

**ISSN 2313-2248**

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Научно-практический журнал**

**Выпуск № 2(58)/2015**

**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 № 2(58)/2015**

Апрель – июнь 2015 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

**Заместитель главного редактора** – кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь Т. П. Андреева

**Ответственный секретарь** – Е. И. Лобова

**Редакторы:** доктор технических наук, профессор Ю. М. Косиченко; доктор технических наук, доцент С. М. Васильев; кандидат технических наук А. А. Чураев; кандидат сельскохозяйственных наук Т. П. Андреева; кандидат сельскохозяйственных наук С. А. Селицкий; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова; кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Воеводин; кандидат технических наук В. В. Слабунов; кандидат технических наук А. В. Акоюн

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

**Литературный редактор** – А. И. Литовченко

**Выпускающий** – Л. И. Юрина

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

**Тел./факс:** (8635) 26-74-53

<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 01.06.2015. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 18,7. Тираж 500 экз. Заказ № 35.

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 30.06.2015

Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2015

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ «Гидротехническое строительство: новые материалы и технологии»

<b>Бакланова Д. В., Черничкина Н. Ю.</b> Обоснование применимости метода изолированных отсеков для определения потерь на фильтрацию из каналов оросительных систем .....	5
<b>Кильдишев Н. А., Баев О. А.</b> Некоторые вопросы исследований и строительства полимерных противofильтрационных экранов водохозяйственного значения .....	11
<b>Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г.</b> Сравнительный анализ применения высоконадежных облицовок для снижения потерь на фильтрацию из каналов.....	16
<b>Косиченко Ю. М.</b> Развитие исследований в области применения новых материалов для противofильтрационных целей .....	21
<b>Баев О. А., Ларионова А. Е.</b> Обеспечение фильтрационной безопасности ГТС Тамбовского водохранилища за счет применения геосинтетических материалов .....	28
<b>Гарбуз А. Ю.</b> Ремонт повреждений облицовок длительно работающих каналов с использованием полимерных композиций.....	33
<b>Чембарисов Э. И., Махмудов И. Э., Артикова Ф. Я., Лесник Т. Ю.</b> Некоторые характеристики Чарвакского водохранилища Республики Узбекистан.....	39
<b>Ибраев Т. Т., Ли М. А., Бакбергенев Н. Н.</b> Оценка технического состояния гидротехнических сооружений на основе технологий дистанционного зондирования Земли.....	44

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

<b>Дронова Т. Н., Земляничкина С. В., Панова Т. И.</b> Сравнительная динамика основных элементов питания в почве на посевах эспарцета песчаного при орошении .....	52
<b>Наими О. И., Куцерубова О. Ю.</b> Влияние антропогенных факторов на ферментативную активность чернозема обыкновенного .....	58
<b>Онищенко С. А., Алмашова В. С.</b> Влияние обработки семян бором, молибденом и ризоторфином на водопотребление гороха овощного в условиях орошения на юге Украины.....	62
<b>Сидякина Е. В., Глушко Т. В.</b> Влияние современных комплексных препаратов на урожайность зерна гибридов кукурузы разных групп спелости .....	66
<b>Томашов С. В., Томашова О. Л.</b> Урожайность и экономическая эффективность выращивания рапса озимого в зависимости от срока посева и применения ретарданта.....	70
<b>Сидякина Е. В., Шангарь А. С.</b> Влияние схемы посадки рассады на урожайность плодов томата в условиях капельного орошения юга Украины .....	75
<b>Рудик А. Л., Никонова И. С., Томашова О. Л.</b> Особенности качества масла некоторых сортов льна-межеумка .....	78
<b>Рудик А. Л., Носова Н. Ю.</b> Оценка продуктивности льна масличного с целью его комплексного использования в условиях юга Украины .....	82
<b>Ревтьо О. Я., Лавренко С. О.</b> Влияние технологических приемов выращивания кукурузы на зерно на плотность сложения и пористость почвы в условиях Сухой Степи.....	85

## МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

<b>Матвиенко А. О., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М.</b> Токсибиологическая оценка влияния животноводческих стоков на микробиоту.....	91
<b>Волкова Н. Е., Сейтумеров Э. Э., Попович В. В.</b> Внедрение водосберегающих способов полива – основа устойчивого развития орошаемого земледелия Республики Крым.....	93
<b>Лагутина Т. Б., Иванова Т. Н.</b> Водный режим пойменных торфяных почв, осушенных дренажами длительного срока эксплуатации.....	98
<b>Захаров Р. Ю., Волкова Н. Е.</b> Очищенные сточные воды как альтернативный источник наполнения прудов в Республике Крым.....	100
<b>Иванов В. П., Шкутов Э. Н., Свиридович Т. Г.</b> Пространственная и временная структура формирования подземного питания болот Полесья.....	106
<b>Попович В. Ф., Дунаева Е. А.</b> Моделирование притока в водохранилища для оценки доступности водных ресурсов в рамках городского водного цикла.....	114
<b>Сейтумеров Э. Э., Кременской В. И., Вислобокова Т. О., Подовалова С. В.</b> Современное состояние и перспективы развития капельного орошения в Республике Крым.....	120

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

<b>Юрченко И. Ф., Носов А. К.</b> Нормативно-правовое регулирование обеспечения безопасности бесхозных ГТС.....	127
<b>Панкова Т. А., Орлова С. С.</b> Оценка эксплуатационного состояния водосбросного сооружения на балке Курдюм Саратовского района у села Клещевка Саратовской области.....	132
<b>Чураев А. А., Вайнберг М. В.</b> Современное применение метода «уклон – площадь» на открытых каналах оросительных систем.....	136

## ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

<b>Стратичук Н. В.</b> Эколого-экономические связи в макросистеме орошаемого земледелия.....	143
--	-----

## ОСОБОЕ МНЕНИЕ

<b>Рамазанов А., Насонов В. Г.</b> О величине водопотребления сельскохозяйственных культур на орошаемых землях.....	149
<b>Рамазанов А., Насонов В. Г.</b> Совершенствование дренажа – залог повышения производительной способности засоленных почв.....	153

## НАУКА – ПРАКТИКЕ

<b>Хецуриани Е. Д., Соболев Е. К., Журавель А. А., Завалюев В. Э.</b> Результаты обследования системы водоснабжения и водоотведения п. Заводского и рекомендации по рациональному использованию водных ресурсов.....	158
--	-----

**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**  
**«Гидротехническое строительство:**  
**новые материалы и технологии»**

---

---

УДК 626.823.91:626.826

**Д. В. Бакланова, Н. Ю. Черничкина**

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

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДА ИЗОЛИРОВАННЫХ**  
**ОТСЕКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ НА ФИЛЬТРАЦИЮ**  
**ИЗ КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*Целью работы является апробация нового способа и методики определения фильтрационных потерь, в связи с чем выполнены расчеты удельных фильтрационных потерь по предложенным зависимостям для четырех отсеков третьей очереди Большого Ставропольского канала (БСК-3). Выполнен сравнительный анализ расчетных данных и данных натурных исследований на БСК-3, определен осредненный коэффициент фильтрации облицовки, а также величина расхождения с натурными данными. Представленный анализ расчетов свидетельствует о возможности применения расчетных зависимостей (1) и (2) для определения потерь из облицованных каналов. Кроме того, проведенные расчеты показали, что зависимость (1) может применяться для определения фильтрационного расхода из каналов в земляном русле.*

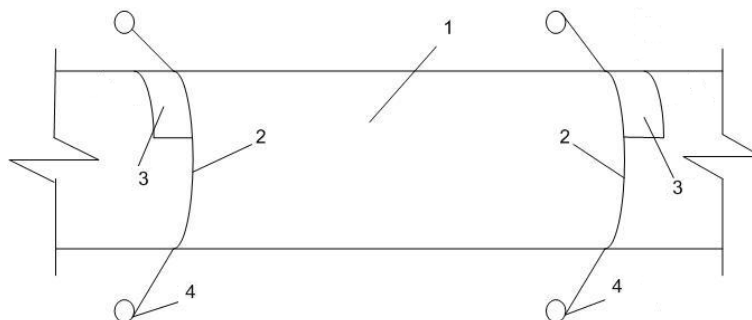
*Ключевые слова: гидротехнические сооружения, фильтрация, фильтрационные потери, канал, оросительная система, погрешность.*

В настоящее время используются методы определения потерь воды, которые были разработаны еще 40–45 лет назад в ЮжНИИГиМ, ВНИИГиМ и САНИИРИ. Главная проблема заключается в том, что при использовании гидрометрического и балансового методов подразумевается оборудование и использование стационарных пунктов наблюдений, требования к наблюдаемому участку предъявляются достаточно жесткие, что не дает точных результатов расчета фильтрационных потерь для всего канала. При этом погрешность данных методов достигает 5%. Объемный метод представляется довольно точным, однако его использование связано с необходимостью подбора достаточно большого количества необходимых средств измерений. Метод изолированных отсеков в общей части реализует объемный метод с прекращением подачи воды в канал, однако при его использовании применяются современные материалы, новые технологии их устройства и более точные средства измерений.

Изолированный отсек для определения фильтрационных потерь содержит две полимерные водонепроницаемые перемычки, которые закреплены в пазах облицовки, включающей экран из полимерных материалов с последующей их гидроизоляцией. Через отверстия пропущен металлополимерный трос для придания устойчивости перемычкам. Трос крепится к анкерным опорам на дамбах канала. Для исключения потерь на испарение между перемычками устанавливают тент из светонепроницаемой полимерной пленки, в которую впаяны поперечные тросы, исключаяющие его провисание. С внешней стороны каждой водонепроницаемой перемычки в заводских условиях выполнены карманы из полимерного материала, которые сообщаются с отсеком для определения фильтрационных потерь с помощью трех рядов отверстий в верхней, средней и нижней части водонепроницаемой перемычки. Внешнее полотнище кармана в верхней

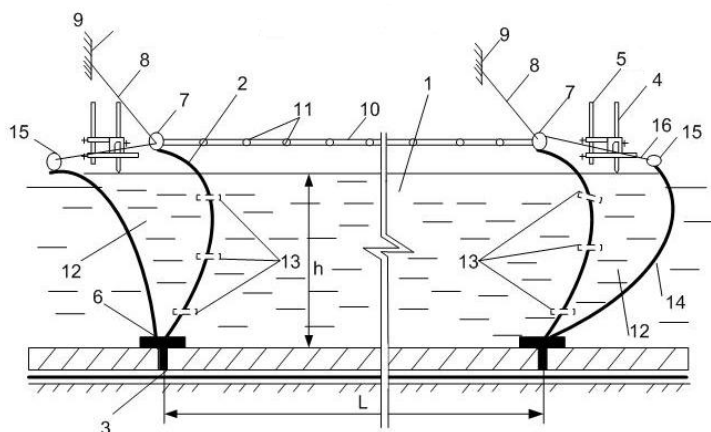
его части имеет монтажные петли, через которые оно закрепляется с перемычкой тросом к верхней его кромке в отверстиях. Для измерения уровня воды каждый карман оборудуется переносным игольчатым уровнемером (шпитценмасштабом) с ценой деления шкалы нониуса 0,1 мм, который закрепляется на металлической стойке, установленной в верхней части откоса выше измеряемого уровня воды.

На рисунках 1 и 2 показан изолированный отсек для определения фильтрационных потерь.



1 – отсек для измерения фильтрационных потерь; 2 – водонепроницаемая перемычка; 3 – карман; 4 – анкерная опора

**Рисунок 1 – Изолированный отсек для определения фильтрационных потерь**

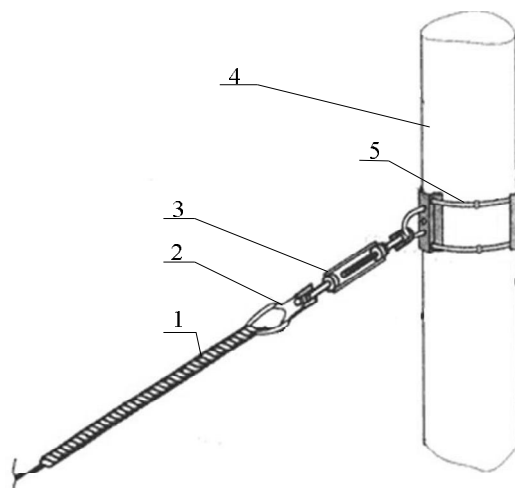


1 – отсек для измерения фильтрационных потерь; 2 – водонепроницаемая перемычка; 3 – паз; 4 – игольчатый уровнемер; 5 – металлическая стойка; 6 – гидроизоляция; 7 – отверстия; 8 – металлополимерный трос; 9 – анкерная опора; 10 – светонепроницаемая полимерная пленка; 11 – трос поперечный; 12 – карман; 13 – ряд отверстий; 14 – внешнее полотнище кармана; 15 – монтажные петли; 16 – трос

**Рисунок 2 – Карманы для измерения фильтрации**

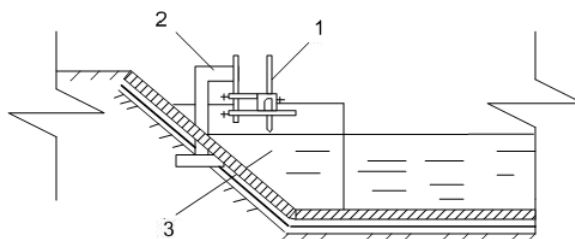
На рисунке 3 показан узел крепления тросов с береговым анкером, на рисунке 4 – крепление игольчатого уровнемера к откосу канала.

Технология монтажа конструкции изолированного отсека производится в следующей последовательности: после опорожнения канала средствами ручной механизации устраивают пазы на дне и откосах канала, на дамбах канала вручную монтируют анкерные опоры, производят закладку двух полимерных водонепроницаемых перемычек в пазы с последующей гидроизоляцией. Металлополимерный трос продевают в отверстия на перемычках и закрепляют на анкерных опорах внатяжку, таким образом две полимерные водонепроницаемые перемычки принимают устойчивое криволинейное положение.



1 – металлополимерный трос; 2 – коуш; 3 – талреп;  
 4 – береговой анкер; 5 – хомут ленточный

**Рисунок 3 – Узел крепления тросов с береговым анкером**



1 – игольчатый уровнемер; 2 – металлическая стойка; 3 – карман

**Рисунок 4 – Крепление игольчатого уровнемера к откосу канала**

Перемычки при малой ширине канала (менее 7–10 м) допускается устраивать при помощи ручной лебедки (ЛР-1 или УТМ-0,8), при ширине канала более 10 м монтаж ведут малым бульдозером (ЭО-2621) или трактором малой мощности (например, ХТЗ-3510). Между водонепроницаемыми перемычками натягивают тент из светонепроницаемой полимерной пленки, в которую заранее впаивают поперечные тросы, тросы присоединяют при помощи петель к анкерным опорам, которые расположены на дамбах канала.

При просачивании воды через облицовку канала уровень воды в изолированном отсеке и, соответственно, в карманах с внешней стороны изолированного отсека падает на величину  $\Delta h$  за время  $t$ . Затем определяют удельный фильтрационный расход и осредненный коэффициент фильтрации облицовки по формулам:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{\phi}}{L} = \alpha \frac{\Delta h}{t} (b + 2h_{cp} \sqrt{1 + m^2}), \quad (1)$$

$$k'_{обл} = \beta \frac{\Delta h \delta_{обл}}{t(h_{cp} + \delta_{обл})L}, \quad (2)$$

где  $q_{\phi}$  – удельный фильтрационный расход, л/(сут·м);

$Q_{\phi}$  – суммарный фильтрационный расход из изолированного отсека длиной  $L$ , л/сут;

$L$  – длина изолированного отсека, м;

$\alpha$  – коэффициент соответствия размерностей, равен  $8,64 \cdot 10^4$  л·с/(сут·мм·м<sup>2</sup>);

$\Delta h$  – падение уровня в кармане, мм;

$t$  – время, в течение которого происходит падение уровня воды на величину  $\Delta h$ , с;

$b$  – ширина канала по дну, м;

$h_{\text{cp}}$  – средняя глубина воды в изолированном отсеке, м;

$m$  – коэффициент заложения откосов;

$k'_{\text{обл}}$  – осредненный коэффициент фильтрации противофильтрационной облицовки, включающей экран из полимерных материалов, например геомембрану из полиэтилена или его отходов, см/с;

$\beta$  – коэффициент соответствия размерностей,  $\beta = 8,64 \cdot 10^{-5}$ ;

$\delta_{\text{обл}}$  – толщина облицовки, м.

Для апробации расчетных формул (1) и (2) были проведены расчеты удельного фильтрационного расхода и осредненного коэффициента фильтрации для четырех участков БСК-3: ПК 0 – ПК 12 + 00; ПК 12 + 00 – ПК 16 + 50; ПК 16 + 50 – ПК 24 + 50; ПК 24 + 50 – ПК 31 + 50.

В таблице 1 приведены результаты апробации нового способа определения потерь на фильтрацию (по патенту № 2530995) с данными натурных исследований на БСК-3.

Анализ полученных результатов показывает, что расхождение удельных потерь на фильтрацию колеблется в пределах 0,6–46,5 %, при этом наилучшая сходимость результатов получена на отсеках Ia ( $\varepsilon = 1,2$  %), III ( $\varepsilon = 0,6$  %) и IV ( $\varepsilon = 21,7$  %). В остальных случаях расхождение результатов определения потерь может быть обусловлено погрешностями при проведении натурных исследований, а также нарушением целостности облицовки на некоторых участках.

Рассматривая вопрос применимости расчетных формул (1) и (2) для количественного определения потерь из необлицованных каналов, провели сравнительные расчеты по предложенным зависимостям, а также по уже известным формулам для случая свободной фильтрации.

Расчет фильтрационного расхода выполнялся по теоретическим формулам В. В. Ведерникова, Б. К. Ризенкампа и А. Н. Костякова [2–4]:

$$q_{\text{ф}} = k_{\text{ф}} (B_{\text{cp}} + A \cdot h_{\text{cp}}), \quad (3)$$

где  $q_{\text{ф}}$  – удельный фильтрационный расход, л/(сут·м);

$k_{\text{ф}}$  – коэффициент фильтрации грунта основания, м/сут;

$B_{\text{cp}}$  – ширина канала по урезу, м:

$$B_{\text{cp}} = \varepsilon + 2mh_{\text{cp}};$$

$\varepsilon$  – ширина по дну, м;

$m$  – коэффициент заложения откосов канала;

$h_{\text{cp}}$  – средняя глубина воды в канале, м;

$A$  – коэффициент, определяемый по СНиП 2.06.03-85 [4].

$$q_{\text{ф}} = k_{\text{ф}} \cdot \mu (B_{\text{cp}} + 2 \cdot h_{\text{cp}}) \text{ при } \frac{\varepsilon}{h_{\text{cp}}} < 4, \quad (4)$$

где  $\mu$  – коэффициент, определяемый в зависимости от  $m$  и  $\frac{\varepsilon}{h_{\text{cp}}}$ .

$$q_{\text{ф}} = k_{\text{ф}} (\varepsilon + 2 \cdot v \cdot h_{\text{cp}} \cdot \sqrt{1 + m^2}), \quad (5)$$

где  $v$  – коэффициент, учитывающий боковое поглощение воды в откосы канала.



**Таблица 1 – Результаты апробации нового способа определения потерь на фильтрацию (по патенту № 2530995) с данными натуральных исследований на канале с облицовкой БСК-3**

Натурные данные по отсекам на БСК-3 [1]								Расчетные данные по новому способу определения потерь	
Отсек	Расположение отсека в канале, км	Длина отсека $L$ , м	Средняя глубина воды в отсеке $h_{\text{ср}}$ , м	Период наблюдений $t$ , сут	Падение уровня воды $\Delta h$ , мм	Удельные потери на фильтрацию $q_{\text{ф}}$ , $\text{м}^3/(\text{сут}\cdot\text{м})$	Средний коэффициент фильтрации облицовки $k_{\text{обл. ср}}$ , см/с	Удельные потери на фильтрацию $q_{\text{ф}}$ , $\text{м}^3/(\text{сут}\cdot\text{м})$	Расхождение с натурными данными $\varepsilon$ , %
Ia	0,0–1,2	1200	2,80	8,12	844	2,000	$5,53 \cdot 10^{-6}$	1,976	1,2
Iб	0,0–1,2	1200	2,80	8,64	285	0,458	$1,26 \cdot 10^{-6}$	0,628	37,1
II	1,20–1,65	450	2,90	9,00	180	0,729	$2,28 \cdot 10^{-6}$	0,390	46,5
III	1,65–2,45	800	2,87	10,00	90,5	0,174	$0,61 \cdot 10^{-6}$	0,175	0,6
IV	2,45–3,15	700	2,16	8,75	280	0,657	$2,84 \cdot 10^{-6}$	0,514	21,7
Примечание – На отсеке Ia приведены данные наблюдений до проведения инъекции цементным раствором под плитами, на отсеке Iб – после проведения инъекций.									

Исходные данные для расчета удельных потерь на фильтрацию из канала в земляном русле представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Исходные данные для расчета удельных потерь на фильтрацию из канала в земляном русле**

Длина участка (отсека) $L$ , м	Средняя глубина воды в отсеке $h_{cp}$ , м	Период наблюдений $t$ , сут	Падение уровня воды $\Delta h$ , м	Заложение откосов $m$	Ширина канала по дну, м	Коэффициент $\nu$	Коэффициент $\mu$
50	1,75	1,0	0,5	2,0	3,0	1,25	0,62

Результаты расчетов, а также их расхождения сведены в таблицу 3.

**Таблица 3 – Результаты расчета удельных потерь на фильтрацию из канала в земляном русле**

Удельные потери на фильтрацию $q_{\phi}$ , м <sup>3</sup> /(сут·м)				Расхождение $\varepsilon$ , %		
по формуле (1) (метод изолированных отсеков)	по формуле (3) (В. В. Ведерникова)	по формуле (4) (Б. К. Ризенкампа)	по формуле (5) (А. Н. Костякова)	с формулой (3)	с формулой (4)	с формулой (5)
5,41	8,1	5,02	4,73	33,2	7,3	14,4

Сопоставление результатов расчета по методике изолированных отсеков с результатами, полученными по уже известным зависимостям, показало близкие значения с расхождением в пределах 7,3–14,4 %, что свидетельствует об их достоверности и возможности применения предлагаемой зависимости в практике определения потерь. Несмотря на полученные достаточно сходимые результаты расчетов по методу изолированных отсеков и зависимости В. В. Ведерникова, имеются существенные расхождения в 33,2 %, что объясняется неучетом во втором случае коэффициентов, зависящих от величины коэффициента заложения откосов канала, которые в свою очередь присутствуют в зависимостях (4) и (5).

Таким образом, представленный анализ расчетов свидетельствует о возможности применения расчетных зависимостей метода изолированных отсеков (1) и (2) для определения потерь из облицованных каналов, кроме того, проведенные расчеты показали, что зависимость (1) может применяться для определения фильтрационного расхода из каналов в земляном русле.

#### Список использованных источников

1 Бойчаров, Ю. У. Применение пленочных противофильтрационных экранов для ремонтных работ Большого Ставропольского канала / Ю. У. Бойчаров, Ю. М. Косиченко, Б. И. Сергеев // Гидротехническое строительство. – 1981. – № 6. – С. 40–43.

2 Ведерников, В. В. Теория фильтрации и ее применение в области ирригации и дренажа / В. В. Ведерников. – Л.; М.: Госстройиздат, 1939. – 248 с.

3 Ризенкампа, Б. К. Гидравлика грунтовых вод. Ч. 1 / Б. К. Ризенкампа. – Саратов: Уч. Зап. Саратовского ун-та, 1938.

4 Аверьянов, С. Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод / С. Ф. Аверьянов. – М.: Колос, 1982. – 237 с.

УДК 626.823.916:556.55:626.8.034.93

**Н. А. Кильдишев**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург,  
Российская Федерация

**О. А. Баев**

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

### **НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ**

*В статье приведен обзор отечественных исследований в области противофильтрационной защиты оросительных каналов и водоемов с применением полимерных пленочных, геосинтетических и геокомпозитных материалов. Основной проблемой, существующей с 70-х гг. прошлого века в нашей стране, являются большие потери на фильтрацию при транспортировке воды в зонах орошения. В то время нашли широкое применение полимерные полиэтиленовые пленки, как наиболее надежное противофильтрационное мероприятие. В настоящее время полимерные пленки не удовлетворяют современным требованиям по надежности, безопасности и противофильтрационной эффективности, а конструкции облицовок и экранов на их основе морально устарели. Поэтому применение геосинтетических материалов является наиболее эффективным и экологически безопасным мероприятием не только для уменьшения фильтрационных потерь, но и для исключения различных загрязнений.*

*Ключевые слова: противофильтрационный экран, полимерные материалы, пленка, геомембрана, геотекстиль, геокомпозиты.*

В связи с возрастающим дефицитом пресной воды во всех странах проблема ее хранения и транспортировки в зонах орошения Российской Федерации также становится все более актуальной. Наиболее целесообразным способом накопления пресной воды является строительство аккумулялирующих накопителей, собирающих выпавшие осадки и приток из различных внешних источников в осенне-зимний период.

Второй частью проблемы является предотвращение загрязнения водных горизонтов пресной воды агрессивными сточными сельскохозяйственными и промышленными отходами. Эта проблема также является сверхактуальной для большинства стран, за исключением самых малонаселенных.

Для всех объектов подобного назначения требуется надежный противофильтрационный элемент (ПФЭ), препятствующий фильтрационным потерям.

В 70-е гг. прошлого века в СССР были разработаны и успешно внедрены конструкции противофильтрационных экранов из полимерных полиэтиленовых пленок [1], отличающиеся высокой противофильтрационной степенью защиты, простотой и достаточной надежностью. В то время трудами И. Е. Кричевского [2] и В. Д. Глебова [3] было установлено, что деформационно-прочностных свойств полиэтиленовой пленки толщиной 200 микрон вполне достаточно для подобных сооружений с напором до 20 метров. Под руководством института «ВНИИВодГео» были разработаны общесоюзные строительные нормы СН 551-82 [4], регламентирующие весь процесс проектирования и строительства пленочных экранов и являющиеся до сих пор единственным действующим нормативным документом по этой теме.

Подобные накопители систем орошения с пленочными противофильтрационными экранами были широко внедрены в системе мелиоративных НИИ СССР и успешно строились в 70–80-е гг. прошлого века. Также широко они строились для хранения

жидких агрессивных стоков (шламонакопители, хвостохранилища, «белые моря», пруды-испарители, хранилища жидких животноводческих стоков и т. д.) во всех регионах Советского Союза.

Изначально экран представлял собой полимерную пленку, которая для сохранения ее целостности защищалась сверху и снизу слоями песчаного грунта. Отдельные рулоны пленки соединялись между собой в полевых условиях сваркой ручными аппаратами. Сверху на экран отсыпался грунтовый защитный слой в 0,5–0,8 м по всей поверхности дна и откосов накопителя. В связи с тем, что защитный слой отсыпался бульдозерами, основные повреждения пленка получала при этой операции. Объяснялось это тем, что в условиях ограниченного ассортимента имеющихся в СССР полимерных пленок во всех конструкциях использовалась светостабилизированная полиэтиленовая пленка толщиной 0,2 мм, имеющая низкую стойкость к прокалыванию.

В конце 70-х гг. прошлого века после появления новых геосинтетических материалов (ГСМ) в дорожном строительстве такой материал, как геотекстиль, стал использоваться в качестве защитных прокладок для уменьшения повреждаемости ПФЭ. Несколько нам известно, первыми объектами были оросительные водоемы в совхозах «Тайцы» и «Гомнтово», где применялся геотекстиль «Дорнит». В дальнейшем все проектируемые и строящиеся экраны имели защитные слои из более совершенных видов геотекстилей, которых к тому времени появилось несколько десятков. Однако в то время в СевНИИГиМ были разработаны и испытаны на опытных участках два оригинальных вида геотекстилей, саморазлагающийся материал из отходов переработки хлопка с семенами и удобрениями для крепления откосов накопителей с пленочными экранами и агротекстиль с гидрогелем для удержания воды в корнеобитаемом слое растений в районах полупустынь (в программе по спасению Аральского моря). К сожалению, в дальнейшем эти работы не получили продолжения.

80-е гг. прошлого столетия были самыми удачными для научных исследований, проектирования и накопления опыта строительства и контроля качества объектов с пленочными экранами [5]. В это время были разработаны геофизические методы контроля качества экрана после отсыпки защитных слоев, средства малой механизации для укрупнения пленочных полотнищ в цеховых условиях, аппараты для экструзионной сварки пленки в поле, проведены приемочные испытания агрегата для расстилки и сварки пленки на объектах строительства крупных водохозяйственных объектов (по программе переброски сибирских рек). Всего до 1990 г. в СССР было построено более 150 различных объектов (каналов, водоемов чистой воды, накопителей жидких агрессивных стоков, хранилищ твердых бытовых стоков) с единичными площадями от 1 до 100 га.

После 90-х годов прошлого столетия эти конструкции были повсеместно вытеснены новыми импортными, более прочными и толстыми листовыми мембранами на основе бутилкаучука, модифицированного полиэтилена. Все подобные материалы закупались у ведущих химических фирм-производителей Европы и Северной Америки. В 2000-е гг. было закуплено порядка десятка заводов для их производства, однако часть необходимых исходных компонентов в России не производится. Стоимость этих листовых мембран в 3–10 раз выше всей ранее применяемой конструкции пленочного экрана при гораздо большей материалоемкости. Однако, поскольку дефицит пресной воды с каждым годом увеличивается, подобные противофильтрационные мероприятия становятся все более актуальными.

В настоящее время в гидротехническом строительстве для противофильтрационной защиты различных сооружений (оросительных каналов, водоемов, накопителей, грунтовых и бетонных плотин) уже нашли широкое применение такие ГСМ, как

геомембраны [6], геотекстили, геосетки и другие полимерные материалы, обладающие различными свойствами и физико-техническими характеристиками.

ГСМ следует называть группу синтетических материалов на основе полимеров, применяемых для повышения технических характеристик грунтов и элементов строительных конструкций. Такие материалы сохраняют прочность даже при больших деформациях, воспринимают значительные растягивающие напряжения, долговечны, технологичны, экологически безопасны.

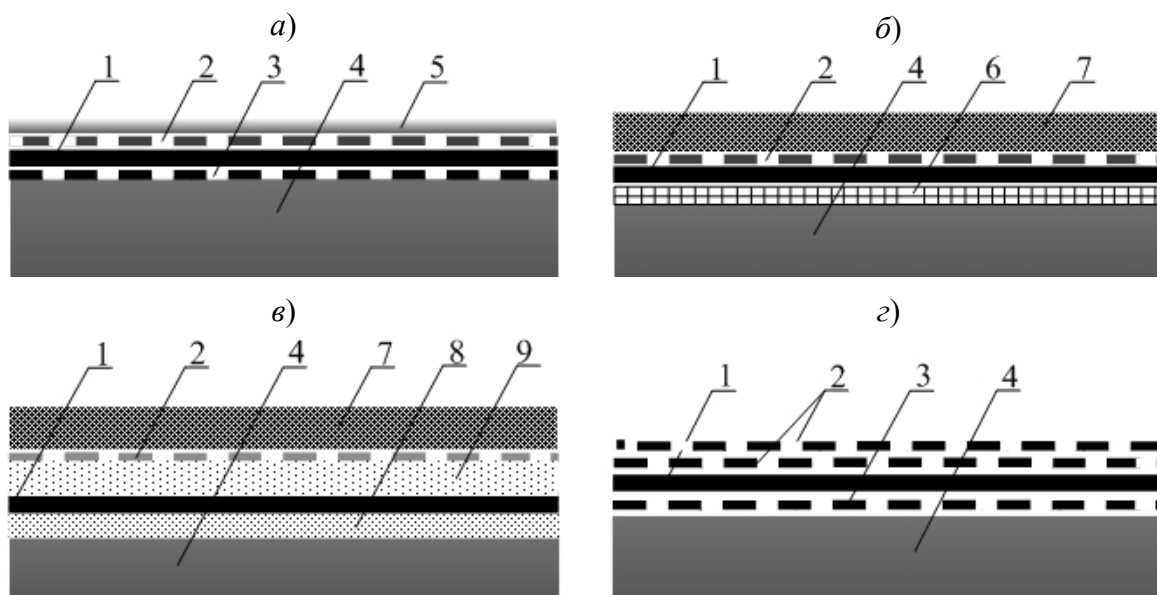
Основным показателем для ГСМ, используемых в противофильтрационных целях, является их водонепроницаемость, а используемых в дренажных целях – водопроницаемость [7].

Использовавшиеся ранее для противофильтрационных целей полимерные пленки (толщиной 0,2–0,4 мм) не удовлетворяют современным требованиям по надежности, безопасности и противофильтрационной эффективности [8], а конструкции облицовок и экранов на их основе морально устарели.

В последнее десятилетие полимерные геомембраны получили новый импульс развития и находят все большее применение в качестве противофильтрационных покрытий на оросительных каналах и накопителях отходов, но зарубежная практика использования ГСМ [9] значительно опередила российскую.

Необходимо отметить, что в последнее время в Российской Федерации возобновляются исследования физико-механических характеристик ГСМ [10], условий их применения на более современном уровне, разрабатываются высоконадежные конструкции экранов для различных видов ГТС [7]. На основании проведенных натурных, лабораторных и теоретических (в том числе компьютерных) исследований разрабатываются технические условия, требования и рекомендации по применению ГСМ [11].

Некоторые варианты высоконадежных конструкций противофильтрационных экранов для оросительных каналов, водоемов и накопителей защищены патентами на изобретения РФ (рисунок 1).



*а* – с полимерной геомембраной; *б* – с армирующим слоем; *в* – с глауконитовым песком; *г* – с двумя слоями геотекстиля поверх геомембраны

1 – полимерная геомембрана; 2 – тканый геотекстиль; 3 – нетканый геотекстиль;  
4 – грунтовое естественное основание; 5 – полимерный закрепитель поверхности;  
6 – геосетка; 7 – защитное покрытие; 8 – песчаное основание; 9 – глауконитовый песок

**Рисунок 1 – Высоконадежные конструкции противофильтрационных экранов**

Тип противofильтрационного покрытия следует назначать на основании сравнения технико-экономических показателей вариантов [12]. Технические требования к покрытиям с применением геомембран и (для сравнения) полиэтиленовой пленки приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Технические требования к противofильтрационной конструкции с применением геомембран и полиэтиленовой пленки**

Показатель	Значение показателя для ПФК	
	с геомембраной из ПЭВД и ПЭНД	с полиэтиленовой пленкой по ГОСТ 10354-82 [13]
Толщина ПФЭ, мм	Не менее 1,0	Не менее 0,2
Прочность ПФЭ при растяжении, МПа	Не менее 30,0 (33,0)	Не менее 12,0 (13,7)
Относительное удлинение ПФЭ при разрыве, %	Не менее 600 (600–900)	Не менее 400 (450)
Морозостойкость ПФЭ, °С	Не менее –70	Не менее –60
Сопrotивляемость ПФЭ продавливанию, Н	Не менее 120 (120–320)	-
Толщина защитного покрытия из бетона, см	Не менее 5,0	Не менее 5,0
Толщина защитного покрытия из грунта, см	Не менее 30,0	Не менее 50,0
Плотность защитных прокладок из геотекстиля, г/м <sup>2</sup>	Не менее 300	-
Осредненный коэффициент фильтрации ПФЭ $k'_{обл}$ , см/с	Не более $1 \cdot 10^{-8}$	Не более $0,5 \cdot 10^{-6}$ ( $0,48 \cdot 10^{-6}$ )
Удельные потери на фильтрацию через конструкцию с площади 1 м <sup>2</sup> $q_{обл}$ , л/(сут·м <sup>2</sup> )	Не более 0,1–0,2	Не более 5–7
Коэффициент полезного действия каналов $\eta_{обл}$	Не менее 0,96	Не менее 0,90–0,93
Вероятность безотказной работы облицовки $P_{обл}$	Не менее 0,97	Не менее 0,90
Срок службы экрана $\tau_{обл}$ , лет	Не менее 50 (80)	Не менее 25–30
Примечание – В скобках указаны требования по нормам (ГОСТ, ТУ и другим).		

