратной или отсутствует.



**Рисунок 2 – Зависимость доли обменного кальция и магния от содержания гумуса в черноземе,  $n = 28$  см (ЗАО «Нива» Веселовского района)**

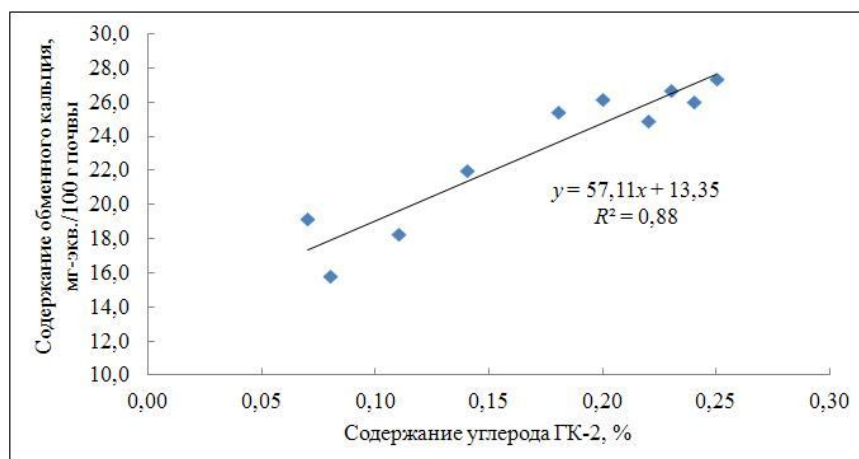
Далее были сопоставлены данные по содержанию углерода гуминовых кислот, связанных с кальцием (ГК-2), с показателями количества обменного кальция. Для почв участков, расположенных в Веселовском районе, была получена линейная зависимость (рисунок 3):

$$y = 57,11x + 13,35,$$

где  $x$  – содержание углерода гуминовых кислот, связанных с кальцием (ГК-2), %;

$y$  – содержание обменного кальция, мг-экв./100 г почвы;

коэффициент аппроксимации  $R^2 = 0,88$ .



**Рисунок 3 – Зависимость содержания обменного кальция от доли углерода гуминовых кислот, связанных с кальцием (ГК-2)**

Полученная зависимость указывает на то, что с увеличением содержания углерода ГК-2 повышается доля обменного кальция.



Полученные результаты подтверждают данные многих авторов [4, 5] об отсутствии сродства магния почв к органическому веществу. В то же время обменный кальций присутствует в почвенном поглощающем комплексе благодаря органическому веществу.

Так как черноземные почвы характеризуются значительным содержанием смектита [6], обладающего пониженной способностью к закреплению кальция на внешних поверхностях тактоидов [7], то для эффективной мелиорации с целью повышения доли обменного кальция необходимо увеличивать количество органического вещества, которое является носителем центров адсорбции кальция.

При внесении гипса в почву на первом этапе возрастает концентрация почвенного раствора, что способствует коагуляции (флокуляции) коллоидов, в результате чего повышается водопроницаемость почв, однако внедрение кальция в почвенный поглощающий комплекс (ППК) может и не происходить. Под действием повышенных значений рН гипс преобразуется в почве в тонкодисперсный карбонат кальция и выходит из обменных реакций, следовательно, внедрение кальция в ППК осуществляется в меньшей степени. Это подтвердилось при проведении опытов в ст. Кривянской Ростовской области. В ходе исследований было отмечено, что после внесения дозы гипса, рассчитанной на нейтрализацию натрия (8,59 т/га), в ППК снизилось содержание натрия с 4,16 до 0,21 ммоль/100 г почвы, доля магния повысилась с 5,28 до 6,80 ммоль/100 г почвы (или с 24,8 до 35,8 % от суммы обменных катионов), количество кальция в абсолютных единицах осталось на прежнем уровне (около 12 ммоль/100 г почвы) [8].

Образовавшийся карбонат кальция остается в мелиорированном слое (при этом содержание обменного кальция изменяется незначительно) и будет растворяться и выпускать ионы в почвенный раствор только под действием подкисляющих условий. Такие условия могут создавать микроорганизмы, корни растений, удобрения, а также агротехнические приемы, повышающие содержание углекислого газа в почве. О положительном действии при создании таких подкисляющих условий с помощью компостов, сидератов и органических удобрений сообщают многие авторы [9–11].

**Выводы.** Таким образом, при снижении содержания гумуса (составившего 0,03 % на каждый сантиметр почвы) с глубиной доля кальция также уменьшается (на 0,11 ммоль/100 г почвы на каждый сантиметр почвы), в противоположность магнию, количество которого с глубиной повышается (на 0,04 ммоль/100 г почвы на каждый сантиметр почвы) или мало зависит от содержания гумуса. Между содержанием гумуса и долей обменного кальция существует прямая зависимость, в то время как между содержанием гумуса и количеством обменного магния такая зависимость является обратной или отсутствует. Для черноземов обыкновенных, расположенных в Веселовском районе Ростовской области, была получена линейная зависимость  $y = 57,11x + 13,35$ , указывающая на то, что с увеличением содержания углерода ГК-2 возрастает доля обменного кальция. Полученные данные подтверждают тезис об отсутствии сродства магния почв к органическому веществу. В то же время обменный кальций присутствует в ППК благодаря органическому веществу.

#### Список использованных источников

- 1 Скуратов, Н. С. Лабораторные исследования почв: учеб. пособие / Н. С. Скуратов, Р. А. Каменев. – пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2011. – 107 с.
- 2 ГОСТ 26213-91. Методы определения органического вещества. – Введ. 1993-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2016.
- 3 Пономарева, В. В. Гумус и почвообразование / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.
- 4 Curtin, D. Estimating calcium-magnesium selectivity in smectitic soils from organic matter and texture / D. Curtin, F. Selles, H. Steppuhn // Soil Science Society of America



Journal. – 1998. – Vol. 62(5). – № 1. – DOI: 10.2136/sssaj1998.03615995006200050019x.

5 Афанасьева, Е. А. Водно-солевой режим обыкновенных и южных черноземов юго-востока Европейской части СССР / Е. А. Афанасьева. – М.: Наука, 1980. – 218 с.

6 Крыщенко, В. С. Глинистые минералы почв Нижнего Дона и Северного Кавказа / В. С. Крыщенко, Р. В. Кузнецов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2003. – № 3. – С. 86–92.

7 Influence of montmorillonite tactoid size on Na-Ca cation exchange reactions / C. Tournassat, M. Bizi, G. Braibant, C. Crouzet // Journal of Colloid and Interface Science. – 2011. – Vol. 364. – P. 443–454.

8 Воеводина, Л. А. Особенности влияния капельного орошения на почвенное плодородие / Л. А. Воеводина // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2009. – Вып. 41. – С. 68–74.

9 Докучаева, Л. М. Физические свойства чернозема обыкновенного после химической мелиорации удобрительно-мелиорирующими компостами [Электронный ресурс] / Л. М. Докучаева, Е. В. Долина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2011. – № 2(02). – 8 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=21&id=30>.

10 Шалашова, О. Ю. Влияние органо-минеральных компостов на плодородие орошаемых обыкновенных черноземов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 11.00.11, 06.01.04 / Шалашова Ольга Юрьевна. – Новочеркасск, 1999. – 24 с.

11 Монастырский, В. А. Рост, развитие сидеральных культур и их влияние на агрохимические свойства орошаемых черноземов Ростовской области [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. – № 2(10). – С. 21–31. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=171&id=174>.

УДК 631.6:631.45

**Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, Г. И. Табала**

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

### **ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ УЧАСТКА НА ПРЕДМЕТ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ОРОШЕНИИ**

*Цель исследования – установление почвенно-мелиоративного состояния обследуемого участка для обоснования целесообразности его мелиорации, проведения необходимых мероприятий, повышающих плодородие почв. Обследование участка проводилось в Ростовской области. Учитывались следующие показатели: гранулометрический состав почв, химизм засоления и глубина залегания солевых горизонтов, солевой состав и степень минерализации грунтовых и оросительных вод, содержание тяжелых металлов в почве и источнике орошения и др. В результате исследований выявлено, что водно-физические свойства лугово-черноземных почв можно охарактеризовать как хорошие и удовлетворительные. Почвы в 0–40 см слое незасолены, щелочность и солонцеватость в них отсутствуют. Однако уже в 0–40 см слое наблюдается недонасыщенность почв кальцием. Глубже 0–40 см развиваются процессы натриевого солонцевания на уровне слабосолонцеватых почв. Степень гумусированности обследуемого участка в слое 0–40 см – средняя, ближе к низкой, обеспеченность азотом нитратным – низкая, подвижным фосфором – высокая и обменным калием – очень высокая. Содержание подвижной формы Zn, Pb, Cd, Ni, Cu не превышает предельно-допустимой концентрации. Это дает возможность возделывать все сельскохозяйст-*

венные культуры. Однако планируемый источник орошения характеризуется как неудовлетворительный для оросительных целей ( $1,36 \text{ г/дм}^3$ ). Без предварительной мелиорации воды и почв неизбежно развитие процессов засоления, натриевого и магниевого осолонцевания и содообразования почв.

**Ключевые слова:** мелиорация, орошение, щелочность, солонцеватость, почвенно-мелиоративное состояние, тяжелые металлы.

**Введение.** С целью установления существующего состояния почв, оценки потребности и целесообразности их мелиорации, разработки тех или иных мелиоративных, агротехнических и профилактических мероприятий по повышению плодородия почв, а также получения необходимого материала для обоснования проектных решений проводятся почвенно-мелиоративные обследования. В ходе обследования учитываются рельеф, гранулометрический состав почв, химизм засоления и глубина залегания солевых горизонтов, солевой состав и степень минерализации грунтовых вод [1]. Эти показатели позволяют определить пригодность почв для орошения, разработать систему орошения, установить нормы и технику полива [2].

**Материалы и методы.** На примере одного из хозяйств Матвеево-Курганского района Ростовской области рассмотрим и проанализируем полученные данные при проведении такого почвенно-мелиоративного обследования, на основании которого могут быть рекомендованы мероприятия по улучшению мелиоративного состояния обследуемого участка.

На участке площадью 136 га распространены лугово-черноземные почвы, вскипающие с поверхности. Морфологическое строение этих почв сходно со строением автоморфных черноземов. Мощность гумусового горизонта составляет 70–100 см. Данные почвы формируются под влиянием смешанного периодического поверхностного и более постоянного грунтового увлажнения.

Для исследования почв участка были отобраны образцы проб из трех глубоких скважин по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100, 100–130, 130–160, 160–200 см и из 10 метровых по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100. Пробы воды на предмет ее использования для орошения взяты из р. Миус в трехкратной повторности. Анализы почв и оросительной воды проведены в соответствии с нормативными документами в аккредитованной эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ». Оценка состояния земель осуществлена по общепринятым методикам [3, 4].

**Результаты и обсуждения.** Минерализация грунтовой воды на поле –  $1,68 \text{ г/дм}^3$ , состав – сульфатно-натриевый. Такая вода относится к слабоминерализованным и слабосоленатым водам. Но с учетом ее сульфатно-натриевого состава она может способствовать глубинному осолонцеванию, а при поднятии таких вод существует вероятность и поверхностного осолонцевания.

Для установления режимов орошения сельскохозяйственных культур и выбора поливной техники важными показателями являются те, которые характеризуют водно-физические свойства.

По гранулометрическому составу лугово-черноземные почвы как по глубине залегания, так и по распространению на поле совершенно одинаковые и имеют легкоглинистый состав, то есть, представлены глинами легкими. Почвообразующая порода также имеет легкоглинистый состав.

По плотности сложения, которая в среднем по участку в слое 0–40 см составляет  $1,29 \text{ т/м}^3$ , эти почвы относятся к сильно уплотненным. Глубже 40 см –  $1,25 \text{ т/м}^3$ , то есть нижние слои имеют типичные значения для подпахотных горизонтов и не нуждаются в проведении глубоких обработок. Несмотря на уплотнение почв, обусловленное большей частью механическим воздействием техники в результате обработок кукурузы, водопроницаемость в среднем по участку оценивается как хорошая.

Структурное состояние почв характеризуется как отличное, а водопрочность аг-

регатив – главным образом как удовлетворительная и недостаточно удовлетворительная (69 %). Преимущественно это связано с недонасыщенностью почв кальцием, который является основным элементом, закрепляющим структурные агрегаты.

Влажность почвы является одним из факторов получения наивысших урожаев сельскохозяйственных культур. Регулирование этого режима важно для различных почв. Для регулирования режимов орошения первостепенное значение имеет знание наименьшей влагоемкости (НВ) и возможности почв по запасам продуктивной влаги (ЗПВ).

НВ (полевая) – основной показатель при расчетах режимов орошения сельскохозяйственных культур, составляет в 0–60 см слое в среднем по участку 33,1 % от веса сухой почвы. Она оценивается согласно классификации как хорошая. Оптимальная влажность для возделываемых культур – 75–80 % от НВ, то есть для данного поля – 24,8–26,5 %. На момент отбора образцов почвы естественная влажность в 0–60 см слое составляла всего 15,4 % (или 37,0 % от НВ), что приведет к недобору урожая.

По данным определения максимальной гигроскопичности (*W*<sub>м.г.</sub>) рассчитывается влажность устойчивого завядания растений (*B*<sub>3</sub>). В среднем по участку *W*<sub>м.г.</sub> в 0–20 см слое составила 7,53 %, в слое 0–100 см – 8,10 %, *B*<sub>3</sub> соответственно – 10,1 и 10,9 %.

Возможные ЗПВ по расчетам в слое 0–20 см равнялись 61 мм, что соответствует хорошему, в слое 0–100 см – 276 мм, что также соответствует хорошему.

Основные показатели физико-химических свойств почв: общее содержание солей, сумма токсичных солей, щелочность, состав почвенно-поглощающего комплекса (ППК), устанавливающего наличие в почве кальция, магния и натрия (таблица 1). По последнему определяется степень солонцеватости почв, а малое количество кальция обуславливает наличие или возникновение деградации осваиваемых земель.

**Таблица 1 – Физико-химические свойства 0–40 см слоя лугово-черноземных почв участка**

№ скважины	Общее содержание солей, %	Токсичные соли, %	Щелочность, ммоль/100 г почвы		% от ∑ ППК		
			pH	По Зимовцу	Ca	Mg	Na
1	0,115	0,052	7,9	Нещелочные	80	19	1
2	0,136	0,044	8,2	Нещелочные	74	22	4
3	0,118	0,057	8,2	Нещелочные	70	26	4
4	0,091	0,039	8,1	Нещелочные	74	24	1
5	0,082	0,043	8,0	Нещелочные	80	18	2
6	0,099	0,052	8,1	Нещелочные	77	21	2
7	0,083	0,042	8,2	Нещелочные	78	20	2
8	0,074	0,035	Не опр.	Нещелочные	78	20	2
9	0,092	0,043	Не опр.	Нещелочные	77	22	1
10	0,102	0,056	Не опр.	Нещелочные	79	20	1
11	0,097	0,050	Не опр.	Нещелочные	74	23	3
12	0,077	0,036	Не опр.	Нещелочные	73	25	2
13	0,089	0,042	Не опр.	Нещелочные	73	25	2

Как видно из таблицы 1, почвы этого участка в 0–40 см слое незасолены, щелочность и солонцеватость в них отсутствуют. Однако уже в 0–40 см слое наблюдается недонасыщенность почв кальцием. Его содержание колеблется в пределах предельно-допустимых параметров (ПДП), что в целом может сказываться на плодородии почв и урожайности возделываемых культур.

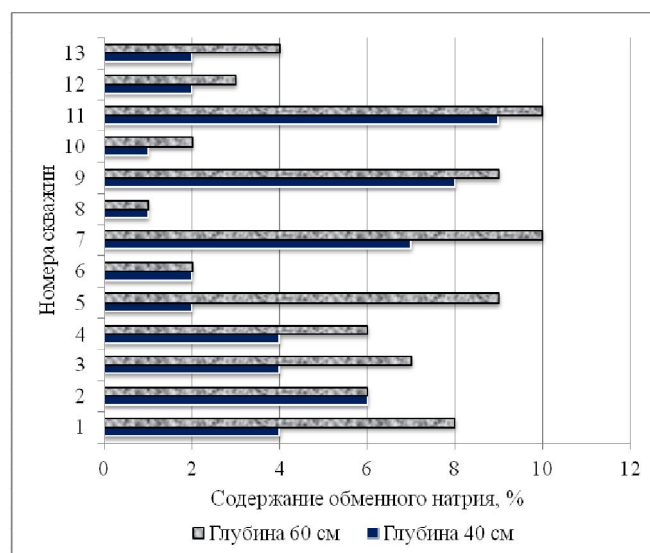
По участку наблюдается засоление (слабое, среднее) с разных глубин (таблица 2). В районе скважин 1 и 9 с 40 см отмечается соответственно слабое и среднее засоление. В районе скважин 2, 3, 5, 7 с 60 см – соответственно слабое, слабое, слабое и среднее. В районе скважины 11 – слабое засоление с 80 см. В остальных скважинах метровый слой незасолен.

**Таблица 2 – Химизм, глубина залегания солевого горизонта и степень засоления лугово-черноземных почв**

№ скважины	Глубина залегания солевого горизонта, см	Химизм засоления	Степень засоления
1	40	Cl-SO <sub>4</sub>	Слабая
2	60	Cl-SO <sub>4</sub>	Слабая
3	60	Cl-SO <sub>4</sub>	Слабая
4	Незасолен метровый слой		
5	60	SO <sub>4</sub> -Cl	Слабая
6	Незасолен метровый слой		
7	60	Cl-SO <sub>4</sub>	Средняя
8	Незасолен метровый слой		
9	40	Cl-SO <sub>4</sub>	Средняя
10	Незасолен метровый слой		
11	80	Cl-SO <sub>4</sub>	Слабая
12	Незасолен метровый слой		
13	Незасолен метровый слой		

Глубже 80–100 см, где начинаются почвообразующие породы, хлоридно-сульфатное засоление отмечается в пределах 0,3–0,4 %, но согласно составу водорастворимых солей здесь преобладает гипс, который не опасен для развития сельскохозяйственных культур. Щелочность почв отсутствует не только в 0–40 см слое, но и в более глубоких слоях.

Глубже 0–40 см в исследуемых почвах развиваются процессы натриевого осолонцевания на уровне слабосолонцеватых почв, так как содержание обменного натрия составляет до 10 % от суммы ППК (рисунок 1) [4].



**Рисунок 1 – Изменение содержания обменного натрия в почве на глубине 40 и 60 см**

Глубинная солонцеватость обусловлена, скорее всего, близким залеганием грунтовых вод, которые и способствуют развитию слабой солонцеватости.

Уровень потенциального плодородия почв рекомендуется определять по следующим основным агрохимическим показателям, обеспечивающим необходимую информацию по данному вопросу: общий гумус, содержание подвижных форм фосфора и калия, азот. Агрохимическое состояние рассматривалось по слоям 0–20, 20–40 см и в пахотном слое 0–40 см.

Анализ содержания гумуса показал, что в целом площадь поля характеризуется средним содержанием гумуса, ближе к низкому (4,04 %).

Согласно полученным данным обеспеченность азотом на всем исследуемом участке в слое 0–40 см составила (по усредненным показателям) 7,2 мг/кг, что соответствует низкому содержанию, ближе к среднему.

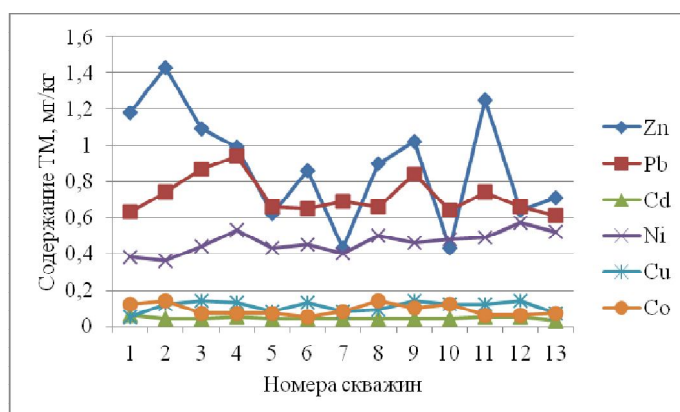
Фосфор является невозобновляемым ресурсом, находится в верхних слоях почвы, в которых он аккумулируется вследствие микробиологических процессов. Это подтверждается и результатами наших анализов: в слое 0–20 см содержится больше подвижного фосфора, и разница со слоем 20–40 см варьируется от 13 до 49 %. В среднем в слое 0–40 см обеспеченность почв фосфором составила 81 мг/кг, что соответствует высокому содержанию.

Основной формой доступного растениям калия в почве служит обменный калий, адсорбированный на поверхности почвенных коллоидов. В среднем обеспеченность именно такой формой калия в слое 0–40 см характеризуется как очень высокая (426 мг/кг).

Одним из важных пунктов проведения почвенного обследования является установление эколого-токсикологического состояния почвенного покрова – необходимого условия производства экологически безопасной продукции. Оно характеризуется в первую очередь по содержанию тяжелых металлов (ТМ). Определение загрязнения почв ТМ является обязательным элементом контроля загрязнения окружающей среды [5].

Реальную угрозу для экосистем представляет не валовое содержание токсикантов, а содержание подвижных форм как более доступных растениям [6]. Поэтому в практике оценки загрязнения почв важен учет подвижных форм химических элементов. В связи с чем были отобраны пробы на определение подвижных форм тяжелых металлов.

Содержание ТМ (Zn, Pb, Cd, Ni, Cu) в исследуемой почве представлено на рисунке 2. Степень почвенного загрязнения ТМ определялась путем сравнения с предельно-допустимой концентрацией (ПДК) для подвижных форм соответствующего элемента в почве или его фоновым содержанием [фон (кларк) – среднее, нормальное содержание элементов в почвах (термин предложен А. П. Виноградовым)] [7, 8].



Тяжелые металлы	Zn	Pb	Cd	Ni	Cu	Co
ПДК, мг/кг	23,0	6,0	-	4,0	3,0	5,0
Фон (кларк), мг/кг	< 5,0	< 0,8	< 0,1	< 2,0	< 1,0	< 0,8

**Рисунок 2 – Содержание подвижных форм ТМ в почве обследуемого участка**

Согласно группировке почв для эколого-токсикологической оценки по содержанию подвижных форм ТМ [3] количество цинка относится к 1 группе, то есть почвы содержат менее 10 мг/кг цинка и пригодны для возделывания всех сельскохозяйственных культур. Доля цинка значительно ниже ПДК.

Свинец также представлен в малых количествах (от 0,63 до 0,93 мг/кг) относительно ПДК (ОДК) элемента и относится к 1 группе по содержанию подвижных форм ТМ.

ПДК для подвижных форм кадмия не установлено. В исследуемых почвах его доля составляет 0,03–0,06 мг/кг. Но необходимо обратить внимание, что в водах, предназначенных для орошения, кадмий содержится в р. Миус на уровне ПДК.

Никель, медь, кобальт обнаружены в незначительных количествах.

Характеризуя р. Миус как источник орошения, можно сказать, что по всем показателям вода является неудовлетворительной для орошения. По минерализации вода относится к III классу (1,36 г/дм<sup>3</sup>). По опасности хлоридного засоления – ко II классу (Cl = 3,3 ммоль/дм<sup>3</sup>). Но наиболее неблагоприятным процессом, который будет происходить при поливах водой такого качества, является натриевое осолонцевание. По степени опасности развития этого процесса вода согласно усредненным данным относится к III классу. По магниевому осолонцеванию – ко II классу опасности.

В соответствии с классификацией С. Я. Бездნიной оросительная вода II класса не оказывает неблагоприятного влияния на качество сельскохозяйственной продукции. При недостаточной дренированности необходим специальный комплекс мелиоративных мероприятий. А вот вода III класса негативно воздействует на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур; снижение урожайности культур слабой и средней солеустойчивости может достигать 10–25 %.

Эколого-токсикологическое обследование оросительной воды р. Миус проводилось по содержанию Zn, Mn, Cu, Pb, Cd, Ni, Co. Выявлено, что по усредненным данным содержание ТМ (кроме Cd) находится значительно ниже ПДК. Доля Cd – на уровне ПДК (0,001 мг/дм<sup>3</sup>).

**Выводы.** Грунтовые воды на момент отбора образцов на поле располагались глубже 2,5 м. Ближе к реке УГВ составил 2,2 м. Вода – слабоминерализованная, слабосоленоватая, сульфатно-натриевого состава.

Рассматривая водно-физические свойства лугово-черноземных почв, можно охарактеризовать их как хорошие и удовлетворительные, не требующие особых мероприятий по регулированию, кроме поддержания высокой культуры земледелия, а именно: качественной основной обработки, соблюдения оптимальных режимов орошения при возделывании сельскохозяйственных культур, районированных для данной зоны.

Физико-химические показатели свойств почвы исследуемого участка свидетельствуют о его удовлетворительном эколого-мелиоративном состоянии. Однако недонасыщенность почв кальцием потребует проведения специальных мероприятий по обогащению их этим элементом.

Степень гумусированности обследуемого участка в слое 0–40 см – средняя, ближе к низкой, обеспеченность азотом нитратным – низкая, подвижным фосфором – высокая и обменным калием – очень высокая.

Содержание подвижной формы ТМ (Zn, Pb, Cd, Ni, Cu) не превышает ПДК. Это дает возможность возделывать все сельскохозяйственные культуры.

По минерализации оросительная вода относится к III классу (1,36 г/дм<sup>3</sup>). По опасности хлоридного засоления – ко II классу (Cl = 3,3 ммоль/дм<sup>3</sup>). Существует опасность натриевого осолонцевания. Для его устранения необходимо внесение кальцийсодержащих мелиорантов, применение которых в любом случае целесообразно для поддержания в целом почвенного плодородия и снижения заболеваемости возделываемых культур.

Вода не загрязнена такими элементами, как Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, но обнаружено содержание кадмия на уровне ПДК. Следует обратить особое внимание на присутствие этого металла в воде и выявить причины его поступления, так как кадмий и его соединения входят в перечень приоритетных загрязнителей водных объектов.

В целом почвенно-мелиоративное состояние обследуемого участка можно оценить как удовлетворительное. Отрицательной характеристикой данных земель является недонасыщенность их кальцием уже в верхних слоях, что может сказываться на плодо-

родии почв и урожайности возделываемых культур. При использовании воды для орошения из р. Миус необходимо проведение мероприятий по предварительной мелиорации воды и почв, так как без этого неизбежно развитие процессов засоления, натриевого и магниевого осолонцевания и содообразования почв. Существует потребность в регулировании рН оросительной воды, обогащении кальцием. Требуется также промывной режим орошения при обеспеченной дренированности, интенсивность которого должна быть увязана со свойствами и составом почв, ограничение состава сельскохозяйственных культур и специальный комплекс мелиоративных мероприятий.

#### Список использованных источников

1 Инженерные почвенно-мелиоративные и ботанико-культуртехнические изыскания: ОСН-АПК 2.30.01.001-02: утв. М-вом сельского хозяйства Рос. Федерации 04.10.02. – М., 2002. – 52 с.

2 Докучаева, Л. М. Почвенное обследование и планирование мелиоративных мероприятий для разработки проектной документации орошаемого участка [Электронный ресурс] / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 2(06). – 15 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=100&id=101>. – Шифр Информрегистра 0421200154\0008.

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

4 Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании. – Новочеркасск, 2000. – 86 с.

5 Справочник по оценке почв / В. Ф. Вальков, Н. В. Елисеев, И. И. Имгрунт, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 236 с.

6 Нейтрализация загрязненных почв: монография / С. Б. Адыев [и др.]; под общ. ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: Мещер. фил. ГНУ ВНИИГиМ, 2008. – 528 с.

7 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7 2041-06: утв. Глав. гос. санит. Врачом Рос. Федерации 19.01.06: введ. в действие с 01.04.06. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.

8 Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – 2-е изд. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 239 с.