При сравнении с требованиями к традиционным противofильтрационным экранам с полиэтиленовой пленкой толщиной 0,2–0,3 мм по ГОСТ 10354-82 [13] видно, что конструкции с геомембраной по многим показателям имеют более высокие требования. Это обусловлено необходимостью обеспечения их высокой надежности, противofильтрационной эффективности и долговечности.

При строительстве оросительных каналов возможны повреждения геомембраны, хотя их в 3–4 раза меньше, чем для пленочных экранов. Поэтому использование геомембран в ряде случаев не обеспечивает высокие показатели надежности и герметичности конструкций противofильтрационных экранов. С этой целью перспективно применение геокомпозитных материалов (ГКМ), практически полностью исключающих повреждение ПФЭ экрана, а следовательно, потери на фильтрацию и предотвращающих загрязнение грунтовых вод.

ГКМ – это комбинированные многофункциональные материалы, изготавливаемые путем объединения двух и более ГСМ (например, геомембраны и одного-двух слоев геотекстиля, геомембраны, совмещенной с георешеткой и геотекстилем) с различными свойствами. Составляющие ГКМ могут быть как ткаными, так и неткаными геоматериалами.

ГКМ обладают достоинствами по сравнению с другими ГСМ и вместе с тем более надежны, экономичны и технологичны в укладке, их противодиффузионная эффективность на четыре порядка выше, чем пленочных, и примерно на два порядка выше, чем геомембран.

В настоящее время представлен широкий спектр ГСМ отечественного производства с различными физико-механическими характеристиками, все они изготавливаются из полимерных материалов, благодаря чему не оказывают негативного воздействия на окружающую природную среду, в частности на грунтовые воды. Применение ГСМ и ГКМ позволит повысить надежность и улучшить эксплуатационные характеристики гидротехнических сооружений, а также расширить диапазон их использования.

Вместе с тем некоторые типы противодиффузионных конструкций, используемые за рубежом, в России не находят широкого применения, так как выбор типа ПФЭ, тех или иных конструктивных элементов необходимо осуществлять, принимая во внимание техническое состояние объекта, характеристики грунтов основания, климатические и другие факторы.

В свете изложенного представляется необходимым проведение цикла исследовательских и внедренческих работ по разработанным конструкциям ПФЭ (в том числе высоконадежным) с применением только отечественных современных материалов и собственных технологий. Основными вопросами при этом будут следующие:

- разработка многослойного экрана с оптимальным видом геотекстиля, исключая повреждаемость при отсыпке защитного грунтового слоя;
- доработка технологии строительства с применением контактного способа полевой сварки отдельных полотнищ полимерной геомембраны;
- подготовка технологии строительства малых водоемов – накопителей пресной воды модульного типа с экраном полной заводской готовности (без полевой сварки);
- разработка системы контроля качества сварных соединений и повреждаемости полимерных экранов в процессе строительства;
- создание новых видов геотекстилей с семенами трав для крепления откосов каналов и водоемов с полимерными экранами.

#### **Список использованных источников**

1 Защитные покрытия оросительных каналов / В. С. Алтунин, В. А. Бородин, В. Г. Ганчиков, Ю. М. Косиченко. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.

2 Кричевский, И. Е. Полиэтиленовые противодиффузионные экраны земляных хранилищ сточных вод / И. Е. Кричевский. – Л.: СевНИИГиМ, 1974. – 4 с.

3 Глебов, В. Д. Основные результаты исследований пленочных экранов во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева / В. Д. Глебов, В. П. Лысенко // Труды координационных совещаний по гидротехнике ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 1977. – Вып. 114. – С. 157–162.

4 Инструкция по проектированию и строительству противодиффузионных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов: СН 551-82. – М.: Стройиздат, 1983. – 40 с.

5 Кильдишев, Н. А. Исследование повреждаемости и разработка методов повышения противодиффузионных свойств пленочных экранов гидротехнических сооружений: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07 / Кильдишев Николай Александрович. – М., 1981. – 19 с.

6 Гладштейн, О. И. Геомембраны – уже не инновации, еще не классика / О. И. Гладштейн // Строительство и городское хозяйство в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. – 2012. – № 3. – С. 22–23.

7 Косиченко, Ю. М. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 239 с.

8 Мелиоративные системы и сооружения: СП 81.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 3.07.03-85: введ. в действие с 01.07.86. – М., 1986. – 23 с.

9 Шлее, Ю. Современные технологии строительства полигонов для захоронения отходов с использованием геосинтетических материалов / Ю. Шлее, Х. Н. Никогосов, А. А. Ткачев // Экология и промышленность России. – 2003. – № 1. – С. 18–22.

10 Золотозубов, Д. Г. Исследование сопротивления геосинтетических материалов продавливанию шариком / Д. Г. Золотозубов, О. А. Золотозубова // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2014. – № 4. – С. 138–146.

11 Рекомендации по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полимерных рулонных материалов / ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», СПб НИИ АКХ им. К. Д. Панфилова, ООО «Гидрокор». – СПб., 1999. – 40 с.

12 Чернов, М. А. Конструкции защитных облицовок каналов и водоемов с применением геосинтетических материалов [Электронный ресурс] / М. А. Чернов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2011. – № 3(03). – 13 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=37&id=42>.

13 ГОСТ 10354-82. Пленка полиэтиленовая. Технические условия. – Введ. 1983-06-30. – М.: Изд-во «Стандартинформ», 2007. – 53 с.

УДК 626.212

**Ю. М. Косиченко**

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

**Е. Г. Угроватова**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОНАДЕЖНЫХ ОБЛИЦОВОК ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ НА ФИЛЬТРАЦИЮ ИЗ КАНАЛОВ**

*В статье приводится сравнительный анализ применения различных облицовок крупных каналов комплексного назначения. В качестве облицовки рассматривается в том числе современный геосинтетический материал. Целью расчета является определение потерь на фильтрацию и снижения уровня грунтовых вод при различных вариантах канала. На примере Большого Ставропольского канала и Донского магистрального канала доказана высокая эффективность применения облицовки из современных материалов для снижения фильтрационных потерь и уровня грунтовых вод в зоне канала.*

*Ключевые слова:* канал комплексного назначения, фильтрация из канала, облицовка, геосинтетический материал.

**Общие положения.** Фильтрация из каналов оказывает сильное влияние на режим грунтовых вод, приводит к подъему их уровня в приканальной зоне, вызывая подтопление, заболачивание и засоление прилегающих к каналам территорий. Поэтому на этапе проектирования необходимо предусмотреть мероприятия, снижающие потери воды из канала.



Крупные каналы в земляных руслах, по существу, являются источником питания грунтовых вод и создания местного напора, так как поддерживают их уровень на высоких отметках [1]. Вследствие этих двух причин амплитуды колебания уровня грунтовых вод в зоне влияния каналов весьма значительны. При исходном глубоком залегании грунтовых вод скорость подъема уровня в полосе влияния каналов обычно максимальная и составляет 2,5–3,0 м/год и более.

В зоне влияния крупных каналов формируется весьма своеобразный вид техногенного (ирригационного) режима грунтовых вод [1]. Именно в полосе влияния каналов, если не провести необходимых мелиоративных мероприятий, процессы заболачивания и засоления возникают в первую очередь.

В предыдущих работах авторов (2013) [2, 3] предложены критерии гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности крупных каналов, которые включают в качестве основного показателя КПД канала. В свою очередь, величина КПД определяется главным образом потерями на фильтрацию.

Потери на фильтрацию из крупных каналов в земляном русле зависят прежде всего от водопроницаемости (коэффициента фильтрации грунтов), а каналов в облицовке – от типа облицовки и характеристики ее водонепроницаемости (условного коэффициента фильтрации облицовки при наличии различных повреждений). В настоящее время для борьбы с фильтрацией из каналов широко используются современные геосинтетические материалы, обладающие высокой эффективностью, надежностью, значительным сроком службы [4].

Теоретические основы методов расчета фильтрационных сопротивлений рассматривались в работах В. М. Шестакова [5], А. Я. Олейника [6], А. И. Мурашко, Б. Ф. Серебренникова и других.

При фильтрационных расчетах дренажа, каналов и других сооружений широко применяется метод фильтрационных сопротивлений, который позволяет во многих случаях без особого снижения точности инженерных расчетов схематизировать сложные течения потоков и представлять их в виде, удобном для приложений [6].

Основные принципы метода фильтрационных сопротивлений заключаются в следующем. Влияние зон резкой деформации фильтрационных потоков, характеризующее падением уровня (напора) в них, может быть учтено фильтрационными сопротивлениями путем замены несовершенных границ совершенными, эквивалентными по фильтрационному расходу и картине фильтрации на некотором удалении от рассматриваемой границы. При такой замене зоны резко изменяющейся фильтрации исключаются из рассмотрения, а на расстоянии мощности слоя грунта основания образуется плановый поток с распределением напоров, которые соответствуют совершенным границам, доведенным до водоупора. Это существенно облегчает разработку методов фильтрационных расчетов дренажа, каналов, водоемов, противофильтрационных завес и гидротехнических сооружений.

**Расчет подпертой установившейся фильтрации из канала с различными типами облицовки.** Рассмотрим задачу подпертой фильтрации из канала в условиях установившегося движения при отсутствии приканального дренажа и наличии испарения с поверхности грунтовых вод применительно к земляному руслу в облицовке. При этом учтем однослойное и двухслойное грунтовое основание и наличие водоупора, залегающего на конечной глубине.

Решение этой задачи основывается на методе фильтрационных сопротивлений, разработанном для расчета горизонтального и вертикального дренажа А. Я. Олейником [6].

Расчетная схема для однослойного основания представлена на рисунке 1.

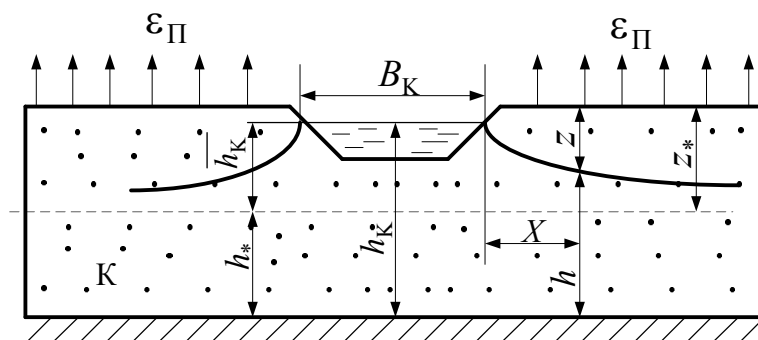


Рисунок 1 – Расчетная схема подпертой фильтрации из канала

Для определения удельного одностороннего расхода из канала в земляном русле используем известную формулу [6]:

$$q_K = T \frac{\overline{h_K}}{\Phi_K + \sqrt{Tz^*/\varepsilon_{\Pi}}}, \quad (1)$$

где  $T$  – средняя проводимость водоносной толщи, м<sup>2</sup>/сут;

$\overline{h_K}$  – разность уровней воды в канале и уровня грунтовых вод, м;

$\Phi_K$  – фильтрационное сопротивление, обусловленное гидродинамическим несовершенством канала, м;

$z^*$  – критическая глубина грунтовых вод, м;

$\varepsilon_{\Pi}$  – интенсивность испарения с поверхности почвы, м/сут.

В случае канала в облицовке расчетная зависимость удельного одностороннего фильтрационного расхода примет вид:

$$q_K = T \frac{\overline{h_K}}{\Phi_K + \Phi_{\text{ОБЛ}} + \sqrt{Tz^*/\varepsilon_{\Pi}}}, \quad (2)$$

где  $\Phi_{\text{ОБЛ}}$  – дополнительное фильтрационное сопротивление облицовки канала, м.

В вышеприведенных зависимостях согласно А. Я. Олейнику [6] принято:

$$T = k \left( h_* + \frac{\overline{h_K}}{2} \right),$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации грунта основания;

$$\overline{h_K} = h_K - h_*,$$

$$\Phi_K = \Phi_K' + 2\Phi_K'',$$

$$\Phi_K' = h_K f_K',$$

$$\Phi_K'' = h_K f_K'',$$

$$f_K' = \frac{B_K}{2h_K} - 1,466 \lg ch \frac{\pi B_K}{4h_K},$$

$$f_K'' = 0,733 \lg cth \frac{\pi B_K}{4h_K}.$$

Дополнительное сопротивление облицовки канала можно определить по следующим формулам:

- Ю. М. Косиченко [7]:

$$\Phi_{\text{ОБЛ}} = 2 \frac{k}{k'_{\text{ОБЛ}}} \delta_0, \quad (3)$$

где  $k'_{\text{ОБЛ}}$  – осредненный коэффициент фильтрации облицовки, м/сут;

$\delta_0$  – толщина облицовки, м;

- Л. Е. Чернышевской [8]:

$$\Phi_{\text{ОБЛ}} = \frac{\alpha'}{1-\alpha'} \cdot \frac{T \overline{h_K}}{q_K},$$

где  $\alpha'$  – коэффициент, определяемый в зависимости от отношений  $k/k_{\text{ОБЛ}}$ ,  $\Delta h/h_K$  и  $S_0$ ;

$\Delta h$  – потеря напора через облицовку.

Ввиду более простого определения  $\Phi_{\text{ОБЛ}}$  по выражению (3) рекомендуется использовать данную формулу. Глубину грунтовых вод вблизи канала определяем по формуле:

$$h = h_* + h'_K e^{-\bar{X}},$$

где для канала в земляном русле

$$h'_K = \overline{h_K} - \frac{q_K}{T} \Phi_K = \frac{\overline{h_K}}{a \Phi_K + 1},$$

$$\bar{X} = aX,$$

$$a = \sqrt{\frac{\varepsilon_{\text{П}}}{Tz_*}};$$

для канала в облицовке

$$h'_K = \overline{h_K} - \frac{q_K}{T} (\Phi_K + \Phi_{\text{ОБЛ}}) = \frac{\overline{h_K}}{a(\Phi_K + \Phi_{\text{ОБЛ}}) + 1}.$$

В случае двухслойного грунта расчет фильтрационного расхода проводим по формулам (1) или (2), для определения некоторых параметров используем другие формулы:

$$T = k_1 \left( h_* + \frac{\overline{h_K}}{2} \right) + k_2 m_2,$$

где  $k_1, k_2$  – коэффициенты фильтрации грунта первого и второго слоев;

$m_2$  – мощность второго слоя грунта, м;

$$\Phi'_K = \xi_0 \frac{k_2}{k_1} m f'_K(m) + \frac{k_1 - k_2}{k_1} m_1 f'_K(m_1),$$

где  $m = h_K + m_2$ , м;

$m_1$  – мощность первого слоя грунта, м,  $m_1 = h_K$ ;

$$\Phi''_K = \zeta_0 \frac{k_2}{k_1} m f''_K(m) + \frac{k_1 - k_2}{k_1} m_1 f''_K(m_1),$$

$$f'_K = \frac{B_K}{2m} - 1,4661 \lg ch \frac{\pi B_K}{4m},$$

$$f''_K = 0,7331 \lg cth \frac{\pi B_K}{4m},$$

где  $\xi_0, \zeta_0$  – поправочные коэффициенты, определяемые по графикам [6].

**Примеры расчетов.** По приведенным выше формулам на основании натуральных данных [9] произведем расчет фильтрации из Большого Ставропольского канала (БСК-1)

и Донского магистрального канала (ДМК). В качестве исходных данных в расчетах используются:

- для БСК-1:  $B_K = 52$  м;  $h_K = 10$  м;  $\varepsilon_{II} = 0,003$  м/сут;  $T = 103,75$  м<sup>2</sup>/сут;  $k_1 = 0,5$  м/сут;  $k_2 = 5,0$  м/сут;  $k'_{OБЛ} = 1,5 \cdot 10^{-6}$  см/с;  $k'_{OБЛ} = 10^{-8}$  см/с;  $k'_{OБЛ} = 1,1 \cdot 10^{-10}$  см/с;

- для ДМК:  $B_K = 67$  м;  $h_K = 15$  м;  $\varepsilon_{II} = 0,0033$  м/сут;  $T = 52,6$  м<sup>2</sup>/сут;  $k_1 = 0,2$  м/сут;  $k_2 = 1,0$  м/сут;  $k'_{OБЛ} = 1,5 \cdot 10^{-6}$  см/с;  $k'_{OБЛ} = 10^{-8}$  см/с;  $k'_{OБЛ} = 1,1 \cdot 10^{-10}$  см/с.

Основные результаты расчетов приведены в таблицах 1, 2.

**Таблица 1 – Результаты расчетов потерь на фильтрацию при различных условиях работы канала**

Наименование	Потери на фильтрацию на 1 м <sup>2</sup>			
	Земляное русло	С противofильтрационной облицовкой		
		бетонопленочная [10]	геосинтетическая [4]	геосинтетическая (европейские нормы) [4]
БСК-1	26,42	22,69	1,03	0,012
ДМК	16,53	15,28	1,23	0,015

В л/(сут·м<sup>2</sup>)

**Таблица 2 – Результаты расчетов изменения уровня грунтовых вод при различных условиях работы канала**

Наименование	Глубина грунтовых вод			
	Земляное русло	С противofильтрационной облицовкой		
		бетонопленочная	геосинтетическая	геосинтетическая (европейские нормы)
БСК-1	8,81	8,28	5,14	5,0
ДМК	13,54	13,35	11,19	11,0

В м

**Анализ результатов.** Анализ результатов расчета в таблице 1 показывает, что как для БСК-1, так и для ДМК потери на фильтрацию с бетонопленочной облицовкой близки к земляному руслу, что объясняется невысокой эффективностью облицовки. В то же время для высокоэффективной геосинтетической облицовки с использованием геомембраны толщиной 1,0–2,0 мм потери на фильтрацию снижаются соответственно более чем в 25 и 13 раз, а с учетом зарубежных требований и норм Евросоюза [4] – в 2200 и 1100 раз.

Согласно данным расчета, представленным в таблице 2, для случая с бетонопленочной облицовкой наблюдается незначительное снижение глубины грунтовых вод: для БСК-1 – на 0,53 м; для ДМК – на 0,2 м. При использовании геосинтетической облицовки снижение глубины грунтовых вод составит для БСК-1 3,67 м, для ДМК – 2,35 м.

#### Выводы

1 Приведены формулы для расчета фильтрационных потерь при различных вариантах работы канала: отсутствии и наличии противofильтрационной облицовки.

2 Сравнительный анализ применения различных облицовок на примере Большого Ставропольского канала (БСК-1) и Донского магистрального канала (ДМК) показал, что как по российским, так и европейским требованиям современные геосинтетические материалы обладают большей эффективностью при осуществлении противofильтрационных мероприятий.

#### Список использованных источников

1 Кац, Д. М. Мелиоративная гидрогеология / Д. М. Кац, И. С. Пашковский. – М.: Агропромиздат, 1988. – 256 с.

2 Косиченко, Ю. М. Гидравлическая эффективность и эксплуатационная надежность крупных каналов территориального перераспределения стока [Электронный ресурс] / Ю. М. Косиченко, Е. Г. Угроватова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2013. – № 2(10). – 18 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=171&id=183>.

3 Косиченко, Ю. М. Гидравлические и эксплуатационные критерии функционирования крупных каналов перераспределения стока / Ю. М. Косиченко, Е. Г. Угроватова // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2013. – № 5(174). – С. 62–66.

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

5 Шестаков, В. М. Динамика подземных вод: учеб. / В. М. Шестаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГУ, 1979. – 369 с.

6 Олейник, А. Я. Геогидродинамика дренажа / А. Я. Олейник. – Киев: Наукова думка, 1981. – 283 с.

7 Косиченко, Ю. М. Экологические аспекты фильтрации из каналов / Ю. М. Косиченко // Гидротехническое строительство. – 1991. – № 5. – С. 21–24.

8 Чернышевская, Л. Е. Создание водосберегающих конструкций каналов оросительных систем: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Чернышевская Людмила Ефимовна. – Киев, 2003. – 33 с.

9 Косиченко, Ю. М. Каналы переброски стока России / Ю. М. Косиченко. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 470 с.

10 Защитные покрытия оросительных каналов / под ред. В. С. Алтунина. – М.: ВО «Агропромиздат», 1998. – 160 с.

УДК 626.823.916

### **Ю. М. Косиченко**

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

## **РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ**

*Целью исследований являлся анализ этапов применения полимерных и геосинтетических материалов для противofильтрационных покрытий каналов, водоемов и прудов-накопителей за период 1930–2015 гг. Выделено шесть этапов развития исследований в этом направлении: от использования простейших грунтополимерных экранов, представляющих собой смесь грунта и отходов производства, пленочных экранов из нестабилизированного и стабилизированного полиэтилена толщиной от 0,05 до 0,4 мм до применения современных более надежных экранов из геосинтетических материалов – геомембран из полиэтилена высокого давления толщиной 1,0–3,0 мм и геокомпозитных материалов, представляющих сочетание двух-трех различных геосинтетических материалов. На основе опыта применения геосинтетических материалов в международной и российской практике предложена классификация таких материалов для противofильтрационных покрытий и дренажных систем. Анализ сводных данных показателей технической эффективности и надежности противofильтрационных устройств из геосинтетических материалов ведущих зарубежных и отечественных компаний позволил обосновать значения допускаемых показателей их водонепроницаемости с осредненным коэффициентом фильтрации  $10^{-8}$ – $10^{-10}$  см/с и*

нормативные показатели долговечности со сроком службы 50–100 лет, что соответствует расчетному сроку службы ГТС I–IV класса по действующим нормам.

*Ключевые слова:* геосинтетические материалы, противофильтрационные покрытия, классификация, показатели, техническая эффективность, надежность, водонепроницаемость, долговечность.

В статье в историческом аспекте за более чем 85-летний период рассматриваются этапы применения полимерных и геосинтетических материалов для противофильтрационных покрытий каналов, водоемов и прудов – накопителей жидких отходов. С этой целью выделяются шесть этапов развития исследований в этом направлении (таблица 1).

В начальный период (1930–1950 гг.) исследовались и стали применяться простейшие экраны, так называемые грунтополимерные, представляющие собой смесь грунта и отходов производства или полученные путем пропитки вяжущими (битумом, нефтью).

Затем на втором и третьем этапах (1950–1980 гг.) стали применяться пленочные экраны из полиэтилена или поливинилхлорида толщиной от 0,05 до 0,40 мм: в начале этого периода из нестабилизированной (сажей), а затем из стабилизированной пленки специально выпускаемой марки С для водохозяйственного строительства.

На четвертом этапе (1980–1990 гг.) как за рубежом, так и у нас в стране использовались листовые полимерные экраны из бутилкаучука и этилен-пропиленового каучука толщиной от 1,0 до 2,0 мм, обладающие большой гибкостью и относительным удлинением.

На пятом этапе у нас в стране (1990–2010 гг.) применяются уже новые, более надежные экраны из геосинтетических материалов, которые за рубежом нашли широкое применение значительно раньше, за 20–30 лет до этого. К данным материалам относятся геомембраны толщиной от 0,5 до 3,0 мм.

На последнем этапе (2010–2015 гг.) в настоящее время находят применение экраны из геокомпозитных материалов, представляющих собой сочетание двух или более геосинтетических материалов, например геомембраны и геотекстиля. Применение геокомпозитных материалов обеспечивает более высокую эксплуатационную надежность противофильтрационных покрытий с осредненным коэффициентом фильтрации  $10^{-8}$ – $10^{-10}$  см/с и сроком службы в пределах 50–100 лет.

**Таблица 1 – Этапы применения полимерных и геосинтетических материалов для противофильтрационных целей**

Этап	Год	Тип экрана	Характеристика материала	Противофильтрационный эффект, раз	Осредненный коэффициент фильтрации, см/с	Срок службы, лет
1	2	3	4	5	6	7
I	1930–1950	Грунтополимерный	Смесь грунта и отходов производства (гумбрин, КОСЖК и др.), пропитка грунта вяжущими (битумом и нефтью)	3–5	$10^{-4}$	$\leq 5$

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
II	1950–1960	Пленочный	Нестабилизованная пленка из ПЭ и ПВХ, $\delta = 0,05–0,10$ мм	5–10	$10^{-4}–10^{-5}$	5–7
III	1960–1980	Грунтопленочный, бетонопленочный	Стабилизированная пленка из ПЭВД (ПЭНП), $\delta = 0,2–0,4$ мм	10–100	$10^{-5}–10^{-6}$	20–40
IV	1980–1990	Листовой	Бутилкаучук и этиленпропиленовый каучук, $\delta = 1,0–2,0$ мм	10–20	$10^{-5}–10^{-6}$	10–25
V	1990–2010	Геосинтетический	Геомембрана из ПЭВД и ПЭНД, $\delta = 0,5–3,0$ мм	100–1000	$10^{-7}–10^{-8}$	25–50
VI	2010–2015	Геокомпозитный	Геокомпозит (геомембрана + геотекстиль) $\delta = 1,0–4,0$ мм	1000–10000	$10^{-8}–10^{-10}$	50–100

На разных этапах исследованиями и внедрением приведенных противофильтрационных покрытий в России и ближнем зарубежье занимались многие научно-исследовательские проектные и учебные институты: ВНИИВодполимер, ВНИИГ им. Б. Е. Веденева, Союзгипроводхоз, Севкавгипроводхоз, ВНИИГиМ, ЮжНИИГиМ (РосНИИПМ), СибНИИГиМ, УкрНИИГиМ, Укргипроводхоз, НИМИ (НГМА), МГМИ (МГУП), ГрузНИИГиМ, САНИИРИ. Среди ученых, сделавших большой вклад в исследование новых полимерных материалов для противофильтрационных экранов, следует отметить родоначальников этого направления И. Е. Кричевского, В. Д. Глебова, В. В. Сокольскую, А. А. Миронова, И. М. Елшина, а также их последователей В. П. Лысенко, Ю. М. Косиченко, А. Р. Гвенетадзе, Л. Е. Чернышевскую, С. Н. Ворошнова, А. Г. Алимова, Н. А. Кильдишева, В. А. Бородина, В. С. Родионова, В. Н. Белобородова, А. Р. Горбачева и других. Кроме того, в последние годы большую роль в применении геосинтетических материалов для противофильтрационных устройств сыграли В. П. Радченко, С. В. Сольский, В. А. Белов, А. В. Ищенко, М. А. Чернов, О. И. Гладштейн, О. А. Баев и другие.

В настоящее время геосинтетические материалы нашли уже широкое применение в гидротехническом строительстве за рубежом [1]. Они применяются в качестве противофильтрационных устройств, дренажей, армирующих элементов, а также в виде берегозащитных и берегоукрепительных конструкций для откосов грунтовых дамб, плотин и для защиты поверхности бетонных плотин.

Геосинтетические материалы относятся к полимерным материалам с высокой молекулярной массой, макромолекулы которых состоят из большого числа повторяющихся молекулярных звеньев и включают атомы углерода с ковалентными связями. Такие материалы воспринимают значительные растягивающие напряжения, сохраняют прочность даже при больших деформациях, однородных по своему качеству, долговечны, технологичны и эффективны в строительстве [2].

Активное применение геосинтетических материалов или геосинтетиков при возведении гидротехнических и мелиоративных сооружений началось в разных странах мира в конце 50-х гг. прошлого столетия. Первоначально это были тонкие пленочные покрытия. Исследования фильтрационных потерь, проведенные в натуральных условиях ЮжНИИГиМ на облицованных каналах Северного Кавказа [3], показали, что даже применение пленочных облицовок при хорошем качестве их строительства обеспечивает высокий технический КПД каналов (до 0,97–0,98).

В дальнейшем по мере развития технологии производства, повышения качества, долговечности начался выпуск геомембран с более высокими физико-механическими свойствами увеличенной толщины от 1,0 до 3,0 мм. Кроме того, стали выпускаться и различные типы геотекстилей. Так как геомембраны были предназначены для противofильтрационных целей, их коэффициент фильтрации в конструкциях облицовок принимался не более  $10^{-8}$  см/с, а геотекстили выпускались проницаемыми с коэффициентом фильтрации не менее 30 м/сут.

Однако в России на сегодня в гидротехническом строительстве геосинтетические материалы используются очень редко, в основном при устройстве фильтрующих и изоляционных элементов грунтовых плотин [4]. Такое же положение наблюдается в водохозяйственном и мелиоративном строительстве, где находит применение только геотекстура для дренажа. Большее применение у нас в стране находят лишь геомембраны для гидроизоляции природоохранных сооружений (прудов-накопителей, шламохранилищ, хвостохранилищ) [5].

С учетом опыта применения геосинтетических материалов в международной практике и в России автором совместно с О. А. Баевым предложена усовершенствованная классификация геосинтетических материалов, применяемых в гидротехническом строительстве для противofильтрационных покрытий и дренажных систем (рисунок 1) [6], которая включает в себя классификацию по версии IGS – Международного геосинтетического общества. В скобках приводятся символы, которыми обозначаются различные виды геосинтетиков по версии IGS.

В данной классификации геосинтетические материалы разделяются на две группы: водонепроницаемые и водопроницаемые. К водонепроницаемым относятся геомембраны, которые могут изготавливаться из полиэтилена высокого и низкого давления, поливинилхлорида, полипропилена, этиленпропилена и битума. К ним также относятся геокомпозитные материалы, представляющие собой сочетание двух-трех различных геосинтетических материалов (например: геомембрана и геотекстиль, геомембрана и георешетка, геомембрана, георешетка и геотекстиль), а также бентонитовые маты на основе кальциевого или натриевого наполнителя.

Водопроницаемые материалы делятся на две группы: геотекстильные и геотекстильноподобные материалы. К геотекстильным относятся различного типа геотекстили нетканые и тканые, а также геоткани. В свою очередь, геотекстильноподобные материалы включают георешетку, геосетку, геоматы, дренажные маты и другие виды.

В таблице 2 приведены сводные данные о технической эффективности и эксплуатационной надежности, в частности показатель водонепроницаемости (допускаемое значение осредненного коэффициента фильтрации геомембраны или бентомата, соответственно  $k'_{ГМ,доп}$  или  $k'_{БМ,доп}$ ) и показатель долговечности (нормативное значение сока службы геомембраны или бентомата, соответственно  $\tau_{ГМ,нор}$  или  $\tau_{БМ,нор}$ ), которые приняты по данным зарубежных компаний и организаций России [7].





**Таблица 2 – Сведения о показателях технической эффективности и эксплуатационной надежности геомембран и бентоматов в конструкциях противофильтрационных экранов**

Показатель	Компания	Тип материала	Требуемое значение
Показатель водонепроницаемости полимерной геомембраны $k'_{ГМ.ДОП}$ , см/с	Компания Carpi (Швейцария) [7]	ПВХ	$10^{-8}-10^{-10}$
	По данным зарубежных компаний [1]	ПВХ и ПЭ	$10^{-12}-10^{-13}$
	Международный институт геосинтетиков (США) [7] (G-RI GM 13, GRI GM 17) [5, 6]	ПЭВД и ПЭНД	$(1,10-2,32) \cdot 10^{-10}$
	ФГБНУ «РосНИИПИМ» [5, 6]	То же	не более $10^{-8}$
	ООО СК «Гидрокор» [7] (ТУ 5774-002-39504194-97)	То же	$(1,10-2,32) \cdot 10^{-10}$
Коэффициент фильтрации бентоматов $k_{БМ.ДОП}$ , см/с	Бентоматы Nabento, компания Huesker (Германия)	Тканый и нетканый геотекстиль, бентонит	$5 \cdot 10^{-9}$
	Бентоматы Ventofix, компания NAUE (Германия)	То же	$5 \cdot 10^{-10}$
	Бентоматы Ventomat, Volclay, компания Cetco (Польша)	То же	$(3/7) \cdot 10^{-9}$ $5 \cdot 10^{-10}$
Требования к проницаемости геологического барьера (экрана) $k_{1,5}$ , см/с	Директива Евросоюза № 1999/31 для полигонов захоронения: - опасных и неопасных отходов; - инертных отходов [7]	-	Не более $1 \cdot 10^{-7}$ Не более $1 \cdot 10^{-5}$
Показатель долговечности (срока службы) геомембраны $\tau_{ГМ.НОР}$ , лет	Компания Carpi (Швейцария) [7]: - для защищенных геомембран под водой; - для постоянно открытых геомембран	ПВХ	200 50
	Немецкий институт технического строительства DIBT	ПЭВД и ПЭНД	500
	Компания «Техполимер» (ТУ 2246-001-56910145-2004)	ПЭВД и ПЭНД	Не менее 25
	Компания «Полипайн»	То же	80
	ФГБНУ «РосНИИПИМ» [5, 6]	То же	Не менее 50
Срок службы бентоматов $\tau_{БМ.НОР}$ , лет	Бентоматы Ventofix, компания NAUE (Германия)	То же	Не менее 200
	Бентоматы EVROBENT 5000, компания EVROBENT (Польша)	То же	Гарантийный 50

Анализ этих данных свидетельствует о большом разбросе значений допускаемых показателей водонепроницаемости и долговечности, отличающихся в ряде случаев на два-четыре порядка. В связи с этим предлагается принять в качестве рекомендуемого допускаемого значения показателя водонепроницаемости геомембраны верхний предел

численных значений  $k'_{ГМ,доп} = 10^{-8} - 10^{-10}$  см/с, что пойдет в запас расчета при проектировании и эксплуатации объектов с облицовками из полимерных геомембран.

В качестве рекомендуемого нормативного срока службы геомембраны в конструкциях противofильтрационных облицовок могут использоваться значения, близкие к нижнему пределу:  $\tau_{ГМ,нор} = 50 - 100$  лет, что также идет в запас расчета и будет соответствовать принятому расчетному сроку службы ГТС согласно СП 58.13330.2012 для сооружений I–IV класса.

Применительно к бентоматам (таблица 2) могут быть рекомендованы следующие значения допускаемых (нормативных) показателей:  $k'_{БМ,доп} = 5 \cdot 10^{-9}$  см/с;  $\tau_{БМ,нор} = 50 - 100$  лет.

### Выводы

1 Представлены этапы применения полимерных и геосинтетических материалов для противofильтрационных целей за период 1930–2015 гг., в котором выделены шесть этапов развития исследований в этом направлении.

2 Несмотря на длительный период развития исследований и применения полимерных и геосинтетических материалов в мировой и отечественной практике для различных противofильтрационных устройств, они еще недостаточно используются в России для облицовки каналов, водоемов и грунтовых плотин.

3 Предложена классификация геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве для противofильтрационных покрытий и дренажных систем, в которой все материалы разделяются на две группы: водонепроницаемые и водопроницаемые.

4 Анализ сводных данных о технической эффективности и эксплуатационной надежности противofильтрационных устройств из геосинтетических материалов ведущих зарубежных и отечественных компаний позволил обосновать значения допускаемых и нормативных показателей их водонепроницаемости и долговечности, внедрение которых обеспечит прогресс в этой области.

### Список использованных источников

1 Радченко, В. Г. Применение геосинтетических материалов при строительстве плотин / В. Г. Радченко, В. М. Семенов // Гидротехническое строительство. – 1992. – № 10. – С. 50–54.

2 Полимерные пленочные материалы / под ред. В. Е. Гуля. – М.: Химия, 1976. – 370 с.

3 Косиченко, Ю. М. Исследования фofильтрационных потерь из каналов оросительных систем / Ю. М. Косиченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 24–25.

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

5 Косиченко, Ю. М. Гибкие конструкции противofильтрационных и берегоукрепительных покрытий с применением геосинтетических материалов / Ю. М. Косиченко, А. В. Ломакин // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2012. – № 5. – С. 73–79.

6 Косиченко, Ю. М. Противofильтрационные покрытия из геосинтетических материалов / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 239 с.