УДК 628.1:613.31

**А. М. Джапарова**

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

#### АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОРОШЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ РЕГИОНАХ КРЫМА

*Рассмотрены вопросы водопотребления, намечены пути улучшения состояния орошаемого земледелия и питьевого водоснабжения сельских населенных пунктов Республики Крым. Дана краткая характеристика использования водных ресурсов Крыма. Проанализированы проблемы и направления развития водообеспечения Крымского полуострова на основе рационального потребления местных водных ресурсов. Установлено, что в Крыму за последние два года количество политых земель сократилось почти в 10 раз, в 2014 г. их площадь составляла 17,7 тыс. га и в 2015 г. – 10,6 тыс. га. Показана динамика забора воды из природных источников: по сравнению с 2013 г. общий объем забранной воды в 2014 г. уменьшился в 5,0 раз и в 2015 г. – в 6,1 раза.*



*Ключевые слова: орошение, водные ресурсы, водообеспечение, водоснабжение, использование воды, потери воды, сельское хозяйство, поверхностный и подземный сток.*

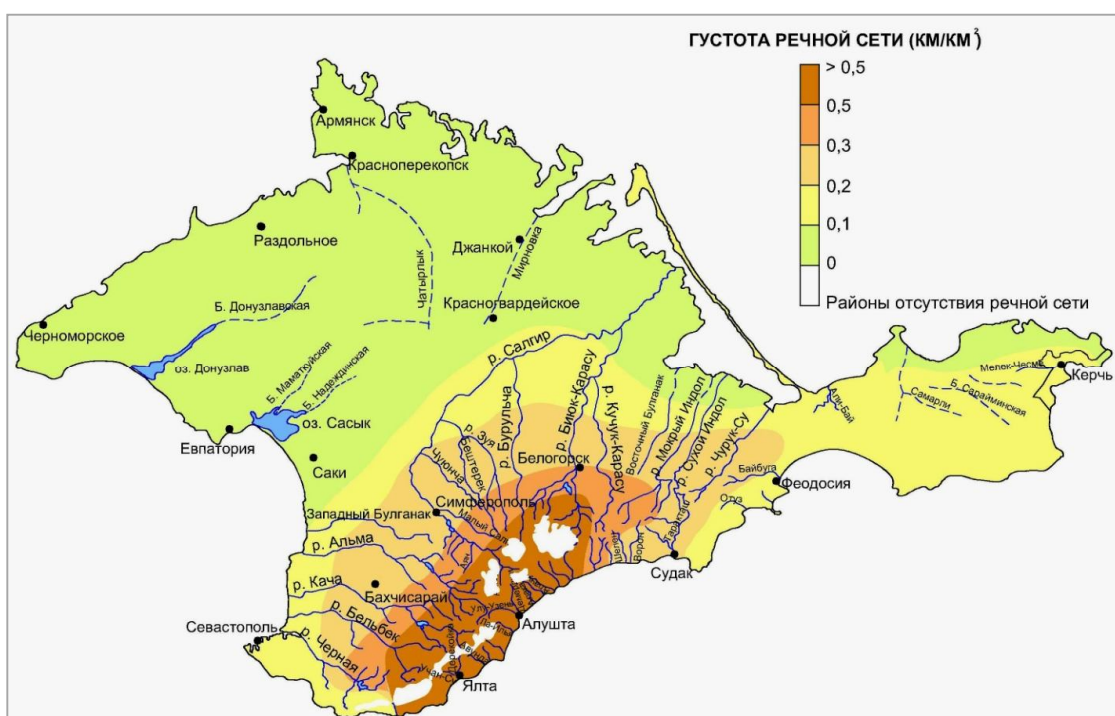
Российская Федерация имеет большие запасы пресной воды, среднемноголетние возобновляемые водные ресурсы составляют 4,3 тыс. км<sup>3</sup> в год [1], но они распределены по территории страны неравномерно, и Республика Крым относится к наименее водообеспеченным регионам России (таблица 1).

**Таблица 1 – Характеристика местного поверхностного стока и запасов подземных вод в Республике Крым**

Среднемного- летний сток, млн м <sup>3</sup>	Сток много- водного года, млн м <sup>3</sup>	Сток маловод- ного года, млн м <sup>3</sup>	Водообеспеченность стоком на 1 чел. (с учетом количества насе- ления на 01.01.2016), тыс. м <sup>3</sup>
910	1580	430	0,396

К местным водным ресурсам относятся реки, озера, водохранилища, пруды, наполняемые естественным стоком, и подземные воды. Основными водопользователями в Крыму являются промышленность, коммунальное и сельское хозяйство. На рисунке 1 представлена гидрографическая сеть рек Крыма, средняя густота речной сети составляет 0,22 км/км<sup>2</sup>, в степной части полуострова – 0,12 км/км<sup>2</sup>, а в Присивашье она уменьшается до 0,04 км/км<sup>2</sup> [2]. Большинство рек Республики Крым зарегулированы водохранилищами и используются для нужд водоснабжения и орошения, на равнинный Крым и Керченский полуостров приходится лишь 15 % всего речного стока. Озера здесь мелководные, преимущественно соленые, не пригодные для орошения и водоснабжения без дополнительной водоподготовки.

Собственные водные ресурсы Крымского полуострова не могут обеспечить потребности отраслей экономики, сельского хозяйства и населения в воде. Из общего объема водоресурсного потенциала в 2013 г. эффективно потреблялось лишь 60–70 % забранных вод из местных и внешних источников, остальные воды терялись из-за несовершенства процессов водопотребления, водоподготовки и транспортировки, недостатков в системе народного хозяйства, организации и управления методами орошения и водоснабжения.



**Рисунок 1 – Густота речной сети Республики Крым**



До 2014 г. основным источником поступления воды был Северо-Крымский канал, поэтому особенностью водопотребления Крыма являлась его зависимость от внешнего фактора вследствие недостатка собственных водных ресурсов. Из 397,0 тыс. га орошаемых земель региона только 40,8 тыс. га привязано к местным водоисточникам, из них 34,0 тыс. га – к поверхностным водам.

Сложная ситуация с водообеспечением населения, промышленности и сельхоз-предприятий сложилась на большинстве сельских территорий Республики Крым. Усовершенствование системы подачи воды к потребителю уменьшит потери и улучшит устойчивое развитие социально-экономической сферы полуострова. Аграрии начали внедрять ресурсосберегающие технологии при выращивании сельскохозяйственной продукции (применение капельного орошения, отказ от выращивания влаголюбивых культур и т. д.).

В настоящее время вопросы экологического состояния водных ресурсов становятся все более актуальными, закрытие Северо-Крымского канала привело к усилению нагрузки на местные водные источники. По данным Госкомводхоза Республики Крым, за последние два года количество орошаемых земель сократилось почти в 10 раз, если в 1990 г. было полито 380,0 тыс. га, в 2013 г. – 136,5 тыс. га, то в 2014 г. – всего 17,7 тыс. га и в 2015 г. – 10,6 тыс. га. Если в 2013 г. сельскохозяйственные предприятия Крыма получили 750 млн м<sup>3</sup> воды на орошение, что полностью покрывало их потребность, то в 2015 г. подано 14 млн м<sup>3</sup> воды, что в 54 раза меньше необходимого количества. В разрезе административно территориального деления Крыма по сравнению с 2013 г. больше всего сократились объемы забора воды из природных водных объектов для орошения сельскохозяйственных культур в Джанкойском, Красногвардейском, Краснопереконском, Нижнегорском, Первомайском, Раздольненском, Сакском районах. В прошлом году для полива 6,3 тыс. га было использовано 5,7 млн м<sup>3</sup> воды из подземных источников и местного стока водопользователями Джанкойского, Красногвардейского, Нижнегорского, Симферопольского, Сакского районов, а также сельскохозяйственных зон городов: Алушты, Ялты и Судака и из водохранилищ – 8,0 млн м<sup>3</sup> воды для полива земель сельскохозяйственного назначения в Бахчисарайском, Белогорском, Нижнегорском и Симферопольском районах общей площадью 4,3 тыс. га. В Симферопольском районе в 2015 г. было полито 1513 га сельскохозяйственных угодий, из которых из Салгирской оросительной системы – 1042 га, остальные площади – за счет местных источников орошения. Около 80 % политой площади в Крыму занимают многолетние насаждения, остальная площадь приходится на овощные, технические, зерновые культуры, а также садово-огородные и приусадебные участки граждан. В 2016 г. запланирован полив 13 тыс. га земель [3].

Динамика забора воды по основным источникам за период с 2007 по 2015 г. приведена в таблице 2 [4].

**Таблица 2 – Динамика забора воды в Республике Крым**

Показатель	Забор воды по годам, млн м <sup>3</sup>								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Забрано всего свежей воды, в т. ч.:	1542,0	1396,0	1597,4	1547,4	1591,4	1624,3	1553,8	310,3	253,5
- подземной	102,4	98,7	92,8	86,7	80,1	79,7	68,5	69,4	95,1
- морской	3,9	3,3	4,6	4,8	4,6	2,6	2,6	3,9	19,9
- пресной поверхностной:	1435,7	1294,0	1500,0	1456,0	1506,8	1542,0	1482,7	237,0	138,5
а) СКК	1314,6	1176,5	1385,6	1305,2	1351,0	1386,1	1346,3	81,0	0,0
б) местный сток	121,1	117,5	114,4	150,8	155,8	155,9	136,4	156,0	138,5

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оборотное и повторно-последовательное использование	314,0	313,9	281,4	379,5	319,6	392,9	245,8	201,6	240,5

С 2007 по 2013 г. существенного изменения объема потребленной воды не наблюдается, а в 2014 г. в сравнении с 2013 г. общий объем забора воды из природных источников уменьшился на 1243,5 млн м<sup>3</sup> в связи с прекращением подачи днепровской воды. По сравнению с 2014 г. общий объем забора воды из природных источников в 2015 г. сократился на 56,86 млн м<sup>3</sup>, так как в 2014 г. на нужды химической промышленности использовалась зааккумулированная днепровская вода из Северо-Крымского канала, а к 2015 г. данный ресурс был полностью исчерпан. Основная доля оборотного и повторно-последовательного водоснабжения в 2015 г. приходится на химическую и энергетическую промышленность. На нужды сельского хозяйства использовано 12,67 млн м<sup>3</sup>, жилищно-коммунального хозяйства – 181,83 млн м<sup>3</sup> и промышленности – 14,0 млн м<sup>3</sup>. В 2015 г. основное потребление воды осуществлялось отраслями жилищно-коммунального хозяйства и электроэнергетики. Наименее водообеспеченными отраслями являются сельское хозяйство и промышленность, что связано с недостатком собственных водных ресурсов.

Повторное использование очищенных сбросных и сточных вод является одним из альтернативных источников повышения водообеспеченности Крымского полуострова. В природные водные объекты в 2015 г. по Крымскому федеральному округу было сброшено сточной, ливневой и другой воды 131,32 млн м<sup>3</sup>, в акваторию Азовского моря – 77,82 млн м<sup>3</sup>, Черного моря – 53,50 млн м<sup>3</sup> [5]. Этот огромный резерв водных ресурсов необходимо в обязательном порядке учитывать и применять для преодоления дефицита водных ресурсов в Крыму. Решить такую сложную задачу в полном объеме и в короткий срок невозможно. Поэтому на первом этапе предлагается на примере пилотных объектов разработать технологию доочистки, обосновать экономическую эффективность и эколого-социальную необходимость использования сточных вод после доочистки для орошения [6].

Централизованными системами водоснабжения обеспечено 76,9 % населенных пунктов республики, в том числе 16 городов (100 %), 24 поселка городского типа (96 %), 546 сельских населенных пунктов, что составляет 51,3 % жилого фонда [7]. Привозной водой частично или полностью пользуются жители 161 населенного пункта, колодезное (автономное) водообеспечение имеют 32 села. В Симферопольском районе централизованным водоснабжением обеспечено 72 % сельских населенных пунктов и только 66 % сельского населения. Водоснабжение городов и сельских населенных пунктов Крыма осуществляется из поверхностных источников (водохранилищ) и подземных источников (артезианских скважин и каптажей). Большинство сельских поселений получает питьевую воду из артезианских скважин. В последние годы наблюдается снижение дебета природных источников, падение уровня водоносных подземных горизонтов, что, в свою очередь, не может не влиять на качество предоставления услуг водоснабжения. Численность населения, пользующегося услугами централизованного питьевого водоснабжения в Республике Крым, составляет 1680 тыс. чел. Динамика потребления воды в коммунальном хозяйстве за период с 2007 по 2012 г. приведена в таблице 3 [4, 8].

Одной из проблем обеспечения населения достаточным количеством воды является то, что значительная часть водопроводной сети находится в аварийном состоянии и нуждается в текущем или капитальном ремонте. Так, в Ленинском районе из 489,5 км водопроводной сети 318,8 км (65 %) находится в аварийном состоянии, это приводит

к значительным потерям воды, а также нерегулярной водоподаче, отключению и прекращению водоснабжения некоторых населенных пунктов.

**Таблица 3 – Использование воды в коммунальном хозяйстве Крыма**

Наименование показателя	Год, млн м <sup>3</sup>								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Забрано воды всего, в т. ч.:	243,8	237,2	217,4	206,1	189,0	197,2	183,6	179,7	190,0
- подземной	82,4	80,8	75,1	71,0	63,8	64,7	54,8	59,9	94,9
Использовано воды всего, в т. ч.:	166,7	155,8	144,3	140,8	125,7	127,8	125,3	120,7	172,3
- морской воды	1,5	1,5	1,8	1,6	1,5	1,5	1,4	3,8	2,9
- на хозяйственно-питьевые потребности	125,7	117,8	105,1	102,9	93,9	96,5	90,0	108,1	90,3
Сброшено сточных вод в водные объекты, в т. ч.:	143,3	135,1	120,6	126,3	113,6	106,0	100,3	101,2	98,0
- без очистки	8,5	7,9	9,5	10,2	9,0	10,0	10,3	7,6	2,5
- недостаточно очищенных	60,5	57,9	52,8	53,0	52,1	46,0	37,3	44,3	3,6
- нормативно очищенных	70,9	65,9	56,5	61,6	51,0	49,5	52,3	48,5	52,5
- нормативно чистых, без очистки	3,4	3,4	1,8	1,6	1,5	0,6	0,5	7,6	25,9
Мощность очистных сооружений	233,6	234,6	258,7	264,6	242,7	239,5	254,5	269,2	216,3
Потери воды	77,1	81,4	73,1	65,3	63,3	69,4	58,3	59,0	17,7

В Крыму более 22 тыс. сельских жителей пользуются привозной водой, в основном они проживают в населенных пунктах Симферопольского, Красногвардейского, Кировского и Судакского районов. Наиболее критическая ситуация наблюдается в Ленинском районе, 18 тыс. жителей которого используют частично или полностью привозную воду, это почти 30 % всего населения этого района.

Самыми высококачественными являются подземные воды, однако из 1445 скважин, расположенных в сельских населенных пунктах, только в 1082 вода пригодна к потреблению, в других отмечается повышенная минерализация (до 4,5 г/дм<sup>3</sup>) и общая жесткость (до 16 мг-экв./дм<sup>3</sup>). Острая негативная ситуация отмечается в Раздольненском и Черноморском районах, более половины поселков которых используют некачественную воду.

К основным водным проблемам относятся сброс неочищенных и недостаточно очищенных стоков в природные объекты и нерациональное использование воды. Все они обусловлены комплексом природных, антропогенных и техногенных процессов. Для решения этих вопросов и улучшения состояния водных ресурсов в рамках ФЦП «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года» министерствами, комитетами и ведомствами разработаны и выполняются необходимые мероприятия.

Для обеспечения населения и отдыхающих достаточным количеством питьевой воды необходимо наладить бесперебойное водоснабжение и осуществить следующие мероприятия:

- капитальный ремонт и реконструкцию существующих водопроводных и канализационных сетей;

- модернизацию и строительство очистных сооружений с использованием современных методов очистки воды;
- замену старого насосно-силового оборудования артезианских скважин на ресурсосберегающее.

Для улучшения состояния питьевого водоснабжения в сельских регионах Крыма рекомендуется следующее:

- децентрализация систем питьевого водоснабжения, особенно протяженных сельских групповых водопроводов;
- строительство и восстановление водопроводов в населенных пунктах, необеспеченных централизованным водоснабжением;
- утверждение и вынесение в натуру границ зон санитарной охраны поверхностных и подземных водоисточников;
- строительство и реконструкция сооружений очистки сточных вод, канализационных сетей, коллекторов и использование очищенных сточных вод для орошения и полива;
- разработка технологий и оборудования для применения альтернативных источников для водоснабжения и орошения;
- снижение потерь и неучтенных расходов воды путем установки приборов учета и оптимизации систем водоснабжения и орошения.

Ожидаемые результаты от выполнения предлагаемых мероприятий:

- удовлетворение потребности населения и отраслей национальной экономики в водных ресурсах и обеспечение гарантированного качества воды, подаваемой потребителям;
- уменьшение объема потребления и отвода воды;
- обеспечение функционирования мелиоративных систем и улучшения экологического состояния орошаемых угодий;
- снижение уровня водоемкости сельского производства.

Основным резервом повышения эффективности использования водных ресурсов является сокращение водопотребления, уменьшение потерь воды на всех этапах ее использования.

**Выводы.** Недостаток пресной воды связан прежде всего с загрязнением водоемов промышленными и бытовыми стоками, сокращением запасов поверхностных и подземных вод, уменьшением водоносности рек. Создание безотходного производства во всех отраслях народного хозяйства, внедрение оборотно-повторного использования воды приведет к защите водоемов от загрязнений и водосбережению. Использование очищенных сточных и дренажных вод при дефиците собственных водных ресурсов и отсутствии днепровской воды на орошение сельскохозяйственных культур позволит повысить водообеспеченность Крыма.

#### **Список использованных источников**

1 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р (с изменениями от 28 декабря 2010 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://правительство.рф/gov/results/7729>.

2 Поверхностные и водные объекты Крыма: справочник / А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, З. Р. Мустафаева; под ред. З. В. Тимченко. – Симферополь, 2004. – 113 с.

3 Информационная справка о состоянии дел в области водного хозяйства Республики Крым [Электронный ресурс] / Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым. – Режим доступа: [http://gkvod.rk.gov.ru/file/itogi\\_raboti\\_za\\_2015\\_god.pdf](http://gkvod.rk.gov.ru/file/itogi_raboti_za_2015_god.pdf), 2015.

4 Отчеты по вопросам управления, использования и воспроизводства поверхностных водных ресурсов в Автономной Республике Крым и г. Севастополе за 2006–2013 гг.

5 Об использовании воды за 2015 год: отчет Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым: 2 ТП (водхоз).

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

7 Состояние, возможности и перспективы развития водоснабжения Республики Крым: доклад Министра жилищно-коммунального хозяйства Республики Крым А. Жданова на расширенном заседании Комитета Совета Федерации по федеративному устройству, региональной политике, местному самоуправлению и делам Севера в рамках проведения 24–25 марта 2015 г. Дней Республики Крым в Совете Федерации [Электронный ресурс] / Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Крым. – Режим доступа: [http://rk.gov.ru/file/mzhkh\\_doklady\\_i\\_vystuplenija\\_\\_1.pdf](http://rk.gov.ru/file/mzhkh_doklady_i_vystuplenija__1.pdf), 2015.

8 Стратегия социально-экономического развития Республики Крым (проект) [Электронный ресурс] / Министерство экономического развития Республики Крым. – Режим доступа: [http://minek.rk.gov.ru/file/File/2015/docs/strateg/strateg\\_konc/strateg\\_pr1.pdf](http://minek.rk.gov.ru/file/File/2015/docs/strateg/strateg_konc/strateg_pr1.pdf), 2015.

УДК 631.6

**Х. М. Якубова, И. А. Усманов, С. И. Худайкулов**

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент, Республика Узбекистан

### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ СЫРДАРЬИ**

*В статье обобщены результаты экспериментов по внедрению водосберегающих технологий и повышению эффективности использования водных ресурсов на уровне оросительной системы и фермерских хозяйств. Цель исследований состояла в решении задачи, связанной с высокой эффективностью водопользования при поливе сельскохозяйственных культур в Узбекистане. Проанализированы водосберегающие способы и методы, применяемые в орошаемом земледелии. Установлено, что в настоящее время возникла острая потребность в разработке не требующих больших затрат, но результативных мероприятий по водосбережению и регулированию почвенно-мелиоративных процессов: внедрение в практику сельского хозяйства водосберегающих способов, повышение коэффициента полезного действия (КПД) оросительных систем, использование капельного орошения.*

*Ключевые слова: водные ресурсы, эффективность способов полива, коэффициент полезного действия, техника полива, технология орошения, дефицит воды, бассейн реки Сырдарья.*

**Введение.** Как известно, в странах, расположенных в аридной зоне постоянно ощущается дефицит оросительной воды. Особенно обостряется этот дефицит в условиях глобального потепления климата. Так, в равнинной части Республики Узбекистан недостаток насыщения воздуха влагой в летние месяцы достигает 14–16 %. А дефицит влаги, который отражает разность между испаряемостью и суммой осадков за вегетационный период, составляет 844,2–996,0 мм. Ввиду незначительной величины атмосферных осадков их роль в формировании влагозапасов в почве недостаточна. В таких условиях развитие всего народно-хозяйственного комплекса, и особенно сельскохозяйственного сектора, невозможно без повышения эффективности использования водных

ресурсов. Особенность ситуации последних десятилетий в водном хозяйстве заключается в том, что спрос на воду (особенно в маловодные годы) превышает объем технически и экологически доступных водных ресурсов в реках Сырдарье и Амударье.

В этих условиях единственным средством снижения диспропорции между предложением и спросом на использование воды является управление водными ресурсами на основе применения системы водосбережения.

В сельском хозяйстве Узбекистана ведущее место занимают системы поверхностного полива, при которых неизбежны определенные потери воды по пути ее транспортировки от водоисточника до конкретного орошаемого поля фермерского хозяйства.

**Материалы и методы.** В исследовании использованы материалы стандартных наблюдений Гидрометеослужбы Узбекистана и бассейнового водохозяйственного объединения (БВО) «Сырдарья» за гидрологическим режимом реки Сырдарья, а также фондовые материалы за ретроспективный период Министерства сельского и водного хозяйства республики, Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации (САНИИРИ) и других организаций. Эти материалы дополнены результатами экспедиционных и полевых исследований, выполненных на орошаемых полях Сырдарьинской области. При обработке и интерпретации полученных результатов использовались методы гидрологических расчетов и расчетов водно-солевых балансов, а также методы статистического анализа.

**Результаты и обсуждение.** Известно, что коэффициент полезного действия (КПД) оросительной системы, определяя ее технический уровень, играет важную роль в сокращении общих потерь воды. При этом чем больше значение КПД, тем выше водообеспеченность территории. В последние годы в связи с износом и старением построенных еще в 1960-е гг. ирригационных систем отмечается постепенное уменьшение их КПД. Так, в Голодной степи Узбекистана КПД межхозяйственных каналов снизился с 0,73 в 2000 г. до 0,69 в 2014 г. Исследования показывают, что при таком значении КПД ирригационных систем суммарные потери воды по Голодной степи достигают до 30 % и составляют около 1,0–1,2 млрд м<sup>3</sup> в год (по Сырдарьинской и Джизакской областям).

Расчеты показали, что повышение КПД оросительных систем (от КПД техники полива до КПД уровня межхозяйственной и магистральной сети) с 0,65 до 0,80 за счет технологического усовершенствования позволяет снизить общие потери воды до 20 %, обеспечивая сокращение оросительной нормы брутто (по хлопчатнику для различных гидромодульных районов) до расчетных значений (таблица 1).

**Таблица 1 – Пределы снижения оросительной нормы брутто при повышении КПД оросительной системы**

Расчетная оросительная норма хлопчатника, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма брутто при повышении КПД			
	0,65	0,70	0,75	0,80
6000	9230	8570	8000	7500
7640	11750	10910	10190	9550
8930	13745	12760	11910	11170

Не менее важным фактором для повышения эффективности использования водных ресурсов является широкое внедрение водосберегающих способов и технологий.

Система водосбережения включает: оптимизацию мелиоративных режимов на фоне дренажа и техники полива, использование агротехнических приемов, повышающих плодородие почв, совершенствование техники и технологии орошения и т. п. Целью водосбережения на орошаемых землях является такое ведение сельхозпроизводства, при котором при рациональных затратах оросительной воды обеспечиваются экономически целесообразный уровень урожайности сельхозкультур и прибыль.

Отечественные и зарубежные технологии и способы водосбережения представлены во многих крупных научных работах [1, 2].

Методы водосбережения, используемые в орошаемом земледелии, условно подразделяются на технические, технологические и организационные (таблица 2).

**Таблица 2 – Основные методы водосбережения, применяемые на объектах мониторинга**

Технические	1 Реконструкция (частичная) оросительной и коллекторно-дренажной сети. 2 Устройство антифильтрационных покрытий на каналах. 3 Планировка поверхности поливных участков. 4 Ремонт и дооборудование гидropостов. 5 Изготовление и установка средств водоучета (организация внутрихозяйственного водоучета и учета водоподачи в фермерское хозяйство)
Технологические	1 Повышение качества водоучета (увеличение частоты замеров, аттестация и градуировка Г/П). 2 Использование сбросной воды с соседнего поля. 3 Повышение плодородия почвы (использование минеральных и органических удобрений, севооборота). 4 Сокращение длины борозд. 5 Полив через борозду (чередование поливаемых и «сухих» междурядий). 6 Применение пленочных покрытий гребней борозд (посев под пленку). 7 Влагозарядковый полив. 8 Полив переменной струей. 9 Качественная обработка почвы (увеличение числа культиваций, глубокая вспашка). 10 Исключение концевого сброса с полей
Организационные	1 Платное водопользование. 2 Создание ассоциаций водопользователей. 3 Материальное стимулирование мирабов и поливальщиков (премирование, увеличение заработной платы). 4 Изменение структуры посевных площадей сельхозкультур (выращивание менее влаголюбивых, а также высокоценных видов сельхозкультур). 5 Организация водооборота на поле («сосредоточенный» полив). 6 Организация водооборота на оросительной сети. 7 Организация ночных поливов. 8 Методическая помощь фермерам, консультации

При этом применение водосберегающих методов определяется:

- категорией объектов водного хозяйства (водохозяйственные структуры используют в основном технические и организационные методы, а сельскохозяйственные структуры – более широкий спектр методов, но главным образом технологические и организационные);

- расположением объектов мониторинга относительно основного источника орошения (хозяйства, расположенные в верхнем течении канала, в зонах средних уклонов поверхности, используют, как правило, полив по бороздам, переменной струей и многоярусный полив; в среднем течении, в зоне малых уклонов – полив по бороздам, переменной струей и дифференцированную водоподачу в зависимости от залегания уровня грунтовых вод; в зоне безуклонных земель – полив по встречным и тупиковым бороздам; в зоне безуклонных земель низовьев, где в основном находятся рисовые оросительные системы, применяют полив по спланированным под «ноль» чекам, «прикапывание» чеков для уменьшения потерь на глубинную инфильтрацию);

- расположением объекта мониторинга относительно непосредственного источника орошения (хозяйства, расположенные в удалении от головы канала, особенно те, которые находятся в конце канала, традиционно испытывают недостаток в воде и уме-

ют экономить водные ресурсы, для них характерно повторное использование возвратных вод, влагозарядковые поливы, поливы по бороздам и водооборот);

- размером и типом хозяйств (мелкие фермерские хозяйства в отличие от крупных имеют меньше возможностей для использования некоторых методов, например, ярусного полива и севооборота).

Достижение высокого уровня урожайности при одновременном сокращении затрат воды на единицу продукции возможно при осуществлении достаточно известных мероприятий: капельное орошение, дождевание, внутрипочвенное орошение лазерной планировкой орошаемого поля и др. Обобщение опытов по водосберегающим мероприятиям выявило возможную экономию оросительной воды с учетом уклонов местности и вида сельскохозяйственных культур (таблица 3).

**Таблица 3 – Возможная экономия оросительной воды при внедрении водосберегающих технологий полива**

Способ полива	Уклон местности	Вид сельхозкультуры	Достигнутое снижение оросительной нормы, м <sup>3</sup> /га
Капельное орошение	> 0,0500	Виноград	1990–2040
	0,0250–0,0500	Виноград	4000
		Хлопчатник	5500
	0,0250–0,0075	Хлопчатник	3000–5200
	0,0010–0,0025	Хлопчатник	2340–3090
Внутрипочвенное орошение	0,0010–0,0025	Хлопчатник	1100–1300
Дождевание <sup>х)</sup>	0,0025–0,0075	Хлопчатник	2200–3050
	> 0,0010	Хлопчатник	600–1300
Примечание – <sup>х)</sup> – поливные нормы.			

Вместе с тем следует отметить, что использование указанных способов водосберегающих технологий требует значительных капиталовложений (таблица 4).

**Таблица 4 – Краткие технико-экономические характеристики различных способов полива (по данным САНИИРИ)**

Технико-экономические показатели	Полив по бороздам	Дождевание	Капельное орошение	ЛЕРА, мелкодисперсное орошение
1 Капитальные вложения на 1 га орошаемого поля, долл. США	100	600–700	700–2100	600–1500
2 Эксплуатационные затраты на 1 га, долл. США	30–35	100–120	60–80	120–150
3 Коэффициент эффективного использования воды (КЭИВ)	0,40–0,85	0,60–0,90	0,80–0,96	0,80–0,96

В связи с этим, по мнению ученых [2, 3], в Узбекистане в ближайшей перспективе в качестве основных способов орошения сельскохозяйственных культур будут применяться технологии, не требующие дополнительных инвестиций.