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

УДК 627.824.034.92:66.067.12

**О. А. Баев, А. Е. Ларионова**

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

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГТС ТАМБОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

*В статье приведен обзор отечественной научно-технической литературы и зарубежных исследований Международной комиссии по большим плотинам по вопросам обеспечения фильтрационной безопасности плотин. Выполненный обзор показывает, что более 30–40 % аварий и разрушений грунтовых плотин происходит вследствие воздействия фильтрации и фильтрационных деформаций. Поэтому дальнейшее совершенствование конструкций противофильтрационных и дренажных элементов плотин в настоящее время является важной задачей. На основании анализа существующих противофильтрационных конструкций, в том числе высоконадежных, применяемых для оросительных каналов, водоемов и накопителей, а также технического состояния гидротехнических сооружений, геологических и других условий для обеспечения безопасности и надежности плотины Тамбовского водохранилища было предложено техническое решение по устройству противофильтрационного экрана и комбинированного дренажа с использованием геосинтетических материалов.*

*Ключевые слова:* безопасность, геосинтетические материалы, геомембрана, геотекстиль, фильтрация, противофильтрационный экран, дренаж.

Надежность и безопасность различных гидротехнических сооружений (ГТС), в том числе плотин, в значительной степени определяются фильтрационной прочностью. С учетом большого количества плотин, имеющих в мире, безопасная эксплуатация этих сооружений имеет большое социальное, экономическое и экологическое значение. Авария плотины может повлечь за собой крайне негативные последствия, включая большие человеческие жертвы. Для стран с большим числом плотин вопрос обеспечения их безопасности приобретает особую остроту [1].

По данным Международной комиссии по большим плотинам (СИГБ) [2], во всем мире насчитывается более 800 тысяч плотин различных типов, из которых около 50 тысяч имеют высоту более 15 метров. Накопленная информация [2] свидетельствует о более чем тысяче случаев повреждения и сотне случаев разрушения плотин подобных размеров. Определенная по этим данным среднегодовая частота разрушений составила  $(0,5-2,0) \cdot 10^{-4}$  для бетонных и  $(2,5-5,0) \cdot 10^{-4}$  для грунтовых плотин. Современные плотины, построенные в 70-е гг. прошлого столетия, имеют среднюю вероятность разрушения порядка  $10^{-5}$ . Необходимо учитывать также, что вероятность аварий плотин начинает неуклонно повышаться при возрасте сооружений более 30–50 лет.

Мировой опыт плотиностроения показывает, что более 30–40 % аварий и разрушений грунтовых плотин происходит вследствие воздействия фильтрации и фильтрационных деформаций [3]. Поэтому дальнейшее совершенствование конструкций противофильтрационных и дренажных элементов плотин в настоящее время является важной задачей.

Вопросам проектирования грунтовых плотин, оценке их надежности и фильтрационной безопасности посвящены работы многих ученых, среди которых необходимо выделить труды Р. Р. Чугаева [4], Е. Н. Беллендира [5], Д. В. Стефанишина [6],

С. В. Сольского [7], О. М. Финагенова [8], Н. А. Анискина [9], А. Н. Анахаева [10] и многих других [11].

Применение полимерных материалов в качестве противofильтрационных элементов грунтовых плотин началось еще в первой половине прошлого века [12]. При устройстве противofильтрационных экранов полиэтиленовая пленка, как правило, использовалась в сочетании с защитными прокладками, повышающими устойчивость пленочных конструкций к различным повреждениям. В качестве защитных прокладок применялись стеклоткани, поролон, рубероид, различные рулонные пластмассовые материалы, резина, дополнительные слои пленки и другие.

Наиболее крупным гидротехническим сооружением с противofильтрационным экраном из полиэтиленовой пленки, построенным в СССР в 1980 г., является плотина Атбашинской ГЭС (Киргизия). Центральная вертикальная полиэтиленовая диафрагма была выполнена из трех слоев полиэтиленовой пленки толщиной 0,6 мм, стабилизированной сажей. Средний слой пленки представляет собой собственно водонепроницаемый элемент диафрагмы, а прилегающие к нему с обеих сторон дополнительные слои защищают средний слой от случайных повреждений в период строительства и продавливания частицами грунта в эксплуатационный период [13].

В дальнейшем по мере развития технологии производства, качества исходного сырья начался выпуск и других, более прочных материалов – геосинтетических, обладающих преимуществами перед тонкими пленочными.

В настоящее время в гидротехнической практике накоплен уже большой опыт применения геосинтетических материалов (геомембран) в качестве противofильтрационных элементов грунтовых плотин, а геотекстилей – в качестве защитных прокладок и дренажных устройств. Некоторые примеры плотин с геомембранами обобщены и приведены в работе В. Г. Радченко и В. М. Семенкова [14].

В заграничной практике наибольшая высота грунтовой плотины с экраном из геомембраны составляет 91 м (плотина Бовилл, Албания, 1996 г.). При устройстве водонепроницаемого экрана плотины использовалась прессованная поливинилхлоридная геомембрана, соединенная с полиэфирным нетканым геотекстилем горячим вальцеванием. Такой геокомпозит (толщиной 3 мм) был развернут из рулонов от гребня дамбы вниз по верховому откосу, имеющему заложение 1:1,6. Каждый рулон покрывал всю длину откоса, что исключало необходимость устройства горизонтальных швов [13].

Опыт применения геомембран в качестве водонепроницаемых систем накоплен швейцарской компанией Saipi Tech, и в частности А. М. Скуеро [15], который принимал участие в проектировании и выполнении гидроизоляционных работ более чем на 170 ГТС, включая 60 плотин. Накопленный А. М. Скуеро опыт [15] показывает, что конструкции экранов с применением геомембран функционируют на больших ГТС абсолютно удовлетворительно при крайне низких протечках и способны без повреждений выдержать значительные осадки и деформации.

На основании анализа существующих противofильтрационных конструкций, в том числе высоконадежных, применяемых для оросительных каналов, водоемов и накопителей [16], а также технического состояния ГТС, геологических и других условий при реконструкции плотины Тамбовского водохранилища была подобрана оптимальная конструкция экрана, включающая противofильтрационный элемент из геомембраны и защитный слой из тканого геотекстиля.

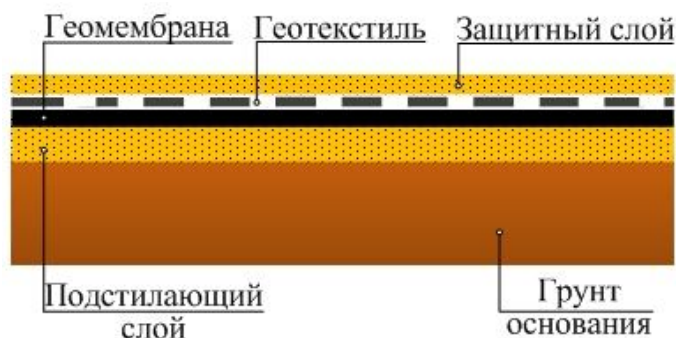
Противofильтрационный экран устраивается следующим образом.

Осуществляется удаление с экранлируемой поверхности остроугольных и недопустимых по крупности частиц грунта ( $d \geq 10$  мм), корневищ и других включений, которые могут привести к проколу и разрыву полимерного геомембранного полотна. Перед укладкой геомембраны, выполненной из полиэтилена высокого давления

(ПЭВД) толщиной 1,5 мм с прочностью при разрыве не менее 13 МПа, плотностью 950 кг/м<sup>3</sup> и относительным удлинением при разрыве не менее 100 %, производится уплотнение основания гладкими самоходными виброкатками в 2–3 прохода.

После укладки полимерной геомембраны внахлест, соединения методом горячего клина для ее защиты от механических повреждений защитным слоем грунта производится укладка полотна тканого геотекстиля («Дорнит» ТУ 8397-003-21506643-2003) с поверхностной плотностью более 450 г/см<sup>2</sup>, разрывной нагрузкой в продольном направлении не менее 450 %, в поперечном – не менее 510 %.

Конструкция комбинированного противофильтрационного экрана с использованием геомембраны и геотекстиля приведена на рисунке 1.



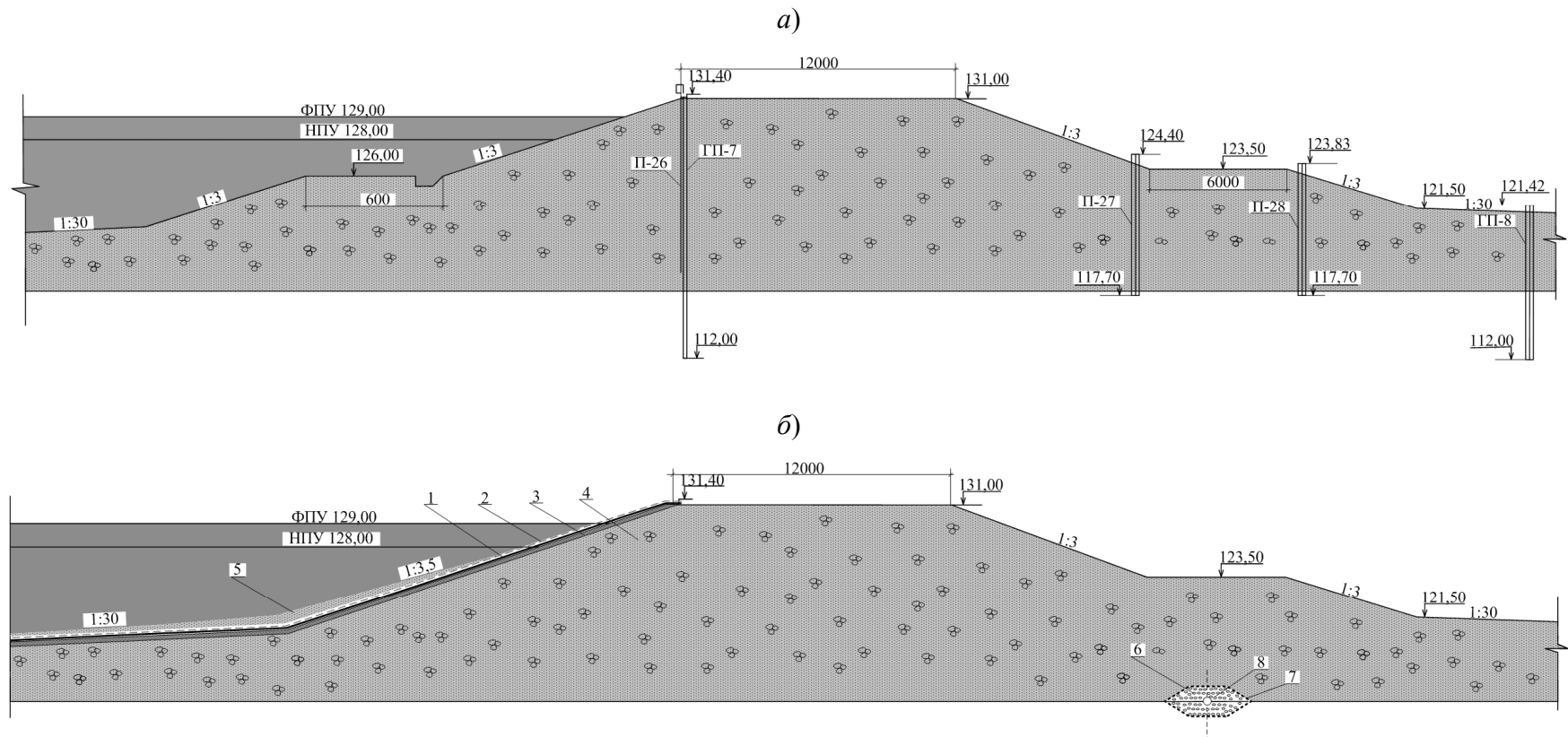
**Рисунок 1 – Конструкция комбинированного противофильтрационного экрана**

Устройство противофильтрационного экрана с использованием геосинтетических материалов на грунтовой плотине приведено на рисунке 2, на котором геомембрана укладывается на подготовленное грунтовое основание с защитной прокладкой из геотекстиля.



**Рисунок 2 – Устройство экрана с использованием геотекстиля и геомембраны на грунтовой плотине**

Техническое решение по устройству водонепроницаемого экрана и комбинированного дренажа на плотине представлено на рисунке 3.



*a* – плотина до реконструкции; *б* – плотина с противофильтрационным экраном и дренажем  
 1 – геомембрана; 2 – нетканый геотекстиль; 3 – подстилающее основание; 4 – грунтовое основание;  
 5 – защитный слой грунта; 6 – комбинированный дренаж; 7 – тканый геотекстиль «Дорнит»;  
 8 – наполнитель из гальки и песка

**Рисунок 3 – Грунтовая плотина Тамбовского водохранилища**

Необходимо отметить, что для размещения геомембран рекомендуются следующие величины заложения верховых откосов плотин, сложенных различными грунтами [14]: для глинистых грунтов –  $1 \div (2,5-3,5)$ ; для супесчаных и пылеватых –  $1 \div (2,0-3,0)$ ; для песчаных и гравелистых –  $1 \div (1,5-2,0)$ ; для каменной наброски –  $1 \div (1,5-2,0)$ . При соответствующем обосновании и в зависимости от технического состояния плотины возможно применение геомембран и при других заложениях откосов.

Для регулирования положения кривой депрессии, организационного сбора и отвода фильтрационных вод, а также предотвращения возникновения фильтрационных деформаций выполняется дренажное устройство в теле грунтовой плотины (рисунок 3, б). По типу конструкции в данном варианте применяется комбинированный дренаж, включающий фильтрующий материал – заполнитель из гальки и песка, а также два слоя тканого геотекстиля «Дорнит» с поверхностной плотностью более  $600 \text{ г/м}^2$ .

Технические решения по ремонту и реконструкции дренажа грунтовых плотин представлены в работе С. В. Сольского [17], а детальные соответствующие расчеты по подбору гранулометрического состава фильтров и переходных зон, конструкций дренажных устройств в земляных плотинах приведены в учебном пособии «Гидротехнические сооружения (речные)» [18].

С экономической точки зрения стоимость экрана из геосинтетических материалов не будет превышать стоимость традиционного глиняного экрана. Конструкции экранов с применением геосинтетических материалов характеризуются большой деформационной способностью, а также обеспечивают высокие противофильтрационные свойства [19]. Применение комбинированного дренажа с двумя прокладками из тканого геотекстиля позволит производить отвод фильтрационных вод, тем самым обеспечивая надлежащую безопасность и надежность плотины Тамбовского водохранилища.

#### Список использованных источников

1 Брэдлоу, Д. Д. Нормативно-правовая база безопасности плотин. Сравнительный аналитический обзор / Д. Д. Брэдлоу, А. А. Пальмиери, М. А. Салман. – М.: «Весь мир», 2003. – 196 с.

2 Dam Safety in Central Asia: capacity building and regional cooperation. Water Series No 5 / Economic Commission for Europe. – New York and Geneva. 2007. – 101 p.

3 Ищенко, А. В. Оценка фильтрационной прочности грунтовой плотины с противофильтрационными устройствами / А. В. Ищенко, В. В. Вишневы, М. Ю. Косиченко // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2009. – Т. 256. – С. 23–32.

4 Чугаев, Р. Р. Земляные гидротехнические сооружения / Р. Р. Чугаев. – Л.: Энергия, 1967. – 486 с.

5 Беллендир, Е. Н. Методические основы, анализ и оценка риска аварий грунтовых плотин в Российской Федерации / Е. Н. Беллендир, С. В. Сольский, Н. Я. Никитина // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2000. – Т. 238. – С. 15–19.

6 Стефанишин, Д. В. К оценке надежности грунтовых противофильтрационных устройств (ядер, экранов) / Д. В. Стефанишин // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – Л.: Энергоиздат, 1990. – № 221. – С. 144–147.

7 Сольский, С. В. Оценка эффективности дренажных и противофильтрационных устройств бетонных плотин на скальном основании (на примере Бурейской ГЭС) / С. В. Сольский, О. И. Новицкая, С. В. Кубетов // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 4(48). – С. 28–38.

8 Финагенов, О. М. К вопросу оценки эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений / О. М. Финагенов, С. Г. Шульман // Известия ВНИИГ



- им. Б. Е. Веденеева. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1999. – Т. 234. – С. 7–15.
- 9 Анискин, Н. А. Расчет фильтрации в грунтовых плотинах численным методом / Н. А. Анискин, М. Е. Мемарианфард // Вестник МГСУ. – 2010. – № 1. – С. 169–174.
- 10 Анахаев, К. Н. О фильтрационном расчете земляных плотин с ядром / К. Н. Анахаев, Б. Х. Амшонов, А. В. Ищенко // Гидротехническое строительство. – 2006. – № 5. – С. 26–34.
- 11 Исследование фильтрации через каменно-земляную плотину Юмагузинского гидроузла на р. Белой / Ю. М. Косиченко, В. Л. Бондаренко, А. В. Ищенко [и др.] // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2000. – № 3. – С. 67–72.
- 12 Лысенко, В. П. Экспериментальное исследование пленочных противофильтрационных устройств плотин из местных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07 / Лысенко Владимир Павлович. – Л., 1973. – 29 с.
- 13 Плотины с противофильтрационными элементами из геосинтетических материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://studopedia.org/1-124979.html>, 2015.
- 14 Радченко, В. Г. Геомембраны в плотинах из грунтовых материалов / В. Г. Радченко, В. М. Семенов // Гидротехническое строительство. – 1993. – № 10. – С. 46–52.
- 15 Scuro, A. M. Repair of CFRDs with synthetic geomembranes in extremely cold climates / A. M. Scuro, G. L. Vaschetti // Proceedings, Hydro 2005 – Policy into practice. – Villach, 2005.
- 16 Косиченко, Ю. М. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 239 с.
- 17 Сольский, С. В. Основные технические решения по ремонту и реконструкции дренажа грунтовых плотин / С. В. Сольский // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2004. – Т. 243. – С. 193–203.
- 18 Гидротехнические сооружения (речные). Ч. 1: учеб. для вузов / Л. Н. Рассказов, В. Г. Орехов, Н. А. Анискин, В. В. Малаханов [и др.]. – М.: АСВ, 2008. – 576 с.
- 19 Баев, О. А. Противофильтрационные мероприятия на грунтовой плотине / О. А. Баев, А. М. Баева // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 56. – Ч. 1. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – С. 13–20.

УДК 626.823.91.004.57:678.7

**А. Ю. Гарбуз**

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

### **РЕМОНТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОК ДЛИТЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ КАНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

*В статье рассмотрены преимущества и недостатки применения полимерных композиций для исключения фильтрации из оросительных каналов. Особое внимание уделено полимеру «жидкая резина», его преимуществам и недостаткам, физико-механическим характеристикам, а также специальному оборудованию для его нанесения. Применение жидкой резины на оросительных каналах позволит обеспечить полную водонепроницаемость покрытий, снизить их шероховатость, а также увеличить пропускную способность.*

*Ключевые слова: облицовки, оросительные каналы, противофильтрационные мероприятия, жидкие полимеры, водонепроницаемость.*

В процессе эксплуатации каналов мелиоративного назначения под влиянием естественных (природных) и искусственных (в результате человеческой деятельности) факторов бетон получает повреждения, изнашивается и стареет [1].

Долговечность гидротехнического бетона, как показала практика строительства, составляет более 50 лет. В ходе эксплуатации водопроводящих сооружений многие конструктивные элементы выходят из строя из-за полного разрушения железобетонной конструкции сооружений, образования дефектов, нарушающих нормальную эксплуатацию конструкции сооружений (например, нарушения стыковых соединений), а также разрушения отдельных элементов сооружения и т. д. [2].

Для повышения КПД оросительных каналов они должны выполняться с противофильтрационной облицовкой [3], а для устранения трещин и повреждений в бетоне облицовок и разрушений швов необходимо периодически в процессе эксплуатации проводить текущие и капитальные ремонты [3, 4].

Текущий ремонт – категория планового ремонта, включающая комплекс организационных, технико-экономических и технологических мероприятий для поддержания проектных параметров сооружений, отдельных звеньев и оборудования.

К текущему ремонту относятся ремонтные работы по систематическому и своевременному предохранению всех объектов на системе от преждевременного износа путем проведения профилактических мероприятий и устранения небольших повреждений и неисправностей. Значительная часть текущего ремонта выполняется без остановки работы системы.

Капитальный ремонт – категория планового ремонта, включающая комплекс организационных, технико-экономических и технологических мероприятий для полного или частичного восстановления технических параметров сооружений и оборудования, а также замены их более прочными.

К капитальному ремонту относятся работы по восстановлению крупных повреждений, полной или частичной замене отдельных узлов новыми.

Работы по техническому обслуживанию и ремонту каналов состоят из систематических наблюдений за их состоянием; защиты от повреждений, заиливания и зарастания; очистки от насосов, сорной растительности; ремонта противофильтрационных облицовок и креплений. Эти работы проводят для обеспечения пропускной способности оросительной сети и продления срока ее службы.

Состав работ по ремонтам противофильтрационных бетонных и железобетонных облицовок оросительных каналов зависит от их повреждений. Так, активные трещины герметизируют эластичными материалами, а пассивные заделывают цементным раствором, полимерными композициями [1].

Традиционные методы ремонта сооружений связаны с применением цементных и битумных композиций, однако их низкие физико-механические характеристики (адгезионная и когезионная прочность, химическая, кавитационная, морозо- и износостойкость, водонепроницаемость и др.) не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к эффективным ремонтным композициям. Определяющие физико-механические свойства (таблица 1) ремонтных композиций  $R_k$  должны быть выше аналогичных свойств материала  $R_m$ , подвергаемого ремонту ( $R_k > R_m$ ).

Такому условию отвечают полимерные материалы. Для выполнения ремонтных работ целесообразно использовать эластомеры (полимеры типа «жидкая резина») [5].

При поверхностных трещинах бетона технологического характера на поверхность напыляют тонкослойные полимерные композиции [1]. Такие повреждения на каналах мелиоративного назначения наиболее широко распространены и опасны, так как одновременно снижают водонепроницаемость конструкции, их несущую способность и устойчивость. Резкое увеличение фильтрационных потерь через трещины облицовок

вызывает заболачивание приканальных территорий, а также их разрушение. Для обеспечения надежной заделки трещины необходимо определить максимальную ширину ее раскрытия  $\Delta b$ , а также ширину ремонтного паза  $b_p$ .

**Таблица 1 – Технические требования к полимерным ремонтным композициям**

Показатель	Эластомер	Реактопласты
1 Предел прочности при отрыве от бетона, МПа, не менее	0,2	2,5
2 Относительное удлинение при отрыве от бетона, %, не менее	100	-
3 Кратковременная прочность, МПа: при сжатии при растяжении	- -	80–120 9–16
4 Линейная усадка, %	-	0,05–0,10
5 Водостойкость	Сохранение показателей по пп. 1, 2 при экспонировании в воде – 30 суток	0,95–0,98 (коэффициент водостойкости)
6 Водопоглощение за 24 ч, %	-	0,025–0,010
7 Морозостойкость, циклов	Соответствие показателям по пп. 1, 2 после 300 циклов замораживания и оттаивания	Не менее 300
8 Текучесть	Устойчивое состояние в пазах. Допускаются отдельные исправления в процессе вулканизации	Допускаются отдельные исправления в процессе полимеризации

Ширину раскрытия трещины определяем по формуле:

$$\Delta b = \Delta b^t + \Delta b^h,$$

где  $\Delta b^t$  – температурные деформации в железобетонной плите, мм;

$\Delta b^h$  – деформации от вертикальных смещений железобетонной плиты в области трещины, мм.

Деформации от воздействия температуры можно определить по формуле:

$$\Delta b^t = \alpha L(t_2 - t_1),$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения бетона,  $14 \cdot 10^{-6}$  град. $^{-1}$ ;

$L$  – длина плиты, м;

$t_2 - t_1$  – разность температур, °С.

Деформации от вертикальных смещений:

$$\Delta b^h = \frac{h^2}{2l - b},$$

где  $l$  – длина, ограниченная трещиной, м;

$h$  – вертикальные смещения по высоте, мм.

Ширину ремонтного паза вычисляем по формуле:

$$b_p = \frac{\Delta b \cdot 100}{K\varepsilon},$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий снижение значений физико-механических характеристик герметиков в процессе их эксплуатации,  $K = 0,1$ ;

$\varepsilon$  – деформативность герметиков, %.

Необходимо также отметить, что широкое применение в водохозяйственном строительстве монолитного бетона и сборных железобетонных элементов [4] весьма остро ставит проблему эксплуатационной надежности облицовок каналов. При этом особое значение имеет обеспечение водонепроницаемости самих облицовок, а также их стыков и швов. Следует отметить, что герметизация швов и стыков очень важна не только по своему значению как одного из основных факторов водонепроницаемости облицовок, но и по объему проводимых ремонтно-восстановительных работ.

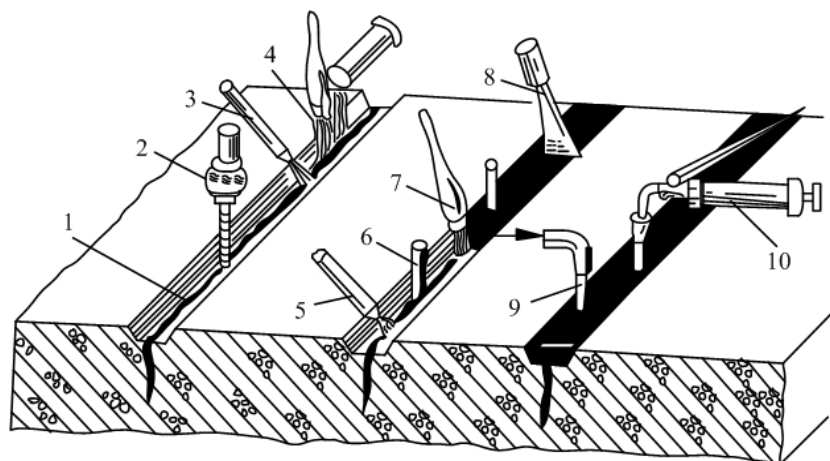
Одним из способов ремонта поверхности облицовок и разрушенных швов является применение полимерных композиций, в частности жидкой резины [6].

Заделка трещин в бетоне полимерными композициями состоит из разделки трещины в треугольный желоб и заполнения его полимерным раствором в виде жидкой резины. Эксплуатация бетонных облицовок оросительных каналов показала, что такие полимерные композиции обладают высокими свойствами и могут заменить более дорогие ремонтные композиции на основе эпоксидных смол.

Для восстановления монолитности и несущей способности бетонные и железобетонные конструкции, в которых образовались глубокие трещины с раскрытием не менее 0,1 мм, инъецируют композициями по технологической схеме, представленной на рисунке 1 [4].

При выборе полимерных композиций для ремонта облицовок каналов большое значение имеют стоимостные характеристики, показатели физико-механических свойств, а также способы их нанесения [7].

Полимерная композиция типа «жидкая резина» отличается высокой эластичностью и предельной прочностью, что позволяет предотвратить ее отслаивание от поверхности в результате неблагоприятных воздействий давления воды, циклических изменений температуры, резких ударов и вибрации. Также материал не становится ломким и хрупким и с течением времени делается только тверже, сохраняя свою эластичность. Жидкая резина представляет собой эластомерную водную эмульсию на основе высокомодифицированных производных нефти с добавлением полимеров.



- 1 – разделка трещин; 2 – сверление отверстий шурупов для штуцеров (ниппелей);  
3, 9 – поддувка трещин сжатым воздухом; 4 – травление кислотой и промывка водой;  
5 – сушка горячим воздухом; 6 – установка ниппелей; 7 – огрунтовка;  
8 – заделка трещин полимерными композициями; 10 – иньектор

**Рисунок 1 – Технологическая схема заделки трещин в бетонных облицовках**

Жидкая резина напыляется холодным методом и немедленно образует на обрабатываемой поверхности единую бесшовную полимеризованную мембрану без отверстий и стыков с исключительно высокой адгезией к любому материалу. Полученная

мембрана абсолютно газо-, паро- и водонепроницаема, устойчива к ультрафиолету и к разрушающему действию озона и кислотных дождей. Жидкая резина весит в 4 раза меньше распространенных рулонных материалов, служит в 10 раз дольше и имеет стоимость в 4 раза ниже, если учесть срок жизни покрытия.

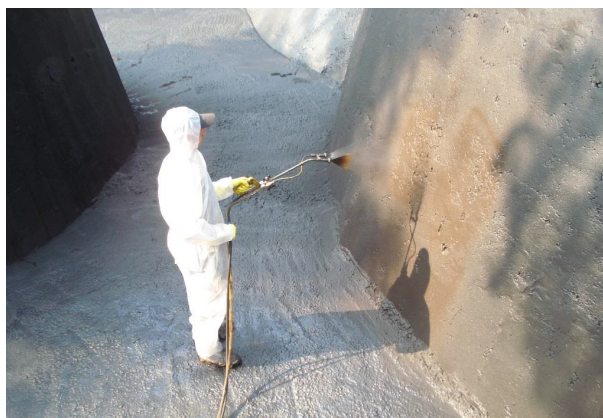
Жидкая резина наносится на все материалы как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении обработки, при этом необходима минимальная подготовка обрабатываемых поверхностей: поверхность должна быть чистой, сухой и свободной от инородных включений, способных снизить адгезию мембраны к обрабатываемой поверхности. Эта мембрана в полной мере «умный» материал: обладает памятью (готовая мембрана чрезвычайно эластична и может восстанавливать 95 % своей формы после растяжения более чем на 1350 %), сохраняет защитные свойства в диапазоне от минус 55 до плюс 95 °С без изменения собственной структуры и характеристик, выдерживает термические стрессы, агрессивные среды, отрицательное воздействие ультрафиолетовых лучей и озона в течение более чем 20 лет [6].

Как и все материалы, жидкая резина имеет свои преимущества и недостатки (таблица 2).

**Таблица 2 – Преимущества и недостатки применения жидкой резины**

Преимущество	Недостаток
Коэффициент предельного удлинения свыше 1000 %, поэтому просадки основания не приводят к разрушению покрытия	В случае если поверхность была ранее покрыта рулонной гидроизоляцией, может потребоваться частичный или полный демонтаж наиболее проблемных участков в тех местах, где имеются воздушные или водные пузыри
Срок эксплуатации (при соблюдении технологии нанесения) составляет не менее 20 лет	Наносится на подготовленную сухую обеспыленную поверхность
Наносится практически на все поверхности и строительные материалы	Не выдерживает механическое воздействие при минусовой температуре
Экологически безопасный материал, не содержит растворителей и не издает резких запахов	Для нанесения требуется специальное оборудование
Наносится на основание любой геометрической формы, а также в труднодоступные места	Температура окружающей среды при нанесении жидкой резины должна быть не ниже плюс 5 °С
Высокая стойкость к внешним воздействиям (к ультрафиолетовому излучению, атмосферным явлениям, к щелочным и кислотным средам, к резким перепадам температур)	
Бесшовная технология нанесения жидкой резины позволяет быстро и надежно выполнять гидроизоляционные работы	
Высокая эластичность позволяет применять ее даже на просадочных грунтах	
Обладает свойством сцепления с материалами основания (бетон, песок, полимерные и другие материалы)	
Обладает повышенными противодиффузионными свойствами	

Процесс нанесения жидкой резины на оросительном канале в бетонной облицовке с помощью распылителя приведен на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Напыление жидкой резины на оросительном канале**

Физические и механические характеристики применяемой жидкой резины представлены в таблице 3 [6].

**Таблица 3 – Физико-механические характеристики жидкой резины**

Внешний вид	Жидкость средней вязкости коричневого цвета, по завершении процесса вулканизации нанесенная мембрана приобретает интенсивный черный цвет
Используемый растворитель	Вода
Удельный вес, кг/дм <sup>3</sup> :	
в жидком состоянии	1,08
в твердом состоянии	0,65
Эластичность без изменения свойств, %	1350
Адгезия к бетону, МПа	0,90
Адгезия к металлу, МПа	0,40
Время застывания, мин	Менее 1
Время вулканизации, ч	24
Толщина нанесения, мм	1,0–3,0
Расход материала при толщине покрытия 1 мм, л/м <sup>2</sup>	1,4
Срок службы (90 циклов), лет	25

Для нанесения такой гидроизоляции необходимо специальное оборудование. На сегодняшний день в России представлены несколько типов оборудования для нанесения жидкой резины: RS (Rubber Spray), RX-27, УЖК-2, Б-21.

Все эти установки объединяет следующее:

- они используются для холодного безвоздушного нанесения жидкой гидроизоляции на основе битумно-полимерной эмульсии;
- они двухканальные: 2 насоса, 1-й – на «резину», 2-й – на «соль»;
- они закачивают жидкие компоненты из емкостей и в определенной пропорции с определенным давлением подают по шлангам к распылителю;
- на конце двухканального распылителя установлены специальные форсунки, при прохождении через которые под давлением происходит превращение жидкости в мелкодисперсный аэрозоль. Два плоских распыленных потока компонентов встречаются в воздухе и перемешиваются [6].

**Выводы**

В настоящее время на рынке представлен большой выбор рулонных геосинтетических материалов (таких как геотекстилы, геомембраны, бентонитовые маты и другие геокомпозитные материалы) отечественного и зарубежного производства, которые в последнее время находят применение в гидротехническом строительстве, но для достижения полной водонепроницаемости в труднодоступных местах применение рулонных материалов становится невозможным. Поэтому жидкая резина (и другие жидкие полимерные материалы) – это достойное дополнение к другим рулонным мембранным покрытиям или их замена.

Применение жидкой резины на оросительных каналах позволит не только обеспечить полную водонепроницаемость покрытий, но и снизить их шероховатость, а также увеличить их пропускную способность.

**Список использованных источников**

1 Ольгаренко, В. И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин. – Коломна, 2006. – 391 с.

2 Бандурин, М. А. Особенности технической диагностики длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений [Электронный ресурс] / М. А. Бандурин // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 2. – С. 693–696. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/rumagazine/archive/n2y2012/861>.

3 Мулай, Б. И. Совершенствование технологии строительства монолитных облицовок каналов в условиях жаркого климата: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.23.07 / Мулай Бенаисса Ибрагим. – М., 2000. – 23 с.

4 Ачкачов, Г. П. Технология и организация ремонта мелиоративных гидротехнических сооружений / Г. П. Ачкачов. – М.: Колос, 1984. – 174 с.

5 Резник, В. Б. Новые материалы и конструкции на основе полимеров в водохозяйственном строительстве / В. Б. Резник. – Киев: Будівельник, 1987. – 176 с.

6 Косиченко, Ю. М. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 239 с.

7 Карпунин, В. В. Совершенствование способов герметизации швов облицовок оросительных каналов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Карпунин Василий Валентинович. – Волгоград, 1995. – 41 с.

УДК 556.114

**Э. И. Чембарисов, И. Э. Махмудов**

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

**Ф. Я. Артикова**

Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, Ташкент, Республика Узбекистан

**Т. Ю. Лесник**

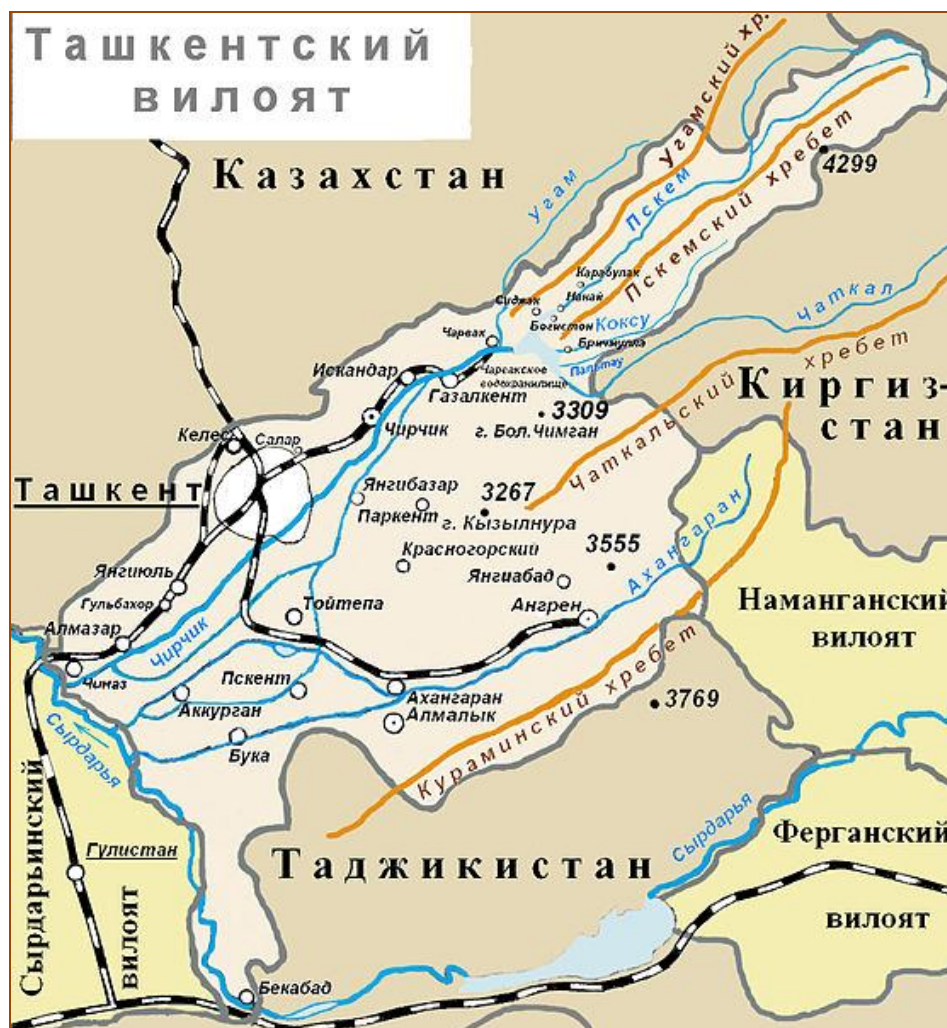
Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

**НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧАРВАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

*В статье приводятся общие характеристики Чарвакского водохранилища, расположенного в Ташкентской области (вилояте) Республики Узбекистан, кратко описаны природные условия района, его курортный потенциал, технические данные существующей плотины ГЭС, а также некоторые данные водного баланса.*

*Ключевые слова: водохранилище, искусственное затопление, водосброс, оголовок, ремонтный затвор, туннель, отводящая труба.*

**Общая характеристика и местоположение.** Чарвакское водохранилище расположено в Бостанлыкском районе на севере Ташкентской области Республики Узбекистан. Оно находится на реке Чирчик несколько ниже по течению места слияния рек Пскем и Чаткал между отрогами Угамского и Чаткальского хребтов Западного Тянь-Шаня (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Чарвакское водохранилище (Бостанлыкский район Ташкентской области Республики Узбекистан)**

В районе Чарвакского водохранилища в Бостанлыкском районе Ташкентской области расположено большое количество древнейших на территории Узбекистана исторических и археологических памятников. В частности, недалеко от водохранилища, на реке Пальтау (Пальтаусай), расположена стоянка первобытных людей мустьерской эпохи – Обирахмат. Близ Чарвакского водохранилища (в поселке Ходжикент) располагается пещера под названием Чинар (Чинор), где имеется множество наскальных рисунков древних людей.

В результате искусственного затопления территории на дне Чарвакского водохранилища оказались остатки древних поселений, городищ и курганов, наскальные рисунки, следы древних рудоразработок, многочисленные памятники истории. Эти объекты перед постройкой плотины, образовавшей озеро, были тщательно исследованы и задокументированы учеными.



Интересным историческим местом, расположенным на берегу водохранилища, является поселок Богистон, который является родиной двух выдающихся людей своего времени. Это шейх Ховенди ат-Тахур (Шейхантаур), родившийся здесь в XIII веке, чей мавзолей в Ташкенте является одной из основных историко-архитектурных достопримечательностей города, и шейх Убайдулла Ахрор – дальний потомок шейха Ховенди ат-Тахура (Шейхантаура) по материнской линии, великий мастер суфизма и руководитель мусульманского духовенства региона в XV веке.

В наши дни Чарвакское водохранилище является одним из самых популярных мест отдыха среди жителей Ташкента. Вдоль берега водохранилища построены многочисленные пансионаты, базы отдыха и детские летние спортивно-оздоровительные лагеря. Нужно отметить, что вода в водохранилище является кристально чистой и имеет благоприятный химический состав (таблица 1). Основные пункты отдыха расположены возле кишлаков Богустан, Бричмулла, Янгикурган и Юсупхана. Вокруг Чарвакского водохранилища проходит кольцевая автодорога, соединяющая населенные пункты (Богустан (Богистон), Янгикурган, Юсупхана, Сиджак и др.), расположенные на его берегу.

**Таблица 1 – Характеристика загрязнения Чарвакского водохранилища**

Преобладающее загрязняющее вещество	2011 г.			2012 г.			2013 г.		
	число определений	средняя концентрация	максимальная концентрация	число определений	средняя концентрация	максимальная концентрация	число определений	средняя концентрация	максимальная концентрация
Кислород, мг O <sub>2</sub> /л	5	9,84	9,45	6	9,39	8,73	5	9,66	9,05
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /л	5	0,40	0,56	6	0,46	0,49	5	0,41	0,50
ХПК, мг O/л	5	2,44	4,95	6	3,83	6,98	5	2,80	3,96
Азот аммонийный, мг/л	5	0,03	0,07	6	0,06	0,23	5	0,04	0,07
Азот нитритный, мг/л	5	0,012	0,025	6	0,003	0,010	5	0,002	0,005
Азот нитратный, мг/л	5	0,47	0,85	6	0,58	2,35	5	0,24	0,48
Железо, мг/л	5	0,04	0,13	6	0,01	0,01	5	0,01	0,03
Медь, мкг/л	5	1,5	4,4	6	1,1	2,4	5	1,1	2,2
Цинк, мкг/л	5	2,7	4,3	6	2,1	6,1	5	1,9	5,6
Фенолы, мг/л	5	0,001	0,002	6	0,001	0,003	5	0	0
Нефтепродукты, мг/л	5	0,01	0,04	6	0,01	0,03	5	0	0
СПАВ, мг/л	5	0	0	6	0	0	5	0	0
Взвешенные вещества, мг/л	5	35,7	130,0	6	27,5	136,0	5	38,6	66,0
ДДТ, мкг/л	5	0	0	6	0	0	5	0	0
Альфа-ГХЦГ, мкг/л	5	0	0	6	0	0	5	0	0
Гамма-ГХЦГ, мкг/л	5	0	0	6	0	0	5	0	0
Хром VI, мкг/л	5	0,1	0,4	6	0,8	1,6	5	0	0
Фтор, мг/л	5	0,13	0,27	6	0,17	0,22	5	0,17	0,22
Мышьяк, мкг/л	5	0	0	6	0	0	5	0	0
Минерализация, мг/л	5	155,0	198,9	6	180,7	304,5	5	168,2	200,2

Большая часть территории Ташкентской области – предгорная равнина, на севере и северо-западе – хребты Западного Тянь-Шаня высотой до 4299 м. Климат резко континентальный, засушливый. Средняя температура января – минус 1 °С, июля – плюс 26 °С.

Осадков – около 300 мм/год. Почвы в основном сероземные. Большая часть территории распахана; по берегам рек – тугаи; в горах – субальпийские и альпийские луга.

Водохранилище образовано каменно-насыпной плотиной высотой 168 м Чарвакской ГЭС. Объем водохранилища составляет приблизительно  $2 \text{ км}^3$ . Площадь водной поверхности водохранилища составляет более  $37 \text{ км}^2$ , протяженность береговой линии – около 100 км. Выше Газалкентской плотины из Чирчика по правому верхнему деривационному каналу Бозсу на Чирчик-Бозсуйский каскад ГЭС подается в среднем  $183 \text{ м}^3/\text{с}$  воды; выше Троицкой плотины отходит влево канал Карасу (расход –  $47 \text{ м}^3/\text{с}$ ), ниже Чирчик питает другие каналы. В водохранилище водятся такие рыбы, как сазан, маринка, форель, сиг, пелядь [1–3].

Чарвакская ГЭС мощностью 600 МВт (четыре гидроагрегата по 150 МВт) – одна из крупных гидроэлектростанций Средней Азии – расположена на р. Чирчик в 70 км от столицы Узбекистана – Ташкента. Чарвакский гидроузел имеет большое комплексное значение для развития народного хозяйства, и прежде всего для орошения плодородных земель.

Створ гидроузла расположен в верховье р. Чирчик – правом притоке р. Сырдарьи – в ущелье с крутыми бортами и плоским дном, сложенными прочными известняками. Среднегодовой расход воды в реке в створе гидроузла составляет  $208 \text{ м}^3/\text{с}$ ; максимальный замеренный расход –  $1600 \text{ м}^3/\text{с}$ ; среднегодовой сток –  $6,6 \text{ м}^3/\text{с}$ ; среднегодовой сток взвешенных наносов – 2,9 млн т. Гидроузел состоит из каменно-земляной плотины, комплекса водосбросных сооружений, расположенных на левом берегу реки, и напорно-станционного узла сооружений – на правом. Длина напорного фронта – 770 м, напор на сооружения максимальный – 148 м, расход воды через сооружения максимальный (обеспеченностью 0,01 %) –  $2400 \text{ м}^3/\text{с}$ , в том числе через здание ГЭС – 500. Полный объем водохранилища – 2006 млн  $\text{м}^3$ ; полезный – 1580 млн  $\text{м}^3$ .

Чарвакское водохранилище обеспечивает сезонное регулирование стока в соответствии с потребностями орошения, сохраняя летние и паводковые воды с целью использования их в периоды маловодья (в августе-сентябре) для полива земель, а в зимнее время – для увеличения расхода в Чирчик-Бозсуйском водном тракте и, соответственно, повышения рабочей мощности нижележащих гидроэлектростанций. Площадь зеркала водохранилища при НПУ –  $40,1 \text{ км}^2$ .

Основное подпорное сооружение гидроузла – каменно-земляная плотина с центральным противофильтрационным ядром из суглинка, песчано-гравелистыми фильтрами и упорными призмами из горной массы. Максимальная строительная высота плотины – 168 м; среднее заложение откосов – верхового и низового – 1:2; объем насыпи – 18,8 млн  $\text{м}^3$ . В основании ядра плотины имеется цементационная галерея сечением  $3,8 \times 4,0 \text{ м}$ , из которой выполнены укрепительная цементация на глубину 10–12 м и двухрядная цементационная завеса глубиной от 40 до 100 м. В состав водосбросных сооружений входят водосброс второго яруса и шахтный катастрофический водосброс. Водосброс второго яруса пропускной способностью  $450 \text{ м}^3/\text{с}$  состоит из оголовка, шахты ремонтных затворов, туннеля диаметром 9 м, помещения ремонтных затворов и отводящей открытой трубы. Шахтный катастрофический поверхностный водосброс, рассчитанный на пропуск воды  $1200 \text{ м}^3/\text{с}$ , подключен к концевой части строительного туннеля первого яруса диаметром 11 м (со стороны верхнего бьефа туннель закрыт железобетонной пробкой). Длина водосливного фронта водосброса – 56 м. За порогом оголовка размещена входная воронка, переходящая в вертикальную шахту диаметром 11 м, высотой 134 м. С отводящим туннелем шахта сопрягается криволинейным коленом круглого сечения диаметром 10 м. На правом берегу расположены водозаборные сооружения ГЭС, два подводных напорных туннеля и здание ГЭС. Водозаборное сооружение оборудовано сороудерживающими решетками, ремонтными затворами, а ниже по течению – аварийно-ремонтными затворами. Подводящие туннели диаметром по 9 м

и длиной 770 и 852 м проходят в двух уровнях. Напорные туннели заканчиваются металлическими развилками, каждая на два гидроагрегата.

Изменение стока р. Чирчик происходит под влиянием режима работы Чарвакского водохранилища, которое удовлетворяет нужды различных потребителей, таких как сельское хозяйство (орошаемое земледелие) и выработка электроэнергии для промышленности и коммунально-бытового водопотребления и энергоснабжения. Были составлены расчетные таблицы прихода воды в водохранилище и сброса воды в его нижний бьеф (таблица 2). В результате были выявлены значительные изменения расходов воды за многолетние периоды за одни и те же месяцы, что обусловлено как природными (водностью года), так и антропогенными факторами (орошением, энергетикой). Водоохранилище наполняется в основном с апреля по июнь, в этот период сброс в нижний бьеф водохранилища по сравнению с приходом уменьшается в апреле на 54 %, в мае – на 36 %, в июне – на 22 %.

**Таблица 2 – Многолетние изменения притока воды в Чарвакское водохранилище и оттока из него**

Месяц	Год							
	2004		2005		2006		2007	
	$Q_{\text{пр}}$	$Q_{\text{от}}$	$Q_{\text{пр}}$	$Q_{\text{от}}$	$Q_{\text{пр}}$	$Q_{\text{от}}$	$Q_{\text{пр}}$	$Q_{\text{от}}$
I	71,8	158	69	113	60,5	129	69	127
II	75,2	208	63	156	83,4	160	66	73,3
III	108,9	231	183,2	235	97,1	160	104	96,5
IV	266	194	303,7	216	244	153	379	88,7
V	431	318	512	342	502	260	532	441
VI	472	347	701,8	521	426	341	611	603
VII	343	357	398,4	426	273	342	402	414
VIII	214	346	209	354	184	313	216	323
IX	139	184	139	202	111	164	140	174
X	97,6	158	96,6	175	109	132	96,2	151
XI	85,6	85	75,5	128	111	117	83	147
XII	77,3	95,5	67,7	120	81	126	72	149

Примечание –  $Q_{\text{пр}}$  – приток воды в водохранилище;  $Q_{\text{от}}$  – отток воды из водохранилища.

Начиная с июля накопленный в водохранилище объем стока расходуется преимущественно в августе. В это время в различные годы из водохранилища сбрасывается до 70 % от поступившего стока и более. В октябре и ноябре поступление воды и сброс почти равны. В декабре – марте значения сбросов выше, чем поступления. В январе-феврале отмечаются значительные попуски, в эти месяцы сброс в нижний бьеф превышает поступление на 32–36 %. Однако в отдельные годы в январе и феврале сбросы составляли более 200 % от поступившего стока.

#### Список использованных источников

- 1 Артикова, Ф. Я. Изменение стока реки Чирчик под влиянием антропогенных факторов / Ф. Я. Артикова, З. К. Расулова // Материалы IX съезда Географического общества Узбекистана, г. Ташкент, 12–13 декабря 2014 г. – Ташкент, 2014. – С. 249–251.
- 2 Чембарисов, Э. И. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии / Э. И. Чембарисов, Б. А. Бахритдинов. – Ташкент: Укитувчи, 1989. – 232 с.
- 3 Рубинова, Ф. Э. Водоохранилища Аральского моря и их влияние на водные ресурсы и их качество / Ф. Э. Рубинова // Водные ресурсы, проблемы Арала и окружающая среда: сб. ст. – Ташкент: «Университет», 2000. – С. 77–99.

УДК 626/627:628.011.56

**Т. Т. Ибраев, М. А. Ли, Н. Н. Бакбергенов**

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, Тараз,  
Республика Казахстан

### **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

*Целью исследований являлась разработка метода оценки и диагностирования технического состояния ГТС на основе технологий дистанционного зондирования Земли для обеспечения устойчивого и рационального использования водных ресурсов Казахстана. Был проведен комплекс наземно-космических исследований на двух пилотных участках по мониторингу технического состояния ГТС, а также исследование методом георадиолокации, методами дистанционного зондирования Земли и радарной интерферометрии. Научная значимость результатов работы заключается в использовании современных методов и средств наземных и космических наблюдений для оценки технического состояния ГТС юга Казахстана, а также в разработке метода оценки и диагностирования их параметров на основе технологий дистанционного зондирования Земли. Практическая ценность результатов состоит в возможности оценки технического состояния ГТС с применением технологий дистанционного зондирования Земли посредством разработанного метода оценки и диагностирования их параметров. При этом нет настоящей необходимости в проведении трудоемких и дорогостоящих наземных исследований. Предлагаемые разработки могут быть использованы водохозяйственными организациями для оперативной и достоверной оценки технического состояния ГТС при принятии важных управленческих решений и разработке инженерно-технических мероприятий по их ремонту и реконструкции.*

*Ключевые слова: гидротехническое сооружение, ирригационная система, дистанционное зондирование Земли, техническое состояние.*

Орошаемые земли Казахстана в 7–8 раз продуктивнее, чем неполивные. В настоящее время из 2075 тыс. га орошаемых земель (с потенциальной продуктивностью до 600 млрд тенге в год), имеющих в наличии, используются 1420 тыс. га, или 68 % (62 % от ранее освоенных земель), на которых ирригационные системы (ИС) и гидротехнические сооружения (ГТС) изношены более чем на 70 % [1]. Мировая практика показывает, что регулярная оценка технического состояния ГТС и проведение по ее результатам ремонтных и восстановительных работ позволяют в несколько раз сократить ущерб от вредного воздействия вод или возможных аварий.

Совокупность применяемых методов исследований отличается системным подходом, т. е. оценка и диагностирование технического состояния ИС и ГТС рассматриваются как целостный комплекс взаимосвязанных элементов. Методическое обеспечение исследований основывается на фундаментальных подходах к изучению технического состояния водохозяйственных объектов с использованием наземно-космических методов оценки и диагностирования технического состояния ИС и ГТС на 2 пилотных участках.

Жанакорганский массив орошения имеет межхозяйственные каналы протяженностью 86,4 км и внутрихозяйственные каналы протяженностью 948 км (97 % в земляном русле), а также 19 ГТС. Георгиевский массив орошения имеет магистральный канал протяженностью 4,2 км, межхозяйственные каналы протяженностью 111,5 км и 23 ГТС. Так как срок эксплуатации каналов и сооружений на Жанакорганской (1966–1976 гг.) и Георгиевской (1931–1936 гг.) ИС составляет свыше 50–80 лет, многие из них характеризуются ухудшенным техническим состоянием и, следовательно, сниженной гидрав-

лической эффективностью и эксплуатационной надежностью. Фактический износ каналов и ГТС составляет более 60–70 %.

Измерения перемещений точек, расположенных на поверхности ГТС, производят геодезическими методами [2] с использованием тахеометра Leica. Обработка и анализ полученных данных геодезических съемок показали, что ГТС имеют просадки и горизонтальные смещения отдельных конструкций на десятки миллиметров, смещения оси оросительных каналов иногда превышают один метр, дно каналов имеет значительные отклонения от проектных отметок (на величину свыше полуметра), т. е. эти показатели значительно превышают нормативные параметры. Необходимы значительные объемы бетонных и земляных ремонтно-восстановительных работ.

Оценка технического состояния ИС и ГТС осуществлялась на основе наблюдений с использованием геофизического метода – непрерывного георадиолокационного профилирования георадаром «ОКО-2» [3, 4]. Проведены тестовые испытания методом георадарного зондирования состояния бетонных и земляных конструкций Жанакорганской и Георгиевской ИС (рисунок 1).

С помощью георадарного зондирования конструкций гидроузлов обнаружено наличие значительных объемов разуплотнений земляных конструкций, а также трещин и раковин в бетонных конструкциях. Повторное георадарное обследование с профилированием по тем же точкам, по которым проводилось ранее (привязка GPS-координатами), показало дифференциацию зон разуплотнений по некоторым георадарограммам, что свидетельствует об увеличенной фильтрации воды через тело земляных сооружений, и особенно о контактной фильтрации в местах сопряжения бетонных и земляных конструкций.

Вычисленные с помощью дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) значения вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который является основным индикатором, позволяющим определить состояние растительности, использовались нами в качестве индикационных признаков технического состояния ИС. Для распознавания рисовых чеков с удовлетворительной и низкой продуктивностью в настоящей работе используется технология комплексной обработки результатов классификации RGB-композиата и вычисления индекса NDVI. На рисунке 2 приведены синтезированные по трем спектральным диапазонам (RGB) космические снимки Landsat Жанакорганской и Георгиевской ИС. На рисунке 3 приведены результаты автоматизированного дешифрирования разновременных космических снимков Жанакорганской и Георгиевской ИС.

На рисунке 4 приведены результаты автоматизированного дешифрирования состояния Жанакорганской и Георгиевской ИС на основании расчета индекса NDVI по данным космического аппарата Landsat.

Сравнительный анализ результатов расчетов индекса NDVI по данным дистанционного зондирования космическим аппаратом Landsat показывает значительную деградацию земель Жанакорганской ИС в 2014 г., которая обусловлена сокращением площадей, занятых растительным покровом, преимущественно в южной части массива. С помощью вычисленных суммарной площади рисовых чеков с низкой продуктивностью ( $S_p$ , км<sup>2</sup>) и общей посевной площади исследуемого участка Жанакорганской ИС ( $S_f$ , км<sup>2</sup>) можно определить коэффициент  $P$  эффективности функционирования ИС:

$$P = S_f / S_p = 260 \text{ км}^2 : 25 \text{ км}^2 = 10,4.$$

Чем больше чеков с низкой продуктивностью, тем меньше значение коэффициента  $P$ . Суммарная площадь рисовых чеков с удовлетворительной продуктивностью составляет 24,07 км<sup>2</sup>. Эта же методика применена для мониторинга технического состояния Георгиевской ИС.

Дешифрирование данных ДЗЗ применительно к территории ИС и ГТС с использованием материалов наземных наблюдений было выполнено построением RGB-композиатов

IRS Р6 сенсоров LISS-4 PAN и MSS за 2012 и 2014 гг. с пространственным разрешением 6 м на головных сооружениях Жанакорганской и Георгиевской ИС. При сравнительном визуальном анализе по данным оптической космической съемки IRS за 2012 и 2014 гг. отмечаются в основном изменения в виде незначительных смещений земляных конструкций ГТС (рисунок 5).

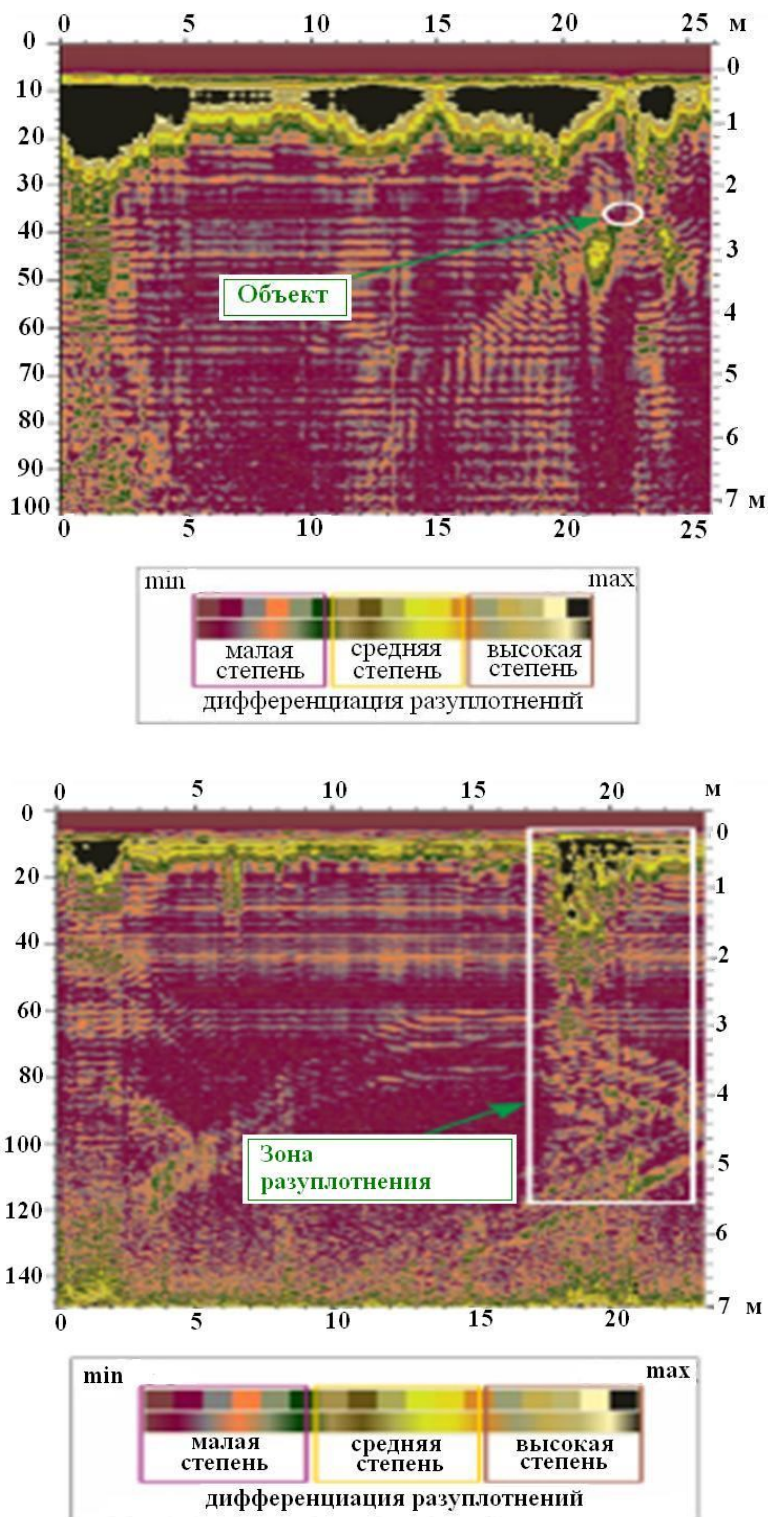


Рисунок 1 – Продольные профили № 006 пикета 309 Жанакорганской ИС и пикета № 002 головного тройника Георгиевской ИС

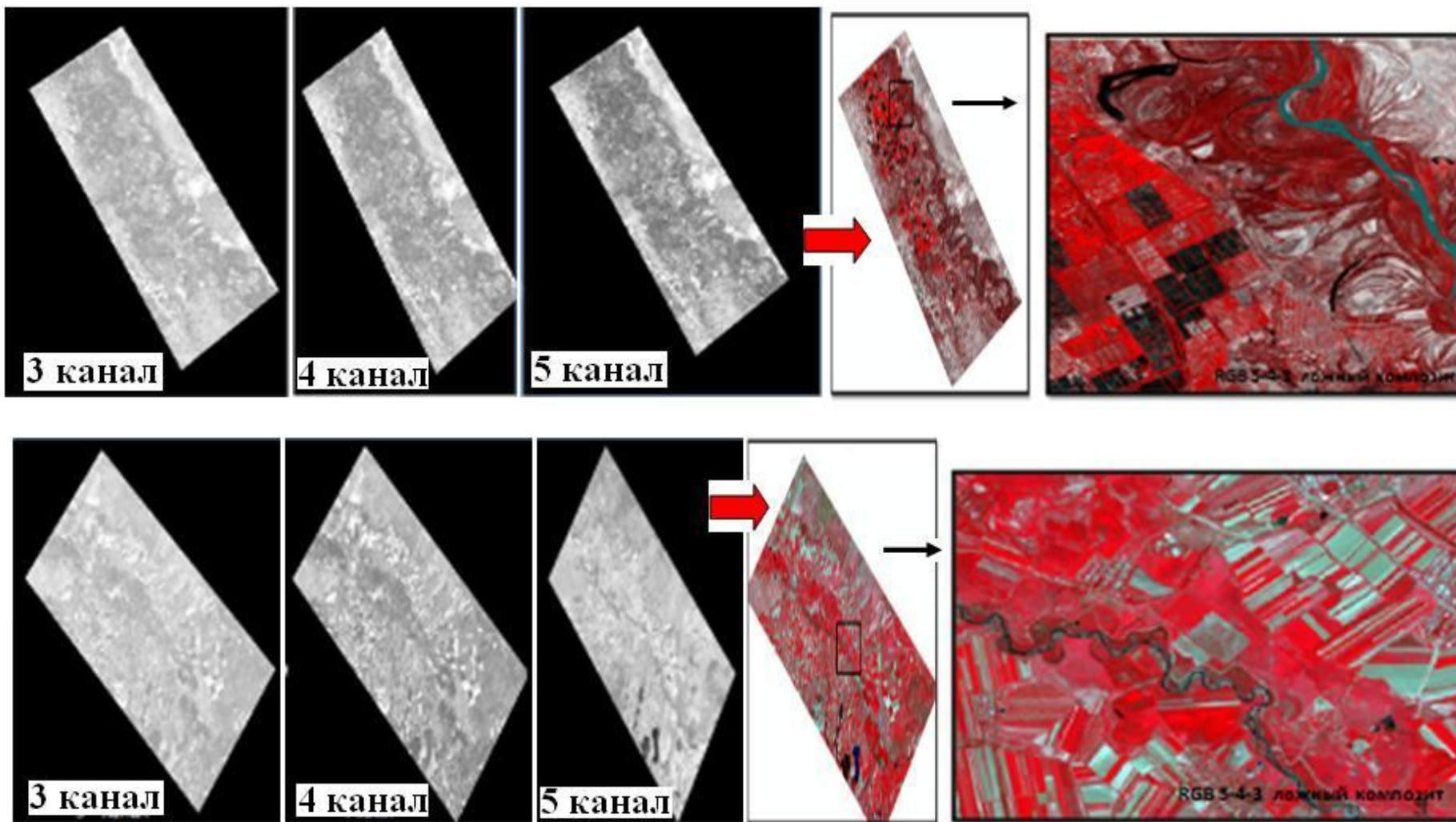


Рисунок 2 – Синтезированный по трем спектральным диапазонам (RGB) космический снимок Landsat Жанакорганской и Георгиевской ИС

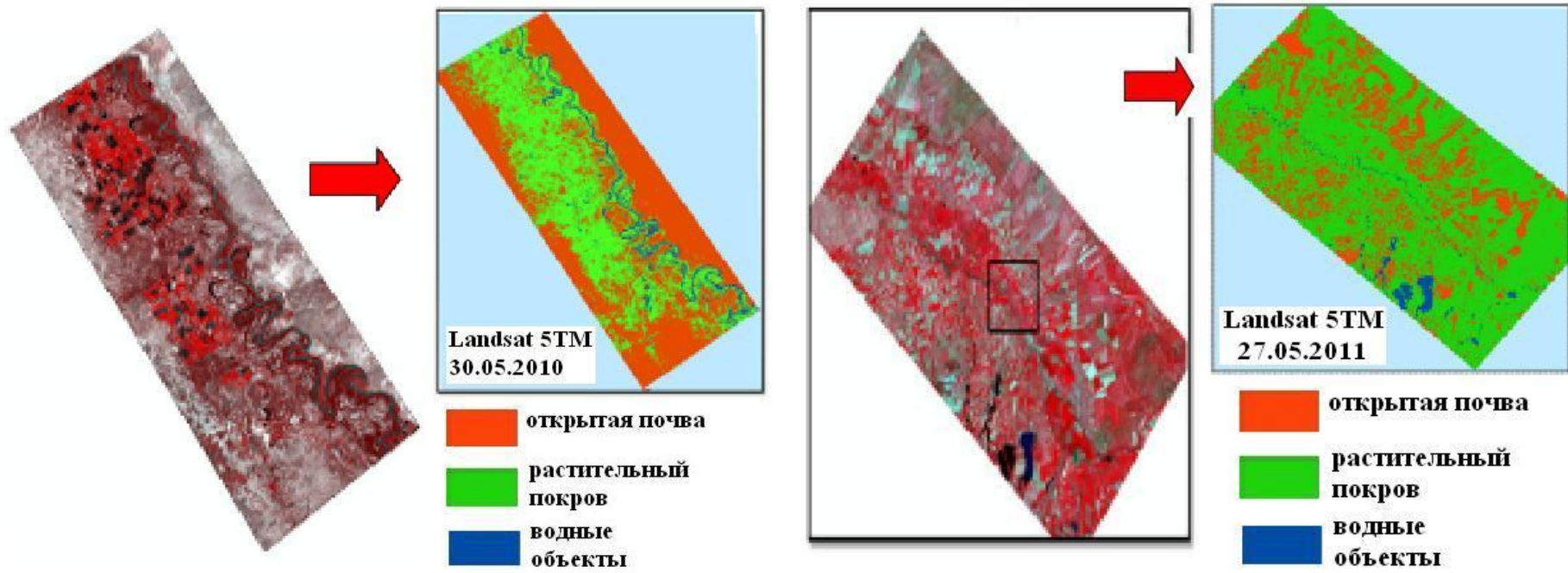


Рисунок 3 – Дешифрирование основных типов природных объектов Жанакорганской и Георгиевской ИС с использованием алгоритмов автоматической классификации



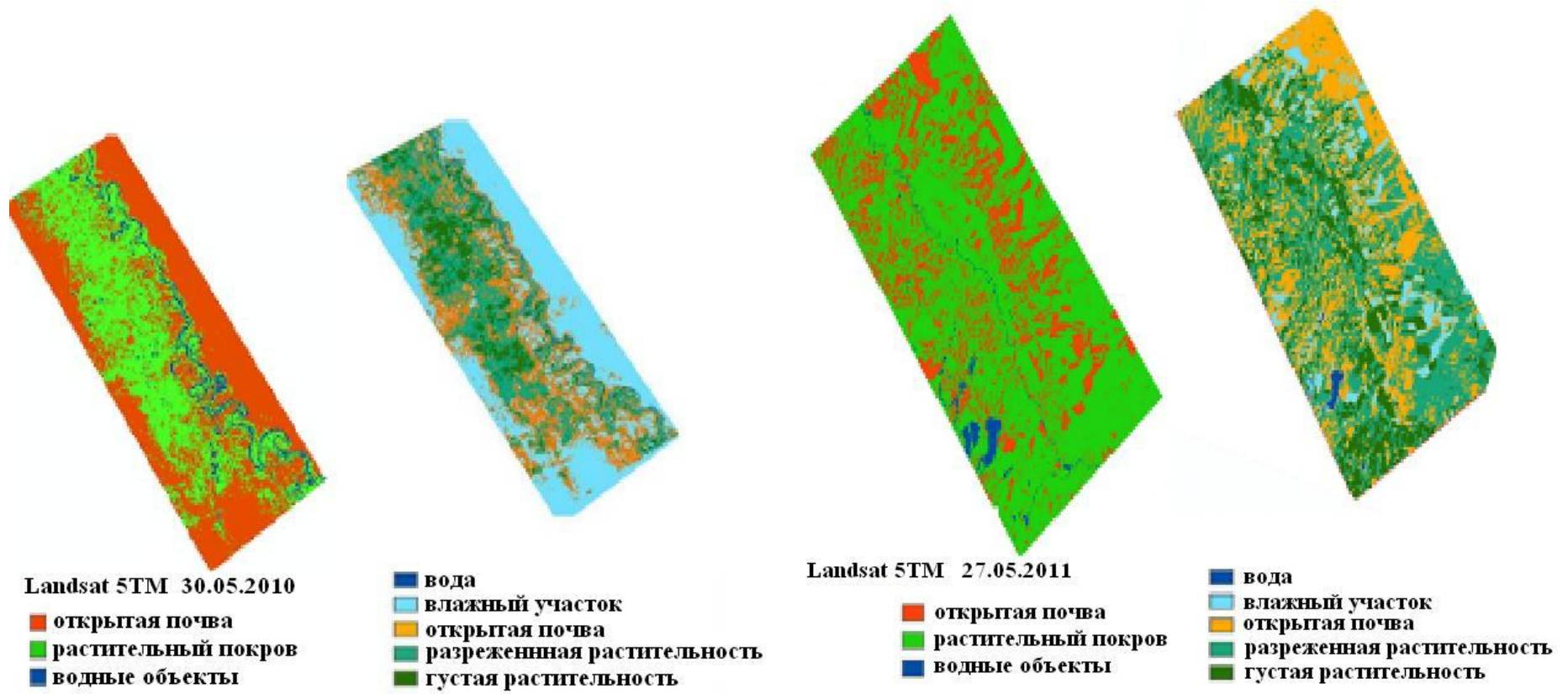
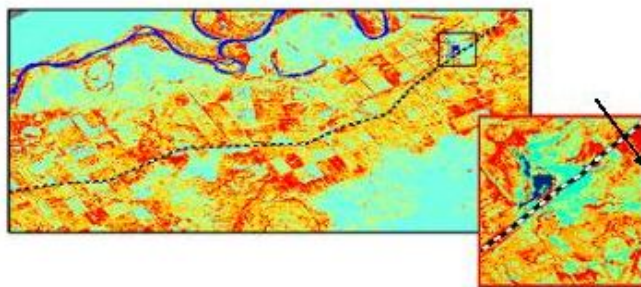


Рисунок 4 – Результаты автоматизированного дешифрирования состояния природных объектов Жанакорганской и Георгиевской ИС



Рисунок 5 – IRS P6 2012–2014 гг. RGB-композит

В результате применения разработанной методики автоматизированного дешифрирования (получения синтезированного изображения, использования алгоритмов автоматической классификации) получено обработанное синтезированное космическое изображение с выделенными природными объектами (рисунок 6). На данном изображении отчетливо видно аномальное водное образование, которое возникло в непосредственной близости от основного оросительного канала и, скорее всего, является следствием прорыва основного канала в результате возникшего заиливания коллекторов, обрушения откосов, наносов и др.