Результаты различных полевых экспериментов [3] показывают, что при совершенствовании технологии бороздочного способа полива возможна существенная экономия воды (до 1,2–1,5 тыс. м<sup>3</sup>/га). При этом установлено, что в орошаемой зоне Сырдарьинской области для внедрения систем капельного орошения потенциально пригодные площади составляют 10,0 тыс. га, а в Джизакской области – 20,4 тыс. га. При средней



экономии воды около 2,5 тыс. м<sup>3</sup>/га применение систем капельного орошения на площади 10,0 тыс. га позволит снизить дефицит воды на 25 млн м<sup>3</sup> в год, а в Джизакской – на 51 млн м<sup>3</sup> в год. На остальной орошаемой площади Сырдарьинской области, равной 282,2 тыс. га, усовершенствование элементов технологии существующего бороздкового способа орошения позволит сэкономить в среднем 1500 м<sup>3</sup>/га воды и уменьшить потребность в воде до 423,3 млн м<sup>3</sup>. В Джизакской области на площади 279,6 тыс. га экономия составит 419,4 млн м<sup>3</sup>/год. Выполненные нами расчеты показывают, что при практической реализации водосберегающих способов и технологий в целом в Джизакской и Сырдарьинской областях (Голодная степь) республики дефицит воды в период вегетации можно снизить примерно на 918,0 млн м<sup>3</sup> (таблица 5).

**Таблица 5 – Расчет вероятности снижения потребности в воде по Голодной степи при внедрении новых водосберегающих технологий**

Область	Площадь внедрения капельного орошения, тыс. га	Объем экономии воды, млн м <sup>3</sup> /год	
		при капельном орошении	при подборе оптимальных элементов бороздкового способа на остальной площади
Сырдарьинская	10,000	25,0	423,3
Джизакская	20,400	51,0	419,4
Итого по Голодной степи	30,400	76,0	842,0

В таких условиях правительством Узбекистана также рассматриваются директивные документы о дальнейшем совершенствовании использования и экономии водных ресурсов, потребляемых в процессе сельскохозяйственного производства. В частности, издано постановление Президента Республики Узбекистан от 19 апреля 2013 г. «О мерах по дальнейшему улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов на период 2013–2017 гг.», определяющее порядок формирования адресных программ внедрения системы водосберегающих способов и технологий с учетом территориальных особенностей разных регионов республики.

#### **Выводы**

1 Нестабильная водохозяйственная обстановка в бассейне реки Сырдарьи осложняет многолетний режим речного стока, что приводит к потенциально высоким рискам маловодья в период вегетации, затрудняя регулирование эколого-мелиоративных процессов, и наносит ущерб урожайности возделываемых культур.

2 В таких условиях возникает необходимость разработки не требующих больших затрат и инвестиций, но эффективных мер по водосбережению и регулированию почвенно-мелиоративных процессов.

3 Предлагаемые меры включают внедрение водосберегающих способов и методов, повышение КПД оросительных систем, использование капельного орошения и др.

#### **Список использованных источников**

1 Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1967. – 624 с.

2 Лактаев, Н. Т. Полив хлопчатника / Н. Т. Лактаев. – М.: Колос, 1978. – 175 с.

3 Хорст, М. Г. Основные принципы районирования орошаемых земель Узбекистана по применимости капельного орошения / М. Г. Хорст, Р. К. Икрамов // Сборник научных трудов по капельному орошению. – Ташкент: САНИИРИ, 1995. – С. 13–24.

УДК 631.423.3:631.423.4: 631.445.4

**О. В. Воеводин**

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

### **СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ И НЕОБРАБАТЫВАЕМЫХ УЧАСТКОВ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНЫХ**

*В результате исследований было установлено, что содержание основных питательных элементов в почвах залежи ниже, по сравнению с обрабатываемой почвой. Так, в слое 0–40 см отмечено снижение содержания нитратного азота на 59 %, подвижного фосфора – на 49 %, обменного калия – на 23 %, это объясняется увеличением доли органического вещества на 10,5 % при уменьшении доли подвижных фульвокислот на 15 %.*

*Ключевые слова: чернозем южный, нитратный азот, подвижный фосфор, обменный калий, органическое вещество почв, фульвокислоты.*

**Введение.** В настоящее время в Российской Федерации около 25 % сельхозугодий не обрабатываются, что составляет согласно различным оценкам 13–48 млн га [1–3].

Одним из преобладающих типов почв на орошаемых массивах РФ являются черноземы южные [4]. Поэтому изменения, происходящие в этих почвах в результате различных воздействий, заслуживают рассмотрения с целью лучшего понимания механизмов почвенных процессов.

Целью исследования являлся анализ изменений содержания азота, фосфора и калия в черноземах южных.

**Материал и методы.** В 2015 г. были исследованы изменения, происходящие в черноземах южных в результате отсутствия хозяйственной деятельности в течение 10-летнего периода.

Исследования проводились в центральной орошаемой зоне Ростовской области на черноземах южных тяжелосуглинистых второй надпойменной террасы р. Сал в Семикаракорском районе.

На участке выращивались овощи по экстенсивной технологии. Под экстенсивным возделыванием овощей понимается технология выращивания без использования минеральных удобрений, предусматривающая периодическое (примерно один раз в пять лет) внесение навоза нормой 50 т/га, орошение по бороздам оросительными нормами менее 1500 м<sup>3</sup>/га. Так как овощные культуры в основном относятся к среднечувствительным к засолению видам [5, 6], а вода характеризовалась высокой степенью солености, то урожайность их была довольно низкой, и развитие происходило ускоренными темпами.

Продолжительность использования почвы рассматриваемого участка для экстенсивного выращивания овощей составляла более 50 лет. В 2005 г. часть участка перестали обрабатывать, а другую часть продолжали экстенсивно возделывать уже без внесения навоза. Необрабатываемая часть постепенно зарастала травами, среди которых преобладали злаковые разновидности, их продуктивность составляла порядка 5 т/га сухого вещества.

Источником орошения являлась грунтовая вода неблагоприятного качества (таблица 1), в которой также отмечалось превышение ПДК по содержанию нитратов (303,80 мг/дм<sup>3</sup>, ПДК 45 мг/дм<sup>3</sup>) и аммония (22,03 мг/дм<sup>3</sup>, ПДК 1,5 мг/дм<sup>3</sup>). Уровень грунтовых вод находился на глубине более 5,0 м.

Отбор проб проводился в конце поливного сезона по слоям 20 см до глубины 1,0 м в трехкратной повторности.

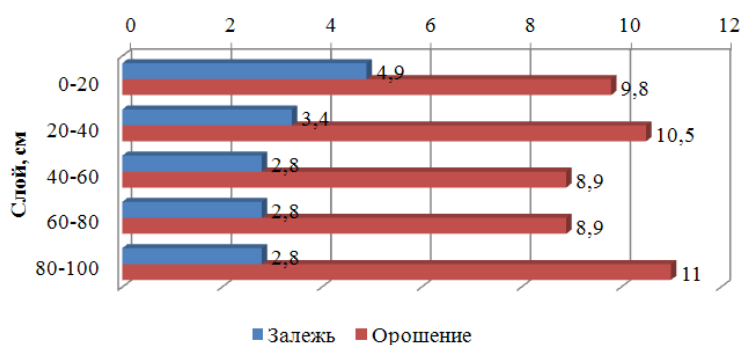
**Таблица 1 – Химический состав оросительной воды**

рН	SAR	Единица измерения	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> и K <sup>+</sup>	Сумма ионов
7,40	6,70	мг-экв./дм <sup>3</sup>	11,78	31,31	10,80	12,88	15,72	25,28	107,76
		г/дм <sup>3</sup>	0,42	1,50	0,66	0,26	0,19	0,58	3,61

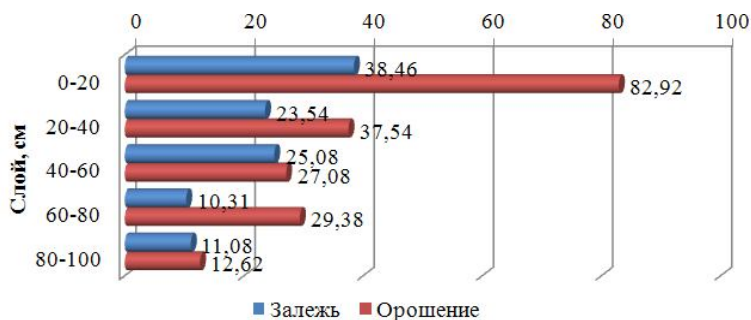
Примечание – SAR – натриево-адсорбционное отношение.

В ходе исследования определялись следующие показатели: содержание обменного калия и подвижного фосфора согласно ГОСТ 26205-91 [7], нитратного азота согласно ГОСТ 26951-86 [8], гумуса согласно ГОСТ 26213-91 [9], фракционно-групповой состав гумуса ускоренным методом М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой [10].

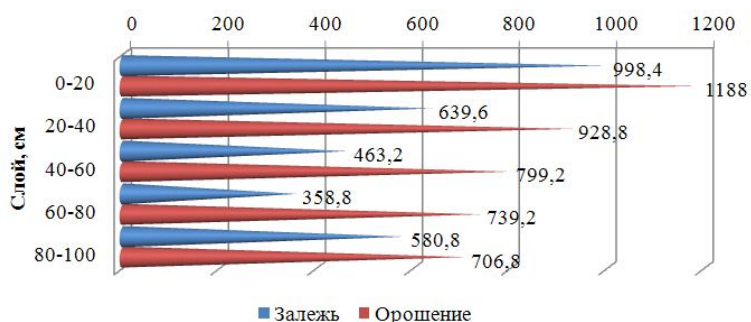
**Результаты и обсуждение.** Анализ изменений содержания питательных элементов, произошедших в черноземах южных в результате залежного использования, показал, что доля питательных веществ залежных почв была меньше, чем орошаемых (рисунки 1–3).



**Рисунок 1 – Содержание нитратного азота в черноземе южном на залежном и орошаемом участках**



**Рисунок 2 – Содержание подвижного фосфора в черноземе южном на залежном и орошаемом участках**

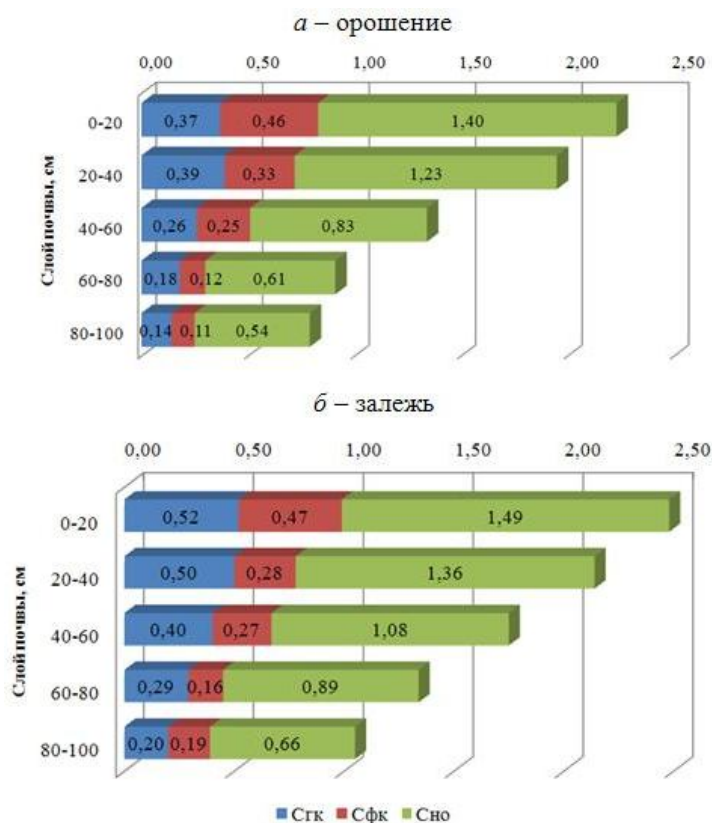


**Рисунок 3 – Содержание обменного калия в черноземе южном на залежном и орошаемом участках**

Самая большая разница между залежным и орошаемым участками была отмечена в содержании нитратного азота, которого в верхнем слое 0–40 см оказалось в 2,4 раза больше на орошаемом участке, чем на залежи.

Одной из причин такого явления может быть полив водой, в которой содержание нитратов превышало ПДК. Также причина может заключаться в уменьшении азотфиксирующей деятельности в необрабатываемых почвах, о чем сообщает Н. Р. Эмер и др. [11].

Несмотря на то, что количество нитратов в необрабатываемой почве сокращается, возможно общее количество азота (азот в составе органического вещества, растительных остатков и др.) увеличивается, о чем может свидетельствовать повышение содержания органического углерода (рисунок 4) в залежной почве, составившее в метровом слое почвы 21,3 % (при среднем содержании на залежи 2,48 % против 2,23 % при орошении).



**Рисунок 4 – Содержание органического углерода гуминовых (Сгк), фульватных (Сфк) кислот и негидролизуемого остатка (Сно) в черноземе южном при орошении минерализованной водой (а) и после 10 лет залежи (б)**

Более высокое содержание на орошаемом участке отмечено и для подвижного фосфора, которое в среднем было на 94 % выше в слое 0–40 и на 45 % в слое 40–100 см.

Ввиду того, что источником азота и фосфора в почве может являться органическое вещество, в настоящем исследовании было отмечено уменьшение содержания фульвокислот в почве необрабатываемого участка и увеличение отношения Сгк : Сфк, которое, по мнению ряда исследователей [12, 13], отражает долю легкогидролизуемых компонентов в составе гуминовых кислот. Так, в среднем в метровом слое почвы доля Сфк уменьшилась на 11 относительных процентов (47 % при орошении против 42 % на залежи от общего содержания углерода гумусовых кислот). Фульватно-гуматное отношение на орошаемом участке в метровом слое при орошении составило 1,16, на необрабатываемом участке – 1,45. Возможно, что отмеченное снижение подвижности органического вещества явилось причиной уменьшения содержания подвижных соединений фосфора и азота.

Доля обменного калия на орошаемых почвах также была выше на 29 % в верхнем (0–40 см) слое и на 60 % в слое 40–100 см. Причем в верхнем слое (0–20 см) на залежи отмечено почти четырехкратное превышение содержания водорастворимого калия по сравнению с орошаемым участком (0,30 против 0,08 мг-экв./100 г почвы), что скорее всего объясняется преобладанием в составе травостоя залежного участка злаковых трав, богатых калием.

**Выводы.** Таким образом, на основе проведенных предварительных исследований было установлено, что содержание подвижных форм основных питательных элементов в почвах залежи ниже по сравнению с обрабатываемой почвой. Так, в слое 0–40 см отмечено снижение доли нитратного азота на 59 %, подвижного фосфора – на 49 %, обменного калия – на 23 %. Полученные результаты противоречат данным о повышении содержания питательных элементов после пребывания почвы в залежном состоянии. Возможно, что питательные элементы в залежной почве используются растениями или иммобилизованы в менее подвижных соединениях почвы, о чем косвенно можно судить по снижению доли углерода фульвокислот на 15 % в слое 0–40 см. Поэтому необходимо проведение более углубленных исследований по балансу органического вещества, питательных элементов и влияния состава воды на накопление питательных веществ.

#### Список использованных источников

1 Особенности дистанционного выявления залежных участков и проблемы целевого использования земель сельскохозяйственного назначения / О. А. Маринина, Э. А. Терехин, Ж. А. Кириленко, Д. М. Курлович, Н. В. Ковальчик // Современные проблемы науки и образования. – № 5. – 2013. – 8 с.

2 Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности почв / Д. И. Лори, С. В. Горячкин, Н. А. Караваева, Е. А. Денисенко, Т. Г. Нефедова. – М.: ГЕОС, 2010. – 416 с.

3 Смелянский, И. Э. Сколько в степном регионе России залежей? / И. Э. Смелянский // Степной бюллетень. – 2012. – № 36. – С. 7.

4 Почвы субъектов Российской Федерации [Электронный ресурс] / Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2014. – Режим доступа: <http://atlas.mcx.ru/materials/egrpr/content/2poc.html>, 2015.

5 Irrigation water quality – salinity and soil structure stability [Electronic resource]. – Available at: <http://derm.gld.gov.au/factsheets/pdf/water/w55.pdf>, 2016.

6 Воеводина, Л. А. Использование показателя электропроводности для оценки продуктивности сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс] / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 1(05). – 10 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=82&id=88>.

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

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

9 ГОСТ 26213-91. Методы определения органического вещества. – Введ. 1993-07-01 // Техэксперт: Интранет 6.2014 [Электронный ресурс]. – Консорциум «Кодекс», 2016.

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

11 Ежесуточная динамика численности и активности азотфиксирующих бакте-

рий на участках залежной и интенсивно возделываемой почвы / Н. Р. Эмер, А. М. Семенов, В. В. Зеленев, Н. Б. Зинякова, Н. В. Костина, М. В. Голиченков // Почвоведение. – 2014. – № 8. – С. 963–970.

12 Орлов, Д. С. Органическое вещество почв России / Д. С. Орлов // Почвоведение. – 1998. – № 9. – С. 1049–1057.

13 Тищенко, С. А. Гумусовое состояние почв локально переувлажненных ландшафтов / С. А. Тищенко О. С. Безуглова // Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 156–165.

УДК 633.18:631.6:631.4(477.72)

**В. И. Ляшевский**

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

### **ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ С РИСОВОГО ЧЕКА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДЛЯ УСЛОВИЙ КРЫМА**

*Целью исследований являлось установление зависимости измеренных величин суммарного испарения риса от среднесуточной температуры воздуха. Исследования проводились в период с 2001 по 2010 г. на рисовых системах Краснопереконского района Республики Крым. В ходе осуществлявшихся в течение 10 лет наблюдений и непрерывных ежесуточных измерений величин суммарного испарения риса была выявлена его тесная связь с температурой воздуха. При отсутствии возможности получить измеренные с помощью испарителя величины для сведения водного баланса риса в конце поливного сезона можно пользоваться аналитической формулой зависимости суммарного испарения риса от среднесуточной температуры воздуха.*

*Ключевые слова:* рис, суммарное испарение, осадки, орошение, температура воздуха.

Метод испарителей для изучения суммарного испарения на посевах риса впервые был использован В. Б. Зайцевым еще в 1930 г. [1].

В Государственном гидрологическом институте (ГГИ) с 1958 г. применялся испаритель с измерительной бюреткой. Испаряющая площадь испарителей ГГИ-2000 р и ГГИ-3000 р – 2000 и 3000 см<sup>2</sup> соответственно, высота 70–100 см [2].

Наряду с методом непосредственных измерений для планирования водопользования и проектирования оросительных систем можно также применять расчетные методы, позволяющие с достаточной для практики точностью определять месячные и годовые величины суммарного испарения при относительно нетрудоемких гидрометеорологических наблюдениях [3].

Для того чтобы получить надежные расчетные зависимости, необходимо как можно точнее измерить первичные величины.

Исследования по измерению элементов водного баланса в Крыму проводились в течение 2001–2010 гг. на опытном участке в с. Ишунь (СООО «Штурм Перекопа») Краснопереконского района РК в рисовом чеке рисового севооборота № 5. Площадь рисового севооборота составляет 466 га. Расстояние до м/с Ишунь – 1,5–2,0 км.

Измерение величин суммарного испарения проводилось ежесуточно после 17:00 в течение периода затопления чека с помощью испарителя.

Испаритель (рисунок 1) состоит из корпуса испарителя 1, загруженного почвой; репера 2; помещенной в испаритель трубы 3, в которой смонтировано водорегулирующее устройство 4, соединенное с бачком самописца 7 соединительным резиновым шлангом 6. С внешней стороны испарителя в почве имеется смотровая скважина 5. На крышке самописца смонтировано пишущее устройство, состоящее из несущего поплавка 8, стержня 9, указателя 10, рейки 11, стрелки с пером 12 и недельного часового

механизма 13. Бак самописца с самопишущим устройством устанавливается на деревянный столик 14.

Конструкция прибора позволяет проводить измерения в автоматическом режиме с записью показаний на ленте самописца с точностью 0,1 мм или 1 м<sup>3</sup>/га. Однако в годы проведения исследований было достаточно сложно обеспечить сохранность приборов, работающих в полевых условиях, это, в первую очередь, касалось пишущего узла, измерения проводились в режиме срочных наблюдений (один раз в сутки) путем замера уровня воды от реперной точки в корпусе испарителя с помощью штангенциркуля с той же точностью, то есть 0,1 мм или 1 м<sup>3</sup>/га. Уровень воды в корпусе испарителя поддерживался согласно технологии возделывания риса [4, 5].

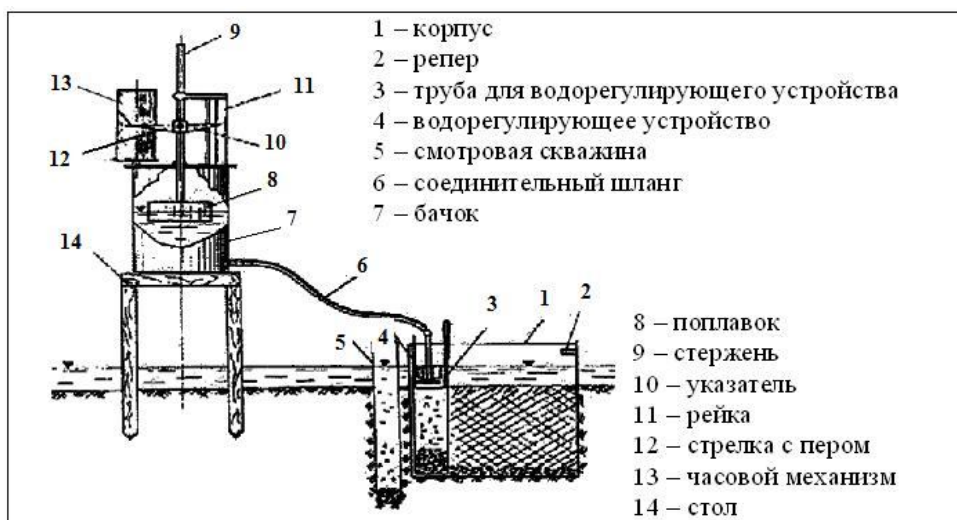


Рисунок 1 – Схема испарителя

На основании непрерывных десятилетних наблюдений определена зависимость суммарного испарения риса в период затопления от температуры воздуха. Зависимость описывается формулой:

$$E_p = 3,01 \sum t, \quad (1)$$

где  $E_p$  – суммарное испарение риса, мм;

$\sum t$  – сумма средне декадных температур воздуха, °С.

Декадные величины температуры воздуха за 2001–2010 гг. получены в Крымском гидрометеоцентре по м/с Ишунь.

Далее в таблице 1 приведены величины суммарного испарения риса, измеренные с помощью испарителя и рассчитанные по формуле (1).

Таблица 1 – Значения суммарного испарения риса (среднее за 2001–2010 гг.), с. Ишунь Краснопереконского района, Крым

Месяц	Декада	$E_n$ , мм	$\sum t$ , °С	$E_p$ , мм	$E_p - E_n$ , мм	%, от $E_n$	Нарастающим итогом			
							$E_n$ , мм	$E_p$ , мм	$E_p - E_n$ , мм	%, от $E_n$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Май	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	27,4	17,5	52,7	25,3	92,3	27,4	52,7	25,3	92,3
	III	41,7	19,3	58,1	16,4	39,3	69,1	110,8	41,7	60,3
Июнь	I	44,7	19,7	59,3	14,6	32,7	113,8	170,1	56,3	49,5
	II	58,3	20,7	62,3	3,6	6,2	172,1	232,4	60,3	35,0
	III	67,7	22,2	66,8	-0,9	-1,3	239,8	299,2	59,4	24,8



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Июль	I	80,3	23,3	70,1	-10,2	-12,7	320,1	369,3	49,2	13,3
	II	82,2	24,5	73,7	-8,5	-10,3	402,3	443,0	40,7	9,2
	III	92,7	25,2	75,8	-16,9	-18,2	495,0	518,8	23,8	4,8
Август	I	82,7	24,9	74,9	-7,8	-9,4	577,7	593,7	16,0	2,7
	II	79,0	24,2	72,8	-6,2	-7,8	656,7	666,5	9,8	1,0
	III	79,2	22,7	68,3	-9,9	-12,5	735,9	734,8	-1,1	-0,1

Как видно из таблицы 1, разница между измеренными  $E_{и}$  и рассчитанными  $E_{р}$  величинами суммарного испарения после смыкания травостоя (со второй декады июня) находится в допустимых пределах, то есть процент от  $E_{и}$  не превышает 30 %, что свидетельствует о высокой точности замеров. Коэффициент корреляции, рассчитанный с помощью программы Excel, для декадных величин составляет 0,979701, для величин нарастающим итогом – 0,998113.

На основании данных таблицы 1 построены графики (рисунки 2, 3), на которых достаточно наглядно показана тесная связь между суммарным испарением, измеренным с помощью испарителя и рассчитанным по формуле (1).

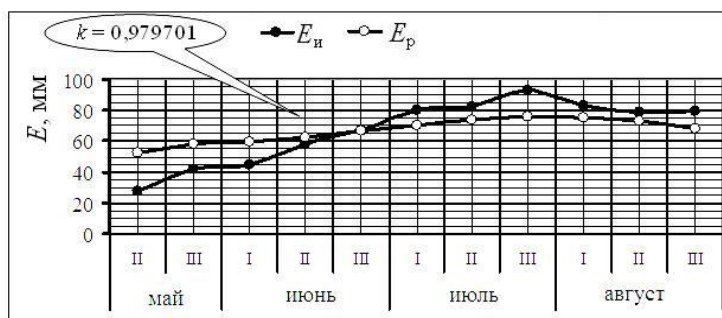


Рисунок 2 – Сезонный ход измеренных и расчетных величин суммарного испарения риса (среднее за 2001–2010 гг.), Крым

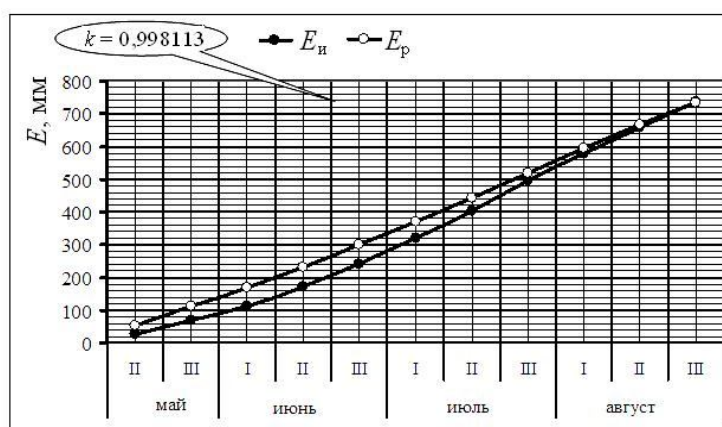


Рисунок 3 – Измеренные и расчетные величины суммарного испарения риса нарастающим итогом (среднее за 2001–2010 гг.), Крым

В таблице 2 приведены сравнения величин суммарного испарения риса, измеренного с помощью испарителя и рассчитанного по формуле (1) за 10 лет исследований.

Как видно из таблицы 2, при расчете по формуле (1) превышение допустимой точности (30 %) наблюдается в 2003 г. В другие годы разница между измеренными и рассчитанными величинами суммарного испарения риса находится в пределах допустимой для водно-балансовых расчетов точности (рисунок 4).



**Таблица 2 – Сравнение величин суммарного испарения риса, измеренных с помощью испарителя и рассчитанных по формуле (1), с. Ишунь Краснопереконского района РК, 2001–2010 гг.**

Год	$E_{и}$ , мм	$E_p = 3,01 \sum t$ , мм	Отклонение $E_p - E_{и}$	
			мм	% от $E_{и}$
2001	768,0	715,2	-52,8	-6,9
2002	640,0	720,0	80,0	12,5
2003	534,0	720,0	186,0	34,8
2004	819,0	667,0	-152,0	-18,6
2005	762,2	760,0	-2,2	-0,3
2006	849,0	727,5	-121,2	-14,3
2007	836,5	798,5	-38,0	-4,5
2008	721,5	727,8	6,3	0,9
2009	780,0	736,8	-43,2	-5,5
2010	622,6	778,9	156,3	25,1
2001–2010 (среднее)	735,9	735,3	-0,6	-0,08



**Рисунок 4 – Отклонение величин суммарного испарения, измеренного испарителем и рассчитанного по формуле (1), % (2001–2010 гг.)**

#### Выводы

1 В ходе осуществлявшихся в течение 10 лет наблюдений и непрерывных ежедневных измерений величин суммарного испарения была выявлена его тесная связь с температурой воздуха.

2 Аналитической формулой зависимости суммарного испарения риса от температуры воздуха можно пользоваться для сведения водного баланса риса в конце поливного сезона при отсутствии возможности применять испаритель.

#### Список использованных источников

1 Зайцев, В. Б. Рисовая оросительная система / В. Б. Зайцев. – М.: Колос, 1964. – 304 с.

2 Харченко, С. И. Гидрология орошаемых земель / С. И. Харченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 373 с.

3 Тищенко, О. П. Залежність сумарного випарування рису від дефіциту вологості повітря для умов степового Криму / О. П. Тищенко // Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематич. наук. збірник. – Вип. 50. – Херсон: Айлант, 2008. – С. 75–79.