**Рисунок 6 – Результат обработки синтезированного космоснимка Landsat**

Мониторинг технического состояния ИС и ГТС на основе спутниковых данных обладает рядом преимуществ: широким диапазоном точности практически в глобальном масштабе от десятков метров до единиц миллиметров; высокой производительностью труда (в 5–10 раз выше, чем в классических технологиях); высокой экономической эффективностью, т. к. не нужно обеспечивать прямую видимость между наблюдаемыми пунктами и строить высокие знаки; независимостью от погодных условий; высокой степенью автоматизации; возможностью выполнять наблюдения в движении и др. Однако имеются следующие недостатки: сравнительно высокая стоимость оборудования; точность существенно ниже наземной съемки при мониторинге небольших сооружений.

Оценка технического состояния наблюдаемых объектов Жанакорганской и Георгиевской ИС в системе сбора, обработки спутниковых данных и при мониторинге динамических процессов каналов и сооружений оросительных систем показала, что износ отдельных конструкций водораспределительных ГТС достигает 60–70 %, отмечаются деформации и разрушения бетонных поверхностей. На участках, прилегающих к бетонным сооружениям, георадарным зондированием определены многочисленные разуплотнения земляных поверхностей с активными фильтрационными процессами.

Георадарное обследование ИС и ГТС с профилированием по ранее проведенным съемкам (привязка GPS-координатами) показало дифференциацию зон разуплотнений по некоторым георадарограммам, что свидетельствует об увеличенной фильтрации через тело земляных сооружений, и особенно о контактной фильтрации в местах сопряжения бетонных и земляных конструкций.

#### **Список использованных источников**

1 Кененбаев, Т. Требуется комплексная модернизация ирригации и дренажа в Казахстане. Орошение ждет кардинальных мер [Электронный ресурс] / Т. Кененбаев // АгроЖаршы. – 2012, 28 сентября. – № 38(216). – Режим доступа: [agrozharshy.kz/index.php?option=com...view](http://agrozharshy.kz/index.php?option=com...view).

2 Пособие по производству геодезических работ в строительстве / ЦНИИ ОМТП Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1985.

3 Изюмов, С. В. Теория и методы георадиолокации / С. В. Изюмов, С. В. Дручинин, А. С. Вознесенский. – М.: Изд-во «Горная книга», 2008. – 196 с.

4 Дудник, П. И. Многофункциональные радиолокационные системы: учеб. пособие для вузов / П. И. Дудник, А. Р. Ильчук, Б. Г. Татарский; под ред. Б. Г. Татарского. – М.: «Дрофа», 2007. – 283 с.

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 633.361:631.452

**Т. Н. Дронова, С. В. Земляницына, Т. И. Панова**

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,  
Волгоград, Российская Федерация

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ НА ПОСЕВАХ ЭСПАРЦЕТА ПЕСЧАНОГО ПРИ ОРОШЕНИИ**

*Целью исследований являлось установление влияния различных видов органических удобрений и эквивалентных им доз минеральных удобрений на динамику содержания основных элементов питания в пахотном и подпахотном слоях почвы в посевах эспарцета с предпосевной обработкой семян бишофитом. Было выявлено, что после третьего укоса эспарцета в варианте с обработкой семян бишофитом отмечается незначительное увеличение содержания минерального азота в пахотном и подпахотном слоях почвы по сравнению с исходным (12,8 мг/кг против 10,4 мг/кг). Динамика содержания в почве подвижного фосфора по вариантам опыта не имела существенных различий. Наименьшее содержание подвижного фосфора в пахотном слое (35–37 мг/кг почвы) отмечалось после второго укоса эспарцета второго года жизни. Влияния обработки семян бишофитом на динамику подвижного фосфора не установлено. Наблюдения за изменением содержания обменного калия в пахотном и подпахотном слоях выявили резкое его снижение к моменту уборки покровной культуры, затем значительное увеличение к концу вегетации первого года жизни. Во второй год жизни эспарцета имело место постепенное увеличение содержания обменного калия, преимущественно за счет восстановления обменных форм из необменных под влиянием орошения. Предпосевная обработка семян бишофитом на содержание НРК в почве значительного влияния не оказала.*

*Ключевые слова:* эспарцет песчаный, элементы питания, предпосевная обработка семян, бишофит, орошение.

Многолетние бобовые травы хорошо известны как средство восстановления структуры почвы, защиты почв от водной и ветровой эрозии. При их возделывании повышается содержание биологического азота в почве, увеличивается количество агрономически ценных частиц в агрегатном составе, снижается энергоёмкость технологий. Люцерна, клевер, эспарцет, козлятник и их смеси с кострцом, ежой, овсяницей, райграсом и другими мятликовыми травами, посеянными на орошаемых землях и склонах, не только резко снижают смыв и сток, но и увеличивают гумусовый горизонт, улучшают водопроницаемость тяжелых почв [1–5].

Одним из средств обеспечения трав достаточным количеством питательных элементов, помимо минеральных и органических удобрений, является предпосевная обработка семян растворами физиологически активных веществ. К настоящему времени накоплен положительный опыт использования бишофита в данном качестве [6].

Исследования проводились в 2002–2011 гг. в севообороте со следующим чередованием культур: кукуруза на силос, овес + эспарцет, эспарцет, кукуруза на силос. Почвы опытного участка в ОПХ «Орошаемое» светло-каштановые, тяжелосуглинистые.

Целью наших исследований было установление влияния различных видов органических удобрений и эквивалентных им доз минеральных удобрений на динамику

содержания основных элементов питания в пахотном и подпахотном слоях почвы в посевах эспарцета с предпосевной обработкой семян бишофитом.

Двухфакторный полевой опыт закладывали в 3-кратной повторности, варианты внутри повторений размещались последовательно, трехъярусно по следующей схеме: 1) контроль (без удобрений); 2)  $N_{30}P_{90}K_{70} + N_{100}$ ; 3) сидерат 20 т/га +  $P_{30}$ ; 4) солома 6 т/га +  $N_{60}$ ; 5) навоз 60 т/га. Все изучаемые дозы удобрений рассчитывались на получение 80 т/га зеленой массы эспарцета за два года жизни, на контроле планировалось получение 60 т/га. Посев эспарцета семенами, обработанными бишофитом, проводили на расщепленных делянках. Площадь делянок первого порядка составляла  $180 \text{ м}^2$  ( $6 \times 30 \text{ м}$ ), второго порядка –  $90 \text{ м}^2$  ( $6 \times 15 \text{ м}$ ).

Основная обработка почвы включала вспашку на глубину 0,27–0,30 м с предварительным лушением стерни. Предпосевная обработка почвы состояла из покровного боронования и предпосевной культивации на 0,06–0,08 м. Эспарцет высевали под покров овса. Норма посева овса – 140 кг/га, эспарцета – 100–120 кг/га. Глубина заделки семян покровной культуры – 0,06 м, эспарцета – 0,04 м. Уход за посевами заключался в своевременном скашивании покровной культуры, проведении 5–6 поливов нормой  $600\text{--}650 \text{ м}^3/\text{га}$  дождевальными машинами «Мини-Кубань» для поддержания влажности почвы не ниже 70 % от наименьшей влагоемкости (НВ). Органические удобрения и часть минеральных вносили осенью под основную обработку.

Содержание основных питательных элементов определяли в динамике в следующие сроки: перед посевом эспарцета и покровной культуры, после уборки покровной культуры, после уборки эспарцета первого года жизни, в начале вегетационного периода и после каждого укоса эспарцета второго года жизни.

При определении количества элементов питания в пахотном слое почвы после уборки покровной культуры отмечено некоторое снижение содержания минерального азота, в то же время в подпахотном слое оно повысилось. Это можно объяснить более интенсивным потреблением азота из пахотного слоя покровной культурой, корни которой развиваются только в этом слое. К окончанию вегетационного периода эспарцета первого года жизни азотный фон в пахотном слое практически оставался неизменным, тогда как в подпахотном слое содержание минерального азота заметно снизилось. Это связано с тем, что после уборки покровной культуры эспарцет начинает интенсивный рост, развиваясь, корневая система углубляется в подпахотный горизонт, где происходит основное потребление азота, одновременно активизируется азотфиксирующая способность растений.

Весной перед началом вегетации эспарцета второго года жизни содержание минерального азота в почве в вариантах было на уровне исходного. Динамика количества минерального азота в пахотном и подпахотном слоях почвы в вариантах с обработкой семян бишофитом и без обработки представлена в таблицах 1 и 2. После третьего укоса эспарцета в варианте с обработкой семян бишофитом отмечается незначительное увеличение содержания минерального азота по сравнению с исходным (12,85 мг/кг против 10,4 мг/кг).

В варианте с внесением полного минерального удобрения в пахотном слое почвы максимальное содержание минерального азота (20,9 мг/кг почвы) установлено после первого укоса эспарцета второго года жизни. Дополнительное внесение азотных удобрений в качестве подкормок после первого и второго укосов эспарцета в этом варианте обеспечило повышение содержания минерального азота в почве только после первого укоса (таблица 1). В подпахотном слое содержание азота возрастало к началу вегетации эспарцета второго года жизни, затем после первого укоса снижалось и ко второму укосу опять увеличивалось. Это происходило главным образом потому, что не усвоенный растениями минеральный азот, внесенный под первый укос, под влиянием орошения частично перемещается в подпахотный слой.

**Таблица 1 – Динамика содержания азота в слое почвы 0,00–0,25 м (среднее по годам)**

Вариант	Первый год жизни			Второй год жизни			
	Перед посевом	После укоса овса	Конец вегетации (осень)	Начало вегетации (весна)	Укос		
					1-й	2-й	3-й
Без обработки бишофитом							
Контроль	10,40	10,05	9,00	9,75	12,75	7,25	10,05
НРК	13,90	10,45	9,85	10,95	20,90	12,80	11,75
Сидерат	13,45	11,05	16,25	15,90	11,30	6,50	11,40
Солома	13,25	11,40	9,45	13,00	16,20	8,15	13,20
Навоз	13,10	11,55	9,00	14,65	13,85	7,85	15,75
Обработка бишофитом							
Контроль	10,40	8,65	9,40	10,20	10,30	9,05	12,85
НРК	13,90	11,50	10,15	12,35	18,35	11,05	10,00
Сидерат	13,45	11,00	16,40	15,10	17,00	11,15	10,75
Солома	13,25	11,35	10,25	13,95	10,25	6,00	11,75
Навоз	13,10	12,35	9,20	14,30	17,85	10,80	13,45

**Таблица 2 – Динамика содержания азота в слое почвы 0,25–0,50 м (среднее по годам)**

Вариант	Первый год жизни			Второй год жизни			
	Перед посевом	После укоса овса	Конец вегетации (осень)	Начало вегетации (весна)	Укос		
					1-й	2-й	3-й
Без обработки бишофитом							
Контроль	9,00	8,80	6,55	9,95	8,25	8,90	10,40
НРК	11,05	10,25	8,55	10,80	8,85	14,45	10,25
Сидерат	12,05	9,10	17,70	18,20	15,00	6,75	11,40
Солома	13,10	10,20	7,75	12,85	14,10	7,95	11,85
Навоз	15,20	11,00	10,30	14,15	15,90	7,75	11,30
Обработка бишофитом							
Контроль	9,00	10,50	7,75	12,95	11,35	13,75	10,15
НРК	11,05	9,55	12,15	14,00	11,90	13,80	10,20
Сидерат	12,05	9,55	17,40	17,60	12,50	8,30	11,50
Солома	13,10	10,25	8,80	14,65	11,95	7,75	12,35
Навоз	15,20	12,15	9,15	14,55	16,15	7,25	10,20

Также в подпахотном слое, начиная с укоса покровной культуры и заканчивая вторым укосом эспарцета второго года жизни, наблюдалось увеличение содержания минерального азота в варианте с предпосевной обработкой семян бишофитом. Очевидно, после укоса покровной культуры растения и корневая система эспарцета развивались более интенсивно, и, возможно, процессы симбиотической азотфиксации начинались раньше.

Перед закладкой опыта обеспеченность подвижным фосфором пахотного и подпахотного слоев почвы была высокой (таблицы 3 и 4). В динамике содержания в почве подвижного фосфора по вариантам опыта (семена, обработанные бишофитом; семена без обработки) не наблюдалось существенных различий. Наименьшее содержание

подвижного фосфора в пахотном слое (35–37 мг/кг почвы) отмечалось после второго укоса эспарцета второго года жизни. Содержание подвижного фосфора в варианте без внесения удобрений зависело в основном от его потребления растениями и возврата с растительными и корневыми остатками. Влияния обработки семян бишофитом на динамику содержания подвижного фосфора не установлено.

**Таблица 3 – Динамика содержания фосфора в слое почвы 0,00–0,25 м (среднее по годам)**

Вариант	Первый год жизни			Второй год жизни			
	Перед посевом	После укоса овса	Конец вегетации (осень)	Начало вегетации (весна)	Укос		
					1-й	2-й	3-й
Без обработки бишофитом							
Контроль	66,10	47,00	59,50	45,85	41,00	36,35	46,00
НРК	84,00	70,50	73,50	54,90	85,00	79,55	59,00
Сидерат	67,80	79,00	88,00	72,75	60,00	75,00	62,00
Солома	64,95	57,50	47,50	43,00	49,50	47,00	45,50
Навоз	76,10	73,00	65,50	57,90	67,90	62,50	51,75
Обработка бишофитом							
Контроль	66,10	48,00	60,50	46,05	45,50	35,00	45,50
НРК	84,00	74,00	74,50	66,65	55,25	46,50	69,50
Сидерат	67,80	62,50	90,00	52,65	68,50	49,50	42,00
Солома	64,95	61,50	53,50	57,15	50,00	47,50	51,50
Навоз	76,10	72,50	66,50	61,75	74,00	56,00	61,00

**Таблица 4 – Динамика содержания фосфора в слое почвы 0,25–0,50 м (среднее по годам)**

Вариант	Первый год жизни			Второй год жизни			
	Перед посевом	После укоса овса	Конец вегетации (осень)	Начало вегетации (весна)	Укос		
					1-й	2-й	3-й
Без обработки бишофитом							
Контроль	42,10	26,00	35,50	24,30	24,00	25,50	11,50
НРК	82,00	43,50	56,50	36,25	32,00	51,65	53,50
Сидерат	58,10	59,50	55,50	36,45	25,25	60,00	41,00
Солома	57,30	34,00	35,50	27,10	22,00	39,00	16,05
Навоз	62,15	37,00	43,00	31,80	26,50	45,50	17,15
Обработка бишофитом							
Контроль	42,10	23,60	27,50	27,85	20,50	25,50	13,00
НРК	82,00	45,00	49,50	30,50	24,00	38,25	36,00
Сидерат	58,10	45,00	55,00	29,60	30,75	33,75	28,00
Солома	57,30	37,50	38,00	34,80	22,15	30,75	18,40
Навоз	62,15	31,00	35,50	38,25	27,75	41,50	16,75

В варианте с полным внесением минеральных удобрений перед посевом покровной культуры и эспарцета содержание подвижного фосфора в пахотном и подпахотном слоях составляло около 80 мг/кг почвы. К окончанию вегетационного периода первого года жизни эспарцета почти в полтора раза снизилось содержание подвижного фосфора в подпахотном слое почвы, что мы связываем с недостатком влаги во второй

половине вегетационного периода эспарцета первого года жизни. Недостаток влаги способствовал переходу части доступных форм фосфатов в малодоступные, что подтверждается наблюдениями за фосфатным режимом после уборки. После третьего укоса эспарцета содержание подвижного фосфора в пахотном слое в варианте без обработки семян бишофитом составило 59 мг/кг почвы. В вариантах с предпосевной обработкой бишофитом, несмотря на более высокие урожаи и, соответственно, гораздо больший вынос фосфора, его содержание увеличилось до 69 мг/кг почвы. Более развитая корневая система в этом варианте позволила усваивать доступный фосфор из подпахотного слоя (таблицы 3 и 4).

Изменение содержания обменного калия как в пахотном, так и в подпахотном слое характеризовалось резким снижением к моменту уборки покровной культуры, затем значительным увеличением к концу вегетации первого года жизни. Во второй год жизни эспарцета происходило постепенное увеличение содержания обменного калия, преимущественно за счет восстановления обменных форм из необменных под влиянием орошения. Предпосевная обработка семян бишофитом на содержание обменного калия никакого влияния не оказала (таблицы 5 и 6).

**Таблица 5 – Динамика содержания калия в слое почвы 0,00–0,25 м (среднее по годам)**

Вариант	Первый год жизни			Второй год жизни			
	Перед посевом	После укоса овса	Конец вегетации (осень)	Начало вегетации (весна)	Укос		
					1-й	2-й	3-й
Без обработки бишофитом							
Контроль	311	218	286	327	318	329	360
НРК	357	234	341	333	375	342	381
Сидерат	336	226	281	348	342	343	412
Солома	359	273	289	371	365	350	438
Навоз	387	249	356	470	438	427	545
Обработка бишофитом							
Контроль	311	211	289	342	319	315	372
НРК	357	242	363	351	362	350	382
Сидерат	336	240	331	385	368	373	409
Солома	359	260	311	427	414	388	480
Навоз	387	296	390	486	435	431	537

**Таблица 6 – Динамика содержания калия в слое почвы 0,25–0,50 м (среднее по годам)**

Вариант	Первый год жизни			Второй год жизни			
	Перед посевом	После укоса овса	Конец вегетации (осень)	Начало вегетации (весна)	Укос		
					1-й	2-й	3-й
1	2	3	4	5	6	7	8
Без обработки бишофитом							
Контроль	289	182	270	248	258	208	240
НРК	302	219	337	265	280	253	280
Сидерат	310	220	296	304	282	257	304
Солома	359	242	281	279	271	271	302
Навоз	439	232	334	324	325	342	333



Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
Обработка бишофитом							
Контроль	289	192	260	273	257	217	257
НРК	302	224	307	251	288	260	272
Сидерат	310	215	294	268	272	266	304
Солома	359	204	325	328	277	285	298
Навоз	439	256	357	335	329	334	299

Перед посевом эспарцета и покровной культуры содержание обменного калия в пахотном слое составляло в среднем 357 мг/кг почвы, к моменту уборки покровной культуры этот параметр уменьшился до 234–242 мг/кг почвы. Регулярные поливы в период вегетации эспарцета первого и второго года жизни способствовали восстановлению калия из необменных форм в обменные. Обработка семян бишофитом на калийный режим почвы практически не влияла (таблицы 5 и 6).

Полученные данные наглядно показывают время перехода азота в усвояемые формы в вариантах с внесением сидератов и соломы. Внесение 20 т/га быстроразлагающихся сидератов уже к концу вегетации эспарцета первого года жизни обеспечивало увеличение содержания минеральных форм азота по сравнению с предпосевным. В варианте с внесением 6 т/га соломы содержание минерального азота увеличивалось только к началу вегетации второго года жизни, это связано с медленным разложением соломы и низким содержанием в ней доступного азота.

Запашка 20 т/га сидератов обеспечила высокое содержание фосфора (до 88 мг/кг почвы) к концу вегетации первого года жизни эспарцета. Авторами отмечено, что почти во все периоды наблюдения содержание фосфора в почве под посевами без предпосевной обработки семян бишофитом было выше, чем в вариантах с обработкой. Только после первого укоса второго года жизни эспарцета варианты с предпосевной обработкой семян бишофитом по содержанию фосфора превосходят необработанные.

В вариантах с запашкой 6 т/га соломы содержание подвижного фосфора в пахотном слое составляло 65 мг/кг почвы, на протяжении всего периода наблюдений происходило довольно равномерное снижение количества этого элемента (таблица 3).

Содержание обменного калия в пахотном слое почвы после уборки покровной культуры в варианте с внесением 20 т/га сидератов заметно снизилось (таблица 5). С начала вегетации эспарцета второго года жизни содержание обменного калия в пахотном и подпахотном слоях почвы начало увеличиваться как за счет поступившего с сидеральной массой органического калия, так и за счет превращения необменного калия в обменные формы. Примерно так же складывался калийный режим в варианте с внесением 6 т/га соломы. В этих вариантах обработка семян бишофитом не оказала влияния на динамику питательного элемента.

Внесение 60 т/га навоза обеспечило максимальное содержание минерального азота к началу вегетации второго года жизни эспарцета, причем в подпахотном слое почвы количество азота продолжало увеличиваться и до первого укоса (таблица 2). В этом варианте, как и в варианте с запашкой сидерата, предпосевная обработка бишофитом способствовала увеличению содержания азота в почве во второй год жизни эспарцета.

В этом же варианте высокое содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы (более 50 мг/кг почвы) отмечалось как в первый, так и во второй год жизни эспарцета. В подпахотном слое почвы к моменту уборки эспарцета (третий укос) содержание подвижного фосфора снизилось до 17 мг/кг почвы. В этом варианте хорошо развитая корневая система эспарцета как с обработкой семян бишофитом, так и без обработки

фосфорное питание получала не только из пахотного слоя, а преимущественно из нижележащих слоев (таблица 4).

При этом также отмечено значительное снижение содержания обменного калия после уборки покровной культуры, в дальнейшем произошло увеличение количества данного элемента в пахотном слое почвы. Влияние обработки семян бишофитом на калийный режим варианта также не прослеживалось.

Анализируя полученные данные, можно сказать, что во всех вариантах к концу вегетации наблюдалось снижение содержания фосфора и в пахотном, и в подпахотном слое почвы. Динамика содержания азота не была отрицательной: после двух лет жизни эспарцета количество этого элемента осталось практически на исходном уровне. Содержание калия в пахотном слое почвы во всех вариантах возросло, а в подпахотном незначительно уменьшилось.

#### Список использованных источников

1 Гребенников, В. Г. Многолетние травы в лугопастбищных севооборотах / В. Г. Гребенников, И. А. Шипилов // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2012. – Т. 2. – № 1. – С. 201–210.

2 Гузенко, Е. Ю. Влияние продолжительности использования эспарцета на показатели почвенного плодородия / Е. Ю. Гузенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2008. – № 4(12). – С. 90–93.

3 Баланс питательных веществ в почве при возделывании клевера лугового на орошаемых землях Нижнего Поволжья / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, Е. И. Молоканцева, М. И. Карпов // Плодородие. – 2012. – № 5. – С. 20–22.

4 Возделывание многолетних бобовых трав в условиях орошения Нижнего Поволжья / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, С. Ю. Небезин, Е. И. Молоканцева // Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. – Рязань, 2011. – С. 94–102.

5 Кружилин, И. П. Режим орошения и водопотребления эспарцета на каштановых почвах Волгоградского Заволжья / И. П. Кружилин, М. С. Григоров, Е. Ю. Гузенко // Природопользование в аграрных регионах России: сб. науч. тр. / Прикасп. науч.-исслед. ин-т арид. земледелия. – 2006. – С. 179–184.

6 Плескачев, Ю. Н. Применение природного минерала бишофита в сельском хозяйстве / Ю. Н. Плескачев, О. Н. Гурова, Т. В. Иванченко / Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сб. науч. тр. / Рос. акад. естественных наук. – М., 2005. – Вып. 12. – С. 243–246.

УДК 631.4

**О. И. Наими, О. Ю. Куцерубова**

Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Рассвет, Российская Федерация

#### ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

*Целью исследований являлось изучение ферментативной активности черноземов обыкновенных карбонатных (североприазовских). В настоящее время практически все черноземы Ростовской области вовлечены в сельскохозяйственное производство и подвергаются интенсивному антропогенному воздействию. Изучение ферментативной активности может дать представление о направленности процессов, протекающих в почвах. Исследованные черноземы характеризуются средней и высокой*

*ферментативной активностью каталазы и инвертазы в пахотном горизонте. Внесение оптимальных доз азотных удобрений оказывает различное влияние на активность каталазы и инвертазы, в целом увеличивая биологическую активность почв. Выявлена сильная положительная связь между содержанием гумуса и активностью инвертазы.*

*Ключевые слова:* черноземы обыкновенные, гумусное состояние, ферментативная активность, каталаза, инвертаза.

Черноземы занимают около 60 % территории Ростовской области. В настоящее время практически все они вовлечены в сельскохозяйственное производство [1]. В связи с этим существенно возрастает влияние на почвенные процессы антропогенных факторов (распашки целины, внесения удобрений и пестицидов, различных видов обработки и мелиорации почвы, биологии возделываемых культур), что приводит к качественным изменениям плодородия. Большие запасы гумуса – основа высокого потенциального плодородия черноземов. Для прогнозирования изменения плодородия почв в агроценозах большое значение имеет изучение интенсивности и направленности биохимических процессов, в частности биологической активности почв. В качестве показателя биологической активности все чаще используется ферментативная активность как наиболее устойчивый показатель [2–4]. Почвенные ферменты играют существенную роль в процессах трансформации органического вещества, а ферментативная активность почв может служить индикатором интенсивности процессов гумусообразования. Изменение ферментативной активности может дать представление о направленности процессов, протекающих в почве.

**Цель исследования** – изучение каталазной и инвертазной активности чернозема обыкновенного карбонатного в комплексе с содержанием гумуса и реакцией почвенной среды.

**Объекты и методы исследования.** Исследования проводились на опытном поле Донского НИИСХ, расположенном в приазовской зоне Ростовской области. Климат территории континентальный, умеренно жаркий. Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным карбонатным мощным легкоглинистым на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в почве – 3,5–4,2 %, мощность гумусового горизонта – 75–100 см. Содержание валового азота – 0,22–0,24 %, общего фосфора – 0,17–0,18 %, калия – 2,3–2,4 %, минерального азота и подвижного фосфора – низкое, обменного калия – повышенное. Сумма поглощенных оснований в верхних горизонтах – 36–40 мг-экв./100 г, 80–90 % из них приходится на долю кальция.

Определение ферментативной активности почв проводили в пахотном (0–30 см) и подпахотном (30–50 см) горизонтах под следующими сельскохозяйственными культурами: озимая пшеница, озимый тритикале, горох, яровой ячмень – и под незанятым паром. Схема опыта включала два варианта: вариант 0 – без удобрений, вариант 1 – N<sub>40–60</sub>. Повторность полевых опытов трехкратная при систематическом размещении делянок. На всех делянках в качестве удобрений используется побочная продукция. Агротехника сельскохозяйственных культур – рекомендуемая в зоне.

В исследованных почвах определяли содержание общего углерода по Тюрину в модификации Никитина [5], реакцию среды (рН), активность каталазы газометрическим методом, активность инвертазы колориметрическим методом Хазиева [6]. Статистическая обработка полученных данных осуществлена на ПК с помощью программ Excel и SPSS.

**Результаты и их обсуждение.** Процессы гумусообразования и гумусонакопления связаны с биоклиматическими и геохимическими особенностями территории. Черноземы Ростовской области сформировались под разнотравно-злаковыми растительными ассоциациями, для которых характерно значительное преобладание корневой массы над наземной. Климатические условия с относительно высокими летними и

умеренно низкими зимними температурами и недостаточным увлажнением, ритмичность микробиологических процессов в почвах, насыщенность основаниями почвообразующих пород способствовали интенсивному гумусообразованию и закреплению в почвах новообразованных гумусовых веществ. Интенсивное сельскохозяйственное использование черноземов нередко приводит к дегумификации, изменению качественного состава гумуса и ферментативной активности. Основные причины этого – усиленная минерализация гумуса вследствие интенсивной обработки и применения минеральных удобрений, сокращение поступления органического вещества в пахотные почвы как в виде корневых и пожнивных остатков, так и в виде органических удобрений, расход органического вещества на формирование урожая и др.

Авторами было проведено исследование уровня ферментативной активности каталазы и инвертазы как наиболее чувствительных и в то же время наименее варьирующих показателей биологической активности почв [3]. Каталаза разрушает перекись водорода, образующуюся в процессе дыхания растений и в результате биохимических реакций окисления органических веществ, ее активность косвенно свидетельствует об интенсивности окислительной деструкции органического вещества почвы. Инвертаза осуществляет гидролитическое расщепление сахарозы и ее производных, содержащихся в органическом веществе почв, а также воздействует на другие углеводы с образованием эквимолярных количеств глюкозы и фруктозы – энергетических продуктов для жизни микроорганизмов. Исследованиями многих авторов показано, что активность инвертазы лучше других ферментов отражает уровень плодородия и биологической активности почв [3, 6].

В таблице 1 приведены результаты пространственного варьирования показателей активности каталазы и инвертазы в пределах опытного поля.

**Таблица 1 – Пространственное варьирование показателей ферментативной активности ( $n = 15$ )**

Глубина, см	Каталаза, мл $O_2$ /мин			Инвертаза, мг глюкозы/(1 г · 24 ч)		
	$m$	$s$	$v$ , %	$m$	$s$	$v$ , %
0–20	11,7	2,1	38,8	18,84	1,02	5,5
20–40	11,2	1,9	32,3	15,81	1,51	9,5
40–60	9,4	1,8	32,5	9,54	3,02	31,7

Примечание –  $m$  – среднее значение;  $s$  – среднее квадратическое отклонение;  $v$  – вариабельность признака.

Как видно из полученных результатов, интенсивность действия ферментов вниз по профилю закономерно снижается. Активность инвертазы в слое 0–20 см по шкале сравнительной оценки биологической активности почв [4] характеризуется как высокая, пределы колебания находятся в интервале от 17,7 до 20,3 мг глюкозы/1 г почвы за 24 часа. В слое 40–60 см активность инвертазы по этой шкале варьирует от слабой до средней [4,7–12,2 мг глюкозы/(1 г · 24 ч)].

Активность каталазы в пахотном горизонте изменяется от средней до высокой, показатели каталазной активности в слое 0–20 см варьируют от 9,0 до 16,0 мл  $O_2$ /мин.

Варьирование каталазной активности исследованных почв в верхнем слое (0–20 см) составляет 38,8 %, немного уменьшаясь с глубиной (32,5 %). Варьирование активности инвертазы, напротив, увеличивается с глубиной от 5,5 до 31,7 %.

Уровень активности почвенных ферментов во многом определяется содержанием органического вещества, реакцией среды, гранулометрическим составом и другими химическими и физическими свойствами почв. Ферментативная активность и некоторые другие свойства почв под различными культурами севооборота показаны в таблице 2.

**Таблица 2 – Показатели биологической активности почв под различными культурами в вариантах удобрений**

Культура (предшественник)	Вариант удобрения	Слой, см	pH	Гумус, %	Каталаза, мл O <sub>2</sub> / (1 г · 1 мин)	Инвертаза, мг глюкозы/ (1 г · 24 ч)
Длительный пар	0	0–30	7,97	3,3	9,7	8,4
		30–50	8,10	3,0	8,4	8,2
Озимая пшеница (пар)	0	0–30	7,87	3,9	11,5	11,3
		30–50	7,98	3,4	8,1	6,8
Озимая пшеница (пар)	1	0–30	7,90	4,2	11,8	14,5
		30–50	8,01	3,2	9,2	5,0
Озимая пшеница (кукуруза)	0	0–30	7,91	4,1	12,5	12,6
		30–50	8,13	3,1	9,1	7,6
Озимая пшеница (кукуруза)	1	0–30	7,70	4,1	10,5	15,3
		30–50	7,98	3,3	8,6	8,2
Озимая пшеница (горох)	0	0–30	7,46	3,8	8,6	9,7
		30–50	7,42	3,3	6,2	6,8
Озимая пшеница (горох)	1	0–30	7,36	4,0	8,5	14,7
		30–50	7,30	3,8	6,3	14,5
Озимый тритикале	0	0–30	7,93	3,8	10,7	12,6
		30–50	8,01	2,7	9,0	4,7
Озимый тритикале	1	0–30	7,80	3,9	9,4	14,2
		30–50	8,12	3,5	7,9	10,3
Яровой ячмень	0	0–30	7,75	3,7	11,0	13,7
		30–50	7,96	3,0	8,0	6,1
Яровой ячмень	1	0–30	7,65	3,7	10,9	12,1
		30–50	8,04	3,3	8,8	8,9
Горох	0	0–30	7,60	4,0	11,2	15,3
		30–50	7,94	3,3	8,9	11,1

Пахотный горизонт изученных почв характеризуется слабощелочными условиями среды (pH 7,36–7,97), обеспечивающими оптимальный уровень ферментативной активности почв. В подпахотном горизонте щелочность увеличивается, pH изменяется в пределах 7,42–8,13, что влечет за собой снижение ферментативной активности.

Сложный процесс гумусообразования с участием разнообразных ферментов составляет основу формирования почвы и ее плодородия [7]. Характерной особенностью исследованных черноземов является низкое и среднее содержание гумуса, компенсируемое большой мощностью гумусового горизонта. Тесная связь гумусового состояния почв с их биологической активностью подтверждается многочисленными исследованиями [3, 4, 6]. Почвенные ферменты регулируют и значительно ускоряют все биохимические процессы, протекающие в почве, в том числе и процессы синтеза и минерализации органического вещества. Сами ферменты являются органическими веществами белкового происхождения, их источник – живая фаза почв: растения, животные и микроорганизмы.

Проведенный корреляционный анализ (таблица 3) выявил довольно сильную положительную связь между содержанием гумуса и активностью инвертазы ( $r = 0,89$ ). Между содержанием гумуса и активностью каталазы связь гораздо слабее ( $r = 0,51$ ). Очень слабая положительная связь существует между реакцией среды и каталазой ( $r = 0,21$ ), отрицательная связь средней силы – между pH и активностью инвертазы.

**Таблица 3 – Коэффициенты корреляции между показателями**

Показатель	pH	Гумус, %	Каталаза, мл O <sub>2</sub> / (1 г · 1 мин)	Инвертаза, мг глюкозы/ (1 г · 24 ч)
pH	1	0,10	0,21	-0,50
Гумус, %	0,10	1	0,51	0,89
Каталаза, мл O <sub>2</sub> /(1 г · 1 мин)	0,21	0,51	1	0,44
Инвертаза, мг глюкозы/(1 г · 24 ч)	-0,50	0,89	0,44	1

Самые низкие значения ферментативной активности характерны для почв под незанятым паром. Низкая активность каталазы отмечается также под посевами пшеницы после гороха (8,5–8,6 мл O<sub>2</sub>/(1 г · 1 мин) в пахотном горизонте). Внесение оптимальных доз азотных удобрений в целом стимулирует биологическую активность почв, хотя и оказывает различное влияние на активность каталазы и инвертазы. Так, средняя ферментативная активность каталазы для вариантов с внесением азотных удобрений уменьшилась в пахотном горизонте на 4,5 % по сравнению с контролем, а в подпахотном горизонте не изменилась. Активность инвертазы, напротив, увеличилась в среднем на 16,2 % в пахотном горизонте и на 22,3 % в слое 30–50 см.

Таким образом, исследованные черноземы обыкновенные карбонатные (северо-приазовские) характеризуются средней и высокой ферментативной активностью каталазы и инвертазы в пахотном горизонте. Внесение оптимальных доз азотных удобрений несколько понижает активность каталазы и увеличивает активность инвертазы в почвах. Выявлена сильная положительная связь между содержанием гумуса и активностью инвертазы ( $r = 0,89$ ).

#### Список использованных источников

- 1 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 гг. – Ч. 1. – Ростов н/Д.: Донской издательский дом, 2013. – 240 с.
- 2 Звягинцев, Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48–54.
- 3 Галстян, А. Ш. Ферментативная активность почв Армении / А. Ш. Галстян. – Ереван, 1974. – Вып. 8. – 275 с.
- 4 Казеев, К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследования / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2003. – 204 с.
- 5 Орлов, Д. С. Практикум по химии гумуса / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 272 с.
- 6 Хазиев, Ф. Х. Ферментативная активность почв / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 1976. – 180 с.
- 7 Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 326 с.

УДК 635.656:631.5

**С. А. Онищенко, В. С. Алмашова**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

### **ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН БОРОМ, МОЛИБДЕНОМ И РИЗОТРОФИНОМ НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ГОРОХА ОВОЩНОГО В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ НА ЮГЕ УКРАИНЫ**

*В статье представлены данные об эффективности использования воды растениями гороха овощного. Установлено, что на формирование гороха овощного без*

обработки семян при первом сроке посева использовали  $535 \text{ м}^3/\text{т}$ , а при втором сроке –  $608 \text{ м}^3/\text{т}$  воды. При обработке семян коэффициент водопотребления на  $30\text{--}50 \text{ м}^3/\text{т}$  уменьшался. Также при первом сроке посева с обработкой семян молибденом коэффициент водопотребления в среднем за годы исследований составил  $450 \text{ м}^3/\text{т}$ , а бором и молибденом –  $442 \text{ м}^3/\text{т}$ , что меньше контроля на 17 %. Данными полевых опытов установлено, что сроки посева существенно влияют на наступление фазы технической спелости гороха овощного. Так, для получения урожая гороха овощного при орошении на уровне  $8,0 \text{ т/га}$  и для растягивания срока уборки и переработки продукции до 15 дней посев необходимо проводить в два срока: первый – в третьей декаде марта, второй – через 10 дней после первого.

*Ключевые слова:* горох овощной, бор, молибден, ризоторфин, водопотребление, клубеньковые азотфиксирующие бактерии, поливная норма.

На Украине в начале XXI века в аграрном секторе экономики остро стоит вопрос дальнейшего увеличения производства продуктов питания, содержащих белок синтетического происхождения, что негативно влияет на здоровье человека. Самыми эффективными растениями в плане производства протеина являются растения семейства Бобовые (*Fabaceae*). Они способны с помощью корневых азотфиксирующих клубеньковых бактерий усваивать азот воздуха, продуцируя таким образом биологически чистый азот. Такой азот усваивается организмом человека на 70–80 %, не вызывая побочных негативных эффектов [1, 2].

Большое значение в развитии аграрного производства имеют вопросы улучшения плодородия почв с накоплением в них элементов питания биологического происхождения. Горох овощной, которому посвящены наши исследования, способен обеспечить собственные потребности в азоте на 65 %, оставляя в почве до  $80 \text{ кг/га}$  биологического азота, в результате чего он является хорошим предшественником для большинства сельскохозяйственных культур [1, 3].

Водопотребление гороха овощного характеризуется следующими основными показателями. Для прорастания семян он нуждается в 115–150 % воды от своей массы, поэтому накопление и хранение влаги в начальный период онтогенеза имеют большое значение для дальнейшего развития растений. Для образования 1 кг сухого вещества гороха (в зависимости от условий выращивания) используется от 235,0 до 265,8 кг воды, но повышенная влажность почвы и воздуха приводит к увеличению периода цветения и созревания семян и вероятности поражения болезнями, что значительно снижает урожай зерна [4].

Наиболее существенным показателем в этом отношении является коэффициент водопотребления, который характеризует затраты влаги на единицу полученного урожая. Так, некоторые авторы указывают на то, что с повышением уровня минерального питания суммарное водопотребление достигало максимума при  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ , но вместе с этим снижался коэффициент водопотребления, что объясняется увеличением урожайности семян гороха. Дальше авторы сообщают, что за годы исследований коэффициент водопотребления был наиболее высоким в вариантах без удобрений и составлял  $783\text{--}889 \text{ м}^3/\text{т}$ , в то время как внесение совместно  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$  снижало этот показатель на  $149\text{--}213 \text{ м}^3/\text{т}$  [5].

Таким образом, в условиях юга Украины использование минеральных удобрений является существенным фактором не только повышения урожая, но и эффективного использования влаги.

Горох овощной требователен к влаге. Для прорастания семян гороха мозговых сортов необходимо до 150 % воды от его массы. Лучше всего горох овощной растет и развивается при влажности почвы 70 % наименьшей влагоемкости. Наиболее требовательны растения гороха овощного к обеспечению влагой в фазы бутонизации, цветения и формирования бобов.

Хозяйство, на полях которого проводили опыты, расположено в южном районе Херсонской области (Украина), которая характеризуется засушливым, умеренно жарким климатом с небольшим количеством осадков, но при этом со значительным количеством испарения. Для данной зоны характерными являются недостаточное количество атмосферных осадков, низкая относительная влажность воздуха, теплые осень и зима, а также длительный безморозный период. Осадки – очень переменный элемент климата зоны. Распределение их на протяжении вегетационного периода как по времени, так и по интенсивности является неравномерным. Поскольку исследования проводили в условиях засушливого степного климата юга Украины, в зоне, которая известна как зона рискованного земледелия, из-за того, что основным лимитирующим фактором в данных условиях является влага, важными показателями выступают суммарное водопотребление гороха овощного и коэффициент его водопотребления (таблицы 1, 2). Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления гороха овощного за вегетационный период определяли методом водного баланса.

**Таблица 1 – Зависимость суммарного водопотребления гороха овощного от исследуемых факторов**

В м<sup>3</sup>/га

Вариант	Суммарное водопотребление			
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	среднее
I срок посева				
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> (фон)	1080	1210	960	1083
Фон + обработка семян ризоторфином	1120	1330	1000	1150
Фон + обработка семян бором	1140	1300	990	1143
Фон + обработка семян бором и ризоторфином	1125	1305	1030	1153
Фон + обработка семян молибденом	1120	1315	1005	1147
Фон + обработка семян молибденом, ризоторфином	1190	1325	1040	1185
Фон + обработка семян бором и молибденом	1140	1310	1020	1157
Фон + обработка семян бором, молибденом и ризоторфином	1160	1315	1050	1175
II срок посева				
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> (фон)	1160	1240	1010	1137
Фон + обработка семян ризоторфином	1210	1325	1070	1202
Фон + обработка семян бором	1240	1320	1080	1213
Фон + обработка семян бором и ризоторфином	1205	1300	1060	1188
Фон + обработка семян молибденом	1200	1320	1090	1203
Фон + обработка семян молибденом, ризоторфином	1270	1330	1105	1235
Фон + обработка семян бором и молибденом	1240	1315	1085	1213
Фон + обработка семян бором, молибденом и ризоторфином	1250	1315	1090	1218

**Таблица 2 – Зависимость коэффициента водопотребления гороха овощного от исследуемых факторов**

В м<sup>3</sup>/т

Вариант	Коэффициент водопотребления			
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	среднее
1	2	3	4	5
I срок посева				
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> (фон)	484	654	468	535
Фон + обработка семян ризоторфином	451	533	431	500
Фон + обработка семян бором	460	613	428	500



Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Фон + обработка семян бором и ризоторфином	434	599	432	488
Фон + обработка семян молибденом	393	564	394	450
Фон + обработка семян молибденом, ризоторфином	416	588	416	473
Фон + обработка семян бором и молибденом	387	550	388	442
Фон + обработка семян бором, молибденом и ризоторфином	408	574	512	498
II срок посева				
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> (фон)	542	800	523	608
Фон + обработка семян ризоторфином	494	732	486	559
Фон + обработка семян бором	471	667	460	523
Фон + обработка семян бором и ризоторфином	456	637	438	499
Фон + обработка семян молибденом	432	638	439	493
Фон + обработка семян молибденом, ризоторфином	458	621	430	496
Фон + обработка семян бором и молибденом	449	635	428	495
Фон + обработка семян бором, молибденом и ризоторфином	446	623	499	491

Из результатов исследований видно, что в более засушливом 2005 г. суммарное водопотребление было выше, чем в остальные годы, а наименьшим оно было в 2006 г., когда в период интенсивного нарастания зеленой массы стояла сравнительно более прохладная погода.

Применение бора, молибдена и препарата ризоторфин для обработки семян способствовало росту суммарного водопотребления на 4–10 % по сравнению с необработанным вариантом при первом сроке посева и на 3–8 % – при втором.

Вышеизложенное объясняется тем, что в исследуемых вариантах площадь листьев и надземная масса были значительно больше, чем на контроле, и, следовательно, испарение воды и транспирация увеличивались.

Важным показателем, который свидетельствует о рациональности и эффективности использования влаги растениями в зависимости от условий выращивания, является коэффициент водопотребления, который показывает, сколько кубометров воды необходимо растению для накопления 1 т сухого вещества. Этот показатель, по мнению целого ряда исследователей, для гороха овощного находится в пределах 400–600 м<sup>3</sup>/т [2].

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что коэффициент водопотребления в контрольном варианте был больше при позднем сроке сева и составлял за годы исследований 608 м<sup>3</sup>/т, в то время как при первом сроке – 535 м<sup>3</sup>/т. Такая закономерность сохранялась и при обработке семян гороха овощного ризоторфином (559 и 505 м<sup>3</sup>/т соответственно), но в сравнении с необработанным вариантом коэффициент водопотребления был на 30–50 м<sup>3</sup>/т ниже, что указывает на более рациональное использование лимитирующего фактора – влаги.

Наибольший эффект водопотребления при первом сроке сева обеспечила обработка семян молибденом (450 м<sup>3</sup>/т) и бором и молибденом (442 м<sup>3</sup>/т), что почти на 17 % меньше контрольного варианта. При втором сроке сева обработка семян бором, молибденом и ризоторфином как в чистом виде, так и в сочетании снижала этот показатель на 20 %.

Следовательно, применение бора, молибдена и ризоторфина имело следующее влияние на водопотребление гороха овощного:

- общее водопотребление культуры в вариантах обработки семян при обоих сроках посева было выше контроля на 8–9 %;

- коэффициент водопотребления гороха овощного в результате повышения производительности культуры уменьшался в исследуемых вариантах на 17–20 %, что указывает на более рациональный расход влаги на формирование урожая.

#### Список использованных источников

1 Зинченко, А. И. Интенсивная технология возделывания зерновых и технических культур / А. И. Зинченко, И. М. Карасюк. – Киев: Высшая школа, 1988. – 326 с.

2 Ушкаренко, В. О. Зрошуване землеробство: підруч. / В. О. Ушкаренко. – Київ: Урожай, 1994. – 325 с.

3 Мусієнко, М. М. Фізіологія рослин: підруч. / М. М. Мусієнко. – Київ: Фітосоціоцентр, 2001. – 392 с.

4 Лимар, А. О. Вплив тривалого зрошення на фізико-хімічні властивості темно-каштанових ґрунтів / А. О. Лимар // Таврійський науковий вісник: зб. наук. праць. – Херсон: Айлант, 2005. – Вип. 38. – С. 141–148.

5 Писаренко, В. А. Режим орошения сельскохозяйственных культур / В. А. Писаренко, Д. Р. Йокич // Научно обоснованная система орошаемого земледелия. – Киев: Урожай, 1987. – С. 42–52.

УДК 633.15:631.527.5:631.89

**Е. В. Сидякина**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

**Т. В. Глушко**

Институт орошаемого земледелия НААН Украины, Херсон, Украина

#### ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ

*Целью исследований являлось изучение влияния комплексных препаратов «Абакус», «Витазим» и «МИР» на урожайность зерна гибридов кукурузы разных групп спелости (ФАО 190–420). Исследования проводили в условиях орошения на темно-каштановой почве на полях Института орошаемого земледелия НААН Украины (г. Херсон). Результаты исследований показали, что применение комплексных препаратов нового поколения для обработки посевов кукурузы в фазу 7–9 листьев увеличивало урожайность зерна выращиваемых гибридов, причем пропорционально росту группы ФАО. Максимальной продуктивностью характеризовался среднепоздний гибрид Соколов. Многоцелевой иммунорегулятор «МИР» и фунгицид нового поколения «Абакус» позволяют растениям кукурузы в наиболее полной мере реализовывать свой генетический потенциал в конкретных условиях выращивания и формировать максимальную урожайность зерна.*

*Ключевые слова:* кукуруза, гибрид, группа спелости, комплексный препарат, урожайность зерна.

**Введение.** Современное сельскохозяйственное производство должно опираться на научно обоснованную систему всех технологических приемов, результатом которых является гарантированное получение стабильных урожаев с высоким качеством выращенной продукции. При этом затраты на производство должны быть минимальными, а технология – экологически безопасной [1, 2].

Одним из основных направлений реализации поставленных задач является использование современных комплексных препаратов, которые позволяют растению максимальным образом использовать свой генетический потенциал. Физиологический эффект от применения современных препаратов заключается в более интенсивном поглощении растениями элементов питания, усилении процессов фотосинтеза и, как следствие, повышении уровня урожайности – основного критерия технологии выращивания, наиболее полно определяющего влияние исследуемых факторов [3, 4].

В условиях орошения все большую актуальность приобретает фунгицидная защита растений, так как получение гарантированно высоких урожаев может сопровождаться распространением грибковых болезней. Перспективным препаратом, который способен обеспечить комплексную защиту растений кукурузы от грибковых болезней, является фунгицид фирмы «БАСФ» «Абакус». Результаты исследований в 2008–2009 гг. показали, что обработка растений кукурузы данным препаратом приводит к увеличению содержания хлорофилла в листьях, а растения даже в условиях засухи остаются зелеными в течение длительного периода времени [5].

Применение биопрепаратов является дополнительным источником повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, а также позволяет уменьшить норму внесения минеральных удобрений на 25–55 % и заменяет 10–20 кг азота. Использование микробных препаратов на основе азотфиксирующих бактерий эквивалентно внесению 40–60 кг д. в./га азота, на основе фосфатмобилизирующих бактерий – 30–40 кг д. в./га фосфора [6].

Предпосевная обработка семян кукурузы микробиологическим препаратом «Байкал ЭМ-1-У» в комплексе с «Гумисолом» и «Полимиксобактерином» обеспечила прирост урожайности зерна 0,84 и 1,12 т/га соответственно. При этом обработка семян «Гумисолом» или «Полимиксобактерином» по отдельности оказалась менее эффективной (прирост урожайности 0,38 и 0,55 т/га) [7].

Не меньшее значение в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур имеют внекорневые подкормки комплексными водорастворимыми удобрениями. Большой интерес в этом плане представляет «Витазим» – жидкое, органико-минеральное, микробиологически синтезированное удобрение с сильнодействующим биостимулирующим эффектом. Исследованиями, проведенными в 2009–2010 гг. на Винницкой ГСХОС, было установлено, что обработка семян и растений ярового ячменя в фазу кущения «Витазимом» повышает урожайность зерна на 0,8 т/га, способствует увеличению натурности зерна и массы 1000 зерен [8].

На сегодняшний день учеными создано множество современных комплексных препаратов. Одним из них является многоцелевой иммунорегулятор роста «МИР», который ускоряет рост и развитие растений, повышает их устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды, способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур. Исследование эффективности таких препаратов, безусловно, имеет определенный интерес.

**Материал и методы.** Исследования по определению влияния современных комплексных препаратов на урожайность гибридов кукурузы на зерно проводили в 2010–2012 гг. на опытных полях Института орошаемого земледелия НААН, который расположен на юге Украины в зоне Ингулецкого орошаемого массива. Почва опытного поля темно-каштановая среднесуглинистая слабосолонцеватая при глубоком уровне залегания грунтовых вод.

Опыт двухфакторный. Фактор А – районированные на Украине гибриды кукурузы разных групп спелости (ФАО 190–420): Тендра (ФАО 190), раннеспелый; Сиваш (ФАО 280), среднеранний; Азов (ФАО 380), среднеспелый; Соколов (ФАО 400), среднепоздний. Фактор В – обработка растений кукурузы современными комплексными

препаратами в фазу 7–9 листьев: без обработки (обработка водой); обработка фунгицидом нового поколения «Абакус»; концентрированным биостимулятором «Витазим»; многоцелевым иммунорегулятором «МИР». Посевная площадь опытных делянок – 70 м<sup>2</sup>, учетная – 50 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная.

Предшественником в опыте была соя. Агротехника выращивания общепринятая для условий орошения юга Украины, за исключением изучаемых факторов. Поливы проводили дождевальную машиной ДДА-100МА. Влажность слоя почвы 0–50 см поддерживали на уровне 70 % НВ. Учитывали урожай вручную с каждой делянки опыта в фазу полной спелости зерна. Урожайность пересчитывали на стандартную влажность 14 %. Дисперсионный анализ полученных урожайных данных проводили по методике Б. А. Доспехова [9] с использованием компьютерной программы Agrostat [10].

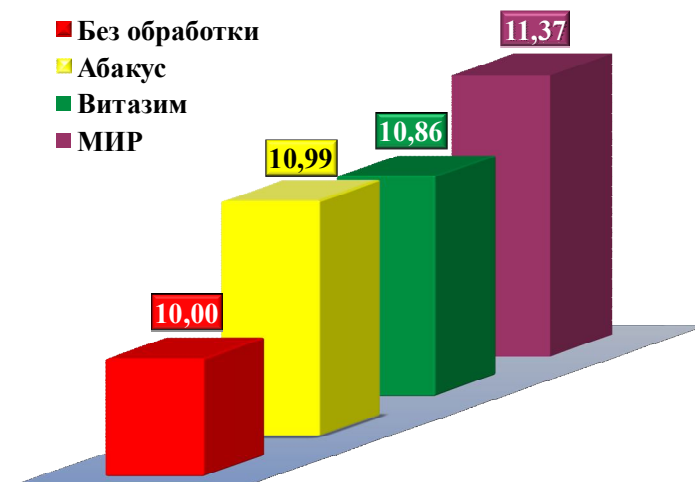
**Результаты и обсуждение.** Результаты проведенных исследований показали, что обработка посевов кукурузы комплексными препаратами существенно увеличивала урожайность зерна. Так, в среднем за 2010–2012 гг. ее прирост в сравнении с необработанным вариантом опыта составил 6,2–11,5 % при использовании «Абакуса», 7,8–9,2 % – «Витазима», 11,6–15,1 % – препарата «МИР» (таблица 1). Максимальная урожайность зерна была сформирована гибридами кукурузы при применении препарата «МИР». По годам исследований она колебалась от 9,83 до 13,94 т/га. Несколько менее эффективным оказался препарат «Абакус»: урожайность находилась в пределах 9,36–13,64 т/га, что на 2,2–5,0 % меньше по сравнению с препаратом «МИР».

**Таблица 1 – Влияние обработки посевов кукурузы комплексными препаратами на урожайность зерна**

Гибрид (фактор А)	Обработка препаратом (фактор В)	Год исследований			Среднее по годам	Прирост урожайности	
		2010	2011	2012		т/га	%
Тендра	Без обработки	7,97	9,35	9,11	8,81	-	-
	«Абакус»	9,12	9,44	9,52	9,36	0,55	6,2
	«Витазим»	9,67	9,56	9,59	9,61	0,80	9,1
	«МИР»	9,78	9,83	9,87	9,83	1,02	11,6
Сиваш	Без обработки	7,95	8,53	8,42	8,30	-	-
	«Абакус»	9,45	9,01	9,12	9,19	0,89	10,7
	«Витазим»	9,74	8,64	8,79	9,06	0,76	9,2
	«МИР»	9,81	9,25	9,55	9,54	1,24	14,9
Азов	Без обработки	9,87	10,95	10,89	10,57	-	-
	«Абакус»	12,52	11,36	11,45	11,78	1,21	11,5
	«Витазим»	12,11	11,14	11,24	11,50	0,93	8,8
	«МИР»	12,98	11,67	11,87	12,17	1,60	15,1
Соколов	Без обработки	11,61	12,73	12,61	12,32	-	-
	«Абакус»	13,98	13,41	13,52	13,64	1,32	10,7
	«Витазим»	14,02	12,94	12,89	13,28	0,96	7,8
	«МИР»	14,61	13,58	13,64	13,94	1,62	13,2

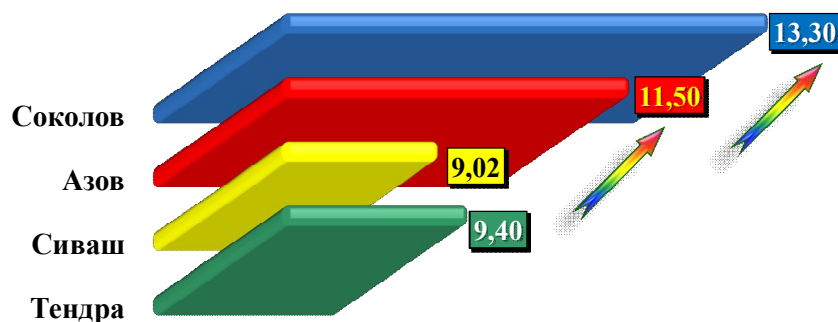
НСР<sub>05</sub>: по фактору А – 1,12, по фактору В – 0,74.

В среднем по фактору А вариант опыта без обработки растений обеспечил урожайность зерна на уровне 10,00 т/га, по фону применения комплексных препаратов она увеличилась до 10,86–11,37 т/га (рисунок 1). Данные рисунка 1 наглядно демонстрируют преимущество обработки посевов кукурузы препаратами, и особенно иммунорегулятором «МИР».



**Рисунок 1 – Урожайность зерна кукурузы в среднем по изучаемым гибридам (среднее за 2010–2012 гг.), т/га**

Средняя урожайность зерна гибридов кукурузы увеличивалась с ростом группы ФАО (рисунок 2). Минимальный ее уровень в опыте обеспечили раннеспелый гибрид Тендра и среднеранний гибрид Сиваш.



**Рисунок 2 – Урожайность зерна кукурузы в среднем по комплексным препаратам (среднее за 2010–2012 гг.), т/га**

Более урожайным оказался среднеспелый гибрид Азов. Максимальной продуктивностью характеризовался среднепоздний гибрид Соколов: его урожайность в среднем по фактору В за три года исследований составила 13,30 т/га, что выше по сравнению с другими гибридами на 1,80–4,28 т/га, или 15,6–47,5 %.

В производственных условиях высокого уровня урожайности выращиваемых культур достичь очень сложно. На рост и развитие растений влияет множество факторов. Среди биотических следует выделить активное действие грибов-паразитов, среди абиотических – недостаток элементов питания, высокие температуры, интенсивное ультрафиолетовое излучение, препятствующее образованию и накоплению ассимилянтов. Все эти негативные процессы, которые в конечном итоге приводят к снижению урожайности, можно эффективно регулировать путем применения современных комплексных препаратов. Результаты проведенных нами трехлетних исследований показали высокую эффективность иммунорегулятора «МИР» и фунгицида нового поколения «Абакус».

#### **Выводы**

1 Применение комплексных препаратов нового поколения для обработки посевов кукурузы в фазу 7–9 листьев увеличивало урожайность зерна всех гибридов, взятых на исследование.

2 Многоцелевой иммунорегулятор «МИР» и фунгицид нового поколения «Абакус» позволяют растениям кукурузы в наиболее полной мере реализовывать свой генетический потенциал в конкретных условиях выращивания и формировать максимальную урожайность зерна.

3 Урожайность зерна гибридов кукурузы увеличивалась с ростом группы ФАО. Более низкий ее уровень обеспечили раннеспелый гибрид Тендра и среднеранний Сиваш. Значительно выше урожайность была у среднеспелого гибрида Азов, а максимальная – у среднепозднего гибрида Соколов.

#### Список использованных источников

1 Манохіна-Тимошенко, О. В. Застосування ЕМ-технології при вирощуванні кукурудзи в умовах Полтавської області / О. В. Манохіна-Тимошенко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2010. – № 2. – С. 180–182.

2 Золотов, В. И. Влияние минерального питания, ширины междурядий и густоты растений кукурузы на фотосинтетическую деятельность и продуктивность / В. И. Золотов, Д. Д. Тарновский // Бюл. ВНИИК. – 1974. – Вып. 3–36. – С. 19–22.

3 Мікродобрива – важливий резерв підвищення урожайності сільськогосподарських культур / С. Ю. Булигін, А. І. Фатеев, Л. Ф. Демішев, Ю. Ю. Туровський // Вісн. аграр. науки. – 2000. – № 11. – С. 13–15.

4 Застосування стимуляторів росту рослин та біопрепаратів як один з факторів біологізації сільськогосподарського виробництва / І. М. Мерленко, М. І. Зінчук, С. С. Штань, В. С. Леонтьєва // Охорона родючості ґрунтів: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. – Київ, 2004. – Вип. 1. – С. 105–114.

5 Ретьман, С. В. Більше, ніж фунгіцидний захист соняшнику та кукурудзи / С. В. Ретьман, Ф. С. Мельничук // Агроном. – 2010. – № 2(28). – С. 70–72.

6 Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: моногр. / В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Т. М. Ковалевська [та ін.]; за ред. В. В. Волкогона. – Київ: Аграрна наука, 2006. – 312 с.

7 Эффективность ЭМ-технологии при выращивании кукурузы / В. М. Соколов, В. В. Неменуций, Г. И. Иванов, Г. С. Васильев, Е. М. Иванов // Надежда планеты. – 2006. – № 3. – С. 11–12.

8 Ефективність застосування нового рідкого добрива Вітазім на сучасних сортах ярого ячменю / В. В. Плотніков, О. В. Корнійчук, О. О. Чернелівська, Т. М. Гончар, В. О. Наконечний // Корми і кормовиробництво. – 2011. – Вип. 68. – С. 42–47.

9 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

10 Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів / В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікіщенко, С. П. Голобородько, С. В. Коковіхін. – Херсон: «Айлант», 2009. – 370 с.

УДК 631.5:633.853.494

**С. В. Томашов, О. Л. Томашова**

Институт сельского хозяйства Крыма, Клепинено, Республика Крым

#### **УРОЖАЙНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ РАПСА ОЗИМОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА ПОСЕВА И ПРИМЕНЕНИЯ РЕТАРДАНТА**

*Целью исследований являлось изучение влияния срока посева и обработки ретардантом на растения рапса озимого в зоне сухой степи Республики Крым. Доказана высокая эффективность применения ретарданта на посевах рапса озимого в зависимости*

от срока посева. Определены элементы технологии, которые увеличивают степень перезимовки растений, обеспечивают максимальную реализацию генетического потенциала растений в неорошаемых условиях. В ходе проведения исследований установлено, что в неорошаемых условиях Крыма при выращивании рапса озимого по предшественнику чистый пар посев культуры 5 сентября обеспечил высокую степень перезимовки (75,0 %), самую высокую урожайность семян (4,96 т/га) и уровень рентабельности 295,0 %. Применение ретарданта увеличило урожайность на 0,67 т/га, а уровень рентабельности – больше чем на 40 % (с 198,4 до 240,2 %).

*Ключевые слова:* рапс озимый, степень перезимовки, урожайность, экономическая эффективность, срок посева, ретардант.

**Введение.** В последние годы рапс как масличная культура имеет широкое распространение на Украине. За последние годы площадь под этой культурой составила до 2 млн га и ежегодно увеличивается, а рапс остается перспективной и одной из самых прибыльных культур [1].

Экстенсивные технологии выращивания рапса, которые преобладают в большинстве хозяйств разных форм, не покрывают запросы в объемах производства на рынке масличных культур [2].

Из-за нарушения технологии выращивания, в частности недостаточного внесения удобрений, несоблюдения сроков, нормы высева и глубины заделки семян, качества уборки, товаропроизводители теряют до 60 % потенциального урожая. Эти потери сказываются на экономической эффективности выращивания культуры, в частности на себестоимости производства одной тонны семян. Кроме того, в большинстве рапсеющих хозяйств наблюдается низкий уровень обеспеченности энергетическими средствами производства (тракторами, сельскохозяйственным оборудованием и т. п.), а отказ от внесения удобрений, средств защиты обуславливает получение урожайности только лишь за счет почвенного плодородия [3].

В Крыму средняя урожайность рапса озимого составляет 1,2–1,4 т/га, увеличение ее возможно при условии создания оптимальных условий для перезимовки растений. Ученые считают, что применение ретарданта с осени способствует снижению образования листьев, сокращению длины стебля, уменьшению содержания воды в растениях, усиленному развитию корневой системы, которая значительно улучшает зимо- и морозоустойчивость культуры [4, 5].

В Крыму подобные исследования не проводились, поэтому изучение данных приемов агротехники является актуальным.

**Материал и методы.** Для ответа на поставленные задачи в течение 2006–2010 гг. на опытном поле Института сельского хозяйства Крыма (с. Клепинено) были проведены исследования по усовершенствованию технологии выращивания рапса озимого.

В полевых опытах изучались следующие факторы и их варианты: фактор А – срок посева: 25 августа; 5 сентября; 15 сентября; 25 сентября; фактор В – обработка ретардантом: без обработки, обработка препаратом «Фоликур» нормой 0,4 л/га в фазу 3–4 настоящих листьев культуры.

Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности. Расположение вариантов осуществлялось методом рендомизации. Учетная площадь делянок второго порядка составляла 56 м<sup>2</sup>. Во время проведения исследований руководствовались общепринятой методикой проведения полевых опытов.

Опыты были заложены на выровненных по плодородию и рельефу неорошаемых землях опытного поля. Предшественником в опытах был чистый пар. Технология выращивания рапса озимого была общепринятой для неорошаемых условий юга Украины, за исключением исследуемых факторов. В опытах высевали сорт рапса озимого Атлант. Основную обработку почвы выполняли на глубину 20–22 см. Посев выполняли

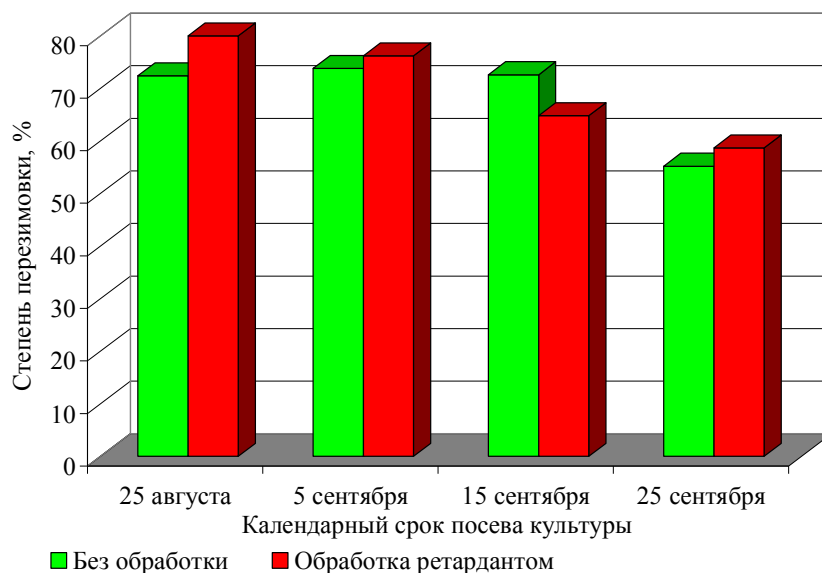
сеялкой СН-16, норма высева – 2,0 млн всхожих семян на 1 гектар с шириной междурядий 15 см на глубину заделки 3–5 см.

Почва опытного участка – чернозем южный слабогумусный с глубоким залеганием грунтовых вод (20–30 м и больше). В почве опытного участка содержание гумуса составляет 2,4–2,6 %, подвижного фосфора – 1,0–2,5 мг/100 г, обменного калия – 18–28 мг/100 г почвы [6].

Климат района степной, умеренно холодный, полусухой, континентальный. За 5 лет исследований для рапса озимого благоприятными по погодным условиям оказались 2007, 2008, 2009 гг., а 2006, 2010 гг. – благоприятными для первых двух сроков посева и неблагоприятными для двух последних.

**Результаты и обсуждение.** В результате исследований было установлено, что в зависимости от сроков посева растения рапса озимого перед окончанием осенней вегетации достигли разных фаз развития. Посевы первых двух сроков сформировали розетку с 6–8 хорошо развитыми настоящими листьями и весом растения не менее 35 г. Посевы двух последних сроков перед уходом в зиму имели 2–4 настоящих листа, что значительно увеличило риск их гибели в зимний период. При посеве рапса озимого 25 сентября в течение 5 лет исследований были получены лишь всходы культуры с 6 до 23 октября.

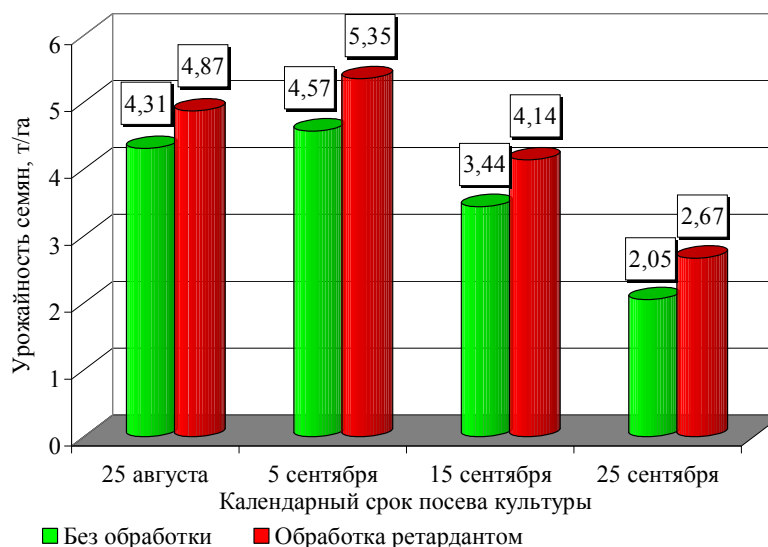
Применение ретарданта способствовало уменьшению высоты точки роста, формированию компактной и приземистой розетки с листьями, что в дальнейшем оказало положительное влияние на перезимовку растений. Так, при первом сроке посева с применением ретарданта была отмечена наивысшая степень перезимовки растений рапса озимого, которая составила в среднем по опыту 80,6 %. Самая низкая степень перезимовки растений наблюдалась при посеве 25 сентября (55,2 %) без применения ретарданта (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Степень перезимовки рапса озимого в зависимости от исследуемых факторов, среднее за 2006–2010 гг.**

В среднем первые два срока посева имели высокую степень перезимовки (76,5–75,0 %). Благодаря этому урожайность рапса озимого по первому и второму сроку не имела существенной разницы и была на уровне 4,59 и 4,96 т/га соответственно (рисунок 2). При последних сроках посева в связи с недостаточным развитием растения перезимовали значительно хуже (68,7–56,9 %), здесь отмечено существенное снижение урожайности на 1,17 и 2,60 т/га.





НСР<sub>05</sub> по фактору А составила за годы исследований 0,89 т/га; по фактору В – 0,36 т/га

**Рисунок 2 – Урожайность рапса озимого в зависимости от срока посева и обработки посевов ретардантом, среднее за 2006–2010 гг.**

Исследования, проведенные на протяжении 2006–2010 гг., показали, что применение ретарданта способствовало увеличению урожайности на 0,67 т/га. В отдельные годы (2008, 2009) прирост урожайности от применения ретарданта составлял 1,01–1,39 т/га, что было значительно больше урожайности вариантов, в которых «Фоликур» не применяли.

При взаимодействии факторов самая большая урожайность была получена при посеве 5 сентября на фоне применения ретарданта «Фоликур» (5,35 т/га), а при посеве 25 сентября без применения ретарданта урожайность была наименьшей (2,05 т/га).

В современных условиях являются актуальными вопросы снижения производственных расходов при выращивании рапса озимого. Ведь для повышения уровня эффективности сельскохозяйственного производства необходимо достичь роста урожайности, уменьшения расходов на уборку, транспортировку, хранение и переработку продукции.