4 Ляшевський, В. Зменшення витрат зрошувальної води при вирощуванні рису / В. Ляшевський, О. Тищенко, С. Хорев // Водне господарство України. – 2006. – № 6. – С. 25–28.

5 Тищенко, О. П. Експериментальні дослідження по вивченню елементів водного балансу рису в Криму / О. П. Тищенко, В. І. Ляшевський // Нормирование водопользования в орошаемом земледелии: тез. докл. междунар. науч.-метод. конф, г. Херсон, 15–17 сентября 2005 г. – С. 23.

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 627.83

**Н. Рахматов, А. А. Янгиев, М. Р. Бакиев, Ш. А. Джаббарова, У. Машарифов**  
Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА УЧКУРГАНСКОМ ГИДРОУЗЛЕ

Целью исследований являлось проведение натурных обследований Учкурганского водозаборного гидроузла и моделирование сценариев возникновения аварий. Рассмотрены сценарии аварий на гидроузле по четырем моделям: технический отказ плотины, технический отказ водозаборного сооружения, обеспечивающего подачу воды в канал дополнительного питания, наводнение (катастрофический наводок или прорыв плотины Токтогульского гидроузла) в верхнем бьефе гидроузла, землетрясение. Установлены основные факторы, приводящие к аварии водозаборного гидроузла по всем моделям.

Ключевые слова: водозаборный гидроузел, сценарии аварий, моделирование, технический отказ, наводнение, землетрясение, кольматация обратного фильтра, суточное колебание уровней, обледенение, заклинивание затворов.

Рассматриваемый гидроузел расположен в Учкурганском районе Наманганского вилоята на реке Нарын в 36 км от слияния с рекой Карадарьей, в северо-восточной части Ферганской котловины, на южной окраине селения Учкурган.

В состав гидроузла входят следующие сооружения (рисунки 1, 2):

- водосбросная плотина – щитовая с 12-ю пролетами шириной по 10 м, перекрываемыми двухъярусными колесными затворами. Бычки плотины в пределах пазовых конструкций имеют толщину 2,0 м, в пределах моста – 1,5 м, а флютбет переменной толщины (1,0–1,5 м) заканчивается небольшой консолью, понур и рисберма выполнены из бетона толщиной 0,5 м. Для маневрирования шандорами предназначен порталый кран с двумя таями грузоподъемностью по 10 т, перемещающийся по рельсам, проложенным по двум служебным мостикам плотины.

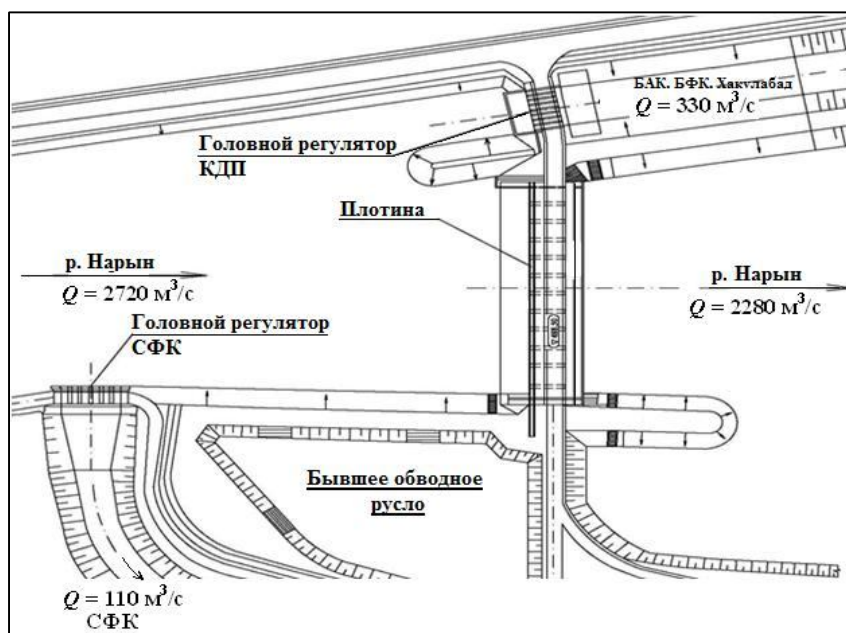


Рисунок 1 – План Учкурганского гидроузла



**Рисунок 2 – Водосбросная плотина Учкурганского гидроузла  
(вид с верхнего бьефа)**

Маневрирование затворами предусмотрено со служебного мостика, под которым проложены линия связи и электрокабель;

- головной регулятор Северо-Ферганского канала (СФК), расположенный в 200 м выше перегораживающего сооружения, запроектирован на расход  $110 \text{ м}^3/\text{с}$  и представляет собой щитовую конструкцию, имеющую шесть отверстий пролетом по 4 м каждое. Отверстия перекрыты плоскими затворами, по бычкам (через один) проложен мост Г-7 с двумя тротуарами;

- левобережный головной регулятор канала дополнительного питания (КДП) – закрытого типа (общий для каналов БФК, БАК и Хаккулабад), он пропускает  $360 \text{ м}^3/\text{с}$  и имеет восемь отверстий ( $2,5 \times 4 \text{ м}$ ), перекрытых плоскими затворами. По сооружению проходит автодорога с шириной проезжей части 7 м. Понур и рисберма регулятора выполнены из бетона.

Геология основания сооружений гидроузла представлена конгломератами. Сейсмичность района – 9 баллов. Климат района – континентальный.

Общая пропускная способность комплекса сооружений по проекту –  $2280 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Натурные обследования технического состояния гидротехнических сооружений Учкурганского гидроузла производились:

- два раза в 1995 г. комплексной комиссией института «Водпроект» и Наманганского облводхоза;
- в мае 2003 г. специалистами Диагностического центра Государственной инспекции «Госводхознадзор»;
- в 2009–2010 гг. сотрудниками кафедры гидротехнических сооружений и инженерных конструкций Ташкентского института ирригации и мелиорации (ТИИМ);
- в 2015 г. Государственной инспекцией «Госводхознадзор»;
- в 2015–2016 гг. сотрудниками кафедры гидротехнических сооружений и инженерных конструкций ТИИМ.

При обследовании комплекса сооружений гидроузла были выявлены следующие недостатки:

- в щитовой бетонной плотине имеется фильтрация через уплотнения между спаренными затворами и боковыми уплотнениями при закрытом положении затворов;
- происходит размыв правобережной дамбы в нижнем бьефе гидроузла;
- на головном регуляторе КДП обнаружена фильтрация через боковые и донные уплотнения при закрытом положении затворов;
- донные наносопромывные галереи используются для забора воды в канал;
- на головном регуляторе СФК наблюдается фильтрация через боковые и донные уплотнения при закрытом положении затворов;

- выявлены деформации струнаправляющей бетонной дамбы в верхнем бьефе гидроузла в виде просядок и разрушения бетона;
- в некоторых местах разрушаются крепления, и отмечается осадка верховых струнаправляющих дамб;
- в зимний период происходит обмерзание подвижных частей и уплотняющих элементов затворов;
- неизвестна фактическая максимальная пропускная способность гидроузла;
- недостаточная борьба с донными наносами перед водозабором в КДП.

С учетом выявленных недостатков необходимо смоделировать сценарии возникновения аварий на Учкурганском гидроузле [1–5].

Аварии и нарушения на Учкурганском гидроузле сопряжены с угрозой для жизни и здоровья людей, а также состояния окружающей природы. Недоучет того или иного фактора может иметь самые непредсказуемые последствия. В то же время выделить среди возможных причин аварий и нарушений наиболее вероятные для данного объекта очень сложно. Поэтому при построении расчетных моделей надежности и безопасности Учкурганского гидроузла необходимо, во-первых, исходить из потенциальной возможности возникновения различных нежелательных событий и состояний, во-вторых, учитывать самые разнообразные причины их реализации.

При моделировании вероятных аварий на Учкурганском гидроузле нами подробно рассматриваются все неисправности и неработоспособные состояния объекта. При построении сценариев возникновения аварий и нарушений мы использовали прямой порядок анализа возможных причин отказов и неисправностей объекта.

В основе моделирования сценариев возникновения аварий лежит системный анализ причин и следствий, в рамках которого наиболее полно выделяются все закономерности развития событий в системе [2].

В качестве основных сценариев аварий на гидроузле могут быть рассмотрены следующие четыре модели:

- технический отказ водосбросной плотины;
- технический отказ водозаборного сооружения в КДП;
- наводнение в верхнем бьефе гидроузла;
- землетрясение.

Технический отказ водосбросной плотины может являться следствием потери устойчивости сооружения, разрушения элементов плотины и заклинивания затворов. Потеря устойчивости водосбросной плотины может произойти от избыточного фильтрационного давления, из-за отказа дренажа при возможном кольматаже обратного фильтра, а также от разрушения несущих конструкций, при резком изменении гидростатических и гидродинамических нагрузок, из-за резкого суточного колебания уровня воды в верхнем бьефе гидроузла.

Разрушения элементов водосбросной плотины вероятны вследствие резкого изменения гидростатических и гидродинамических нагрузок, а также обледенения элементов при пропуске максимальных расходов воды в зимний период.

Заклинивание затворов часто происходит по причине отсутствия электроэнергии; обледенения и повреждения в пазах; обледенения и неисправности приводных устройств; коррозии металлических частей. Это может быть следствием несвоевременного ремонта и пропуска максимальных расходов в зимний период.

Технический отказ водозаборного сооружения в КДП может произойти от засорения плавающими телами верхнего яруса сооружения, заиливания донными наносами нижнего яруса и заклинивания затворов.

Заиливание донными наносами нижнего яруса водозаборного сооружения возможно из-за отрицательного воздействия отдельной стенки в верхнем бьефе на структуру потока перед водозабором, а засорение плавающими телами верхнего яруса – при от-

существовании сороудерживающей решетки. Заклинивание затворов вызовут те же факторы, что и для водосбросной плотины.

Наводнение в верхнем бьефе гидроузла может спровоцировать катастрофический паводок или прорыв выше расположенной плотины Токтогульского гидроузла. Все это может произойти из-за того, что при прохождении расхода выше  $2490 \text{ м}^3/\text{с}$ , пропускная способность Учкурганского гидроузла не обеспечивается.

Землетрясение может вызвать вибрацию сооружений гидроузла, нарушение динамической устойчивости водосбросной плотины и водозаборного сооружения в КДП, а также опасные деформации плотины и основания. Вышеперечисленные факторы приведут к разрушению сооружений гидроузла, что, в свою очередь, станет причиной наводнения в нижнем бьефе, а в конечном итоге – усиления эрозии реки Нарын, экологической и социальной катастрофы.

#### **Выводы**

1 На основании рассмотренных сценариев возникновения аварий и нарушений на Учкурганском гидроузле можно осуществить как качественный, так и количественный анализ их причин. Возможность количественного анализа причин аварий и нарушений, а также информация о действующих факторах позволит определить надежность и безопасность объекта.

2 Сценарии возникновения реальных аварий и нарушений на Учкурганском гидроузле могут использоваться при моделировании сценариев гипотетических аварий и нарушений на проектируемых, строящихся и эксплуатируемых объектах. Моделирование сценариев аварий и нарушений на Учкурганском гидроузле является единственно приемлемым способом установления связи между накопленным опытом использования аналогичных объектов и риском эксплуатации исследуемого гидроузла.

#### **Список использованных источников**

1 Бакиев, М. Р. Безопасность гидротехнических сооружений / М. Р. Бакиев, Е. И. Кириллова, Р. Т. Хужакулов. – Ташкент, 2008.

2 Векслер, А. Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А. Б. Векслер, Д. А. Ивашинцов, Д. В. Стефанишин. – СПб.: Изд-во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2002. – 591 с.

3 Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений: РД 153-34.2-21.342-00: утв. Департаментом науч.-техн. политики и развития РАО «ЕЭС России» 27.12.00. – М.: НИИЭС, 2001. – 24 с.

4 О безопасности гидротехнических сооружений: Закон Республики Узбекистан от 20.08.1999 г. № 826-1. – Ташкент, 1999.

5 Пособие к Методике определения критериев безопасности гидротехнических сооружений: РД 153-34.2-21.342-00: утв. Департаментом науч.-техн. политики и развития РАО «ЕЭС России» 01.01.06: введ. в действие 01.01.06. – М.: ЦПТИ ОРГРЭС, 2006. – 21 с.

УДК 626.1/3

**Т. Мавланов, М. Р. Хуразбоев**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА С БОКОВЫМ**

*В работе исследуется течение идеальной жидкости в системе каналов с образованием зоны кавитации. На основе моделирования и метода теории струй получено аналитическое решение задачи о течении жидкости в магистральном канале с большим количеством боковых распределительных каналов.*

*Ключевые слова: жидкость, модель, кавитация, свободная поверхность, теория струй, комплексная скорость.*

Вследствие сложности проведения теоретических исследований по изучению основных характеристик течения жидкости при наличии зоны отрыва, решение данной задачи выполняются путем моделирования этих зон на базе экспериментальных наблюдений. Рассмотрим течение жидкости в системе каналов с образованием зоны кавитации и свободных поверхностей.

В зависимости от геометрических и гидродинамических параметров канала, а также от свойств жидкости зоны отрыва (каверны) будут различными. Моделирование этих зон дает возможность построения аналитических решений. Проанализируем модель безотрывного течения идеальной жидкости в канале.

Методом теории струй идеальной жидкости можно получить следующее распределение сопряженной комплексной скорости в границах области слияния берегов канала [1]:

$$\bar{V} = Ae^{ix\pi} \left[ (z-z_0) - \frac{x}{x+1} - B(z-z_0) \frac{1-x}{x+1} \right],$$

где  $x\pi$  – угол наклона бокового распределителя к магистральному каналу;

$z, z_0$  – положения критической точки:

$$z = x + iy, \quad z_0 = x_0 + iy_0.$$

Откуда видно, что на одной из точек смещения берегов каналов возникает зона с большой скоростью. В природе это приводит к размыву берегов, т. е. образуется криволинейная граница перехода от одного берега к другому, по форме близкая к дуге окружности. Далее задача решается путем приложения метода округления углов.

Решение задачи с учетом округления углов наряду с распределением скоростей и давлений позволяет определять радиус закругления в зависимости от геометрических параметров области течения [2]. Радиус округления  $R$ , м, удовлетворяет неравенству:

$$R \geq \frac{3h}{8\pi},$$

где  $\pi$  – математическая константа,  $\pi = 3,14$ .

С увеличением числа Рейнольдса существенно возрастает инерционный эффект, влияющий на формирование течения.

В прикладных задачах возможно слияние или разветвление потока в каналах (с разными константами интеграла Бернулли), в которых текут различные жидкости:

$$P_a^* = P_a + \rho_a \frac{V_0^2}{2}, \quad P_c^* = P_c + \rho_c \frac{V_0^2}{2},$$

где  $P_a^*, P_c^*$  – полное давление, Па;

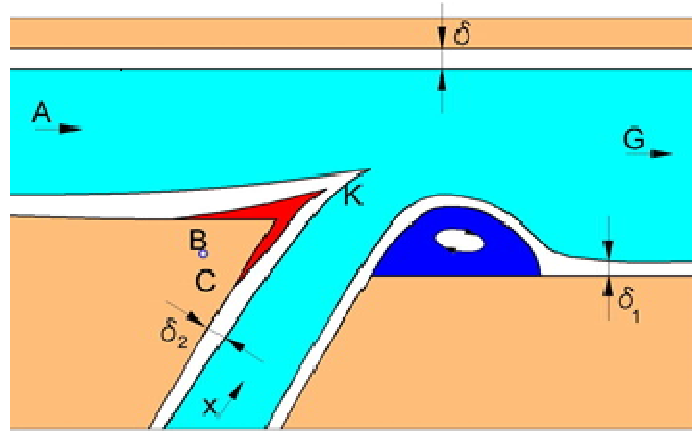
$P_a, P_c$  – давление, Па;

$\rho_a \frac{V_0^2}{2}, \rho_c \frac{V_0^2}{2}$  – кинетическая энергия жидкости или скоростной напор, Па.

При  $P_c \neq P_a$  в этом потоке возникает поверхность тангенциального разрыва скоростей. Расчет этих течений проводится методами теории струй или дискретных вихрей.

В случае, когда  $P_a^* \gg P_c^*$ , первый канал моделируется как тонкая струя, и наоборот, когда  $P_a^* \ll P_c^*$ , второй канал моделируется тонкой струей и получается обобщенная задача Эриха.

Рассматриваемые модели идеальной жидкости в той или иной степени описывают реальные течения. Обычно влияние вязкости жидкости сводится к образованию пограничного слоя, формированию отрывных зон, перемешиванию струй в потоке на всех участках каналов (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Схема смешивания двух потоков жидкости в канале**

Модель движения идеальной жидкости показывает кинематическую картину течения (скорости в ядре потока, вне пограничных слоев и отрывных зон). Полное и статическое давление в реальном потоке могут отличаться от давления в идеальной жидкости на величину гидравлических потерь.

Проведенные экспериментальные исследования [1] показали, что на начальных участках каналов поток делится на потенциальное ядро и тонкие пограничные слои над берегами каналов.

В области повышенного давления происходит отрыв потока. Положение и форма зоны отрыва определяются или путем эксперимента, или методами теории струй, наряду с этим отрыв возникает за угловой точкой, где находится изобарическая область, или точнее, зона завихрения (схема Лаврентьева). При разветвлении потока, когда  $P_a^* > P_c^*$ , появляется зона завихрения и на другом берегу канала, а за участком завихренности – ближний след, и здесь контур тела вытеснения близок к прямой (схема Жуковского).

Эта задача решается следующим образом: сначала на границе потенциального ядра предполагается известным распределение скоростей, и методом Жуковского определяются выражения для поля скоростей и давления. Далее с учетом распределения скоростей на границе ядра и слоя находится приближенное решение. Результаты решения и выполнение условий стыковки приводят к системе сингулярных интегральных уравнений (СИУ) для неизвестных скоростей  $V(\xi)$ , м/с, позволяющей получить распределение скоростей и давлений с учетом взаимодействия областей. В работе представлено решение задачи обтекания уступа на пограничном слое для приведенных выше струйных моделей и получено СИУ при условии сохранения толщины вытеснения, потери импульса и массы.

В случае, когда относительные расходы и ширина боковых каналов малы, можно получить аналитическое решение задачи о течении жидкости в канале с большим количеством боковых распределителей. Например, когда нет свободной поверхности, распределение скоростей имеет вид [2] (рисунок 2):

$$\bar{V} = V_{0n=1}^m \left\{ \left[ \frac{A(d_n)}{B(l_n)} \right]^{xn} \frac{A(f_n)B(f_n^*, z)}{A(d_n)B(d_n^*, z)} \left[ \frac{B(d_n^*, z)}{B(l_n^*, z)} \right]^{xn} \right\},$$

где  $A(\sigma) = 1 + \sigma$ ;

$$B(\sigma^*, z) = \sigma^* + \exp(\pi z);$$

$$\sigma^* = \frac{a - \sigma}{1 + \sigma};$$



$$z = z' / H;$$

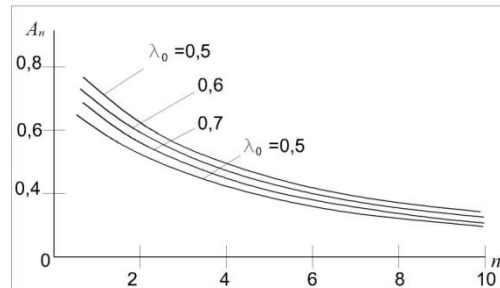
$$z' = x + iy;$$

$H$  – ширина магистрального (основного) канала, м;

$d_n$  – расстояние между боковыми распределителями, м;

$l_n$  – длина боковых распределителей, м;

$f_n$  – положение точки возврата струи.



**Рисунок 2 – Распределение скоростей**

Величины суммарного расхода  $\hat{Q}_0$ , м<sup>3</sup>/с, для рассматриваемой модели должны удовлетворять следующему неравенству:

$$\hat{Q}_0 = I - \frac{I}{\pi} \exp\left[-\pi \sum_{n=1}^m x_n (\hat{l}_n + \hat{l}_n^*)\right] < \hat{Q}_0^* = \left(I - \frac{I}{\pi}\right).$$

Таким образом, в работе решена задача распределения водных ресурсов в открытых каналах между потребителями с учетом сил тяжести. При достаточно больших расстояниях между боковыми распределителями можно выполнять последовательное решение задачи с одним боковым распределительным каналом. Тогда в конце  $n$ -го канала ширина канала и скорость на свободной поверхности будут равны:

$$\hat{H}_n = \sum_{k=1}^n \left[ \frac{M_k}{\sqrt{1 + \lambda_{k-1}}} - \frac{\lambda_{k-1} M_k^2}{4(I + \lambda_{k-1})} \right], \quad \hat{V}_n = \sum_{k=1}^n \left[ \frac{\lambda_{k-1}}{2M_k} + \sqrt{I + \lambda_{k-1} + \frac{\lambda_{k-1}}{2M_k^2}} \right],$$

$$\lambda_{k-1} = F_{rk-1}^{-1} = \frac{2gH_{k-1}}{V_{k-1}^2} \cos \alpha_{k-1}, \quad M_k = I - \frac{\hat{Q}_k}{\hat{Q}_k^*}, \quad \hat{Q}_k^* = \sum_{l=1}^k \hat{Q}_l.$$

Расчеты показывают, что с увеличением числа боковых распределительных каналов уровень свободной поверхности и расходы в этих каналах уменьшаются и приближаются к некоторой асимптотике.

#### Список использованных источников

- 1 Хамидов, А. А. Взаимодействие основного канала с боковыми / А. А. Хамидов, А. А. Шакиров // Проблемы механики. – 1997. – № 6. – С. 34–39.
- 2 Бэтчелор, Д. Ж. Введение в динамику жидкости / Д. Ж. Бэтчелор: [пер. с англ.]. – М.: Мир, 1973. – 760 с.

УДК 627.42

**М. Р. Бакиев, С. Э. Шукурова**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

### РЕГУЛИРОВАНИЕ РУСЕЛ КОМБИНИРОВАННОЙ ДАМБОЙ С ЗАТОПЛЕННОЙ СКВОЗНОЙ ЧАСТЬЮ ПОСТОЯННОЙ ЗАСТРОЙКИ

*В статье представлена разработанная с использованием основных уравнений теоретической механики и гидротехники методика расчета потока в створе стесне-*



ния комбинированной дамбой с затопленной сквозной частью постоянной застройки, а также дается оценка отклонения динамической оси потока, скоростей, удельных расходов и пропускной способности стесненного русла.

**Ключевые слова:** динамическая ось потока, комбинированная дамба, постоянная застройка, затопленная часть, сквозная и глухая часть, пропускная способность, степень затопления, угол растекания.

С целью обеспечения пропуска максимальных паводковых расходов главным образом строят комбинированные дамбы, сквозная часть которых работает в затопленном режиме, а в остальное время (при низких горизонтах) – в незатопленном.

Следует подчеркнуть, что такой вариант комбинированных дамб (и других регуляционных сооружений) возводят преимущественно на реках с колебаниями уровней в больших пределах, т. е. когда  $H_{\max} > (3-5)h_{\min}$  и более.

Другим преимуществом такого режима работы комбинированных дамб является возможность пропуска обильно плавающих тел в период паводка с глубиной затопления  $h_b = 1 \div 1,5$  м.

Однако пропуск части расхода без гашения его энергии может уменьшить эффективность работы сооружения. Изменяется и скоростной режим в верхнем и в нижнем бьефах как в плане, так и по глубине.

Некоторые изменения претерпевает и уровенный режим.

Рассмотрим случай (рисунок 1), когда поток односторонне стеснен комбинированной дамбой со сквозной частью постоянной застройки:

$$P_3 = d / (d + S),$$

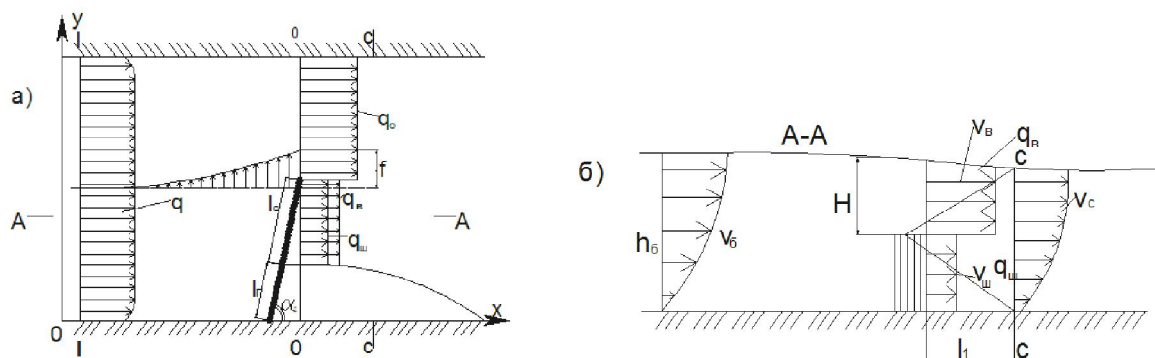
где  $d$  – диаметр сваи;

$S$  – расстояние между сваями.

В отличие от ранее рассмотренных задач [1, 2] расход, приходящийся на длину сквозной части  $l_c$ , состоит из расхода, проходящего поверх сквозной части  $q_B$ , и через застроенную часть  $q_{III}$ .

При этом ставятся следующие задачи:

- установление отклонения динамической оси потока, стесненного комбинированной дамбой с затопленной частью постоянной застройки;
- определение удельных расходов в нестесненной, водосливной и затопленной частях;
- оценка пропускной способности сквозной части с учетом степени затопления;
- разработка методов определения скоростей на водосливной части и перепадов уровней.



а – план; б – продольный разрез А–А

**Рисунок 1 – Схема потока, стесненного комбинированной дамбой с затопленной сквозной частью постоянной застройки**

Для определения отклонения динамической оси потока применим уравнение Л. Эйлера в приложении к сплошным средам для объема жидкости между створами I–I и 0–0:

$$q_2 B \left( \frac{B}{2} + f_0 \right) = q_{\text{ш}} l_c \sin \alpha_d (l_r \sin \alpha_d + 0,5 l_c \sin \alpha_d) + q_B l_c \sin \alpha_d (l_r \sin \alpha_d + 0,5 l_c \sin \alpha_d) + q_0 (B - l_d \sin \alpha_d) [l_d \sin \alpha_d + 0,5 (B - l_d \sin \alpha_d)]. \quad (1)$$

Откуда:

$$f_0 = \frac{q_{\text{ш}} l_c \sin \alpha_d}{q_2 B} (l_r \sin \alpha_d + 0,5 l_c \sin \alpha_d) + \frac{q_B l_c \sin \alpha_d}{q_2 B} (l_r \sin \alpha_d + 0,5 l_c \sin \alpha_d) + \frac{q_0 (B - l_d \sin \alpha_d)}{q_2 B} [l_d \sin \alpha_d + 0,5 (B - l_d \sin \alpha_d)]. \quad (2)$$

Разделим обе части на  $B$  и находим величину относительного отклонения динамической оси потока с учетом затопления сквозной части:

$$\lambda_{f_0} = \frac{f_0}{B} = \overline{q_{\text{ш}}} n_c (n_r + 0,5 n_c) + \overline{q_B} n_c (n_r + 0,5 n_c) + \overline{q_0} (1 - n) [n + 0,5 (1 - n)], \quad (3)$$

или после некоторых преобразований:

$$\lambda_{f_0} = (\overline{q_{\text{ш}}} + \overline{q_B}) (n_c n_r + 0,5 n_c^2) + 0,5 \overline{q_0} (1 - n^2), \quad (4)$$

где  $\overline{q_{\text{ш}}} = q_{\text{ш}} / q_2$ ;  $\overline{q_B} = q_B / q_2$ ;  $\overline{q_0} = q_0 / q_2$  – относительные удельные расходы через сквозную, водосливную части дамб, а также в нестесненной части потока;

$n_c = l_c \sin \alpha_d / B$ ;  $n_r = l_r \sin \alpha_d / B$ ;  $n = l_d \sin \alpha_d / B$  – степени стеснения сквозной, глухой частью дамбы и общая степень стеснения потока.

Для нахождения связи между удельными расходами в нестесненной части потока и параметрами комбинированной дамбы воспользуемся уравнением сохранения расхода, записанного для створов I–I и 0–0:

$$q_2 B = q_0 (B - l_r \sin \alpha_d) + q_{\text{ш}} l_c \sin \alpha_d + q_B l_c \sin \alpha_d. \quad (5)$$

Откуда:

$$\overline{q_0} = \frac{1 - n_c (\overline{q_{\text{ш}}} + \overline{q_B})}{1 - n_r}. \quad (6)$$

Для определения пропускной способности комбинированной дамбы с затопленной сквозной частью воспользуемся понятием «коэффициент обтекания» как отношением суммы расходов водосливной (по верху) по телу, сквозных частей к общему расходу, набегающему на дамбу  $Q_H$ :

$$K_0 = \frac{Q_B + Q_{\text{ш}}}{Q_H}, \quad (7)$$

где  $Q_B$ ,  $Q_{\text{ш}}$ ,  $Q_H$  – расходы, проходящие через водосливную, сквозную части, и набегающие на дамбу.