При выращивании рапса озимого применение такого приема, как изменение срока посева, не несет дополнительных расходов. В целом производственные расходы на весь технологический процесс выращивания по срокам посева были в пределах 2940–2978 грн./га. Самая высокая себестоимость продукции (3767 грн./га) была получена в вариантах с максимальной урожайностью 4,96 т/га во второй срок посева (таблица 1).

**Таблица 1 – Экономическая эффективность выращивания рапса озимого в зависимости от срока посева (среднее за 2006–2010 гг.)**

Показатель	Срок посева			
	25 августа	5 сентября	15 сентября	25 сентября
Полная себестоимость, грн./га	3759,4	3767,1	3750,6	3730,8
Полная себестоимость, грн./т	819,1	759,5	989,6	1580,9
Валовая выручка, грн./га	13770	14880	11370	7080
Чистая прибыль, грн./га	10010	11112	7619	3349
Чистая прибыль, грн./т	2181	2240	2010	1419
Уровень рентабельности, %	266,3	295,0	203,1	89,8

Примечание – Посчитано в ценах 2010 г.

Максимальная выручка была получена в вариантах посева рапса озимого 5 сентября (14880 грн./га). При посеве 25 сентября этот показатель составил 7080 грн./га, то есть уменьшение величины выручки от реализации в связи с опозданием посева культуры составило 7800 грн./га, или 52,4 %.

Наивысший уровень рентабельности в зависимости от срока посева был получен при посеве 5 сентября (295,0 %). Выполнение посева в более поздние сроки (через 10–20 дней) привело к существенному снижению уровня рентабельности до 203,1–89,8 %.

При применении ретарданта в посевах рапса озимого на каждый гектар потребовалось дополнительных затрат в количестве 134 грн., при этом полная себестоимость увеличивалась на 150 грн./га. Разница суммы валовой выручки за счет применения ретарданта составила 2010 грн./га в сравнении с вариантами без применения «Фоликура» (таблица 2).

**Таблица 2 – Экономическая эффективность выращивания рапса озимого в зависимости от применения на посевах «Фоликура», среднее за 2006–2010 гг.**

Показатель	Без обработки	Обработка препаратом «Фоликур» нормой 0,4 л/га в фазу 3–4 настоящих листьев культуры
Полная себестоимость, грн./га	3608,7	3756,1
Полная себестоимость, грн./т	1005,2	881,7
Валовая выручка, грн./га	10770	12780
Чистая прибыль, грн./га	7161	9023
Чистая прибыль, грн./т	1995	2118
Уровень рентабельности, %	198,4	240,2
Примечание – Посчитано в ценах 2010 г.		

Применение в технологии выращивания рапса озимого ретарданта привело к увеличению уровня рентабельности на 41,2 % (до 240,2 %) по сравнению с необработанными посевами, в которых показатель составил 198,4 %.

**Выводы.** В неорошаемых условиях Крыма при выращивании рапса озимого по предшественнику чистый пар посев культуры 5 сентября обеспечил высокую степень перезимовки (75,0 %), самую высокую урожайность семян (4,96 т/га) и уровень рентабельности 295,0 %. Применение ретарданта увеличило урожайность на 0,67 т/га, а уровень рентабельности – больше чем на 40 % (с 198,4 до 240,2 %).

#### Список использованных источников

- 1 Кім, А. Чинники, що визначають виробництво ріпаку / А. Кім // Agroexpert. – 2010. – № 1. – С. 71–72.
- 2 Калетник, Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні: моногр. / Г. М. Калетник. – Київ: Аграрна наука, 2008. – 464 с.
- 3 Лихочвор, В. В. Ріпак ярий та озимий / В. В. Лихочвор. – Львів: Українські Технології, 2002. – 48 с.
- 4 Рапс / Д. Шпаар, Н. Маковски, В. Захаренко [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУ Аинформ, 1999. – 205 с.
- 5 Лихочвор, В. Особливості технології вирощування ріпаку / В. Лихочвор // Пропозиція. – 2008. – № 7. – С. 90–92.
- 6 Половицкий, И. Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия: справ. изд. / И. Я. Половицкий, П. Г. Гусев. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.

УДК 635.64:631.674.6:631.543(477.7)

**Е. В. Сидякина, А. С. Шангарь**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

### **ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ ПОСАДКИ РАССАДЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПЛОДОВ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ЮГА УКРАИНЫ**

*Целью исследований являлось изучение влияния схемы посадки рассады на урожайность плодов томата. Исследования проводили в условиях капельного орошения на черноземах южных ЧСП АФ «Родничок» (Снигиревский район Николаевской области, Украина). Результаты исследований показали, что лучшими схемами посадки рассады томатов являются 140×15 и 152×15 см с густотой стояния растений 47,5 и 43,4 тыс. шт./га соответственно. В среднем за два года при соблюдении всех агротехнических операций они обеспечили урожайность плодов на уровне 116–118 т/га. Между густотой стояния растений и урожайностью плодов томата установлена очень тесная статистическая связь. Рассчитанные полиномиальные корреляционно-регрессионные зависимости позволяют с высокой вероятностью прогнозировать уровень урожайности культуры.*

*Ключевые слова: томат, схема посадки рассады, густота стояния растений, ширина междурядий, урожайность, полиномиальные корреляционно-регрессионные зависимости.*

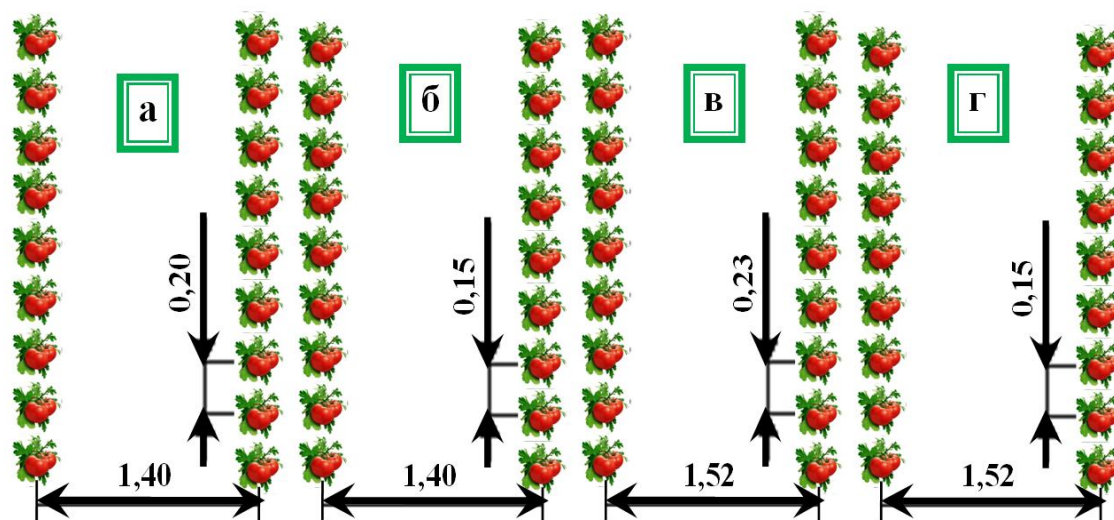
**Введение.** Томат – самая распространенная овощная культура на Украине. Плоды и продукты его переработки пользуются большим спросом благодаря непревзойденным вкусовым, питательным и диетическим качествам, наличию сахаров, белков, органических кислот, жиров, эфирных масел, минеральных солей и большого набора витаминов. Потребление томатной продукции снижает риск возникновения множества заболеваний, а при нарушении обмена веществ, пониженной кислотности желудочного сока и болезнях печени является эффективным лечебным средством [1, 2].

Ежегодно на Украине томаты занимают 70–80 тыс. га посевных площадей [3]. При этом роль лидера в производстве культуры принадлежит южному региону Украины. Объясняется это наличием здесь благоприятных почвенно-климатических условий, в том числе достаточного количества солнечного света и тепла. Лимитирующим фактором выступает недостаточная влагообеспеченность, но в условиях орошения, и особенно капельного, на юге Украины есть возможность получать высокие и стабильные урожаи томатов с высокими показателями качества плодов [4–6].

**Материал и методы.** Основной задачей проведенных нами исследований было изучение влияния схемы посадки рассады на урожайность плодов томата гибрида Перисус F1, внесенного в Государственный реестр сортов растений Украины в 2006 г. Опыты проводили в 2010–2011 гг. в ЧСП АФ «Родничок», которое находится в Снигиревском районе Николаевской области. Почва опытного поля представлена черноземом южным тяжелосуглинистым. На исследование были поставлены 4 схемы посадки рассады: 140×20 см (густота стояния растений – 36,4 тыс. шт./га), 140×15 см (47,5 тыс. шт./га), 152×23 см (28,0 тыс. шт./га), 152×15 см (43,4 тыс. шт./га) (рисунок 1).

Агротехника была общепринятой для условий капельного орошения юга Украины. Предшественником томата была озимая пшеница. Рассаду выращивали по касетной технологии в г. Голая Пристань Херсонской области. Ее посадка была осуществлена рассадопосадочной машиной FERRARI F MAX/3. Собирали плоды томата после наступления технической спелости комбайном Ромас модели GIGA COSMO 45 DS.

**Результаты и обсуждение.** 2010 г. оказался более засушливым, и, несмотря на капельное орошение, урожайность плодов томата по всем схемам посадки рассады оказалась на 7,1–9,8 т/га ниже, чем в 2011 г. (таблица 1).



а – 140×20 см; б – 140×15 см; в – 152×23 см; г – 152×15 см

Рисунок 1 – Схема посадки рассады томата

Таблица 1 – Урожайность плодов томата при различных схемах посадки рассады

В т/га

Схема посадки рассады	Ширина междурядий, м	Густота стояния растений, тыс. шт./га	Год исследований	
			2010	2011
140×20 см	1,40	36,4	101,5	109,7
140×15 см		47,5	110,8	117,9
152×23 см	1,52	28,0	100,8	110,6
152×15 см		43,4	107,1	115,6

Минимальная урожайность была получена в вариантах опыта со схемами посадки рассады 152×23 см и 140×20 см (100,8 и 101,5 т/га соответственно). Формирование большей густоты стояния растений, независимо от ширины междурядий, приводило к увеличению урожайности плодов томата. Густота стояния растений 43,4 тыс. шт./га (152×15 см) обеспечила формирование урожайности на уровне 107,1 т/га, а густота 47,5 тыс. шт./га (140×15 см) – 110,8 т/га, что является максимальным показателем в 2010 г.

Закономерности по вариантам опыта в более влажном 2011 г. оказались несколько иными. Минимальную урожайность плодов получили при ширине междурядий 1,40 м с густотой стояния растений 36,4 тыс. шт./га (140×20 см). Она составила 109,7 т/га и на 0,9 т/га уступала варианту со схемой посадки рассады 152×23 см, то есть варианту с меньшей густотой стояния растений. Увеличение густоты стояния до 43,4 тыс. шт./га (152×15 см) и 47,5 тыс. шт./га (140×15 см) обеспечило формирование максимального уровня урожайности плодов томата (115,6 и 117,9 т/га соответственно).

В среднем за два года исследований урожайность плодов томата в вариантах со схемами посадки 140×20 и 152×23 см оказалась одинаковой (105,6–105,7 т/га), хотя сформированная густота стояния растений значительно отличалась (рисунок 2). Увеличение густоты стояния способствовало формированию более высокого уровня урожайности плодов (111,4 т/га при ширине междурядий 1,52 м и 114,4 т/га при ширине междурядий 1,40 м).

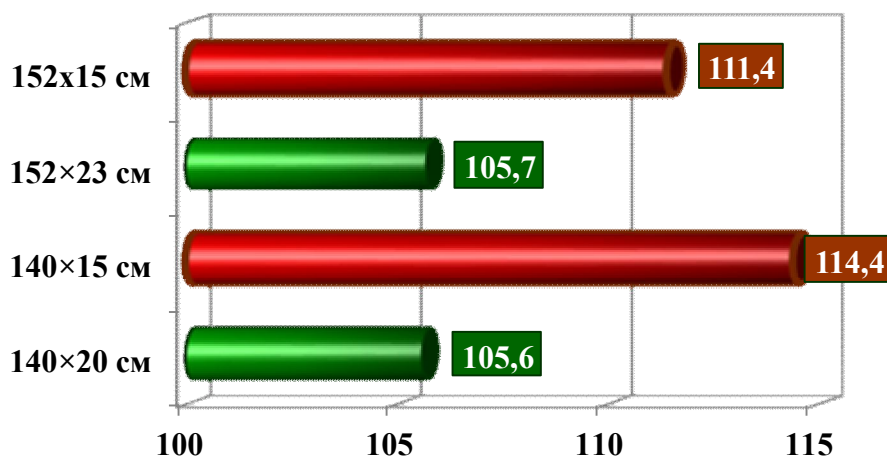


Рисунок 2 – Урожайность плодов томата в среднем за 2010–2011 гг., т/га

Результаты проведенных исследований показали, что урожайность плодов томата в опыте в значительной степени зависела от густоты стояния растений. Поэтому авторы решили установить статистическую связь между данными показателями и построить полиномиальные корреляционно-регрессионные зависимости (рисунок 3).

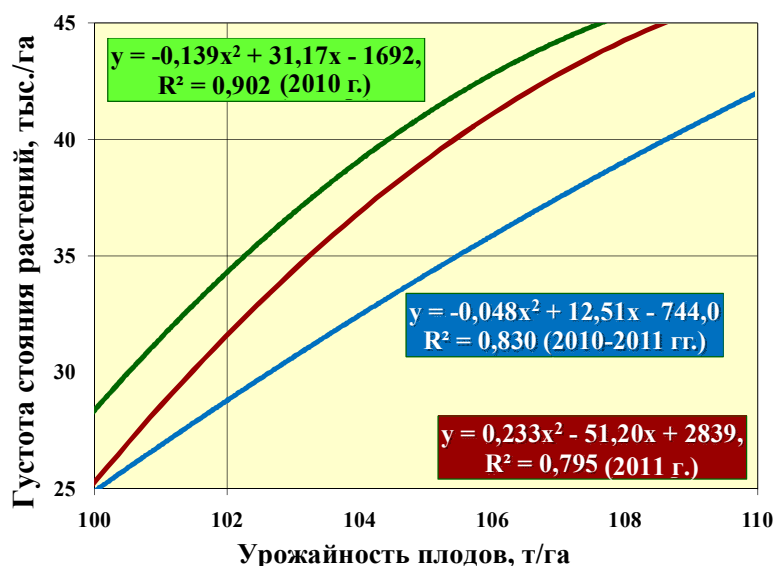


Рисунок 3 – Полиномиальные корреляционно-регрессионные зависимости между урожайностью плодов томата и густотой стояния растений

Степень статистических связей между урожайностью плодов томата и густотой стояния растений в 2010 г. оказалась очень сильной. Об этом свидетельствует коэффициент детерминации  $R^2 = 0,902$  (если коэффициент детерминации находится в пределах от 0,90 до 0,99, степень связи по шкале Чеддока считается очень сильной). В 2011 г. и в среднем за два года исследований связь между показателями, которые были поставлены на изучение, оказалась сильной: коэффициент детерминации составил соответственно 0,795 и 0,830 (если коэффициент детерминации находится в пределах от 0,70 до 0,89, степень связи по шкале Чеддока считается сильной).

Такая высокая степень связи между густотой стояния растений и уровнем сформированной урожайности и рассчитанные авторами полиномиальные корреляционно-регрессионные зависимости позволяют с высокой вероятностью прогнозировать

уровень урожайности плодов томата при условии соблюдения в процессе выращивания культуры всех агротехнических требований.

#### **Выводы**

1 Результаты проведенных исследований показали, что на черноземах южных в условиях капельного орошения рассаду томата нужно высаживать по схемам 140×15 или 152×15 см с густотой стояния растений 47,5 и 43,4 тыс. шт./га соответственно. При условии соблюдения всех агротехнических требований такие схемы посадки рассады позволяют получить 116–118 т/га плодов томата.

2 Между густотой стояния растений и урожайностью плодов томата установлена очень тесная статистическая связь. Рассчитанные нами полиномиальные корреляционно-регрессионные зависимости позволяют с высокой вероятностью прогнозировать уровень урожайности культуры.

#### **Список использованных источников**

1 Стоянов, А. В. Плоди і овочі – невід’ємний компонент їжі / А. В. Стоянов // Харчова і переробна промисловість. – 2001. – № 8. – С. 8–10.

2 Выродова, А. П. Окраска плодов томата определяет их биологическую ценность / А. П. Выродова, О. Е. Яновчик // Картофель и овощи. – 2009. – № 2. – С. 25–26.

3 Янчук, А. Выращивание томата в открытом грунте для потребления в свежем виде / А. Янчук // Овощеводство. – 2010. – № 3. – С. 40–44; № 4 – С. 45–47.

4 Божко, Л. Ю. Оцінка агрокліматичних умов формування продуктивності овочевих культур в Україні / Л. Ю. Божко, О. А. Барсукова // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2009. – Вип. 7. – С. 101–109.

5 Божко, Л. Ю. Кліматичні умови вирощування томатів в Україні / Л. Ю. Божко, О. А. Барсукова, О. Є. Ярмольська // Український гідрометеорологічний журнал. – 2013. – № 13. – С. 75–85.

6 Ромащенко, М. Состояние и перспективы развития овощеводства открытого грунта в Украине / М. Ромащенко // Овощеводство. – 2010. – № 5. – С. 8–11.

УДК 633.854:631.524

**А. Л. Рудик, И. С. Никонова**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

**О. Л. Томашова**

Институт сельского хозяйства Крыма, Клепинено, Республика Крым

#### **ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВА МАСЛА НЕКОТОРЫХ СОРТОВ ЛЬНА-МЕЖЕУМКА**

*Приведена оцінка сортів льна-межеумка різної селекції по показателям масличності, виходу жиру і якісному складу жирних кислот. Дана загальна оцінка сортів по жирно-кислотному складу масла. Дослідження по вивченню сортового складу льна масличного в неорошуваних умовах проводились в польовому досвіді на південних чорноземах на території Херсонської області України. Найбільшою масличністю були сорти Rucheek (49,79 %) і Lirina (49,34 %), а найменшою – сорти Aisberh (46,18 %) і Debiut (46,83 %). По даним наших досліджень, кількість насичених кислот коливалось від 6,63 % у сорту Aisberh до 8,54 % у сорту Pivdenna nich. У всіх сортах відмічалось переобладання пальмитинової кислоти, її вміст було в 1,85–2,43 рази вище, ніж стеаринової. Сума ненасичених кислот в досліджуваних сортах складала 91,45–93,37.*

*Ключевые слова: лен-межеумок, сорт, масличность, жирные кислоты, насыщенные и ненасыщенные кислоты.*

**Введение.** Лен относится к числу древнейших сельскохозяйственных растений, которые приобрели за свою историю широкое и разнообразное использование. Его название в переводе с латинского может трактоваться как «самый полезный», что объективно отображает его хозяйственное значение в те века. Еще в древности лен выращивался как техническая культура для производства тканей, получения масла, а также как пищевое и лекарственное растение [1].

В настоящее время масло, которое получают из льна межеемочного подвида, является основным сырьем в производстве лаков, красок, искусственной кожи, мыла и др. Семена льна содержат до 55 % жирного масла, которое отличается от масел других растений высоким содержанием триглицеридов полиненасыщенных жирных кислот (73 %). Основной компонент масла – линоленовая кислота – наиболее ненасыщенный, что определяет его высокую биологическую активность и способность быстро высыхать. Это делает льняное масло практически незаменимым в производстве высококачественных антикоррозионных покрытий, а также лучшего линолеума.

В последние годы возрос интерес к пищевому и лечебному использованию льняного масла, что обусловлено высоким содержанием линоленовой кислоты. Оно способствует выведению из организма холестерина, улучшению обмена белков и жиров, нормализации артериального давления, снижению риска образования тромбов и опухолей. Доказано значительное снижение риска сердечно-сосудистых и раковых заболеваний и уменьшение аллергических реакций при его употреблении [2].

Целесообразность и эффективность использования масла льна определяется его жирно-кислотным составом. Преимущественно содержание насыщенных (пальмитиновой и стеариновой) жирных кислот относительно стабильное, в отличие от ненасыщенных – олеиновой, линолевой и линоленовой [3, 4]. Масла с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот отвечают техническому применению, а с низким идут на пищевые цели [5]. Из-за большого разнообразия и интенсивности обновления сортов, различных почвенно-климатических условий выращивания льна-межеемка изучение качественного состава масла – актуальная производственная задача.

**Материал и методы.** Целью наших исследований являлась оценка масличности и качества масла сортов льна масличного различных экотипов в условиях сухой степи Украины. Комплексные исследования проводили в ГПОХ «Асканийское» НААНУ с. Тавричанка Каховского района Херсонской области. Почвы участка темно-каштановые слабосолонцеватые (содержание гумуса в пахотном слое – 3,12 %). Объектами исследований выступали сорта Aisberh, Debiut, Pivdenna nich (Институт масличных культур НААНУ, г. Запорожье, Украина), Blakutno-pomaranchevuyi (Национальный научный центр «Институт земледелия НААНУ», Украина), Vira (ГПОХ «Асканийское» НААНУ Института масличных культур, Украина), Lirina («Дойче Заатферделунг Липпштадт-Бремен ГмбХ», Германия), Rucheek (ВНИИМК им. В. С. Пустовойта).

Под культуру вносили минеральные удобрения из расчета  $N_{45}P_{30}K_{30}$ . Содержание сырого жира определяли на аппарате ЕЖ-101, жирно-кислотный состав – методом газожидкостной хроматографии на приборе «Сэлмихром-1».

**Результаты и обсуждение.** Главным показателем качества для масличных культур является содержание жира. Хотя этот показатель преимущественно определяется сортовыми особенностями, он существенно зависит от почвенно-климатических условий, агротехнических приемов. Масличность и выход масла изучаемых сортов культуры показаны в таблице 1.

В целом масличность изменялась на 9,5 относительных процента от 45,46 до 49,79 %. Наибольшую масличность имели семена сортов Rucheek и Lirina (соответственно 49,79 и 49,34 %). Превышение над стандартом (сортом Pivdenna nich) составляло 3,88 и 4,33 % соответственно. Наименьшую масличность показали сорта Aisberh

(46,18 %) и Debiut (46,83 %), превышение над национальным стандартом составило соответственно 0,72 и 1,37 %.

**Таблица 1 – Параметры продуктивности исследуемых сортов льна масличного, 2013 г.**

Сорт	Масличность		Выход масла	
	%	± до (st)	ц/га	± до (st)
Aisberh	46,18	0,72	8,40	0,90
Blakytно-pomaranchevyi	47,37	1,91	8,57	1,07
Vira	48,92	3,46	8,51	1,01
Debiut	46,83	1,37	8,57	1,07
Lirina	49,34	3,88	9,82	2,32
Pivdenna nich (st)	45,46	-	7,50	-
Rucheek	49,79	4,33	9,86	2,36

Выход масла является обобщающим показателем как функция урожайности и масличности. Наиболее продуктивными по выходу масла оказались сорта Rucheek (9,86 ц/га) и Lirina (9,82 ц/га). Их превышение над стандартом составило соответственно 2,36 и 9,82 ц/га. Наименьшие показатели по выходу масла имели сорта Aisberh (8,40 ц/га) и Pivdenna nich (7,50 ц/га). Использование сорта Aisberh увеличило выхода масла на 0,9 ц/га относительно контроля.

Растительные масла – важный продукт питания, поскольку имеют высокую пищевую ценность и невысокую себестоимость. Сфера практического применения масла зависит от его технологических свойств, что определяется химическим составом. Качественный состав масла исследуемых сортов представлен в таблице 2.

**Таблица 2 – Качественный состав масла исследуемых сортов льна масличного, 2013 г.**

В процентах

Сорт	Жирные кислоты				
	насыщенные		ненасыщенные		
	пальмитиновая	стеариновая	олеиновая	линолевая	линоленовая
Aisberh	4,70	1,93	16,43	12,49	64,45
Blakytно-pomaranchevyi	4,80	2,46	17,95	15,22	59,56
Vira	5,21	2,23	16,48	15,71	60,35
Debiut	5,09	2,75	20,65	14,72	56,79
Lirina	5,30	2,70	20,81	15,87	55,32
Pivdenna nich	5,66	2,88	21,15	14,17	56,13
Rucheek	5,52	2,95	22,12	13,59	55,81

По данным наших исследований, количество насыщенных кислот колебалось от 6,63 у сорта Aisberh до 8,54 % у сорта Pivdenna nich. Оставшиеся сорта располагались в следующем порядке по убыванию: Blakytно-pomaranchevyi, Vira, Debiut, Lirina, Rucheek. Близкими по содержанию насыщенных кислот были сорта Rucheek, Pivdenna nich; Lirina, Debiut, Blakytно-pomaranchevyi, Vira. Во всех сортах отмечается преобладание пальмитиновой кислоты, ее содержание было в 1,85–2,43 раза выше, чем стеариновой.

По содержанию ненасыщенных кислот сорта располагались в обратном порядке. Их сумма в исследуемых сортах составляла 91,45–93,37. В группе ненасыщенных кислот во всех объектах преобладала линоленовая. Ее количество колебалось от 55,32 у сорта Lirina до 64,45 % у сорта Aisberh. Близкими по содержанию этой кислоты были



сорта Debiut, Lirina, Pivdenna nich, Rucheek, а также Blakytно-pomaranchevyi и Vira.

На втором месте по содержанию находилась олеиновая кислота. Наибольшее количество этой кислоты наблюдалось у сорта Rucheek (22,12 %), а наименьшее – у сорта Aisberh (16,43 %). Группа сортов с близким содержанием линоленовой кислоты такая же, как и для олеиновой.

Самой низкой долей линолевой кислоты отличался сорт Aisberh (12,49 %), тогда как максимальное значение было отмечено у сорта Lirina (15,87 %).

В ходе исследований было установлено, что количество ненасыщенных кислот изучаемых сортов в 12 раз превышает количество насыщенных кислот, что указывает на пригодность льняного масла для диетического и профилактического питания.

Регулярное включение в рацион льняного масла значительно снижает уровень вязкости крови и уровень холестерина, улучшает эластичность сосудов, следовательно, снижается риск развития ишемической болезни сердца, сахарного диабета, атеросклероза. Льняное масло нормализует работу всех органов пищеварительной системы: улучшает функционирование печени, используется для лечения гастритов, колитов, оказывает противопаразитарное воздействие. Употребление льняного масла в медицине советуют больным в период послеоперационных реабилитаций. Кроме того, существует мнение, что льняное масло предупреждает возникновение онкологических заболеваний.

**Выводы.** Сорта льна масличного отличаются доминированием в их маслах группы ненасыщенных жирных кислот, в которой преобладают линоленовая и олеиновая кислоты. В группе насыщенных кислот выше доля пальмитиновой кислоты.

Масличность в изучаемых сортах изменялась от 45,46 до 49,79 %. Наибольшая масличность была у сортов Rucheek (49,79 %) и Lirina (49,34 %), а наименьшая – у сортов Aisberh (46,18 %) и Debiut (46,83 %). По данным наших исследований, количество насыщенных кислот колебалось от 6,63 % у сорта Aisberh до 8,54 % у сорта Pivdenna nich. У всех сортов отмечалось преобладание пальмитиновой кислоты, ее содержание было в 1,85–2,43 раза выше, чем стеариновой. Сумма ненасыщенных кислот в исследуемых сортах составляла 91,45–93,37. В группе ненасыщенных кислот во всех сортах преобладала линоленовая. Ее количество колебалось от 55,32 % у сорта Lirina до 64,54 % у сорта Aisberh.

Различия жирно-кислотного состава масел сортов льна-межеумка определяют необходимость учитывать при установлении однородности партий и приоритетность направления их использования.

#### Список использованных источников

1 Коротич, П. Льон – нова перспектива в родині олійних / П. Коротич // Пропозиція. – 2006. – № 2(128). – С. 36–40.

2 Виноградов, Д. В. Экспериментальное обоснование технологии выращивания льна масличного сорта Санлин / Д. В. Виноградов, А. В. Поляков, А. А. Кунцевич // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2013. – № 2(18). – С. 7–12.

3 Малышева, А. Г. Биохимические особенности семян сортов льна масличного / А. Г. Малышева, М. А. Сорочинская // Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – 1981. – Вып. 78. – С. 31–34.

4 Дрозд, І. Ф. Жирно-кислотний склад насіння льону олійного в умовах західного регіону України / І. Ф. Дрозд // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2011. – № 40. – С. 72–76.

5 Drozd, I. F. Comparative description of oilness of sorts of flax oily in various conditions of growing / I. F. Drozd, V. O. Lyakh, M. P. Shpek // Materialy Jubileuszowej V Ogólnopolskiej Młodzieżowej Konferencji Naukowej. – Rzeszow, 2009. – P. 20–24.

УДК 633.521

**А. Л. Рудик, Н. Ю. Носова**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

### **ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО С ЦЕЛЬЮ ЕГО КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ**

*Целью исследований было сравнительное изучение комплексных признаков продуктивности сортов льна масличного, выращиваемых в неорошаемых условиях южной степи Украины на южных черноземах. Среди исследуемых объектов выявлены сорта льна масличного, которые обеспечили получение наивысшей урожайности семян и соломы. Установлено, что в условиях сухой степи целесообразно для двойного использования выращивать лен масличный сортов *Blakytно-potaranchevuyi* и *Lirina*. В этих условиях они обеспечивают наивысшую урожайность семян (*Blakytно-potaranchevuyi* – 16,1 ц/га, *Lirina* – 15,0 ц/га) и соломы (*Lirina* – 23,1 ц/га, *Blakytно-potaranchevuyi* – 22,6 ц/га).*

*Ключевые слова: лен масличный, сорт, южный чернозем, урожайность, комплексное использование, семена, солома, масличность, выход масла, содержание луба, выход луба.*

**Введение.** На современном этапе развития перерабатывающей промышленности лен – практически безотходное растение, которое в условиях резкого сокращения запасов невозобновляемой энергии и возникновения экологических опасностей становится привлекательным для инвестиций.

При выращивании льна масличного получают три ценных вида продукции: семена, волокно, костру. Семена содержат до 50 % масла, которое является источником незаменимых жирных кислот омега-3 и омега-6. Целлюлозосодержащее волокно и костра – ценное техническое сырье, область применения которого быстро расширяется. Солома на Украине практически не используется, чаще всего после уборки она сжигается, чем наносится большой экологический вред, или запаховается [1, 2]. Объемы потенциального использования растительных остатков льна масличного как органического удобрения оцениваются на уровне 120 тыс. т.

Инновационное использование семян и соломы льна масличного имеет перспективы лишь посредством изучения технологических свойств в разрезе отдельных сортов, технологий и поиска наиболее пригодных для двойного использования.

По состоянию на 2013 г. в Государственный реестр сортов Украины было внесено 15 сортов льна масличного для различных почвенно-климатических условий [3]. Это создало возможность осуществлять выбор сорта для выращивания в том или другом регионе, учитывая его генетический потенциал, биологические особенности и цели использования [4].

В степной зоне Украины лимитирующим фактором при формировании урожая сельскохозяйственных культур, в том числе и льна масличного, является влага, поэтому особое внимание уделяется засухоустойчивости [5].

Сорта льна масличного *Aisberh*, *Kivika*, *Pivdenna nich* – южного экотипа, они созданы для почвенно-климатических условий степной зоны. Отличительными особенностями этих сортов являются высокая потенциальная урожайность, засухоустойчивость, стойкость к фузариозному увяданию. Встречаются и сорта иностранной селекции, в том числе северного экотипа. Однако исследования возможности двойного использования данных сортов в нашей зоне не осуществлялись.

**Материал и методы.** Исследования проводили в зоне сухой степи Украины на полях ГПОХ «Асканийское» НААНУ, которое расположено в с. Тавричанка Каховского района Херсонской области, в 2013 г.

Изучению подлежали сорта украинской селекции (Института масличных культур НААНУ и ННЦ «Институт земледелия НААНУ»), а также VNIIMK 620 селекции ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта» (Россия), Nadiinyi общей селекции ООО НВА «Землеробець» (Украина) и ДНУ «Донская опытная станция им. Л. А. Жданова Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур» (Россия), Lirina селекции «Дойче Заатферделунг Липпштадт-Бремен ГмбХ» (Германия).

Агроэкологическое испытание сортов проводилось в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур». Оценка соломы выполнена по стандартам на солому льна-долгунца.

**Результаты и обсуждение.** Все представленные сорта имеют определенно масличное направление использования для технических целей, однако сорт Kivika отличается измененным жирно-кислотным составом для пищевого использования. Главным показателем, по которым оценены сорта, является урожайность семян.

По результатам проведенных учетов очевидно, что существенно изменялась урожайность как семян, так и соломы (таблица 1).

**Таблица 1 – Урожайность семян и соломы ранних сортов льна масличного, 2013 г.**

В ц/га

Сорт	Урожайность		Отклонение от (st)	
	семена	солома	семена	солома
Aisberh	13,6	18,6	+1,6	+3,4
Blakytno-pomaranchevyi	16,1	22,6	+4,1	+7,4
VNIIMK 620	13,4	18,0	+1,4	+2,8
Kivika	11,9	15,1	-0,1	-0,1
Lirina	15,0	23,1	+3,0	+7,9
Nadiinyi	13,8	20,9	+1,8	+5,7
Pivdenna nich (st)	12,0	15,2	-	-
НСР <sub>05</sub>			0,63	0,92

Наибольшей семенной продуктивностью отличался сорт Blakytno-pomaranchevyi (16,1 ц/га) и Lirina (15,0 ц/га), а наименьшей – Kivika (11,9 ц/га). Их отклонение от стандарта (Pivdenna nich) составляло соответственно 4,1; 3,0 и 0,1 ц/га. Таким образом, достоверно выше была урожайность сорта Blakytno-pomaranchevyi в сравнении с сортом Lirina. Различия в урожайности сортов VNIIMK 620, Aisberh и Nadiinyi были несущественными.

Максимальную урожайность соломы обеспечивали сорта Lirina (23,1 ц/га) и Blakytno-pomaranchevyi (22,6 ц/га), различия между которыми были незначительными. Достоверно ниже был выход соломы у сорта Nadiinyi, а также Aisberh. Меньше всего соломы образовано сортами Kivika (15,1 ц/га) и Pivdenna nich (15,2 ц/га).

Для производственной оценки важны также технологические характеристики. Показатели качества и продуктивности сырья из разных сортов льна приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Показатели продуктивности разных сортов льна масличного, 2013 г.**

Сорт	Семена		Солома	
	масличность, %	выход масла, ц/га	содержание луба, %	выход луба, ц/га
1	2	3	4	5
Aisberh	39,01	5,31	11,6	2,16
Blakytno-pomaranchevyi	41,26	6,64	10,6	2,40
VNIIMK 620	39,90	5,35	13,6	2,45

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Kivika	39,70	4,72	13,9	2,10
Lirina	49,30	7,40	15,6	3,60
Nadiinyi	39,25	5,42	12,0	2,51
Pivdenna nich (st)	42,10	5,05	12,1	1,84

Учитывая назначение, масличность считаем определяющим показателем качества семян. В нашем опыте она колебалась от 39,01 % у сорта Aisberh до 49,30 % у сорта Lirina. Сорта селекции Института масличных культур НААНУ характеризовались маслянностью от 39,01 до 42,10 %. Сорт селекции ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта» имел масличность 39,90 %, а селекции ННЦ «Институт земледелия НААНУ» и ГНУ «Донская опытная станция им. Л. А. Жданова Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур» – 39,25 %. Сорт селекции «Дойче Заатфеределунг Липпштадт-Бремен ГмбХ» (Германия) имел самую высокую масличность среди исследуемых сортов (на уровне 49,30 %).

По содержанию луба сорта льна располагались следующим образом. Наивысшим был показатель у сорта Lirina (15,6 %), близкими и значительно ниже были показатели сортов Kivika (13,9 %) и VNIIMK 620 (13,6 %). Наименьший процент луба был в соломе сортов Aisberh (11,6 %) и Blakutno-pomaranchevyi (10,6 %).