Ввиду малой величины значением  $z$  можно пренебречь, тогда уравнение сохранения расхода для сечений I–I, II–II и граничных токов имеет вид:

$$K_0 V_6 h_6 l_d \sin \alpha_d = V_B \sin(\alpha_d + \beta_0^3) (h_6 - h_c) (l_d - l_r) + V_{\text{ш}} \sin(\alpha_d + \beta_0) (1 - P_3) h_c (l_d - l_r). \quad (8)$$

Откуда:

$$K_0 = \overline{V_B} a_1 \overline{h_B} (1 - \overline{l_r}) + \overline{V_{\text{ш}}} a_2 (1 - P_3) \overline{h_c} (1 - \overline{l_r}). \quad (9)$$

Или, выражая через удельные расходы, запишем:

$$K_0 = \overline{q_B} a_1 (1 - \overline{l_r}) + \overline{q_{\text{ш}}} a_2 (1 - P_3) \overline{h_c} (1 - \overline{l_r}), \quad (10)$$

где  $\bar{l}_r = \frac{l_r}{l_d}$  – относительная длина глухой части дамбы;

$$a_1 = \frac{\sin(\alpha_d + \beta_0)}{\sin \alpha_d};$$

$$a_2 = \frac{\sin(\alpha_d + \beta'_0)}{\sin \alpha_d};$$

$$\bar{V}_B = \frac{V_B}{V_6}; \bar{V}_{III} = \frac{V_{III}}{V_6}.$$

Если предположить равенство углов растекания водосливного  $\beta_0$  и через сквозную часть  $\beta'_0$  (при  $\alpha_d = 75-90^\circ$  это равенство соблюдается точно, в отдельных случаях – приближенно), то зависимость (10) упрощается при  $a_1 = a_2 = a$  до вида:

$$K_0 = [q_B + q_{III}(1 - P_3)](1 - \bar{l}_r)a.$$

Для определения перепада уровней составим уравнение количества движения для потока, ограниченного сечениями I-I и II-II линией  $m-m$ , в виде:

$$\rho Q_H V_6 + \Sigma P = \rho Q_B V_B \cos \beta'_0 + \rho Q_{III} V_{III} \cos \beta_0 + \rho Q_{II} V_6. \quad (11)$$

Учитывая, что  $Q_H = Q_B + Q_{III} + Q_{II}$ ,

получим:

$$V_6(Q_B + Q_{III} + Q_{II}) + gz(h_6 - h_c)l_d \sin \alpha_d K_d = Q_B V_B \cos \beta'_0 + Q_{III} V_{III} \cos \beta_0 + Q_{II} V_6.$$

Или после преобразований:

$$gz(h_6 - h_c)l_d \sin \alpha_d K_d = V_B \sin(\alpha_d + \beta'_0) h_6 (l_d - l_r) V_B \cos \beta'_0 -$$

$$- V_B \sin(\alpha_d + \beta'_0) h_B (l_d - l_r) V_6 + V_{III}^2 \sin(\alpha_d + \beta_0) h_c (l_d - l_r) \cos \beta'_0 -$$

$$- V_{III} V_6 \sin(\alpha_d + \beta_0) h_c (l_d - l_r). \quad (12)$$

Разделим на  $V_6 h_6 l_d \sin \alpha_d$  и умножим на 2:

$$\frac{2gz}{V_6^2} (1 - \bar{h}_c) K_d = 2 \bar{V}_B^2 \frac{\sin(\alpha_d + \beta'_0)}{\sin \alpha_d} \bar{h}_B (1 - \bar{l}_r) \cos \beta'_0 -$$

$$- 2 \bar{V}_B \frac{\sin(\alpha_d + \beta'_0)}{\sin \alpha_d} \bar{h}_B (1 - \bar{l}_r) + 2 \bar{V}_{III}^2 \frac{\sin(\alpha_d + \beta_0)}{\sin \alpha_d} \bar{h}_c (1 - \bar{l}_r) \cos \beta'_0 -$$

$$- 2 \bar{V}_{III} \frac{\sin(\alpha_d + \beta_0)}{\sin \alpha_d} \bar{h}_c (1 - \bar{l}_r). \quad (13)$$

Откуда величина  $z$  имеет значение:

$$z = \frac{V_6^2}{2g(1 - \bar{h}_c)K_d} [2 \bar{V}_B^2 a_1 \bar{h}_B (1 - \bar{l}_r) \cos \beta'_0 - 2 \bar{V}_B a_1 \bar{h}_B (1 - \bar{l}_r) + 2 \bar{V}_{III}^2 a_2 \bar{h}_c (1 - \bar{l}_r) \cos \beta'_0 -$$

$$- 2 \bar{V}_{III} a_2 \bar{h}_c (1 - \bar{l}_r)], \quad (14)$$

где  $K_d$  – корректирующий коэффициент при гидростатическом законе распределения давлений,  $K_d = 1$ ;

$\bar{h}_B = h_B / h_6$ ;  $\bar{h}_c = h_c / h_6$  – относительные глубины потока в водосливной и сквозной части;

$V_B, V_{III}$  – скорости в водосливной части и нижнего потока через тело сквозной части;

$\beta'_0, \beta_0$  – углы растекания соответственно водосливного и нижнего потока.

В частных случаях из (14) имеем:

- при  $l_r = 0$  получаем выражение для затопленной по всей длине сквозной дамбы:

$$z = \frac{V_6^2}{2g(1-\bar{h}_c)K_d} [2\bar{V}_B^2 a_1 \bar{h}_B \cos\beta'_0 - 2\bar{V}_B a_1 \bar{h}_B + 2\bar{V}_{III}^2 a_2 \bar{h}_c \cos\beta'_0 - 2\bar{V}_{III} a_2 \bar{h}_c]; \quad (15)$$

- при  $\bar{l}_r = 1, V_{III} = 0$ , т. е. для затопленной глухой преграды, приходим к зависимости, полученной в работе [3].

Теперь запишем уравнение энергии водосливного потока, взяв плоскость сравнения на уровне воды над условным порогом [3]:

$$z + \frac{V_6^2}{2g} = \frac{V_B^2}{2g} (1 + \zeta), \quad (16)$$

или

$$z = \frac{(1 + \zeta)V_B^2 - V_6^2}{2g}, \quad (17)$$

где  $\zeta$  – коэффициент, учитывающий потери на подходе при набеге потока на условный порог,  $\zeta = 0,12 \div 0,15$ .

Подставляя (17) в (14), имеем:

$$\left(\frac{V_B}{V_6}\right)^2 + \frac{V_B}{V_6} \frac{2a_1 \bar{h}_B}{[(1 + \zeta)(1 - \bar{h}_c)K_d - 2a_1 \bar{h}_B \cos\beta'_0]} - \frac{2\bar{V}_{III}^2 a_2 \bar{h}_c \cos\beta'_0 - 2\bar{V}_{III} a_2 \bar{h}_c + (1 - \bar{h}_c)K_d}{(1 + \zeta)(1 - \bar{h}_c)K_d - 2a_1 \bar{h}_B \cos\beta'_0} = 0. \quad (18)$$

Отсюда получаем квадратное уравнение для определения относительных скоростей на водосливной части комбинированной дамбы:

$$\left(\frac{V_B}{V_6}\right)^2 + 2 \frac{a_1 \bar{h}_B}{b} \cdot \frac{V_B}{V_6} - \frac{c}{b} = 0, \quad (19)$$

где  $b = (1 + \zeta)(1 - \bar{h}_c)K_d - 2a_1 \bar{h}_B \cos\beta'_0$ ;

$$c = 2\bar{V}_{III} a_2 \bar{h}_c \cos\beta'_0 + (1 - \bar{h}_c)K_d.$$

При  $\bar{l}_r = 1, V_{III} = 0$ , получим обтекание затопленной глухой преграды [3].

Углы растекания  $\beta'_0, \beta_0$ , входящие в полученные зависимости, определяются для водосливного потока по рекомендациям [3], а для проходящего через сквозную часть потока – по рекомендациям [4].

Задача по разработанной выше методике решается в следующей последовательности:

- по рекомендациям [4] вычисляются скорости за сквозной частью дамбы  $V_{III}$ ;
- скорости воды на водосливной части  $V_B$  определяются по зависимости (19), а подпор  $z$  – по (14);
- коэффициент обтекания комбинированной дамбы, сквозная часть которой затоплена, находится по зависимости (9);
- вычисляются удельные расходы  $q_B = V_B h_B$ ,  $q_{III} = V_{III} h_{III}$  и  $q_0$  по зависимости (6);
- устанавливается относительное отклонение динамической оси потока по зависимости (4).

### Выводы

1 Относительные скорости в водосливной части зависят от скорости воды, проходящей через сквозную часть тела дамбы, относительных глубин и углов растекания потока водосливной и сквозной частей дамбы.

2 Перепад уровней зависит от бытовых скоростей, скорости в водосливной части

и за сквозной частью, относительной длины глухой части и от относительных глубин затопления, углов растекания потока и установки дамбы.

3 Коэффициент обтекания комбинированной дамбы, характеризующий ее пропускную способность, является функцией относительных скоростей в водосливной и сквозной частях, коэффициента застройки, относительной длины глухой части, а также углов растекания и установки дамбы.

4 Величина удельного расхода в нестесненной части потока зависит от удельных расходов водосливной и сквозной частей, степеней стеснения глухой и сквозной частями дамбы.

5 Относительное отклонение динамической оси потока, стесненного комбинированной дамбой со сквозной частью постоянной застройки, зависит от соотношения удельных расходов в водосливной, сквозной и нестесненной частях, степени стеснения глухими и сквозными частями, а также общей степени стеснения потока.

#### Список использованных источников

1 Бакиев, М. Р. Двустороннее симметричное стеснение потока комбинированными дамбами с переменной застройкой по длине / М. Р. Бакиев, С. Э. Шукурова // Оценка риска и проблемы безопасности в строительном комплексе: материалы науч.-практ. конф. – Баку, 2013.

2 Бакиев, М. Р. Определение отклонения динамической оси потока двусторонне стесненного комбинированной дамбой (сквозная часть выполнена с переменной застройкой) / М. Р. Бакиев, С. Э. Шукурова // Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Московский гос. ун-т природообустройства. – Ч. III. Гидротехническое строительство. – М.: МГУП, 2013. – С. 313–318.

3 Образовский, А. С. Гидравлика затопленных водоприемных оголовков / А. С. Образовский. – М.: Госстройиздат, 1963. – 104 с.

4 Уркинбаев, Р. К. Некоторые вопросы гидравлики сквозных шпор / Р. К. Уркинбаев // Руслловые процессы: тр. САНИИРИ им. В. Д. Журина. – Ташкент, 1968. – Вып. 117.

УДК 627.83

**Ж. М. Чориев**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

#### МОБИЛЬНЫЙ МЕРНЫЙ ВОДОСЛИВ С ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫМ ОТВЕРСТИЕМ ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

*В статье описана новая конструкция мобильного водослива трапецидального сечения из прорезиненной ткани для измерения расходов воды, подаваемой в фермерские хозяйства, даны его конструктивные размеры, а также представлены методы определения расхода воды.*

*Ключевые слова: измерение воды, мерный мобильный водослив, трапецидальное сечение, измерительная шкала, временный ороситель.*

#### **Необходимость измерения воды**

Понимание в обществе того, как делить ограниченные водные запасы и управлять ими постепенно изменяется. Неуклонно возрастает уровень конкуренции между такими сферами водопотребления, как ирригация, муниципальное водопользование, промышленность, отдых, водопотребление в эстетических целях, рыбное хозяйство и природное водопользование. В пределах Республики Узбекистан важные исследования в области водопользования должны основываться на количестве потребленной и осоз-

нанно утраченной воды, плотности населения и влиянии на экологические системы и исчезающие виды организмов. Водопользователям придется увеличивать свои доли потребляемой воды за счет применения существующих передовых технологий. Все лучшие управленческие мероприятия и методы основаны на защите и экономии водных ресурсов. Ключ к разумной экономии воды – это практичные методы его измерения [1].

По мере увеличения спроса на воду, необходимо разрабатывать планы на расширение водопотребления. Вместо того, чтобы открывать и развивать новые источники, потребности в воде можно обеспечить с наименьшими затратами, то есть путем ее экономии и равноправного распределения существующих запасов. Каждый кубический метр воды, сэкономленный в результате совершенствования методов измерения воды, приносит больше выгоды, чем такое же количество, взятое из новых источников. Более практичные и точные методы измерения повышают эффективность водопотребления, в противном случае происходит как недоподача, так и подача излишнего количества воды водопользователям. Для каждой области водопотребления, в том числе и для фермерских хозяйств, необходимо наладить измерение расходов потребляемой воды. Правильное измерение расхода воды поможет фермеру предотвратить уменьшение урожая (вследствие недополива), а также ущерб посевам, нанесенный переувлажнением земель [2].

#### ***Преимущества более точного измерения воды***

Кроме справедливого взыскания платы за воду, появляются и другие преимущества в результате применения предложенной конструкции мобильного мерного водослива с трапецеидальным отверстием. Хотя некоторые из этих достоинств являются незначительными, их необходимо учитывать при разработке системы или планировании улучшения способов измерения воды. Для высокой степени управления требуется точное измерение воды. Предложенная конструкция для измерения расходов воды обладает следующими преимуществами:

- точный расчет и правильный учет, что способствует равноправному распределению водных ресурсов между конкурирующими потребителями в пределах и за пределами фермерских земель [3];

- точное измерение воды дает необходимую информацию фермеру для достижения оптимального количества потребляемой воды, при этом сводится к минимуму негативное влияние на окружающую среду;

- установка данных приборов на оросителях устраняет необходимость в трудоемких измерениях скорости течения. Без этих сооружений каждый раз после внесения корректировки в распределение воды и сезонных поправок в результате варьирования коэффициента сопротивления из-за роста сорняков или трансформации формы поперечного сечения вследствие разрушения берегов и отложения наносов возникает потребность определять расходы путем использования трудоемкого способа измерителями скоростей течения;

- применение точных и удобных методов измерения воды повышает качество оценки фильтрационных потерь в результате утечек в оросителях с неукрепленными откосами. Таким образом, появляется возможность количественной и качественной оценки проделанной работы по улучшению конструкции оросителя;

- постоянные водоизмерительные сооружения могут войти в дистанционный мониторинг определения расходов и автоматизацию управления оросительными системами;

- более практичные и точные методы измерения и управления позволяют регулировать оптимальные объемы подаваемой воды, сократить фильтрационные потери и тем самым уменьшить загрязнение подземных вод химикатами, а также улучшить работу дренажных систем.

Корректность измерения при применении водомерных устройств большей частью зависит от их конструкции, надежности при их изготовлении и установки, правильной тарифовки и эксплуатации. При эксплуатации точность требует постоянной

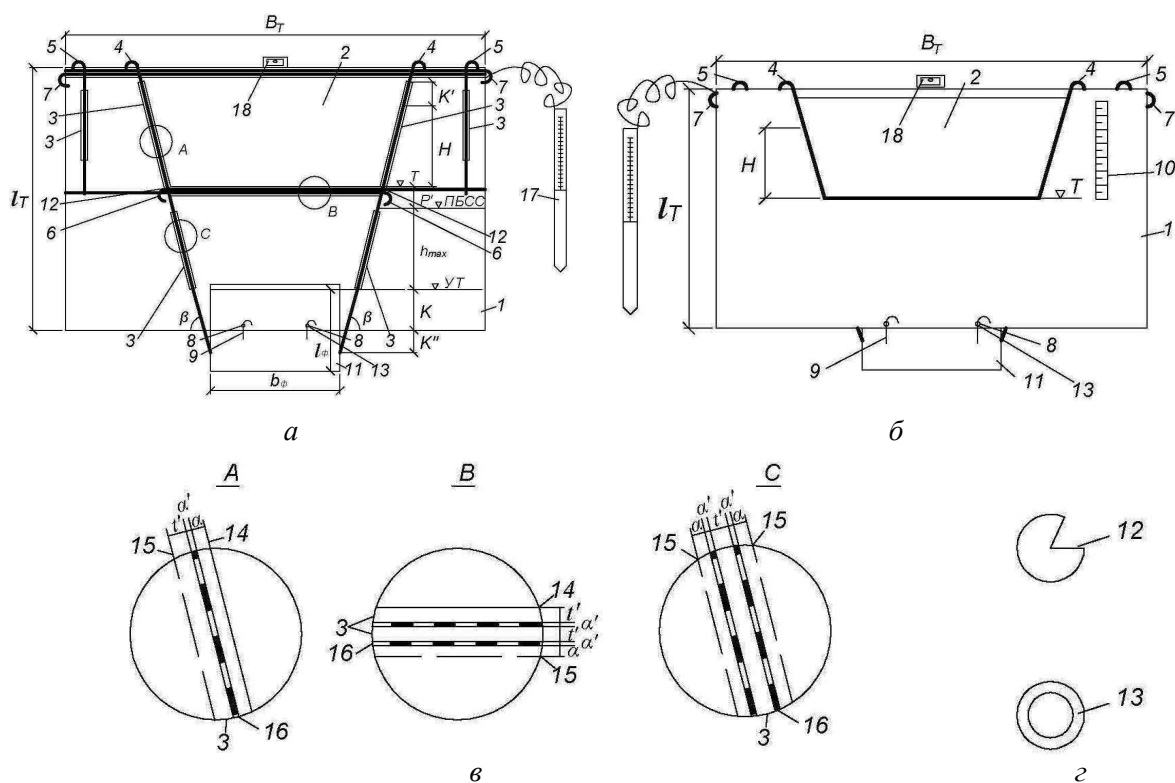
верификации того, что измерительная система, включая операторов, функционирует должным образом. Следовательно, для получения измерения в пределах существующих норм точности требуются хорошая подготовка и контроль. Стандарты устанавливаются пользователями, поставщиками, государством или посредством договора между этими объектами. При оценке общей правильности системы необходимо рассматривать все компоненты системы измерения, включая пользователя [3].

**Разработанная конструкция мобильного мерного водослива**

Существующие сегодня общеизвестные стационарные водосливы для измерения расходов воды, выполненные из листовой стали, являются громоздкими, устройство их в голове временных оросителей нецелесообразно, поскольку временные оросители строят на один сезон. Кроме того, количество участковых каналов и временных оросителей настолько велико, что их оснащение требует значительных материальных затрат и земельных отчуждений. Их нельзя переносить из одного места в другое. В связи с этим мы разработали конструкцию мобильного мерного водослива для фермерских хозяйств.

Целью разработки является создание мобильной (передвижной) конструкции мерного водослива с трапециевидальным отверстием.

На рисунке 1 изображена конструкция этого водослива, выполненного из полотна прорезиненной ткани 1 с отверстием 1' для пропуска воды, боковых 2, берменных 2' стоек, пороговых 3' и верховых 3 ригелей, входящих в пазухи 4, 5, 5', 6, которые образуются путем склеивания или прошивки (узлы А, В, С), снабженной измерительной шкалой 7, фартуком 8, рейкой измерения напора 11 и уровнем 12.



1 – полотно прорезиненной ткани; 2, 2' – стойки; 3, 3' – ригель; 4 – прошитый или склеенный шов с пазухами для стоек; 5 – верховая часть водослива (шов с пазухами для ригеля); 5' – порог; 6 – лента из полотна; 7 – измерительная шкала; 8 – фартук; 9 – линия прогиба полотна; 10 – линия отреза; 11 – рейка измерения напора; 12 – уровень;  $\nabla T$  – отметка порога водослива;  $\nabla ПБСС$  – уровень воды в нижнем бьефе;  $\nabla УТ$  – отметка дна канала в нижнем бьефе; а – вид с нижнего бьефа; б – вид с верхнего бьефа; в – узлы

**Рисунок 1 – Мобильный мерный водослив с трапециевидальным отверстием**

Измерительная шкала на водосливе может выполняться нанесением непосредственно на полотно или путем наклейки из миллиметровки, мерной ленты с последующей обработкой водостойким клеем.

На водосливе для уменьшения глубины размыва в нижнем бьефе на уровне дна пришит или приклеен фартук из того же материала, что и полотно и в рабочем положении лежит на дне канала в нижнем бьефе.

На стойках и ригелях имеются прогибы для фиксации при входе в пазухи.

Для усиления прочности верхние и пороговые ригели являются сдвоенными, т. е. находятся друг на друге, имея швы между собой.

Определение размеров мерного водослива:

- при индивидуальном изготовлении должны быть заданы размеры канала и максимальный расход;

- при массовом изготовлении должны приниматься за основу типовые размеры и максимальные расходы участковых каналов или временных оросителей;

- необходимая ширина полотна из прорезиненной ткани  $B_T$  зависит от ширины отверстия водослива  $B_{cy}$  по верху, и расстояние от бортов до откоса с каждой стороны должно быть не менее  $h_{max}$  :

$$B_T = B_{cy} + 2h_{max} + 200 \div 300 \text{ мм}, \quad (1)$$

для трапецеидального водослива суживающегося к низу:

$$B_{cy} = B + 2H_T \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{ при } \frac{\alpha}{2} = 14^\circ \quad B_{cy} = B + 0,5H_T \text{ мм}, \quad (2)$$

где  $B = 250, 500, 750$  мм – ширина порога трапецеидального водослива;

$H_T = H + K'$  – высота стенки водослива над порогом;

$H$  – напор на пороге, мм;

$K'$  – запас над уровнем воды для пропуска плавающих тел через водослив, не менее 100 мм;

- высота полотна:

$$l_T = h_{max} + p' + H_T + t + K \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $p' = \nabla T - \nabla \text{ПБСС} = 30 \dots 50$  мм (для свободного доступа воздуха под порог с нижнего бьефа);

$\nabla T$  – отметка порога;

$\nabla \text{ПБСС}$  – отметка уровня воды в нижнем бьефе при пропуске максимального расхода;

$t$  – ширина полотна, согнутого для образования пазух верховых ригелей:

$$t = 2t' + a + 2a' \text{ мм}, \quad (4)$$

где  $t' = 1,75 d_c$  – ширина пазух;

$d_c$  – диаметр боковых стоек и пороговых ригелей, может определяться из условия получения водосливов с тонкой стенкой:

$$\frac{d_c}{H} < 0,5 \text{ или } d_c < 0,5H;$$

$a = 2$  мм – при пришивании и  $a = 10$  мм – при склеивании;

$a' = 2$  мм – ширина шва;

$K$  – высота заглубления полотна ниже отметки дна,  $K = 200$  мм;

- диаметр верховых ригелей принимается одинаковым с диаметром пороговых или может определяться из условия их прочности статическим расчетом;

- длина боковых стоек:

$$l_c = \frac{l_T}{\sin \beta} + K \text{ мм}, \quad (5)$$



а для трапецеидального водослива:

$$\frac{\alpha}{2} = 14^\circ, \beta = 90 - \frac{\alpha}{2}, \sin\beta = \sin 76^\circ = 0,93, \quad (6)$$

$$\ell_c = 1,1\ell_T + K, \text{ мм};$$

- длина стоек на берме 2':

$$\ell_{\delta} = (0,5 \div 0,8)\ell_c; \quad (7)$$

- длина верхних ригелей 3:

$$\ell_p = B_T + 2\epsilon_{\delta}; \quad (8)$$

а)  $\epsilon_{\delta} = 100$  м – ширина бермы для временных оросителей;

б)  $\epsilon_{\delta} = 500$  м – ширина бермы для участковых распределителей;

- длина ригелей на пороге (пороговых) 3':

$$\ell_p = B + 0,5(B_T - B_{cy}) \text{ мм}; \quad (9)$$

- ширина прогиба полотна для боковых стоек:

$$t = t' + 2a, \quad (10)$$

где  $t' = 2,5$ ;

$a$  – ширина пазух;

- ширина ленты полотна для направления стоек:

$$t = t' + a; \quad (11)$$

- размеры фартука для предотвращения размыва нижнего бьефа:

а) ширина:  $B_{\phi} = \epsilon_k$ ,

где  $\epsilon_k$  – ширина канала по дну;

б) длина:  $\ell_{\phi} = 2h_{\max}$ ;

Установка водослива:

- устанавливается на прямолинейном участке;

- водослив должен быть перпендикулярен оси канала;

- в верхнем бьефе бермы канала необходимо нарастить на величину  $\ell_T$  для исключения перелива воды и достаточно утрамбовать. Рейка измерения напора располагается на расстоянии не менее  $3H$  от створа установки водослива.

- расстояние от кромки водослива до откоса канала в верхнем бьефе должно быть не менее  $h_{\max}$ ;

- необходимо обеспечить свободный доступ воздуха при переливе, поэтому принимается:  $p' = \nabla T - \nabla \text{ПБСС} = 30 \dots 50$  мм;

- с боков и со дна не допускается утечка воды;

- после завершения полива водослив можно переносить на другой временный ороситель;

- после завершения периода вегетации его можно убрать для использования в следующем году.

Последовательность работы водослива:

- постепенно открывается водовыпуск в голове канала, и верхний бьеф водослива наполняется водой;

- когда уровень воды в верхнем бьефе достигнет отметки дна водослива ( $\nabla T$ ), вода начинает переливаться;

- по шкале  $I1$  определяется напор на водосливе и по шкале  $I0$  – расход воды. Фартук  $\delta$  защищает от размыва нижний бьеф водослива.

Расходы воды для трапецеидального водослива определяются также по формуле:

$$Q = 1900BH\sqrt{H} \text{ л/с},$$

где  $H$  – напор, м.

Мобильный мерный водослив с трапецидальным отверстием внедрен в эксплуатацию в фермерских хозяйствах Хорезмской области (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Установка водослива в полевых условиях**

**Выводы.** В отличие от стационарных водоизмерительных устройств данный водослив позволяет измерять расход воды, подаваемой во временные оросители. Конструкция мобильного водослива дает возможность переносить его с одного оросителя на другой.

#### **Список использованных источников**

- 1 Хамадов, И. Б. Эксплуатационная гидрометрия в ирригации / И. Б. Хамадов, М. В. Бутырин. – М.: Колос, 1975. – 208 с.
- 2 Бочкарев, Я. В. Эксплуатационная гидрометрия и автоматизация оросительных систем / Я. В. Бочкарев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 175 с.
- 3 Маковский, Э. Э. Автоматизация гидротехнических сооружений в системах каскадного регулирования расходов воды / Э. Э. Маковский. – Фрунзе: Илим, 1972. – 302 с.

УДК 627.421.1:532.525.2

**У. А. Каххоров**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

#### **К ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ПОЙМЕННЫМИ ДАМБАМИ**

*В статье с использованием основных уравнений гидравлики и теории турбулентных струй предложена зависимость для определения длины водоворотной зоны за сжатым сечением при симметричном стеснении потока пойменными поперечными дамбами.*

*Ключевые слова: поперечные пойменные дамбы, двусторонние поймы, длина водоворотной зоны, турбулентного перемешивания потока, степень стеснения.*

В условиях развития градостроительства, острого дефицита сельскохозяйственных земельных ресурсов в Узбекистане и других регионах существует потребность освоения пойменных плодородных земель.

При этом возникает необходимость строительства регуляционных сооружений для защиты этих территорий от воздействия речного потока.

С этой целью в процессе освоения пойменных земель используются продольные и поперечные дамбы. Экономичность поперечных дамб при значительной длине защищаемого участка общепризнана.

При их проектировании ставятся задачи по определению расстояний между сооружениями в системе. Обычно эти расстояния назначаются исходя из длин водоворотных зон:



$$U_{\text{п}} = U_{\text{пб}}; h_{\text{п}} = h_{\text{пб}}; h_{\text{р}} = h_{\text{рб}}; m_{\text{п}} = m_{\text{пб}} = \frac{U_{\text{пб}}}{U_{\text{рб}}},$$

выражение (1) представим в виде:

$$\begin{aligned} & \left[ (0,832 \bar{\epsilon}_c \bar{h}_{\text{пс}} + 2 \bar{\epsilon}_{\text{яс}} \bar{h}_{\text{пс}}) m_{\text{пс}}^2 - \bar{h}_{\text{пс}} \bar{\epsilon}^* K_1 - \bar{\epsilon}^* K_2 + \bar{\epsilon}^* K_3 + \bar{h}_{\text{пс}} \bar{\epsilon}^* K_4 + \bar{\epsilon}_{\text{яс}} \right] = \\ & = \frac{\alpha_{\text{р}}^2 U_{\text{рб}}^2}{U_{\text{рс}}^2} \left[ 0,832 \bar{h}_{\text{пб}} \bar{\epsilon} m_{\text{пб}}^2 - \bar{h}_{\text{пб}} \bar{\epsilon}^* K_5 - \bar{\epsilon}^* K_6 + \bar{\epsilon}^* K_7 + \bar{h}_{\text{пб}} \bar{\epsilon}^* K_8 + \bar{\epsilon}_{\text{я}} \right] + \\ & + \frac{a_{\text{р}} \bar{V}_{\text{р}}^*}{2} \frac{L_{\epsilon}}{\epsilon_0} + \frac{a_{\text{п}} \bar{V}_{\text{п}}^*}{2} \bar{h}_{\text{п}}^* \frac{L_{\epsilon}}{\epsilon_0}. \end{aligned} \quad (3)$$

Откуда длина водоворотной зоны за сжатым сечением:

$$\frac{L_{\text{в}}}{\epsilon_0} = \frac{D_1 - \frac{U_{\text{рб}}^2}{U_{\text{рс}}^2} C_6}{0,005 \bar{h}_{\text{пб}} m_{\text{пб}}^2 \frac{U_{\text{рб}}^2}{U_{\text{рс}}^2} + \frac{a_{\text{р}} \bar{V}_{\text{р}}^*}{2} + \frac{a_{\text{п}} \bar{V}_{\text{п}}^*}{h_{\text{п}}} \bar{h}_{\text{п}}^*}, \quad (4)$$

где  $D_1 = (0,832 \bar{\epsilon}_c \bar{h}_{\text{пс}} + 2 \bar{\epsilon}_{\text{яс}} \bar{h}_{\text{пс}}) m_{\text{пс}}^2 - \bar{h}_{\text{пс}} \bar{\epsilon}^* K_1 - \bar{\epsilon}^* K_2 + \bar{\epsilon}^* K_3 + \bar{h}_{\text{пс}} \bar{\epsilon}^* K_4 + \bar{\epsilon}_{\text{яс}}$ ;

$C_6 = 0,832 \bar{h}_{\text{пб}} \bar{\epsilon}_c m_{\text{пб}}^2 + 2 \bar{h}_{\text{пб}} \bar{\epsilon}_{\text{яс}} m_{\text{пб}}^2 - \bar{h}_{\text{пб}} \bar{\epsilon}^* K'_5 - \bar{\epsilon}^* K'_6 + \bar{\epsilon}^* K'_7 + \bar{h}_{\text{пб}} \bar{\epsilon}^* K'_8 + \bar{\epsilon}_{\text{я}}$ ;

$K'_5 = \psi_1 + \psi_2 m_{\text{пб}} + \psi_3 m_{\text{пб}}^2$ ;

$K'_6 = \psi'_1 + \psi'_2 m_{\text{пб}} + \psi'_3 m_{\text{пб}}^2$ ;

$K'_7 = \psi'_4 + \psi'_5 m_{\text{пб}} + \psi'_6 m_{\text{пб}}^2$ ;

$K'_8 = \psi'_4 + \psi'_5 m_{\text{пб}} + \psi'_6 m_{\text{пб}}^2$ ;

$\psi_1 = 1,5(\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^4 + 0,143(\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^7 - 0,727(\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^{5,5} - 1,6(\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^{2,5} + (\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)$ ;

$\psi_2 = 1,454(\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^{5,5} - 0,286(\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^7 - 2,5(\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^4 + 1,6(\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^{2,5}$ ;

$\psi_3 = 0,143(\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^7 - 0,727(\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^{5,5} + (\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)^4 - (\bar{\epsilon}_{\text{р}} - 1)$ ;

$\psi'_1 = 1,5(-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^4 - 1,6(-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^{2,5} - 0,727(-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^{5,5} + 0,143(-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^7 - \bar{\epsilon}_{\text{р}}$ ;

$\psi'_2 = 1,6(-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^{2,5} - 2,5(-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^4 + 1,454(-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^{5,5} - 0,286(-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^7$ ;

$\psi'_3 = 0,143(-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^7 + (-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^4 - 0,727(-\bar{\epsilon}_{\text{р}})^{5,5} + \bar{\epsilon}_{\text{р}}$ ;

$\psi_4 = 1,5(\bar{\epsilon}_{\text{р}})^4 - 1,6(\bar{\epsilon}_{\text{р}})^{2,5} - 0,727(\bar{\epsilon}_{\text{р}})^{5,5} + 0,143(\bar{\epsilon}_{\text{р}})^7 + \bar{\epsilon}_{\text{р}}$ ;

$\psi_5 = 1,6(\bar{\epsilon}_{\text{р}})^{2,5} - 2,5(\bar{\epsilon}_{\text{р}})^4 + 1,454(\bar{\epsilon}_{\text{р}})^{5,5} - 0,286(\bar{\epsilon}_{\text{р}})^7$ ;

$\psi_6 = 0,143(\bar{\epsilon}_{\text{р}})^7 + (\bar{\epsilon}_{\text{р}})^4 - 0,727(\bar{\epsilon}_{\text{р}})^{5,5} - (\bar{\epsilon}_{\text{р}})$ ;

$\psi'_4 = 1,5(1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^4 + 0,143(1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^7 - 0,727(1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^{5,5} - 1,6(1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^{2,5} + (1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})$ ;

$\psi'_5 = 1,454(1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^{5,5} - 0,286(1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^7 - 2,5(1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^4 + 1,6(1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^{2,5}$ ;

$\psi'_6 = 0,143(1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^7 - 0,727(1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^{5,5} + (1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})^4 - (1 - \bar{\epsilon}_{\text{р}})$ ;

$m_{\text{пс}} = U_{\text{пс}} / U_{\text{рс}}$ ;  $\bar{\epsilon}_c = \epsilon_c / \epsilon_0$ ;  $\bar{\epsilon}^* = \epsilon^* / \epsilon_0$ ;  $\bar{h}_{\text{пс}} = \bar{h}_{\text{пс}} / \bar{h}_{\text{рс}}$ ;  $\bar{h}_{\text{пб}} = \bar{h}_{\text{пб}} / \bar{h}_{\text{рб}}$ ;  $m_{\text{пб}} = U_{\text{пб}} / U_{\text{рб}}$ ;

$$m_{пс} = U_{пс} / U_{рс} ; \quad \bar{v}_{яс} = v_{яс} / v_0 ; \quad \bar{v}_c = v_c / v_0 ; \quad v_я = B_p - 2v_p ; \quad \bar{v}_я = v_я / v_0 ; \quad \bar{v}^* = v^* / v_0 ;$$

$$v^* = v_п + v_p ; \quad \bar{v}_{япс} = v_{япс} / v_0 ; \quad \bar{h}_п^* = h_п^* / \bar{h}_{рб} ; \quad h_п^* = \frac{h_{пс} + h_{пб}}{2} .$$

В приведенных уравнениях приняты следующие обозначения:

$h_{рб}, h_{пб}, h_{рс}, h_{пс}$  – глубины потока в русле и на пойме в бытовом состоянии и в сжатом сечении;

$B_p, B_п, v_0$  – ширина реки в русле, на пойме и в несесенной части;

$v_c, v^*, v_п, v_p$  – ширина зон турбулентного перемешивания в сжатом сечении, общая ширина зоны взаимодействия пойменных и русловых потоков, а также отдельно на пойме и в русле;

$v_{яп}, v_{яп}$  – ширина ядра в русле и на пойме;

$U_{рб}, U_{пб}, U_{рс}, U_{пс}, U_p, U_п$  – скорости в русле и на пойме в бытовом состоянии, в сжатом сечении, в ядрах в русле и на пойме.

### Выводы

1 Длина водоворотной зоны зависит от основных параметров потока, русла и поперечных дамб.

2 Возрастание степени стеснения приводит к увеличению длины водоворотной зоны, повышение сопротивления русла сокращает эту длину.

### Список использованных источников

1 Бакиев, М. Р. Совершенствование конструкций, методов расчетного обоснования и проектирование регуляционных сооружений: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Бакиев Машириф Рузметович. – Москва, 1992.

2 Бакиев, М. Р. Закономерности растекания потока за сжатым сечением при симметричном стеснении потока пойменными поперечными дамбами (случай симметричное стеснение, с одинаковыми шероховатостями) / М. Р. Бакиев, У. А. Каххаров // Проблемы механики. – 2010. – № 3. – С. 20–25.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.3

**В. Э. Завалюев, А. Е. Шепелев**

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

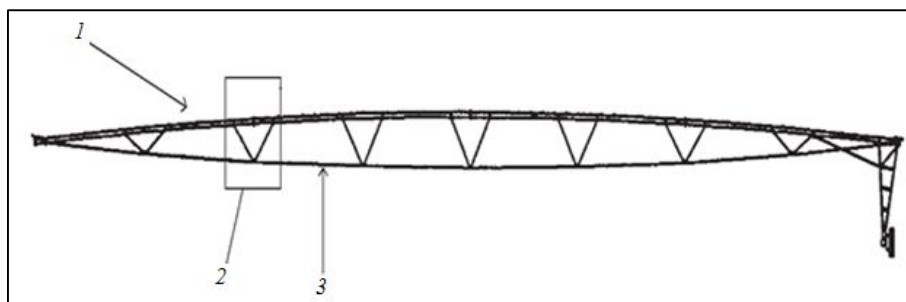
### АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ЭЛЕМЕНТОВ ФЕРМ МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

*Целью анализа является выбор основных параметров конструкций и конструктивных элементов водопроводящего трубопровода дождевальной машины и их характеристик при усовершенствовании или создании дождевальных машин нового поколения для увеличения прочностных качеств водопроводящего пояса и снижения весового показателя машины в целом.*

*Ключевые слова: дождевальная машина, водопроводящий трубопровод, конструкция ферм, пролет трубопровода, тросовые растяжки.*

Ведущие зарубежные фирмы-производители: «Valley», «Zimmatik», «Reinke» [1–3] и др. поставляют на рынок сельскохозяйственной техники многих стран дождевальные машины с идентичными конструкциями ферм для крепления напорного трубопровода.

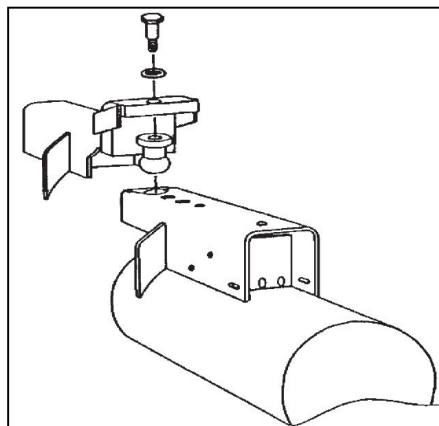
Пролеты ферм состоят из водопровода с различными диаметрами в диапазоне: от 6 до 10 дюймов (или от 150 до 250 мм). Трубопровод опирается на стержневые фермы с затяжками, как показано на рисунке 1. Между двумя соседними тяговыми тележками находится до восьми элементов фермы. Стержни крепятся к каждому узлу фермы, создавая опору для трубопровода и прочность, которая требуется для работы в сложных условиях. Длина каждого пролета может быть изменена добавлением или снятием труб и ферм. Различные пролеты соединяются между собой, обеспечивая необходимую длину машины.



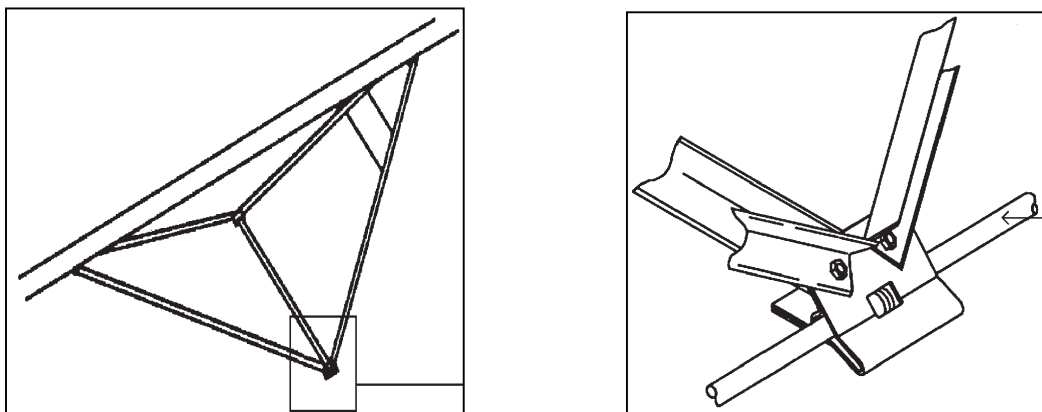
1 – водопровод; 2 – узел фермы; 3 – стержни фермы

#### **Рисунок 1 – Общий вид конструкции фермы напорного пояса**

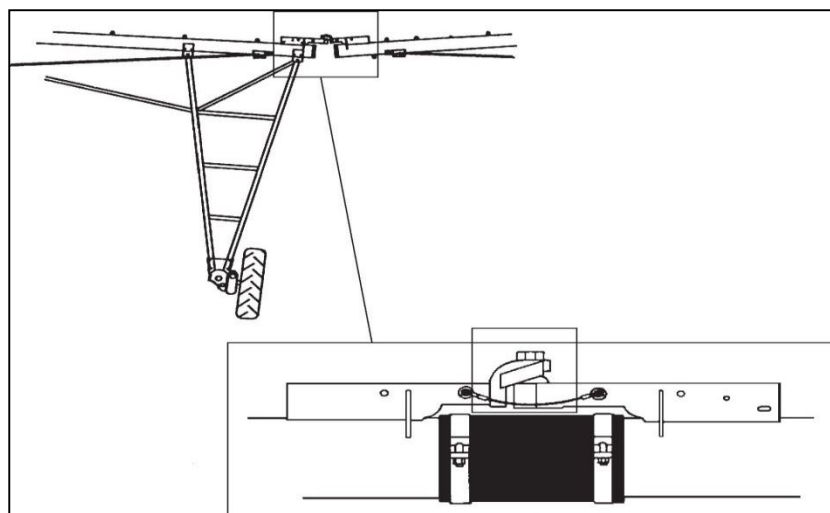
Пролеты соединены между собой закрепляющим устройством, состоящим из шаровой сцепки (рисунок 2) и чашки, как показано на рисунке 3. Это гарантирует горизонтальную и вертикальную гибкость соединения пролетов. Трубы на каждом пролете соединяются между собой коротким отрезком гибкого шланга, соединение называется «гибкий башмак» (рисунок 4). Он закрепляется на месте зажимом наподобие шланга автомобильного радиатора.



**Рисунок 2 – Шаровое крепление двух пролетов между собой**



**Рисунок 3 – Общий вид шаровой сцепки и чашки**



**Рисунок 4 – Соединение «гибкий башмак» пролетов ферм напорного пояса**

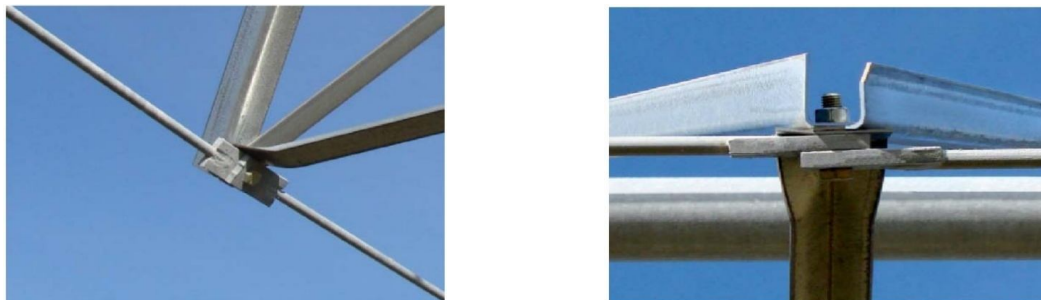
Трубы напорного пояса дождевальных машин фирмы «Reinke» [3] поддерживаются элементами, называемыми «распорки пролета» и «укосины», которые располагаются через каждые 19 футов (5,79 м).

Вместе со шпренгелями они формируют исключительно устойчивую конструкцию, способную выдерживать максимальные нагрузки, возникающие при движении дождевальной машины и проходе воды в напорном поясе.

Болты «Grade» используются при соединении укосин и шпренгелей, а также на остальных соединениях фермы.



Все шпренгели универсальны по длине и выполнены из высокопрочной стали (напряжение разрушения – 4218 кг/см) в двух вариантах: по диаметру 5/8 дюйма (1,59 см) или 3/4 дюйма (1,90 см), в зависимости от длины и диаметра трубы напорного пояса (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Шпренгельное соединение конструктивных элементов фермы**

Другие производители дождевальных машин используют шпренгели, изготовленные из обычной углеродистой стали толщиной 3/4 дюйма (1,90 см) и 7/8 дюйма (2,22 см).

Таким образом, масса напорного пояса дождевальной машины фирмы «Reinke» в среднем на 500–1000 кг меньше, чем его аналога других производителей. Благодаря этому улучшаются эксплуатационные характеристики дождевальной машины в плане проходимости и экономии электроэнергии, так как в противном случае лишний вес вызывает увеличение размера колеи прохода колес тележек, повышенный износ элементов привода и необходимость усиления некоторых компонентов фермы.

В конструктивном исполнении ферм дождевальных машин фирмы «Zimmatic» [2] (рисунок 6) прочность и устойчивость каждого пролета обеспечивается стандартными трубопроводами диаметрами от 114 до 254 мм с утолщенными стенками.



**Рисунок 6 – Общий вид конструкций трубопровода и фермы дождевальной машины фирмы «Zimmatic»**

Нагрузка пролета распределяется равномерно, обеспечивая надежность и прочность. Шпренгельные соединения «V-Jack» (рисунок 7) с коваными головками, установленные в гнезда кронштейна (рисунок 8), повышают прочность и устойчивость каждого пролета.

Перекрестные поперечины соединяют пролет со следующей тележкой, поглощая напряжение кручения при работе на неровной поверхности.

Напорный пояс ферм дождевальных машин фирмы «Zimmatic» включает выпускные отверстия с точной подгонкой резьбы для создания герметичности.

Соединение пролетов обеспечивается одношарнирным мостовым коннектором – это универсальное соединение, которое придает системе гибкость без напряжений на уклонах до 30 % (рисунок 9).



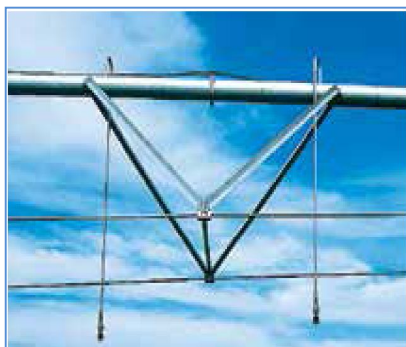


Рисунок 7 – Шпренгель «V-Jack»



Рисунок 8 – Гнездо кронштейна



Рисунок 9 – Мостовой коннектор

Внешний монтаж всех компонентов снимает ограничение потока воды. Приспособление работает в качестве поддерживающей конструкции между пролетами, позволяя проводить замену муфты и кожуха без крана.

Характеристики шпренгельных соединений по диаметрам и соответствующим максимальным усилиям на разрыв для различных видов стали приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Характеристики шпренгельных соединений**

Диаметр шпренгеля, дюйм (см)	4218 кг/см <sup>2</sup> , высокопрочная сталь, максимальное усилие на разрыв, кг	3160 кг/см <sup>2</sup> , обычная сталь, максимальное усилие на разрыв, кг	Масса шпренгеля, кг/м
5/8 (1,59)	8344	-	1,56
3/4 (1,90)	12013	9010	2,26
7/8 (2,22)	-	12251	3,08
1-1/8 (2,86)	27017	20263	5,30

В конструктивном исполнении шпренгельные соединения ферм дождевальных машин фирмы «Valley» [1] (рисунок 10), «T-L» (рисунок 11) и «Zimmatic» идентичны.



Рисунок 10 – Шпренгель «Valley»



Рисунок 11 – Шпренгель «T-L»

Сравнительные характеристики элементов конструкций ферм указанных фирм-производителей представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Сравнительные характеристики элементов конструкций ферм**

Элемент ферм	Фирма-производитель			
	«Reinke»	«Valley»	«Zimmatic»	«T-L»
Труба	Трубы различных участков фермы взаимозаменяемые	Необходима специальная труба у башни тележки		
Прокладка	Эксклюзивная прокладка V-Ring Seal (25 лет гарантия)	Т-прокладка (необходима периодическая замена)		
Поддержка кабеля	Пружина и приваренный кронштейн	Пружинный держатель	Только приваренный кронштейн	Нет кабеля (есть маслопровод)
Шпренгели	Толщина 5/8 дюйма (1,60 см), высокопрочная сталь (4218 кг/см <sup>2</sup> ), длина универсальная	Толщина 7/8 дюйма (1,90 см), обычная сталь (3160 кг/см <sup>2</sup> ), различная длина	Толщина 7/8 дюйма (1,90 см), обычная сталь (3160 кг/см <sup>2</sup> )	

Конструкция фермы ДМ «Фрегат» (рисунок 12) представляет собой систему тросов, включающую систему вертикальной тросовой подвески, которая предназначена для поддержания водопроводящего трубопровода (напорного трубопровода) и тележек в вертикальной плоскости, и систему горизонтальных тросовых растяжек для увеличения прочности и жесткости трубопровода горизонтальной плоскости, которая состоит из поддерживающих и натяжных тросов, присоединительной арматуры и крепежных деталей.



**Рисунок 12 – Вид на тросовые опоры и конструкцию фермы ДМ «Фрегат»**

Пролеты ДМ «Фрегат» [4, 5] по конструкции в вертикальной плоскости тросовых подвесок и напорного трубопровода следующие:

- пролет от неподвижной опоры до первой тележки;
- гибкий пролет;
- гибкий усиленный пролет;
- жесткий короткий пролет;
- жесткий длинный пролет;
- жесткий короткий последний пролет;

- жесткий длинный последний пролет;
- консоль короткая;
- консоль длинная.

Принцип компоновки вертикальной системы тросовых подвесок ДМ «Фрегат» основывается на чередовании гибких и жестких пролетов. Пролет между первой и второй тележками – гибкий. Пролет между предпоследней и последней тележками – жесткого типа.

Для возможности осуществления данного принципа при четном количестве тележек ДМ в машине пролет между второй и третьей тележками выполняется гибким усиленным. В конструкции вертикальной тросовой подвески в гибком пролете применяется закрепленный на вершинах соседних тросовых опор поддерживающий трос, к которому при помощи пяти роликовых подвесок прикреплен участок (водопроводящего трубопровода) напорного пояса.

Роликовые подвески в пролетах отличаются друг от друга длиной стоек и размером роликов, которые фиксируются на стойках болтами с распорными втулками. Стойки закрепляются на продольных проушинах труб осями со шплинтами. По бокам проушин устанавливаются две шайбы.

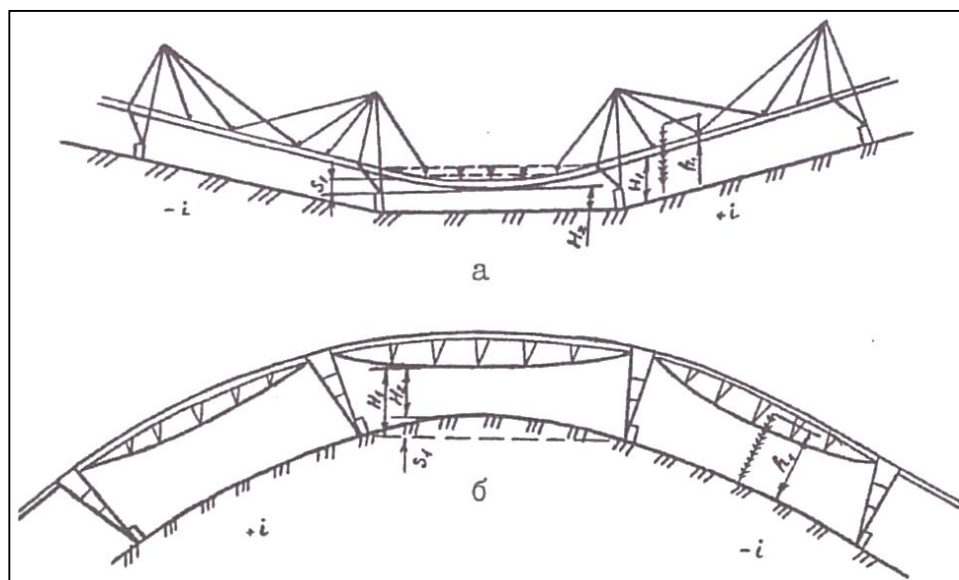
Система вертикальных тросовых подвесок в жестких пролетах состоит из шести поддерживающих тросов, соединяющих напорный трубопроводный пояс с вершинами соседних тросовых опор.

Поддерживающие тросы закрепляются в жестких длинных пролетах.

В жестком коротком последнем пролете трос связывает короткую трубу предпоследней тележки с тросовой опорой последней тележки.

Система вертикальной тросовой подвески в жестких пролетах состоит из шести поддерживающих тросов, соединяющих трубопровод с вершинами.

Изгиб конструкции ферм при прохождении участка со сложным рельефом представлен схематично на рисунке 13.



а – отечественная ДМ; б – импортная ДМ

### Рисунок 13 – Схемы изгиба конструкции напорного пояса дождевальных машин на сложном рельефе

В качестве критерия агротехнической проходимости ДМ используется отношение агропросвета на сложном рельефе к высоте растений [6], которое не должно быть меньше определенного постоянного значения, т. е.:

$$\frac{H_2}{h_1} \geq \text{const}, \quad (1)$$

где  $H_2$  – агротехнический просвет машины на сложном рельефе, м, рассчитывается по формуле:

$$H_2 = H_1 - S_1; \quad (2)$$

$S_1$  – величина уменьшения агротехнического просвета, м;

$h_1$  – высота растений, м.

Допускаемое уменьшение агропросвета для ДМ «Фрегат» и «Valley» определяется соответственно выражениями:

$$S_1 = f'_1 + f'_2 + H; \quad (3)$$

$$S_1 = h_2 + h_3 + H, \quad (4)$$

где  $f'_1$  и  $f'_2$  – прогиб гибкого пролета от уклона поля и веса трубопровода, м;

$H$  – глубина погружения колес, м;

$h_2$  и  $h_3$  – уменьшение агропросвета вследствие неровности рельефа и прогиба пролета, м.

Анализ приведенных характеристик и конструкций ферм позволяет сделать вывод о том, что для разработки широкозахватной дождевальной машины нового поколения с применением трубопровода из полимерного материала наиболее оптимальной и прочной конструкцией является ферма с системой горизонтальных и вертикальных растяжек и подвесок трубопровода. Ее использование во многом позволит уменьшить стоимостные и весовые характеристики дождевальной машины при сохранении необходимой прочности конструкции.

#### Список использованных источников

1 Широкозахватные дождевальные машины Valley [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agroserver.ru/b/mashiny-dlya-poliva-valley-ssha-147453.htm>, 2015.

2 Круговые, фронтальные, мобильные и ипподромные оросительные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://jpagro.com/zimmatic>, 2015.

3 Дождевальные машины «Reinke» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agroserver.ru/b/reinke-dozhdevalnye-mashiny-336819.htm>, 2015.

4 Файзериев, И. Ф. Дождевальная машина «Фрегат» ДМУ: рук. по эксплуатации. Книга № 1 / И. Ф. Файзериев. – Казань: Дом печати, 2002. – 161 с.

5 Файзериев, И. Ф. Дождевальная машина «Фрегат» ДМУ: рук. по эксплуатации. Книга № 2. Альбом рисунков ДМУ 00.000 РЭ 1 / И. Ф. Файзериев. – Казань: Дом печати, 2002. – 145 с.

6 Рязанцев, А. И. Улучшение агроэксплуатационных показателей и использования дождевальной техники: учеб. для вузов / А. И. Рязанцев. – Рязань: РГАТУ, 2014. – 304 с.

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

---

---

УДК 631.95:504.062+528.88

**Е. А. Дунаева, В. Ф. Попович**

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

### **ИНФОРМАЦИОННЫЙ АСПЕКТ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ И ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОСИСТЕМНОГО АНАЛИЗА**

*Цель исследования заключалась в апробации инструментария открытого программного обеспечения (ПО) и спутниковой информации для их интегрированного использования в системе мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Рассмотрены особенности применения современных методов картографирования сельских территорий и информационные аспекты мониторинга посевов сельскохозяйственных культур с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на базе открытых программных продуктов ГИС и программ, ориентированных на обработку спутниковых изображений. Охарактеризованы особенности региональной проблематики создания мониторинговых систем в условиях активной реструктуризации системы землепользования, в том числе для задач мониторинга бессменных посевов и возможности их идентификации с использованием данных ДЗЗ. Обозначен перечень первоочередных задач для более эффективного внедрения информационных технологий в аграрном производстве Крыма. Проведенная апробация продемонстрировала возможность и целесообразность задействования открытого ПО QGIS, данных Google Earth и спутниковой информации для решения мониторинговых задач в Крыму, начиная с уровня полевых участков и далее.*

*Ключевые слова: картографирование, дистанционное зондирование Земли, открытое программное обеспечение, экосистемный анализ, мониторинг, Крым.*

Основные методы экосистемного анализа включают в первую очередь использование концепций и инструментария системного анализа, в том числе статистическую обработку экологической информации для анализа состояния, моделирования и прогнозирования функционирования экосистем [1–3]. При этом экологические данные о природопользовании на определенной сельской территории характеризуются совокупностью количественных, качественных и экономических показателей состояния природных ресурсов, агроэкологических и природно-технических систем.

Рациональное природопользование характеризуется главным образом сбалансированностью процессов формирования ресурсного потенциала территории и его использованием [4] для агроэкосистем, под этим в первую очередь понимается поддержание его на высоком уровне и при необходимости воспроизводство почвенного плодородия.

Поддержка и восстановление равновесия агроэкологических систем является первостепенной задачей и главной функцией государства [5], так как по степени отклонения состояния природной среды от равновесия территория Российской Федерации характеризуется значительно более низкими показателями по сравнению с большинством экономически развитых стран мира [6]. Во многих субъектах Российской Федерации процессы снижения плодородия почв и ухудшения состояния земель, используемых в сельском хозяйстве, продолжают [7]. Данная характеристика может быть целиком отнесена, в том числе и к территории Крыма, где также наблюдается несбалан-

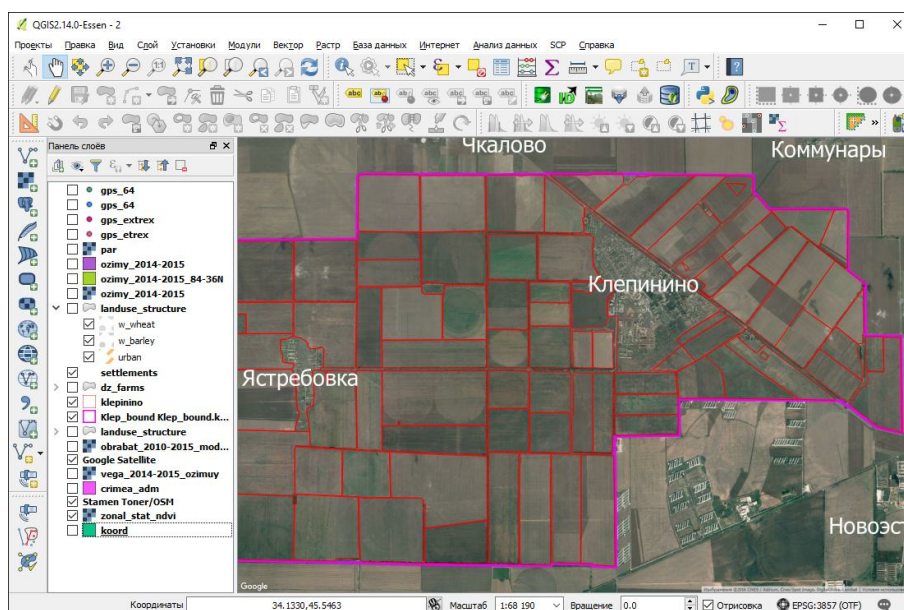


сированность землепользования, упрощение экосистем эколандшафтов, снижение их видового состава и биоразнообразия [8].

Разработка и внедрение в практику геоинформационных технологий и методологии спутникового мониторинга, предусмотренные в Концепции развития системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения на период до 2020 года [7], призваны не только повысить эффективность контроля динамики изменения ситуации на сельскохозяйственных территориях, включая анализ состояния и уровень использования земель, но и создать дополнительный инструментарий для прогнозирования возможности развития негативных почвенных процессов и оценки воздействия на состояние растительного покрова неблагоприятных природных явлений (засухи, заморозков, влияния вредителей и др.), предотвращать выбытие сельскохозяйственных земель из оборота, а также обосновывать необходимость и целесообразность разработки региональных программ сохранения и восстановления плодородия почв.

Создание слоев электронной информации о структуре землепользования, почвенных характеристиках и базы данных (знаний о продуктивности растениеводства) являются основными элементами геоинформационной системы (ГИС) сельскохозяйственной направленности, которая вместе с инструментарием обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) составляет базис информационного аспекта картографирования сельских территорий и посевов сельскохозяйственных культур для целей экосистемного анализа.

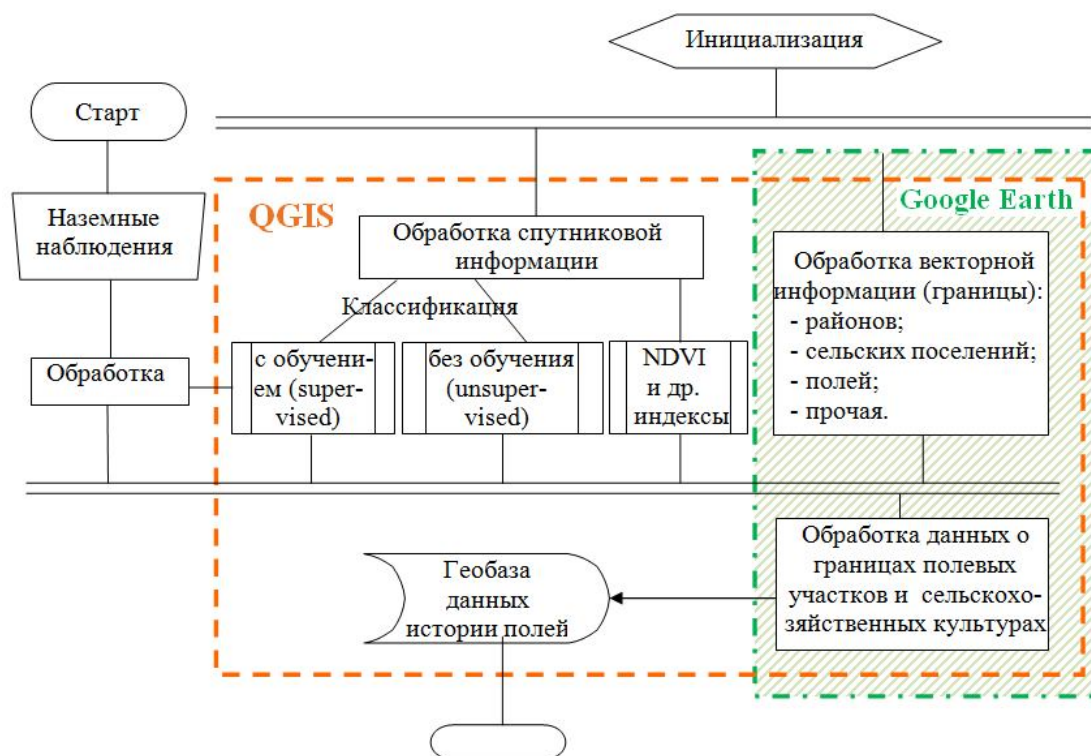
Использование открытых программных продуктов ГИС, таких как QGIS [9], MapWindow [10], GRASS [11], обработки спутниковой информации (SAGA [12], ILWIS [13] и др.) для решения задач картографирования посевов сельскохозяйственных культур, землепользования на сельских территориях и в целях экосистемного анализа, как и в большинстве других случаев [14], создает дополнительные возможности, предопределяемые доступностью этих программных средств, поставляемых и работающих в рамках открытых лицензий (GNU Public license) и постоянно развивающейся платформы открытого геопространственного консорциума [15], стандарты которого [16] с учетом его растущей популярности поддерживаются, в том числе и ESRI, одним из наиболее известных производителей коммерческих программных продуктов ГИС [17]. На рисунке 1 приведен пример интерфейса QGIS с подгруженным растровым изображением Google Earth для создания или уточнения векторных слоев границ полей.



**Рисунок 1 – Использование растровой подложки Google Earth в интерфейсе инструментария QGIS для картирования границ землепользования**

Результатом картографирования территории с применением инструментария ГИС является набор векторных слоев с соответствующими атрибутивными таблицами, характеризующими не только географическое расположение отдельных объектов и типов землепользования, но и содержащих соответствующую семантическую информацию, относящуюся к каждому из объектов [18, 19].

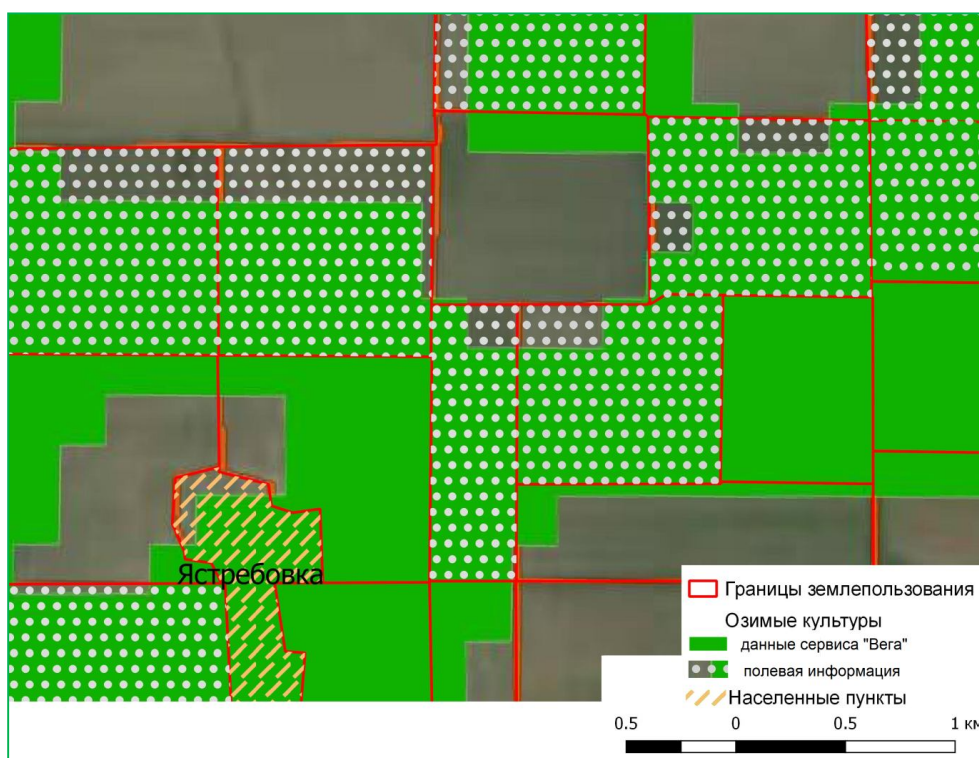
В текущей ситуации, когда для территории Крыма пока еще отсутствует единая система создания базовых слоев данных ГИС, включая границы районов, сельских поселений, землепользования (доступная во многих регионах РФ, например, для Ставропольского и Краснодарского края [20, 21]), а так же границы сельскохозяйственных угодий, наиболее простыми способами их создания (для решения прикладных и научных задач) являются следующие методологии: с применением в качестве подложки картоосновы (сканированные варианты карт на бумажных носителях) с их дальнейшей оцифровкой, классификация спутниковых изображений с выделением различных видов землепользования, создание векторных файлов границ разных классов с последующим их уточнением, оцифровка (создание векторных слоев) с использованием в качестве подложки географически привязанных электронных карт или спутниковых изображений различной точности [22–24]. В качестве апробации эффективности (в отношении трудозатрат) и оценки необходимой точности для решения научно-производственных и аналитических задач предусмотрено обозначение векторных границ землепользования (с выделением границ полей) на пилотных территориях хозяйств в нескольких районах Крыма с применением встроенного инструментария ГИС Google Earth [25] (стандартная версия бесплатного программного продукта) с созданием файлов в формате \*.KLM при необходимости с последующей их дополнительной обработкой в ГИС QGIS (версия 2.14, 2016 г.) или векторных файлов в базовом стандарте ESRI - \*.SHP и использованием web-доступа к картооснове Google Earth непосредственно из пакета QGIS. Блок-схема технологии обработки информации приведена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Упрощенная блок-схема процедуры создания (уточнения) векторного слоя землепользования с применением открытого программного обеспечения и данных наземных наблюдений**

Для картирования посевов сельскохозяйственных культур планируется использование данных ДЗЗ [26–29] с применением методологии классификации с обучением (Supervised classification) и без обучения (Unsupervised classification) [30, 31] на базе инструментария открытых программных продуктов ГИС (QGIS, GRASS) и специализированного пакета, ориентированного на обработку спутниковых изображений – ILWIS, а также сопряженных данных наземных наблюдений.

Наибольшее распространение для решения задач такого плана, как показывает мировой опыт и работы российских ученых, получило использование данных спутников Terra и Aqua (сканер MODIS), а также спутников серии Landsat 4, 5, 7 и 8 (TM, ETM+, OLI/TIRS) [32], обработанная информация которых находится в базе данных в открытом доступе. Институтом космических исследований (ИКИ) РАН разработан и поддерживается ряд сервисов удаленного доступа к данным ДЗЗ, которые могут быть доступны как в обычном режиме, так и в рамках дополнительных соглашений с институтом [33, 34]. При этом в ходе формирования композитных изображений данные спутника Landsat проходят радиометрическую калибровку, выявление (локализацию) изображений облаков и их тени, восстановление значений на сбойных участках, а также усреднение временных рядов данных. Опыт использования данных сервиса «Вега» ИКИ показывает, что часть информационных ресурсов достаточно проблематично применять в мониторинге локального уровня (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Сравнение фактической структуры озимых посевов с мониторинговыми данными сервиса «Вега» для сезона 2014–2015 гг. (часть территории Клепининского сельского поселения)**

Использование спутниковых данных MODIS, несмотря на их существенно меньшую точность (от 250 м до 1 км), позволяет более активно задействовать инструментарий временного анализа рядов данных с доступностью 16-ти дневных и месячных композитных изображений за период с 2001 г. [27, 35, 36]. Для доступа к данным, в том числе обработанным композитным значениям ряда параметров (нормализованного дифференцированного вегетационного индекса NDVI или его отклонений / аномалий, картированные данные по которому доступны на сайте Глобального мониторинга сель-



ского хозяйства Национального агентства космических исследований США [37] и др.), можно использовать как сервис «Вега» (ИКИ), так и базы данных композитных изображений спутников Terra и Aqua в открытом доступе [38]. Кроме того, в рамках сервиса «Вега» доступна текущая картографическая информация о посевах озимых культур, чистом паре, обрабатываемых землях и др. В процессе использования данных сервиса необходимо учитывать разрешающую способность спутниковой информации [39], так как при решении локальных задач в границах полевых участков, полей или севооборотов уровень ошибок может быть достаточно высоким (таблица 1).

**Таблица 1 – Матрица ошибок определения полей с озимыми культурами (состояние на 2014–2015 гг.)**

Параметр	По данным сервиса «Вега» ИКИ	По данным полевых определений	Отклонение (абсолютное, га / относительное, %)
Озимые культуры, га	2527,9	2204,6	323,3 / 14,7
Пар, га	40,7	610,4	-569,7 / 93,3
Обрабатываемые земли*, всего, га	4394,9	4286,5	108,4 / 2,5
Примечание – * – для территории ФГБУН «НИИСХ Крыма» и ГУП «Крымский элеватор» в границах Клепининского сельского поселения.			

Как видно из таблицы 1, несмотря на значительные отклонения в идентификации площади отдельных видов землепользования по данным сервиса «Вега», уровень ошибок суммарной информации об обрабатываемых землях не существенен.

Анализ продуктивности посевов на землях сельскохозяйственного назначения при разработке системы спутникового мониторинга Крыма может производиться на основе методологии обработки спутниковых изображений с получением различного рода косвенных оценок [40–42], а также применения сопряженных данных наземных наблюдений и производственных сведений учета уровня урожайности отдельных сельскохозяйственных предприятий и информации статистического учета.

Атрибутивные таблицы ГИС слоев землепользования позволяют вести историю полей, что создает возможность отслеживать наличие и продолжительность возделывания бессменных посевов на землях сельскохозяйственного назначения и картировать наиболее проблемные участки. Вместе с тем, точность картирования посевов на больших территориях с использованием данных спутников со сканерами среднего разрешения в некоторых случаях может быть недостаточной для решения ряда прикладных задач, включая задачи тематического дешифрирования.

#### **Выводы:**

- для создания базовых слоев картографической информации, в том числе сельскохозяйственного назначения, в Крыму могут быть задействованы возможности интегрированного открытого программного обеспечения, что позволит ускорить внедрение комплексной системы спутникового мониторинга, а также усовершенствовать методы анализа эффективности использования сельскохозяйственных земель, диагностировать отклонение продуктивности посевов от нормы;

- учет эффективности возделывания сельскохозяйственных культур по данным мониторинговых наблюдений на уровне полевых участков и в границах севооборотов может быть существенно затруднен в Крыму в переходный период в связи с активной реструктуризацией системы землепользования.

#### **Список использованных источников**

1 Перегудов, Ф. И. Введение в системный анализ / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.

- 2 Волкова, В. И. Основы теории управления и системного анализа / В. И. Волкова, А. А. Денисов. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1997. – 510 с.
- 3 Дулепов, В. И. Системная экология: учеб. пособие / В. И. Дулепов, О. А. Лескова, И. С. Майоров. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004. – 252 с.
- 4 Реймерс, Н. Ф. Природопользование / Н. Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 640 с.
- 5 Жарников, В. Б. Экосистемный анализ в информационном обеспечении рационального природопользования / В. Б. Жарников, А. В. Ван // Гео-Сибирь – 2010: сб. материалов VI Междунар. науч. конгр., 19–29 апреля 2010 г. – Новосибирск: СГГА, 2010. – Т. 3. – Ч. 2. – С. 139–143.
- 6 Миркин, Б. М. Экология России / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумов. – М.: Устойчивый мир, 2000. – 272 с.
- 7 Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года: распоряжение Правительства РФ от 30 июля 2010 г № 1292-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://mcx.ru/navigation/page/v7\\_show\\_print/320.htm](http://mcx.ru/navigation/page/v7_show_print/320.htm).
- 8 Паштецкий, В. С. Научные основы оптимизации агроландшафтов и эффективного аграрного производства Республики Крым / В. С. Паштецкий. – Симферополь: Ариал, 2015. – 276 с.
- 9 QGIS Свободная географическая информационная система с открытым кодом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://qgis.org/>.
- 10 MapWindow GIS Open Source Project [Resource electronic]. – Available at: <http://mapwindow.org/>.
- 11 GRASS GIS [Resource electronic]. – Available at: <https://grass.osgeo.org/>.
- 12 Saga Home Page [Resource electronic]. – Available at: <http://sagagis.org/en/index.html>.
- 13 ILWIS, the free user-friendly raster and vector GIS [Resource electronic]. – Available at: <http://ilwis.org/>.
- 14 Дунаева, Е. А. Использование открытых и коммерческих ГИС приложений для оценки и управления рисками в области водохозяйственных проблем, связанных с изменениями климата / Е. А. Дунаева, А. Д. Халсман, В. Ф. Попович // Глобальные и региональные изменения климата: сб. науч. тр. – Киев: Ника-Центр, 2011. – С. 385–390.
- 15 OGC (Open Geospatial Consortium) [Resource electronic]. – Available at: <http://opengeospatial.org/>.
- 16 ESDS-RFC-006v1 [Resource electronic] / Sam A. Bacharach // Open Geospatial Consortium, Inc. OpenGIS ® Web Map Service. – Available at: <https://earthdata.nasa.gov/files/ESDS-RFC-006v1.pdf>.
- 17 Esri Support for Geospatial Standards: OGC and ISO/TC211 [Resource electronic]. – Available at: <http://esri.com/library/whitepapers/pdfs/supported-ogc-iso-standards.pdf>, 2015.
- 18 Розенберг, И. Н. Геоинформационные системы: учеб. пособие / И. Н. Розенберг, В. Я. Цветков. – М.: МГУПС (МИИТ), 2015. – 97 с.
- 19 ГОСТ Р 51833-2001. Фотограмметрия. Термины и определения. – Введ. 2001-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 12 с.
- 20 Многоцелевая ГИС для оценки природно-ресурсных потенциалов, рисков, нагрузок и деградаций почв агроландшафтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sniish.ru/nauchnye-issledovaniya/rezultaty/otdel-agrolandshaftnogozemledeliya/gis/>.
- 21 Единый центр дистанционного спутникового мониторинга Краснодарского края [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://maps.krasnodar.ru/>.
- 22 Stein, A. Opportunities of using random sets to model uncertainties in agricultural

field boundaries observed from remote sensing images / A. Stein, A. Ghofrani Esfahani, A. A. Abkar // *Asian journal of agricultural extension, economics & sociology*. – 2016. – Vol. 8. – Issue 2. – P. 1–11.

23 Esfahani, A. G. Delineation of Agricultural Field Boundaries Using Random Sets [Resource electronic] / A. Ghofrani Esfahani. – Available at: [https://itc.nl/library/papers\\_2014/msc/gfm/ghofraniesfahani.pdf](https://itc.nl/library/papers_2014/msc/gfm/ghofraniesfahani.pdf).

24 Spatial decision support system for managing agricultural experimental farms / P. D. Sreekanth, S. K. Soam, K. V. Kumar, N. H. Rao // *Current science*. – 2013. – Vol. 105. – № 11. – P. 1588–1592.

25 Google Планета Земля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://google.com/earth/>.

26 Барталев, С. А. Исследования и разработки ИКИ РАН по развитию методов спутникового мониторинга растительного покрова / С. А. Барталев, Е. А. Лупян // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2013. – Т. 10. – № 1. – С. 197–214.

27 Плотников, Д. Е. Метод детектирования летне-осенних всходов озимых культур по данным радиометра MODIS / Д. Е. Плотников, С. А. Барталев, Е. А. Лупян // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2008. – Вып. 5. – Т. II. – С. 322–330.

28 Кашкин, В. Б. Дистанционное зондирование Земли из Космоса: учеб. пособие / В. Б. Кашкин. – М.: Логос, 2001. – 264 с.

29 Якушев, В. П. Дистанционные методы в изучении продуктивности агроэкосистем и управлении прецизионным производством растениеводческой продукции / Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы Всерос. науч. конф. (с междунар. участием), г. Санкт-Петербург, 16–17 сентября 2015 г. – СПб.: АФИ, 2015. – С. 8–14.

30 Principles of Remote Sensing [Resource electronic]. – Available at: [https://itc.nl/library/papers\\_2009/general/PrinciplesRemoteSensing.pdf](https://itc.nl/library/papers_2009/general/PrinciplesRemoteSensing.pdf).

31 ERDAS Field Guide™ [Resource electronic]. – Available at: <http://gis.usu.edu/manuals/labbook/erdas/manuals/FieldGuide.pdf>.

32 Опыт и перспективы разработки автоматизированных методов обработки спутниковых данных дистанционного зондирования для решения задач мониторинга сельского хозяйства / С. А. Барталев, Е. А. Лупян, Д. Е. Плотников, С. А. Хвостиков // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы Всерос. науч. конф. (с междунар. участием), г. Санкт-Петербург, 16–17 сентября 2015 г. – СПб.: АФИ, 2015. – С. 15–19.

33 Лупян, Е. А. Спутниковый сервис «Вега» / Е. А. Лупян // *Информационный бюллетень ГИС-ассоциации*, 2011. – № 2(79). – С. 32.

34 Лупян, Е. А. Возможности и опыт использования спутниковых сервисов семейства Созвездие-Вега для решения задач мониторинга сельскохозяйственных земель и посевов / Е. А. Лупян, С. А. Барталев, В. А. Толпин // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы Всерос. науч. конф. (с междунар. участием), г. Санкт-Петербург 16–17 сентября 2015. – СПб.: АФИ, 2015. – С. 41–46.

35 Bartalev, S. A. Mapping of arable land in Russia using multiyear time series of MODIS data and the LAGMA classification technique / S. A. Bartalev, D. E. Plotnikov, E. A. Loupian // *Remote Sensing Letters*. – 2016. – Vol. 7. – № 3. – P. 269–278.

36 Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS / С. А. Барталев, В. А. Егоров, Д. В. Ершов, А. С. Исаев, Е. А. Лупян, Д. Е. Плотников, И. А. Уваров // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2011. – Т. 8. – № 4. – С. 285–302.

37 Global agricultural monitoring [Resource electronic]. – Available at: <http://glam1.gsfc.nasa.gov/>.

38 250-meter MODIS/NDVI Time Series Database from the Global Agriculture Monitoring (GLAM) Project [Resource electronic]. – Available at: <http://pekko.geog.umd.edu/usda/test/>.

39 Савин, И. Ю. Современный спутниковый мониторинг почв и посевов: достижения и проблемы / И. Ю. Савин // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы Всерос. науч. конф. (с междунар. участием), г. Санкт-Петербург, 16–17 сентября 2015 г. – СПб.: АФИ, 2015. – С. 29–32.

40 Регрессионные модели оценки урожайности сельскохозяйственных культур по данным MODIS / Н. Н. Куссуль, А. Н. Кравченко, С. В. Скакун, Т. И. Адаменко, А. Ю. Шелестов, А. В. Колотий, Ю. А. Грипич // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9. – № 1. – С. 95–107.

41 Анализ результатов прогнозирования урожайности яровой пшеницы на основе временных рядов статистических данных и интегральных индексов вегетации / Л. Ф. Спивак, И. С. Витковская, М. Ж. Батырбаева, А. М. Кауазов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – № 2. – С. 173–182.

42 Михайленко, И. М. Научно-методические и алгоритмические основы оценивания продуктивного и санитарного состояния посевов по данным ДЗЗ / И. М. Михайленко // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы Всерос. науч. конф. (с междунар. участием), г. Санкт-Петербург, 16–17 сентября 2015 г. – СПб.: АФИ, 2015. – С. 37–40.

## ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

УДК 631.6:633.18

**В. М. Игнатьев**

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

**М. В. Серeda**

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

### МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ РИСА

*В статье исследуется применение различных моделей для построения прогнозов урожайности риса в Российской Федерации. Модели прогнозирования урожайности риса создаются в виде ряда Фурье, с помощью адаптивных методов и методами многомерного регрессионного анализа с учетом влияния факторов питания. Определяется значимость построенных регрессионных моделей, оцениваются их остатки.*

*Ключевые слова: модель, однородность, модели временных рядов, адаптивные модели, регрессионные модели, значимость, остатки.*

Необходимость решения вопросов продовольственной безопасности страны стимулирует развитие сельскохозяйственного производства риса, который является одной из основных зерновых культур. Посевные площади в Российской Федерации, занятые рисом, в 2014 г. составляли 196,7 тыс. га, урожайность – 53,6 ц/га, а валовые сборы – 1047,1 тыс. т. Прогноз урожайности этой культуры является необходимым элементом хозяйствования в районах рисосеяния. Рассмотрим ряд математических моделей, которые можно использовать для построения урожайности риса. Для создания моделей взяты статистические панельные данные [1].

При анализе первичных данных определяется их однородность по методу Колмогорова – Смирнова [2]. В таблице 1 приведены результаты проверки временного ряда урожайности риса. Исходный ряд приведен в 3-м столбце таблицы; в 4-м столбце из каждого элемента ряда вычли минимальное значение; 5-й столбец таблицы 1 получен делением ряда из 4-го столбца на максимальный элемент этого же ряда, значения ряда  $y_i, i=1...25$  принадлежат интервалу  $[-1, +1]$ ; в 6-м столбце таблицы 1 строится первый вспомогательный ряд с помощью следующей формулы:

$$C1_i = abs\left(\frac{i}{25} - y_i\right), i=1...25.$$

В 7-м столбце таблицы 1 строится второй вспомогательный ряд с помощью формулы:

$$C2_i = abs\left(y_i - \frac{i-1}{25}\right), i=1...25.$$

При проверке данных на однородность по методу Колмогорова – Смирнова критерием является следующее значение:  $C = \max(C1, C2) = 0,42936$ .

Теоретический критерий метода определяется на уровне значимости 5 % с помощью функции вида:  $D = 1,628 \cdot \sqrt{\frac{2}{25}} = 0,46047$  [2]. Так как значение  $C \leq D$ , то исходный временной ряд является однородным. Свойство однородности данных является необходимым условием соответствия данных какому-либо закону распределения. Исход-

ный временной ряд можно рассматривать как выборку генеральной совокупности урожайности риса. Построим модель урожайности в виде функции с линейной и периодической составляющей от номера элемента ряда. Урожайность риса ( $G$ ) с убранной площади в Российской Федерации имеет 11-летний цикл [7].

Поэтому модель, содержащую линейную и периодическую составляющие, можно отобразить при помощи регрессионного уравнения временного ряда следующего вида:

$$G(x) = 1,006 \cdot x + 24,542 - 1,734 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot x}{11}\right) + 5,23 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot x}{11}\right), \quad (1)$$

где  $x$  – номер элемента временного ряда, начиная с 1990 г.

Коэффициент детерминации взаимосвязи значений уравнения (1) и значений фактической урожайности равен 0,941. Коэффициент при  $x$  в линейной части уравнения (1) указывает на ежегодный прирост урожайности риса в объеме 1,006 ц/га.

**Таблица 1 – Расчеты по проверке однородности данных об урожайности риса**

Год	№ года	Урожайность, ц/га	$x - \min x$	$x / \max x$	$y$	$C1$	$C2$
1990	1	32,1	8,7	0,15963	0,00000	0,04000	0,00000
1991	2	30,0	6,6	0,12110	0,02569	0,05431	0,01431
1992	3	30,3	6,9	0,12661	0,07339	0,04661	0,00661
1993	4	27,4	4,0	0,07339	0,07339	0,08661	0,04661
1994	5	29,5	6,1	0,11193	0,09908	0,10092	0,06092
1995	6	28,8	5,4	0,09908	0,11193	0,12807	0,08807
1996	7	24,8	1,4	0,02569	0,12110	0,15890	0,11890
1997	8	23,4	0,0	0,00000	0,12661	0,19339	0,15339
1998	9	30,4	7,0	0,12844	0,12844	0,23156	0,19156
1999	10	27,4	4,0	0,07339	0,14862	0,25138	0,21138
2000	11	34,9	11,5	0,21101	0,15963	0,28037	0,24037
2001	12	34,9	11,5	0,21101	0,21101	0,26899	0,22899
2002	13	37,7	14,3	0,26239	0,21101	0,30899	0,26899
2003	14	31,5	8,1	0,14862	0,26239	0,29761	0,25761
2004	15	37,7	14,3	0,26239	0,26239	0,33761	0,29761
2005	16	42,0	18,6	0,34128	0,34128	0,29872	0,25872
2006	17	43,9	20,5	0,37615	0,37615	0,30385	0,26385
2007	18	45,1	21,7	0,39817	0,39817	0,32183	0,28183
2008	19	46,0	22,6	0,41468	0,41468	0,34532	0,30532
2009	20	51,4	28,0	0,51376	0,47890	0,32110	0,28110
2010	21	52,8	29,4	0,53945	0,50459	0,33541	0,29541
2011	22	50,9	27,5	0,50459	0,51376	0,36624	0,32624
2012	23	54,5	31,1	0,57064	0,53945	0,38055	0,34055
2013	24	49,5	26,1	0,47890	0,55413	0,40587	0,36587
2014	25	53,6	30,2	0,55413	0,57064	0,42936	0,38936

Коэффициент детерминации значим по критерию Стьюдента, что указывает на наличие сильной линейной связи между фактическими значениями урожайности и значениями модели (1). Для возможности использования зависимости (1) в качестве модели урожайности необходимо определить ее значимость или адекватность. Проверку значимости модели проведем с помощью метода Фишера дисперсионного анализа [4]. Результаты проверки модели (1) на значимость сведем в таблицу 2.

В таблице 2 сумма квадратов ( $S_{\text{Выб}}$ ) исходной выборки рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{Выб}} = \sum_{i=1}^{25} (y_i - \bar{y})^2,$$

где  $y_i$  –  $i$ -й элемент данных об урожайности;

$\bar{y}$  – среднее значение урожайности.

**Таблица 2 – Результаты проверки уравнения (1) на значимость**

Источник	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Исправленная дисперсия
Выборка	2425	24	-
Регрессия	2283	3	760,900
Остаток	142	21	6,756

Сумма квадратов регрессии из таблицы 2 рассчитывается по следующей формуле:

$$S_{\text{регр}} = \sum_{i=1}^{25} (G_i - \bar{y})^2,$$

где  $G_i$  –  $i$ -й элемент уравнения (1).

Сумма квадратов остатков равна:  $S_o = S_{\text{Выб}} - S_{\text{регр}}$ .

Число степеней свободы для выборки, регрессии и остатка приведены во втором числовом столбце таблицы 2. Исправленные дисперсии приведены в третьем числовом столбце. Они являются результатом деления первого числового столбца на второй.

Критерий Фишера равен:

$$F = \frac{D_{\text{регр}}}{D_o} = 112,62,$$

где  $D_o$  – исправленная дисперсия остатков;

$D_{\text{регр}}$  – исправленная дисперсия регрессии.

Теоретический критерий Фишера определяется в среде Excel с помощью стандартной функции  $F$  РАСПОБР(0,05; 3; 21). Значение теоретического критерия ( $Ft$ ) равно 3,072. Значение 0,05 является уровнем значимости процесса. Значения 3 и 21 являются значениями степеней свободы регрессии и остатков. Если значение критерия Фишера  $F$  меньше теоретического критерия  $Ft$ , то регрессионное уравнение значимо. В этом случае уравнение (1) может выступать в качестве числовой модели.

Фактическая урожайность риса в Российской Федерации и значения модели прогноза, полученные с помощью зависимости (1), приведены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Динамика урожайности риса в Российской Федерации с 1990 по 2014 г.**

Например, на рисунке 1 прогнозные значения урожайности в 1997 г. равно 27,85 ц/га, оно отличается от фактического значения (23,4 ц/га). Наибольшая относи-



тельная погрешность прогноза за весь период в 25 лет тогда составляет 19 %. Значительна ли такая погрешность или нет? Разница между фактическими данными и прогнозом называется остатком. Аналогичные отклонения наблюдаются для других лет и других рядов. Так, в России выращиванием риса занимаются девять регионов, одним из которых является Ростовская область, занимающая второе место по валовым сборам после хозяйств Краснодарского края. Площадь рисовых оросительных систем Ростовской области составляет 44,3 тыс. га, а площади посева культуры риса – 13,6 тыс. га. Основные площади посевов риса в Ростовской области размещены на Пролетарской рисовой оросительной системе [5].

Учет остатков или работа с остатками позволит оценить погрешность расчетов по модели (1). Остатки – это разница между фактическими значениями урожайности и значениями, рассчитанными с помощью модели. Проверка остатков модели (1) – это проверка погрешности на соответствие равномерному закону распределения. Проверку проведем с помощью критерия Уайта, который является наименее требовательным [6]. Метод Уайта предполагает построение параболической зависимости между квадратами остатков следующего вида:

$$e^2(x) = a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0,$$

где  $e^2(x)$  – квадрат остатков уравнения (1) в зависимости от номера года  $x$ ;

$a_2, a_1, a_0$  – искомые коэффициенты параболы.

Далее находится детерминация ( $R^2$ ) взаимосвязи построенной параболы и квадрата фактических остатков, позволяющая вычислить статистику Уайта по следующей формуле:

$$W = n \cdot R^2,$$

где  $n$  – количество лет временного ряда.

Теоретическое значение критерия Уайта подчиняется обратному распределению хи-квадрат при определенном уровне значимости ( $\alpha$ ) [4]. Теоретическое значение находили в среде пакета Excel с помощью специальной функции ХИ2ОБР( $\alpha$ ; 2), где 2 – число степеней свободы параболы,  $\alpha = 0,05$  – уровень значимости, ХИ2ОБР(0,05; 2) = 5,99. Если значение критерия Уайта меньше теоретического, то остатки гетероскедастичны, то есть погрешности значительные. Результаты проверки уравнения (1) сведем в таблицу 3.

**Таблица 3 – Результаты проверки по критерию Уайта**

Вид параболы	$R^2$	Критерий Уайта
$-0,0547 \cdot x^2 + 1,393 \cdot x - 0,353$	0,1424	3,56

Критерий Уайта для остатков из таблицы 3 меньше теоретического критерия, равного 5,99. Поэтому по результатам проверки можно сделать вывод, что погрешности уравнения (1) значительны. Если задать уровень значимости 0,2 (20 % погрешности), то остатки уравнения (1) будут гомоскедастичны, так как  $3,56 > 3,22$ .

Для построения прогноза урожайности риса также можно использовать ряд адаптивных методов [6]: Брауна, Хольта, Бокса – Дженкинса, Уитерса и Тейла – Вейджа. Были построены модели по перечисленным выше методам. Для оценки построенных прогнозов урожайности риса в качестве критерия использовался коэффициент корреляции, значения которого для указанных методов приведены в таблице 4.

**Таблица 4 – Значения коэффициента корреляции для адаптивных методов**

Метод	Брауна	Хольта	Бокса – Дженкинса	Уитерса	Тейла – Вейджа
Коэффициент корреляции	0,937	0,920	0,925	0,811	0,925

Как видно из таблицы 4, метод Брауна имеет значимый коэффициент корреляции, равный 0,937. Согласно этому методу прогноз урожайности риса на 2016 г. – 52,71 ц/га. Уравнение (1) описывает урожайность риса достовернее, чем рассмотренные адаптивные методы. Прогноз урожайности с помощью уравнения (1) дает 51,3 ц/га.

В качестве модели можно использовать регрессионное уравнение от нескольких параметров, например от ряда температур и ряда осадков. В некоторых исследованиях [7] урожайность сельскохозяйственных культур предлагается моделировать с помощью двух независимых параметров: аномалии температуры и аномалии осадков. Авторы построили модель аномалии температуры ( $At$ ) и модель аномалии осадков ( $Ao$ ) в виде:

$$At(x) = 0,071 \cdot x - 0,134 - 0,246 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot x}{11}\right) - 0,98 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot x}{11}\right), \quad (2)$$

$$Ao(x) = 0,652 - 0,743 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot x}{11}\right) - 0,93 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot x}{11}\right). \quad (3)$$

Вместо аномалий можно использовать показатели средних температур за вегетационный период и суммарных осадков (по данным ближайшей метеостанции). Используя аномалии температуры и аномалии осадков в качестве независимых параметров, с помощью регрессионного анализа мы построили следующую модель урожайности риса:

$$G(At, Ao) = -11,768 \cdot At^2 + 21,239 \cdot At - 8,054 \cdot Ao^2 + 12,3 \cdot Ao - 11,7 \cdot At \cdot Ao + 32,797. \quad (4)$$

Коэффициент корреляции между значениями, полученными с помощью модели (4), и фактическими значениями из таблицы 1 составляет 0,972. Коэффициент корреляции значим по критерию Стьюдента. Результаты проверки значимости модели (4) проведем с помощью метода Фишера и сведем в таблицу 5.

**Таблица 5 – Результаты проверки уравнения (4) на значимость**

Источник	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Исправленная дисперсия
Выборка	2425	24	-
Регрессия	2292	5	6,979
Остаток	132,61	19	458,398

Критерий Фишера при проверке значимости уравнения (4) равен 65,68. Теоретический критерий Фишера – 2,74 при уровне значимости 0,05. Значение критерия Фишера  $F$  больше теоретического критерия  $Ft$ , поэтому модель (4) значима, и ее можно применять при проведении прогноза.

На урожайность сельскохозяйственных культур существенное влияние оказывают почвы и наличие в них минеральных веществ. Построим модель зависимости урожайности риса  $G$  от следующих факторов режима питания [8]:

- содержания в почве легкогидролизуемого азота ( $N$ ), мг/100 г;
- содержания в почве доступного для растения фосфора ( $P$ ), мг/100 г;
- содержания в почве доступного калия ( $K$ ), мг/100 г;
- прихода фотосинтетической активной радиации (ФАР) за вегетационный период ( $F$ ), ккал/см<sup>2</sup>;
- коэффициента использования ФАР ( $IsF$ ), %;
- коэффициента использования азота ( $IsN$ ), %;
- коэффициента использования фосфора ( $IsP$ ), %;
- коэффициента использования калия ( $IsK$ ), %.

В таблице 6 приведены модели зависимости урожайности риса от факторов питания, построенные с применением многомерного регрессионного анализа на рамочных панельных значениях, взятых из [9].

Уравнения зависимости урожайности риса от факторов питания, приведенные в таблице 6, значимы на уровне 0,01.

**Таблица 6 – Регрессионные уравнения зависимости урожайности риса от факторов питания**

Фактор	Уравнение урожайности	Корреляция
ФАР	$G=1,079 \cdot F^{-1,054} \cdot IsF^{-0,994}$	0,99973
Азот	$G=0,303-0,037 \cdot N-0,013 \cdot IsN+0,109 \cdot N \cdot IsN$	0,99971
Фосфор	$G=-0,085+0,00858 \cdot P-0,001217 \cdot IsP+0,231 \cdot P \cdot IsP$	0,99898
Калий	$G=0,088 \cdot K^{1,001} \cdot IsK^{1,001}$	0,99999

**Выводы**

1 Для прогнозирования урожайности риса можно использовать аппарат временных рядов и адаптивные методы для одного независимого параметра.

2 При построении моделей в виде регрессионных уравнений по нескольким параметрам эти параметры сами моделируются в виде временного ряда.

3 Для построения модели прогноза можно использовать панельные данные и аппарат многомерного регрессионного анализа.

4 Последовательность процедур при построении модели прогноза: определение однородности данных; проведение статистического анализа временных рядов, моделирование независимых параметров модели и построение самой модели; построение регрессионных зависимостей; определение значимости модели и оценка ее остатков.

**Список использованных источников**

1 Выращивание и продажа риса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openbusiness.ru/biz/business/svoy-biznes-vyrashchivanie-i-prodazha-risa>, 2016.

2 Кендалл, М. Теория распределений / М. Кендалл, А. Стьюарт. – М.: Наука, 1966. – 574 с.

3 Ферстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Ферстер, Б. Ренц. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 324 с.

4 Шеффе, Г. Дисперсионный анализ / Г. Шеффе. – М.: Наука, 1980. – 312 с.

5 Макаров, В. В. Особенности агротехники возделывания риса в Ростовской области [Электронный ресурс] / В. В. Макаров, М. В. Серeda // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 79. – 9 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/52.pdf>. – Шифр Информрегистра 0791205052.

6 Валентинов, А. В. Эконометрика / А. В. Валентинов. – М.: Дашков и К°, 2009. – 445 с.

7 Щедрин, В. Н. Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга Европейской территории России: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 435 с.

8 Серeda, М. В. Модели урожайности риса от элементов питания / М. В. Серeda, В. М. Игнатъев // Математические модели в технике и технологиях – ММТТ-25: сб. ст. – Волгоград: ВолгГТУ, 2012. – Т. 8. – С. 95–97.

9 Каюмов, М. К. Справочник по программированию урожаев / М. К. Каюмов. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 188 с.

## ОСОБОЕ МНЕНИЕ

УДК 631.587:633.51:612.744.16:574.635(575.1)

**А. Рамазанов**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

**М. Файзуллаева**

Ташкентский областной комитет по охране природы, Ташкент, Республика Узбекистан

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ «МИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ВОДЫ – ПОЧВА – ХЛОПЧАТНИК»**

*В статье анализируются последствия «повторно-прокатного» использования коллекторно-дренажных вод для гидрохимического режима рек Сырдарьи и Амударьи, агроэкологические показатели в системе «минерализованные воды – почва – растение». Обоснована необходимость разработки организационно-технических и технологических приемов, обеспечивающих минимизацию ущерба сельскохозяйственному производству, сохранение стабильной эколого-мелиоративной обстановки в равнинной части Узбекистана.*

*Ключевые слова: эколого-мелиоративная обстановка, коллекторно-дренажный сток, «повторно-прокатное» использование, минерализация речной воды, система «полив – почва – хлопчатник».*

Оптимальное использование водных ресурсов и управление ими в пределах отдельных зон или регионов должно осуществляться на основе дифференцированного подхода к оценке их объемов, качественных показателей, условий формирования, а также к разработке организационно-технологических приемов, обеспечивающих экономически целесообразную степень их потребления и стабильную эколого-мелиоративную обстановку в ближайшей и дальней перспективе.

Одной из острых проблем бассейна Аральского моря (БАМ) является загрязнение речных вод за счет большого объема коллекторно-дренажного стока, содержащего растворенные соли, ядохимикаты (гербициды, пестициды и др.), широко применяемые при производстве продуктов растениеводства, животноводства, и части стоков промышленных предприятий. К сожалению, при декларативном и экстенсивном принципе планирования и использовании располагаемых водно-земельных ресурсов в бывшем СССР возвратный коллекторно-дренажный сток, сбрасываемый в реки, расценивался как увеличение оросительной способности речных стоков или располагаемых водных ресурсов.

В основных программных документах («Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов»), разработанных проектными институтами (Союзводпроект, Средазгипроводхлопок, Узгипроводхоз) в качестве стратегии развития БАМ, прогнозировалась возможность повышения оросительной способности речных стоков до 15–20 % за счет возвратного стока коллекторно-дренажных вод. При составлении и технико-экономическом обосновании «Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов» (отдельно по бассейнам Амударьи и Сырдарьи) не были предусмотрены организационно-технические и технологические мероприятия по деминерализации и очистке возвратных вод в стволы рек [1].

Следует подчеркнуть, что практикующееся до настоящего времени так называемое «повторно-прокатное» использование и увеличение располагаемых водных ресурсов через ствол основных водотоков в конечном итоге наносят большой ущерб не только питьевому водоснабжению, но и другим отраслям народного хозяйства, ухудшают эколого-мелиоративную обстановку в контуре существующего орошения и сопредельных территорий. В регионе сложилась достаточно сложная, не имеющая аналогов в ми-

ровой практике, ситуация организации и ведения орошаемого земледелия. При устойчивой динамике уменьшения речного стока качество водных ресурсов понижается из-за сброса в различной степени минерализованных и загрязненных остатками агрохимикатов вод с орошаемых полей, а также от промышленных и коммунально-бытовых сточных вод индустриальных зон и областных центров республики. Так, в конце 60-х гг. XX в. минерализация речной воды не превышала 1 г/л, т. е. находилась в пределах допустимой концентрации (0,5–1,0 г/л). В настоящее время она меняется от 0,3–0,5 г/л в верхнем течении до 1,7–2,0 г/л в нижнем течении рек. Возвратные воды являются основным источником экологического загрязнения в бассейне. Сульфаты, хлориды и ионы натрия преобладают в дренажных водах, которые также содержат пестициды, азотные и фосфорные соединения. До 25 % азота, 5 % фосфора и 4 % пестицидов, попадающих в почву, поступают в коллекторно-дренажную сеть с орошаемых полей. Количество этих загрязнителей в дренажной воде превышает максимально допустимую концентрацию в 5–10 раз.

В этой связи следует обратить внимание на принятые в США и других развитых странах законы в сфере охраны окружающей среды, а также разработанные принципы и стратегии использования располагаемых водных ресурсов. Так, в начале 30-х гг. XX в. в верхней части р. Колорадо были построены крупные химические концерны и заводы по производству удобрений и другой продукции. Вследствие сточных сбросов с промышленных объектов минерализация речного стока превысила 1,0 г/л, что послужило основанием для утверждения в 1922 г. Президентом США<sup>1</sup> собрания договоров и руководств по развитию Колорадо, известного как «Закон реки» [2].

В сложившейся обстановке лимитирующим фактором устойчивого функционирования аграрного сектора и других отраслей народного хозяйства, создания продовольственной безопасности является уровень водообеспеченности территории. Последствия наметившейся тенденции в бассейне наиболее ощутимы на равнинной части Узбекистана, где орошаемое земледелие около 40 лет испытывает в целом устойчивый дефицит воды.

Согласно «Нукусской декларации государств Центральной Азии и международных организаций по проблеме устойчивого развития бассейна Аральского моря»<sup>2</sup> основные водные ресурсы БАМ (сток рек Сырдарья, Амударья) распределены между потребителями стран Центральной Азии. На современном этапе развития отраслей народного хозяйства республики водные источники, на основе которых могут быть увеличены располагаемые водные ресурсы, состоят из следующих трех частей:

- традиционный источник увеличения водных ресурсов – забор из поверхностных источников. В условиях избытка речных вод это является наиболее доступным способом, однако, в условиях дефицита водных ресурсов его применение не целесообразно. Поэтому забор воды из этих источников выше установленного лимита в последние годы усложнился. Рассматривается возможность возобновления работ по переброске части стока сибирских рек в БАМ, благодаря чему существенно улучшится уровень водообеспеченности региона. Однако маловероятно, что в ближайшее время этот проект будет реализован в политическом, социально-экономическом, организационно-техническом плане, так как до настоящего времени вопросы, касающиеся финансирования, материально-технического обеспечения и, самое главное, «механизм переброски» еще не разработаны;

- использование пресных подземных вод с возможностью их восполнения в периоды высокой водообеспеченности, развитие методов искусственного восполнения. По данным ГП НПЦ «Геология гидроминеральных ресурсов» (ранее ПО «Узбекгидрогеология») общие запасы подземных вод Республики Узбекистан составляют 18,9 км<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Уоррен Гамалиел Гардинг – двадцать девятый Президент США с 1921 по 1923 г., от Республиканской партии.

<sup>2</sup> г. Нукус, 20 сентября 1995 г.

в том числе с минерализацией до 1,0 г/л – 7,6 км<sup>3</sup> и от 1,0 до 3,0 г/л – 7,9 км<sup>3</sup>;

- использование нетрадиционных водных источников: коллекторно-дренажных, солоноватых подземных вод, производственных и коммунально-бытовых сточных вод.

В зависимости от водности года объем коллекторно-дренажных вод, формируемый на территории Узбекистана, составляет: в многоводный – 25600–27000 млн м<sup>3</sup>/год; средневодный – 21600–25600 млн м<sup>3</sup>/год; маловодный – 19900–21600 млн м<sup>3</sup>/год. Общий объем прогнозных ресурсов подземных вод оценивается в 24 км<sup>3</sup>. В настоящее время около 6,0 км<sup>3</sup>/год пресных и слабосоленых подземных вод потребляется различными отраслями народного хозяйства. Объем сточных вод в республике составляет 2,4 км<sup>3</sup>/год и сегодня, за исключением отдельных случаев, они не используются в народно-хозяйственном комплексе. В условиях дефицита водных ресурсов это – наиболее реальный и единственный путь преодоления ее последствий.

В мировой практике возвратные воды рассматриваются как вторичный ресурс, в целом пригодный для потребления отраслями народного хозяйства (промышленность, сельское хозяйство). Так, минерализованные и сточные воды после их деминерализации и очистки в соответствующих технологических циклах используются в промышленности (Япония, США, Израиль) и в сельском хозяйстве (страны Юго-Восточной и Центральной Азии). Благодаря этому практически исключаются возможные отрицательные последствия в системе «минерализованные (сточные) воды – технология производства продукции – окружающая среда».

Следует особо подчеркнуть, что опыты по использованию минерализованных вод на орошение сельскохозяйственных (в основном хлопчатник) культур путем смешивания их с речной водой начали проводить в 50–60-е гг. XX в. в равнинной части Узбекистана (старорошаемая часть Голодной степи), Туркменистана (Марийская, Ташаузская области). Начиная с 70–80-х гг. география опытов была существенно расширена в связи с реализацией принципа лимитированного вододеления в БАМ. К настоящему времени накоплен достаточно большой объем экспериментальных данных, составлены рекомендации, нормативно-методические указания, в которых приведены допустимые пределы концентрации солей в поливной воде, разработана технология использования при орошении сельскохозяйственных культур и промывки засоленных почв [3–7]. В ходе опытов отмечены возрастание темпа накопления водорастворимых солей в корнеобитаемой толще почвы и снижение урожайности по мере увеличения минерализации поливной воды из-за ухудшения среды обитания возделываемых культур.

Сопоставление и анализ результатов многолетних стационарных опытов (на лизиметрических установках) свидетельствуют о сложности и взаимосвязи происходящих в системе «почва – растения» процессов, изменения и направленность которых зависят от концентрации солей в поливной воде и носят устойчивый во времени и необратимый характер (таблица 1).

**Таблица 1 – Влияние минерализованной воды на процессы в системе «полив – почва – хлопчатник»**

Процессы	Показатель	Последствие
1	2	3
Почвенные	Солевой режим почвы при промывке	После промывки в солевом составе почвы преобладают соли серной кислоты. Интенсивность выщелачивания солей соляной кислоты во много раз выше, чем сульфатов
	Солевой состав инфильтрационных вод	На начальном этапе промывки в составе инфильтрационных вод достаточно высокое содержание хлоридов. На последующих этапах внутрипочвенные процессы протекают в сульфатной среде, т. е. почвы по типу засоления становятся сульфатными

Продолжение таблицы 1

1	2	3
	Емкость и состав поглощенных оснований	Поливы минерализованной водой приводят к увеличению в почвенно-поглощающем комплексе поглощенного натрия и магния, а содержание кальция уменьшается
	Солевой режим при поливе	С ростом минерализации воды и числа вегетационных поливов увеличивается содержание солей, поступающих в почву, т. е. соленакопление определяется степенью минерализованности воды
	Концентрация почвенно-порового раствора	При поливе минерализованной водой в почве концентрируется $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , благодаря чему уменьшается степень кислотности. В почвенно-поровом растворе увеличивается содержание $\text{NaCl}$ и снижается доля $\text{CaSO}_4$ . Из почвы в почвенно-поровый раствор вытесняется больше натрия, чем кальция
	Осмотическое давление почвенно-порового раствора	С увеличением минерализации поливной воды возрастает минерализация почвенно-порового раствора, что приводит к повышению его осмотического давления, т. е. нарушается режим питания растений
	Активность ионов почвенно-порового раствора	При больших концентрациях раствора расстояние между ионами сокращается, и соответственно, уменьшается скорость их передвижения, происходит насыщение почвенно-порового раствора. Нарушение оптимального баланса питательных элементов в почве приводит к нарушению их баланса в растениях
	Карбонатно-кальциевое равновесие почвенно-порового раствора	С увеличением минерализации поливной воды в карбонатно-кальциевом равновесии почвенно-порового раствора возрастает концентрация компонентов $\text{Ca}$ и $\text{HCO}_3$ , а концентрация $\text{CO}_3$ снижается. Ускоряется процесс обмена иона $\text{Ca}$ и $\text{HCO}_3$ карбонатного комплекса, что связано с замещением кальция на натрий, т. е. происходит осолонцевание почвы
	Воздушный режим почвы	С увеличением минерализации поливной воды возрастает содержание углекислого газа, особенно в нижних слоях почв, а поглощение почвой кислорода уменьшается
	Окислительно-восстановительный потенциал почвы	Поливы минерализованной водой приводят к резкому усилению протекающих в почве окислительно-восстановительных процессов, которые связаны с количеством и качеством окислительных микрочастиц, сформировавшихся по профилю почв
Биологические	Рост, развитие и урожайность хлопчатника	При поливе минерализованной водой замедляется темп роста и цветения растений, ускоряется темп созревания коробочек. На третий и последующие годы потери урожая по сравнению с контролем составляют: при минерализации поливной воды 3 г/л – 12–14 %; 5 г/л – 22–24 % и при 7 г/л – 30–32 %

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Физиологические	Интенсивность фотосинтеза и дыхание растений	Во все фазы развития растений наблюдается четкая тенденция снижения фотосинтетических процессов по мере увеличения минерализации поливной воды. Усиливается депрессирующее воздействие токсичных ионов на важнейшие физиологические процессы в растительном организме
	Состав аминокислот в органах растений	При орошении минерализованной водой в органах растений происходят структурные изменения первичных аминокислот (период цветения), ускоряющих трансформацию азота в надземную часть и свободных аминокислот (период плодообразования), способствующих образованию высокомолекулярных соединений (белковых веществ)
Технологические свойства хлопчатсырца	Зрелость, крепость, метрический номер, разрывная длина волокна	С увеличением минерализации поливной воды качество волокна в верхней части куста хлопчатника ухудшается, т. е. отрицательное влияние на технологические показатели волокна сказывается на последних стадиях плодообразования

Орошаемые земли и их производительная способность являются национальным достоянием и базисом стабильности социально-экономической обстановки в республике. Агроэкологические и экономические последствия повторного использования минерализованных вод отраслями народного хозяйства, особенно аграрным сектором, должны оцениваться с позиции сохранения эколого-мелиоративной стабильности в орошаемой зоне и на сопредельных территориях, устойчивости генетических и наследственных признаков основных севооборотных культур в ближайшей и дальней перспективе.

Стратегия планирования использования минерализованных вод как вторичного ресурса при дефицитном водопользовании должна основываться на адекватных организационно-технических и технологических производственных циклах, исключая «повторно-прокатные» принципы их потребления, учете возможных отрицательных последствий в системе «общество – производство – окружающая среда». Это является основополагающим требованием современности по природопользованию.

#### Список использованных источников

1 Генеральная схема использования орошаемых земель, водных ресурсов и их охрана в Республике Узбекистан на период до 2005 года. – Ташкент: Водпроект, 1994.

2 The Law of the River [Electronic resource] / U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation. – URL: [www.usbr.gov/lc/region/g1000/lawofrvr.html](http://www.usbr.gov/lc/region/g1000/lawofrvr.html).

3 Легостаев, В. М. Об использовании вод повышенной минерализации на орошение / В. М. Легостаев. – Ташкент: ГосиздатУзССР, 1961. – 100 с.

4 Подземные воды Узбекистана и их использование / С. Ш. Мирзаев [и др.]. – Ташкент: Узбекистан, 1967. – 24 с.

5 Рабочев, И. С. Использование минерализованных вод для орошения / И. С. Рабочев. – М.: Колос, 1973. – С. 41–44.

6 Рамазанов, А. Некоторые вопросы мелиорации засоленных земель в низовьях Амударьи / А. Рамазанов, Е. Курбанбаев, Х. Якубов. – Нукус: Каракалпакстан, 1978. – 222 с.

7 Усманов, А. Количественная, качественная оценка и районирование коллекторно-дренажных вод западной Ферганы в целях использования их на орошение: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ташкент, 1968. – 25 с.