Для объективной оценки продуктивности нами были рассчитаны условные выходы масла и луба. Выход масла был максимальным у сортов Lirina (7,40 ц/га), Blakutno-pomaranchevyi (6,64 ц/га), Nadiinyi (5,42 ц/га). По выходу луба самые высокие показатели были у сортов Lirina (3,60 ц/га), Nadiinyi (2,51 ц/га), VNIIMK 620 (2,45 ц/га).

Полученные результаты свидетельствуют о высокой производственной ценности соломы льна масличного, выращиваемого в условиях сухой степи Украины. Однако для разработки бизнес-проекта по ее использованию необходимо продолжить агроэкологическое изучение сортов и исследовать технологические свойства соломы и извлекаемых волокон.

### Выводы

1 В условиях сухой степи Украины наивысшую урожайность семян обеспечивают сорта Blakutno-pomaranchevyi (16,1 ц/га) и Lirina (15,0 ц/га), а соломы – Lirina (23,1 ц/га) и Blakutno-pomaranchevyi (22,6 ц/га).

2 Солома сортов Lirina, Kivika и VNIIMK 620 характеризуется наивысшим содержанием луба (соответственно 15,6; 13,9 и 13,6 %).

3 Наивысший выход масла обеспечивают сорта Lirina и Blakutno-pomaranchevyi (соответственно 7,40 и 6,64 ц/га), а выход луба – сорта Lirina (3,60 ц/га), Nadiinyi (2,51 ц/га) и VNIIMK 620 (2,45 ц/га).

### Список использованных источников

1 Рудік, О. Л. Біоенергетична оцінка комплексного використання продукції льону олійного / О. Л. Рудік // Наукові праці інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків: наук. вид. – Київ, 2013. – Вип. 19. – С. 108–112.

2 Адаптивные технологии возделывания масличных культур / С. В. Гаркуша, В. М. Лукомец, Н. И. Бочкарев [и др.]. – Краснодар: ВНИИМК им. В. С. Пустовойта РАСХН, 2011. – 185 с.

3 Державний реєстр сортів придатних для поширення в Україні у 2013 році / Мін. аграрної політики України, Державна система охорони прав на сорти рослин,

Український інститут експертизи сортів рослин. – Офіц. вид. – Київ: М-во аграрної політики України, 2014. – 464 с.

4 Рекомендації по вирощуванню льону олійного: наук.-практ. реком. / А. І. Колесніков, С. В. Бальошенко, А. В. Чехов [та ін.]. – Запоріжжя: Інститут олійних культур НААНУ, 2012. – 19 с.

5 Сагайдак, Є. О. Оцінка та добір генотипів льону олійного на посухостійкість / Є. О. Сагайдак // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2009. – № 1. – С. 134–136.

УДК 633.15:631.8:631.5

**О. Я. Ревтьо, С. О. Лавренко**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

### **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВЫРАЩИВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО НА ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ И ПОРИСТОСТЬ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ**

*В статье изложены результаты оценки основных составных частей агротехнического комплекса выращивания кукурузы на мелиорируемых землях южной степи Украины по влиянию на физические свойства почвы. Дана комплексная качественная и количественная оценка полученных данных в зависимости от способа основной обработки почвы и технологии ухода за растениями. При проведении статистической обработки экспериментальных данных были получены математические зависимости исследуемых показателей. Оптимальные условия по показателям плотности сложения и общей пористости в слое почвы 0–30 см на период всходов ( $1,24$ – $1,25$  г/см<sup>3</sup> и  $52,8$ – $53,3$  %) и уборки ( $1,33$  г/см<sup>3</sup> и  $49,8$ – $50,0$  %) кукурузы наблюдались при отвальной обработке почвы на глубину 28–30 см. Технологии ухода за посевами существенно не повлияли на анализируемые показатели, изменение которых находилось в пределах ошибки опыта.*

*Ключевые слова: кукуруза, минеральные удобрения, основная обработка почвы, технология ухода за посевами, густота стояния растений, плотность сложения, пористость.*

**Введение.** Важным мелиоративным фактором в технологии выращивания является способ основной обработки почвы. Правильный его выбор в конкретных почвенно-климатических условиях позволяет полностью использовать как космические, так и земные факторы жизни. Важными факторами при выборе способа обработки являются последствие предшественника и количество оставленных на поле пожнивных остатков, создание оптимальных условий для роста и последующего развития сельскохозяйственной культуры. В этом отношении важным элементом выступает знание о физических свойствах почвы, которые сложились под действием того или иного способа его основной обработки. Анализ динамики плотности сложения и пористости почвы дает возможность правильно выбрать наиболее рациональный способ ее обработки при разных условиях выращивания культуры.

Плотность сложения почвы является одним из основных факторов ее плодородия. Она изменяется в широких пределах: на минеральных почвах – от  $0,9$  до  $1,8$  г/см<sup>3</sup>, на болотных и торфяных – от  $0,15$  до  $0,40$  г/см<sup>3</sup>. Уплотнением почвы определяется уровень обеспеченности растений водой, элементами питания, воздухом и теплом. С его варьированием меняется и количественное (объемное) соотношение фаз почвы – твердой, газообразной и жидкой. Как избыточное уплотнение, так и разрыхленность почвы имеет негативные последствия: ухудшаются условия жизни растений и микроорганизмов. Таким образом, только при оптимальном уплотнении пахотного слоя сельскохозяйственные культуры нормально растут, развиваются и формируют высокий урожай.

Практика земледелия свидетельствует о том, что стабильные урожаи выращиваемых культур и экономное использование водных ресурсов и удобрений имеют место на почвах с плотностью сложения до  $1,20\text{--}1,25\text{ г/см}^3$ . Такая плотность сложения обеспечивает оптимальные условия питания, роста растений, формирования агрогидрологических свойств почвы. С повышением плотности сложения до  $1,5\text{--}1,6\text{ г/см}^3$  содержание воздуха в почве уменьшается почти вдвое, диаметр почвенных щелей уменьшается на 30–40 %, твердость почвы увеличивается в 3–4 раза, а водопроницаемость снижается в 3–5 раз [1–3].

Для каждой культуры в условиях определенного типа почвы устанавливается оптимальная плотность сложения пахотного слоя. В частности, для темно-каштановой почвы она складывается в естественных условиях ( $1,15\text{--}1,30\text{ г/см}^3$ ). Оптимальной плотностью сложения для большинства полевых культур считается  $1,0\text{--}1,3\text{ г/см}^3$ . Значительно хуже растут и развиваются растения при плотности  $1,5\text{--}1,6\text{ г/см}^3$  [4].

**Материал и методы.** Экспериментальные полевые исследования по усовершенствованию технологии выращивания кукурузы на зерно были проведены в течение 2004–2006 гг. на орошаемых землях государственного предприятия «Опытное хозяйство «Асканийское» Каховского района Херсонской области (Украина).

В полевых опытах изучали такие факторы и их варианты:

- фактор А – способ основной обработки почвы: отвальная на глубину 28–30 см; безотвальная на глубину 28–30 см;

- фактор В – фон питания: без удобрений;  $N_{60}P_{60}$ ;  $N_{120}P_{120}$ ;

- фактор С – технология ухода за посевами: механизированная прополка; химическая прополка; механизированная + химическая прополка;

- фактор D – густота стояния растений: 60; 80; 100; 120 тыс. шт./га.

Повторность опыта четырехкратная. Расположение вариантов осуществлялось методом расщепленных делянок с частичной рендомизацией. Посевная площадь делянок четвертого порядка –  $80,6\text{ м}^2$ , учетная –  $54,6\text{ м}^2$ . Во время проведения исследований руководствовались общепринятой методикой полевых опытов.

В опытах выращивали среднераннеспелый гибрид кукурузы Борисфен 250 МВ (ФАО 250–270). Генетический потенциал урожайности зерна –  $12,7\text{ т/га}$ . В реальных производственных условиях на орошаемых землях обеспечивает получение  $9,0\text{--}10,0\text{ т/га}$ . Гибрид отличается высокой влагоотдачей зерна при созревании, поэтому при его выращивании достигается экономия энергетических ресурсов для искусственной сушки зерна.

В опытах применяли общепризнанную технологию выращивания кукурузы на зерно для орошаемых условий юга Украины, за исключением элементов технологии, которые исследовались.

Предшественником кукурузы на зерно в полевых опытах была соя, после уборки которой проводили двукратное дискование стерни агрегатом БД-10 на глубину 10–12 см. Потом проводили основную обработку почвы согласно схеме опытов. Отвальную обработку выполняли плугом ПЛН-4-35, безотвальную – плоскорезом КППГ-250. Минеральные удобрения вносили согласно схеме опыта под основную обработку почвы.

Весенний комплекс работ начинали с боронования при наступлении физической спелости почвы. До посева были сделаны две сплошные культивации на глубину 8–10 и 6–8 см. Посев кукурузы выполнялся сеялкой СУПН-8 с междурядьем 0,7 м. Густоту посева формировали согласно схеме опыта.

В течение вегетации проводили уход за посевами, который выполнялся согласно схеме опытов. При механизированной прополке выполняли две междурядных культивации; при химической вносили гербицид «Дуал Голд 960 ЕС» до появления всходов нормой  $1,3\text{ л/га}$ .

Предполивную влажность в активном слое почвы (0,7 м) поддерживали на рекомендованном уровне (70–75 % НВ) с помощью дождевальной машины «Фрегат».

Уборку и учет урожая проводили в фазу полной спелости зерна вручную путем взвешивания кочанов со всей учетной площади делянки.

**Результаты и обсуждение.** Наличие тесной связи плотности сложения почвы с урожаем предопределяет необходимость определения величины оптимальной плотности для каждой культуры в данной конкретной почвенно-климатической зоне. Величина оптимальной плотности сложения зависит от многих факторов: особенностей роста и развития культуры, механического состава почвы, климатических условий данной конкретной зоны и увлажнения.

В результате проведения опытов (таблица 1) было установлено, что плотность сложения пахотного слоя почвы под посевами кукурузы зависела от способа его основной обработки и технологии ухода за растениями. Измерения проводили в вариантах внесения удобрений в дозе  $N_{120}P_{120}$  и густоты стояния 100 тыс. растений/га.

**Таблица 1 – Плотность сложения почвы на посевах кукурузы в зависимости от способа основной обработки и технологии ухода за посевами, среднее за 2004–2006 гг.**

В г/см<sup>3</sup>

Слой почвы, см (фактор С)	Технология ухода за посевами (фактор В)					
	механизированная прополка		химическая прополка		механизированная + химическая прополка	
	Срок определения					
	по всходам	перед уборкой	по всходам	перед уборкой	по всходам	перед уборкой
Отвальная обработка почвы на глубину 28–30 см (фактор А)						
0–10	1,21	1,24	1,22	1,29	1,20	1,25
10–20	1,26	1,34	1,24	1,32	1,24	1,33
20–30	1,29	1,40	1,29	1,39	1,27	1,41
0–30	1,25	1,33	1,25	1,33	1,24	1,33
Безотвальная обработка почвы на глубину 28–30 см (фактор А)						
0–10	1,29	1,33	1,31	1,31	1,29	1,33
10–20	1,31	1,36	1,32	1,38	1,33	1,37
20–30	1,34	1,42	1,36	1,41	1,35	1,43
0–30	1,31	1,37	1,33	1,37	1,32	1,38
НСР <sub>05</sub>	По всходам: для фактора А – 0,01–0,02; В, С – 0,02; взаимодействия АВ, АС – 0,02–0,03; ВС – 0,03–0,04; комплексного взаимодействия АВС – 0,04–0,05. Перед уборкой: для фактора А – 0,01–0,02; В, С – 0,01–0,02; взаимодействия АВ, АС – 0,02–0,03; ВС – 0,03; комплексного взаимодействия АВС – 0,03–0,05					

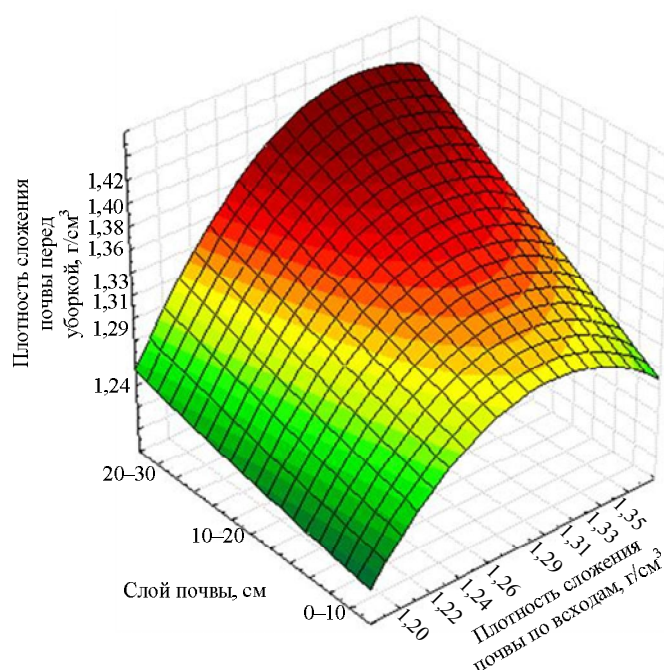
Во время всходов культуры технологии ухода за посевами еще не повлияли на величину плотности сложения почвы, которая полностью зависела от способа его основной обработки. При выполнении отвальной обработки происходило разрыхление всех слоев почвы, что отразилось на величине его строения в пахотном слое (1,24–1,25 г/см<sup>3</sup>). При безотвальной обработке плотность в слое почвы 0–30 см выросла в сравнении с вариантом отвальной обработки в среднем на 0,05–0,07 г/см<sup>3</sup>, составив 1,31–1,33 г/см<sup>3</sup>.

Наименьшее уплотнение по всходам кукурузы (во всех вариантах обработки почвы и технологии ухода за растениями) имел слой 0–10 см. Показатели плотности сложения почвы в этом слое в вариантах отвальной обработки находились в пределах 1,20–1,22 г/см<sup>3</sup>, а в вариантах безотвальной – 1,29–1,31 г/см<sup>3</sup>. Самым плотным оказался

слой почвы 20–30 см, показатели которого на  $0,07\text{--}0,08\text{ г/см}^3$  превышали соответствующие показатели верхнего слоя в вариантах отвальной обработки и на  $0,05\text{--}0,06\text{ г/см}^3$  – в вариантах безотвальной. В этом слое почвы было зафиксировано максимальное значение исследуемого показателя ( $1,36\text{ г/см}^3$ ) в варианте безотвальной обработки почвы с использованием химической прополки.

До уборки культуры под воздействием орошения, атмосферных осадков, процессов роста и развития самих растений произошло уплотнение почвы во всех вариантах независимо от исследуемых способов его обработки и технологии ухода за растениями.

Анализ взаимосвязи плотности сложения почвы в начале и конце вегетации кукурузы показал, что динамика плотности в зависимости от исследуемых факторов сохраняется (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Плотность сложения почвы по всходам и перед уборкой кукурузы в зависимости от исследуемых факторов**

Определение во время уборки кукурузы плотности сложения почвы показало, что наиболее разрыхленным был верхний слой (0–10 см). В более глубоких слоях почвы плотность сложения была больше, достигая максимальных показателей в слое 20–30 см. Наивысшие значения показателя в слое почвы 0–30 см в этот период ( $1,38\text{ г/см}^3$ ) были зафиксированы в вариантах безотвальной обработки почвы с применением механизированной и химической прополки. В вариантах вспашки в период уборки кукурузы плотность сложения слоя почвы 0–30 см была меньше на  $0,04\text{--}0,05\text{ г/см}^3$  в сравнении с безотвальной и составляла  $1,33\text{ г/см}^3$ .

Сравнивая способы ухода за посевами, стоит отметить, что плотность сложения почвы на делянках опыта, где выполняли механизированную прополку, в верхнем слое была ниже, чем на делянках с химической прополкой. Это объясняется двумя между-рядными культивациями в вариантах механизированной прополки, тогда как в вариантах химической прополки борьба с сорняками проводилась с помощью гербицидов. Слои почвы 10–20 и 20–30 см не обрабатывались, поэтому плотность их сложения во всех вариантах ухода за посевами варьировала несущественно, это изменение было в пределах ошибки опыта.

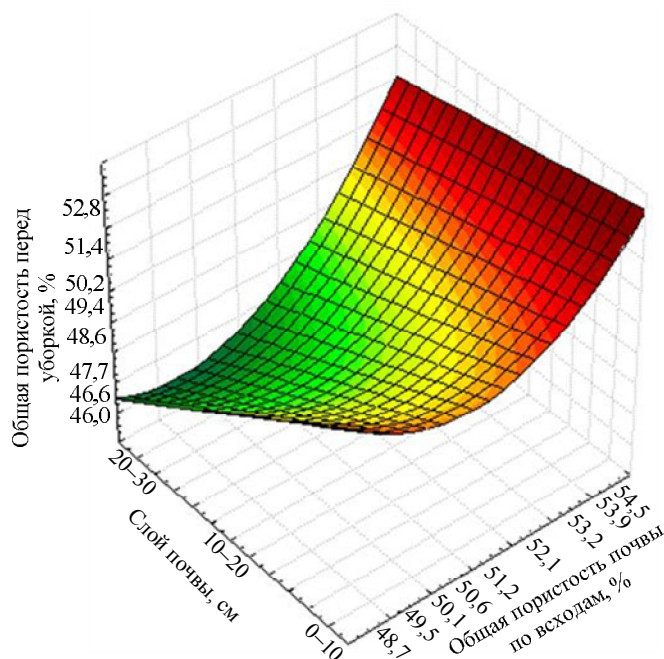
Корреляционный анализ показал, что сила связи величины урожая кукурузы



с плотностью сложения почвы во время всходов ( $r = -0,53$ ) и на период уборки ( $r = -0,37$ ) средняя и обратная.

Для создания наилучших условий для роста и развития растений в почве должен содержаться воздух. Ученые-почвоведы считают, что наименьший уровень общей пористости не должен быть меньше 15 % от объема почвы [5]. В разных горизонтах минеральных почв пористость изменяется от 25 до 80 %, в гумусовых горизонтах она обычно составляет 50–60 %, а в болотных почвах – 80–90 %.

Как известно, между плотностью строения и пористостью почвы существует обратно пропорциональная связь: чем выше плотность сложения, тем ниже пористость почвы (рисунки 1, 2).



**Рисунок 2 – Общая пористость почвы по всходам и перед уборкой кукурузы в зависимости от исследуемых факторов**

Определение взаимосвязи между общей пористостью во время всходов и уборки культуры (рисунок 2) показало, что за время онтогенеза кукурузы увеличение плотности сложения почвы уменьшило анализируемый показатель.

С пористостью тесно связаны такие свойства почвы, как влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная способность, направление и интенсивность биологических процессов. Известно, что наиболее благоприятные условия для роста и развития растений складываются в почве с общей пористостью 55–60 %, удовлетворительные – 50–55 %, неудовлетворительные – менее 50 %.

На основании данных о плотности сложения и плотности твердой фазы почвы была рассчитана ее общая пористость (таблица 2).

Полученные данные свидетельствуют о том, что показатели общей пористости были наивысшими во время всходов в слое почвы 0–10 см, в котором во всех вариантах получены удовлетворительные показатели (50,4–54,7 %). При отвальной обработке почвы с увеличением глубины пористость постепенно уменьшалась и достигла наименьших величин в слое 20–30 см. В нижнем пахотном слое (20–30 см) при безотвальной обработке зафиксированы неудовлетворительные показатели пористости (48,7–49,5 %). Наименьшее в опыте значение исследуемого показателя в слое 0–30 см в этот период (49,7 %) было зафиксировано в варианте безотвальной обработки почвы с применением химической прополки.

**Таблица 2 – Общая пористость почвы на посевах кукурузы в зависимости от способа основной обработки почвы и технологии ухода за посевами, среднее за 2004–2006 гг.**

В процентах

Слой почвы, см	Технология ухода за посевами					
	механизированная прополка		химическая прополка		механизированная + химическая прополка	
	Срок определения					
	по всходам	перед уборкой	по всходам	перед уборкой	по всходам	перед уборкой
Отвальная обработка почвы на глубину 28–30 см						
0–10	54,5	53,2	53,9	51,4	54,7	52,8
10–20	52,5	49,4	53,3	50,2	53,2	49,9
20–30	51,3	47,3	51,2	47,7	52,1	46,9
0–30	52,8	50,0	52,8	49,8	53,3	49,9
Безотвальная обработка почвы на глубину 28–30 см						
0–10	51,2	49,8	50,4	50,5	51,3	49,7
10–20	50,6	48,6	50,1	47,9	49,8	48,3
20–30	49,5	46,4	48,7	46,8	49,0	46,0
0–30	50,4	48,3	49,7	48,4	50,0	48,0

Пористость почвы перед уборкой урожая зерна кукурузы зависела от количества агротехнических мероприятий, длительности вегетационного периода культуры и была меньше оптимальных показателей.

На период уборки в вариантах отвальной обработки почвы общая пористость составляла 49,8–50,0 %. При безотвальной обработке показатель был меньше на 1,6–1,8 %.

В зависимости от технологии ухода за посевами существенно изменялась общая пористость верхнего слоя почвы, имея оптимальные значения в вариантах, в которых проводили междурядные обработки. При этом нижние слои были более плотными и, как следствие, имели меньшие показатели пористости в сравнении с вариантами химической прополки, но обобщение данных по пахотному слою нивелировало это преимущество.

**Выводы.** Оптимальные условия по показателям плотности сложения и общей пористости в слое почвы 0–30 см на период всходов ( $1,24–1,25 \text{ г/см}^3$  и 52,8–53,3 %) и уборки ( $1,33 \text{ г/см}^3$  и 49,8–50,0 %) кукурузы создавались при отвальной обработке почвы на глубину 28–30 см. Технологии ухода за посевами существенно не повлияли на анализируемые показатели, изменение которых находилось в пределах ошибки опыта.

#### Список использованных источников

1 Медведєв, В. В. Новітні ґрунтоохороні технології і технічні засоби в землеробстві / В. В. Медведєв // Аґрохімія і ґрунтознавство. Спец. випуск до VII з'їзду УТґА. – Кн. 1. – Харків, 2010. – С. 87–97.

2 Родючість ґрунту (моніторинг та управління) / за ред. В. Г. Медведєва. – Київ: Урожай, 1992. – 147 с.

3 Сучасний стан ґрунтового покриву України і невідкладні заходи з його охорони / М. В. Зубець, С. А. Балюк, В. В. Медведєв, В. О. Греков // Аґрохімія і ґрунтознавство. Спец. випуск до VII з'їзду УТґА. – Кн. 1. – Харків, 2010. – С. 7–17.

4 Качинский, Н. А. Физика почв / Н. А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1975. – 319 с.

5 Годиенко, В. П. Условия, определяющие минимализацию обработки почвы / В. П. Гордиенко // Земледелие. – 1980. – № 2. – С. 18–20.

## МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

---

---

УДК 504.064.47:636.00263

**А. О. Матвиенко, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев**

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

### **ТОКСИБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ НА МИКРОБИОТУ**

*В статье предложен способ подготовки животноводческих стоков для сельскохозяйственного использования, в частности для орошения. Предложен в качестве реагента современный природный коагулянт на основе нефелина, позволяющий осуществлять обработку высокомутных животноводческих стоков. На основании проведенных исследований установлено, что при значении рН 7,0 количество инфузорий снижается при условии увеличения кратности разбавления. Так, при разбавлении 1/20 число особей снизилось до 3,62, однако на снижение прироста численности инфузорий не оказывает влияние раствор нефелина. Как показывает исследование, прирост особей в среднем в 40 раз выше, чем в контрольной пробе.*

*Ключевые слова: микробиота, животноводческие стоки, подготовка стоков для сельскохозяйственного использования, реагентная обработка стоков, раствор нефелина.*

Животноводческие стоки (ЖС) являются вторичными ресурсами для повышения плодородия почв, обладающими высоким агромелиоративным потенциалом. При выборе способа подготовки к утилизации ЖС реагентная обработка является наиболее привлекательной с экологической и технико-экономической точек зрения, так как не приводит к деструкции ценных органических и минеральных компонентов.

Раствор алюмосиликатного коагулянта на основе нефелина производится кислотным вскрытием нефелиносодержащего сырья или хвостов апатит-нефелиновой флотации. Содержание в растворе алюмосиликатного коагулянта на основе нефелина сульфата алюминия и активной кремнекислоты обеспечивает эффективность выделения различных загрязняющих веществ из природных и сточных вод различного происхождения.

С целью выявления токсibiологического влияния продуктов фракционирования ЖС раствором реагента на основе нефелина необходимо установить степень токсичности ЖС с использованием метода биотестирования.

Биологическое исследование стоков чаще всего производится с помощью биотестирования, критериями токсичности при этом являются поведенческие реакции и выживаемость ценозов. В качестве тест-объекта использовали культуру *Tetrachimena pyriformis*, выделенную из активного ила городских очистных сооружений и культивируемую на бактериопланктоне этого же активного ила. Установлено, что инфузории *Tetrachimena pyriformis* проявляют высокую чувствительность к различным ксенобиотикам естественного и антропогенного происхождения, имеющим экологическое значение (солям тяжелых металлов, пестицидам, микротоксинам и др.). По сравнению с другими группами простейших инфузории имеют наиболее сложное строение и отличаются разнообразием функций. Культура инфузорий легко подвергается стабилизации при проточном культивировании, при котором скорость роста культуры регулируется скоростью протока среды. При биотестировании на инфузориях о токсичности исследуемой

пробы судят по выживаемости, интенсивности размножения, изменению двигательной активности, поведенческим (токсическим) реакциям и др. Инфузории обладают рядом достоинств:

- высокая чувствительность к токсикантам различной природы;
- короткий жизненный цикл;
- высокая скорость размножения;
- сочетание признаков эукариотной клетки и целостного организма;
- ярко выраженные таксисы;
- простота содержания в лабораторных условиях.

Для повышения информативности анализа необходимо регистрировать в комплексе все основные тест-функции простейших: их выживаемость, ростовую и поведенческую реакцию, чувствительность которых к различным токсическим веществам не всегда одинакова. Чувствительность *Tetrachimena pyriformis* к ряду токсикантов существенно зависит от компонентов среды (главным образом белковых), которые могут значительно (в 2–24 раза) снижать проявление токсического эффекта испытуемого вещества. Это необходимо учитывать при исследовании объектов сложного химического состава и разработке методов их анализа. Уровень токсичности стоков определяли в нескольких разведениях: 1/20; 1/5; 1/2 и без разведения. Для выявления уровня токсичности обработанных ЖС исследовали следующие концентрации нефелина, г/дм<sup>3</sup>: 8; 10; 13. Критерием точности служили поведенческие реакции, выживаемость и прирост культур, которые регистрировали в момент внесения изучаемого агента, через 1 час после внесения и через 24 часа. Контролем служила пробирка, в которую вносили 2 мл культуры и 2 мл водопроводной отстоянной воды [1–4].

В таблицах 1, 2 представлены результаты подсчета численности инфузорий, присутствующих в ЖС до и после обработки нефелином в разное время инкубации.

**Таблица 1 – Численность *Tetrachimena pyriformis* в поле зрения микроскопа при инкубации с ЖС до обработки нефелином**

В штуках в поле зрения

ЖС, степень разведения	рН	$t_{\text{среды}}$ , °С	БПК <sub>пол</sub> , кг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Время инкубации, ч		Действие
				0	24	
1/20	7,0	30	0,8	2,00	3,62	Прирост особей
1/5	7,0	30	3,6	2,10	5,71	Прирост особей
1/2	7,0	30	8,3	2,30	11,66	Прирост особей
Без разведения	7,0	30	12,0	2,15	15,99	Прирост особей
Контроль	7,0	30		2,10	2,60	

**Таблица 2 – Численность *Tetrachimena pyriformis* в поле зрения микроскопа при инкубации с ЖС до обработки нефелином**

В штуках в поле зрения

ЖС, обработанные нефелином в концентрации, г/дм <sup>3</sup>	рН	$t_{\text{среды}}$ , °С	БПК <sub>пол</sub> , кг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Время инкубации, ч			Действие
				0	1	24	
8	8,5	30	12,0	2,16	2,76	83,91	Прирост особей
10	7,5	30	12,0	2,00	2,79	87,60	Прирост особей
13	6,5	30	12,0	2,00	2,91	88,30	Прирост особей
Контроль	7,0	30		2,10	2,20	2,60	

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно сделать вывод, что с увеличением степени разбавления ЖС (таблица 1) при рН 7,0;  $t_{\text{среды}} = 30$  °С наблюдалось снижение численности инфузорий через 24 часа с момента начала исследований. Так, в ЖС без разбавления количество инфузорий составило 15,99, а с увеличением

степени разбавления до 1/20 число особей снизилось до 3,62. Это объясняется уменьшением количества органических веществ и, как следствие, снижением БПК<sub>пол</sub> ЖС. После обработки ЖС нефелином (таблица 2) с концентрацией 8, 10, 13 г/дм<sup>3</sup> и при тех же условиях, что и в первом случае, но без разбавления наблюдали стабильный прирост числа особей. Так, через 24 часа с начала момента исследований количество особей увеличилось в среднем в 40 раз и составило 83,0; 91,0; 87,6; 88,3 шт.

Таким образом, исследование влияния животноводческих стоков, прошедших реагентную обработку реагентом на основе нефелина, на жизнедеятельность инфузорий показало, что применяемый коагулянт не оказывает токсического воздействия на инфузории и даже способствует росту особей в среднем на 40 %.

#### Список использованных источников

1 Сергиенко, Л. П. Биотестирование водной среды и использование инфузорий / Л. П. Сергиенко // Проблемы строительства и инженерной экологии: сб. материалов науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию строит. фак-та / ЮРГТУ. – Новочеркасск, 2000. – С. 263–265.

2 Новосадов, Т. Г. Тест-объекты и критерии токсичности водной среды / Т. Г. Новосадов // Комплексные методы контроля качества природной среды. Симп. спец. стран – чл. СЭВ: сб. – М., 1986. – С. 5–12.

3 Виноходов, Д. О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.23 / Виноходов Дмитрий Олегович. – СПб., 2007. – 40 с.

4 Суржко, О. А. Реагентная обработка сточных вод свиноферм / О. А. Суржко, Г. Н. Земченко // Очистка природных и сточных вод. – Ростов н/Д., 1984. – С. 97–98.

УДК 631.67

**Н. Е. Волкова, Э. Э. Сейтумеров, В. В. Попович**

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

### ВНЕДРЕНИЕ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ ПОЛИВА – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

*Целью исследований было выявление направления развития ситуации в орошаемом земледелии, связанной с перекрытием Северо-Крымского канала. Были проанализированы широкий ряд данных по использованию орошаемых земель за период с 2000 по 2013 г., когда на Крымский полуостров поступала днепровская вода, и результаты поливного сезона 2014 г. Всего в Крыму имеется 397,3 тыс. га орошаемых угодий, из них в период с 2006 по 2013 г. только треть использовалась по прямому назначению. 2014 г. для орошаемого земледелия стал критической точкой. Перекрытие Северо-Крымского канала привело к тому, что политые площади по сравнению с 2013 г. сократились в 7,8 раза, а это в свою очередь привело к значительным экономическим потерям в связи с недобором сельскохозяйственной продукции. Для стабильного развития сельскохозяйственной отрасли Крыма орошаемое земледелие является важным фактором, но его дальнейшее устойчивое развитие возможно только при условии внедрения водосберегающих способов и техники полива, а также (на перспективу) использования очищенных сточных вод для целей орошения.*

*Ключевые слова: водоисточник, орошаемое земледелие, политые земли, дождевание, капельное орошение, полив по бороздам.*

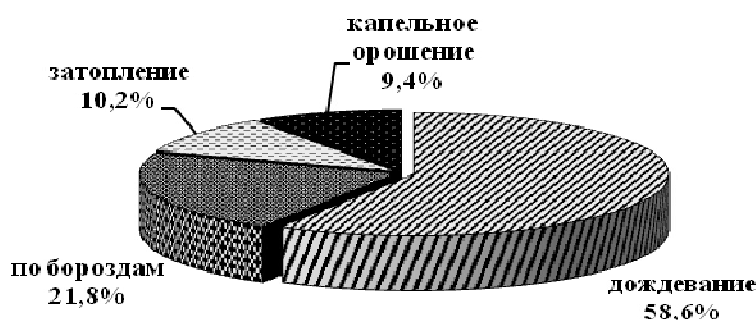
Большая часть территории Республики Крым (кроме горной зоны) по природному увлажнению находится в неблагоприятных для стабильного развития сельского хозяйства климатических условиях. Основная часть осадков приходится на теплый период года, когда величина испарения более чем в два раза превышает величину осадков. Осадки чаще всего выпадают в виде ливней, поэтому большая их часть теряется за счет поверхностного стока. Кроме того, континентальность и засушливость климата степного Крыма усиливаются за счет повышенного ветрового режима. В среднем за год насчитывается около 30 дней с сильным ветром, 6–9 дней – с пыльными бурями. Повторяемость атмосферно-почвенных засух в течение вегетационного периода составляет 30–50 % [1]. Таким образом, для полного обеспечения растений водой естественного увлажнения недостаточно. Важным фактором устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли является орошение.

На территории Республики Крым имеется 397,3 тыс. га орошаемых угодий. За последние 20 лет площадь политых земель сократилась почти в 3 раза (в 2014 г. полиито 17,3 тыс. га, что составляет 13 % от политых в 2013 г. земель), в 4 раза уменьшилось количество единиц дождевальной техники, значительная часть оросительных сетей находится в аварийном состоянии и т. п. До 2014 г. основными причинами неиспользования орошаемых земель по их прямому назначению были следующие:

- неисправность внутрихозяйственной сети и сооружений на ней;
- отсутствие или разукомплектованность дождевальной техники;
- разукомплектованность насосных станций на госсистеме и т. д.

2014 г. для орошаемого земледелия стал критической точкой. Если до этого периода нужды народного хозяйства водохозяйственный комплекс обеспечивал на 80 % за счет воды Северо-Крымского канала, на 10 % – за счет поверхностных местных водных объектов и на 10 % – за счет подземных вод, то в этом году все потребности в воде покрывались из местного стока. Это в свою очередь привело к тому, что для основного потребителя воды из Северо-Крымского канала – сельского хозяйства – воды почти не осталось. В итоге политые площади в сравнении с тем же периодом 2013 г. сократились в 7,8 раза. При этом следует отметить, что Крым всегда был курортной зоной и остался ей, а это подразумевает необходимость обеспечения отдыхающих достаточным количеством воды соответствующего качества, а также продуктами питания: овощами, фруктами, мясом, молоком и т. п. Для стабильного развития овощеводства, садоводства и животноводства орошение является одним из основных факторов.

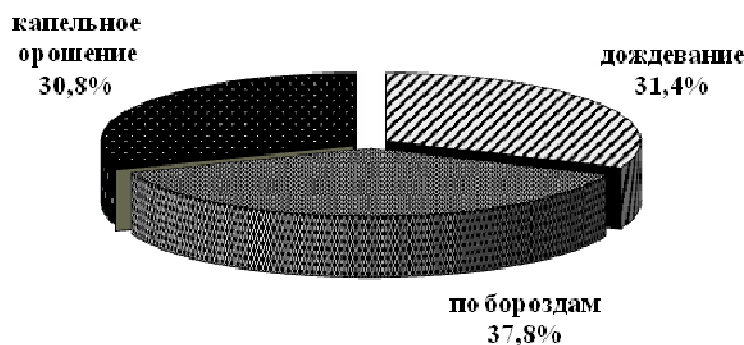
На рисунке 1 отображено распределение политых площадей по способам полива в 2013 г., а на рисунке 2 – в 2014 г.



**Рисунок 1 – Распределение политых площадей по способам полива в 2013 г.**

Анализ этих двух рисунков показывает, что до 2014 г. большая часть земель поливалась дождеванием. В 2014 г. положение резко изменилось и ведущим способом полива стал полив по бороздам. С учетом значительного дефицита водных ресурсов данный факт является недопустимым. Правильный выбор способа орошения должен

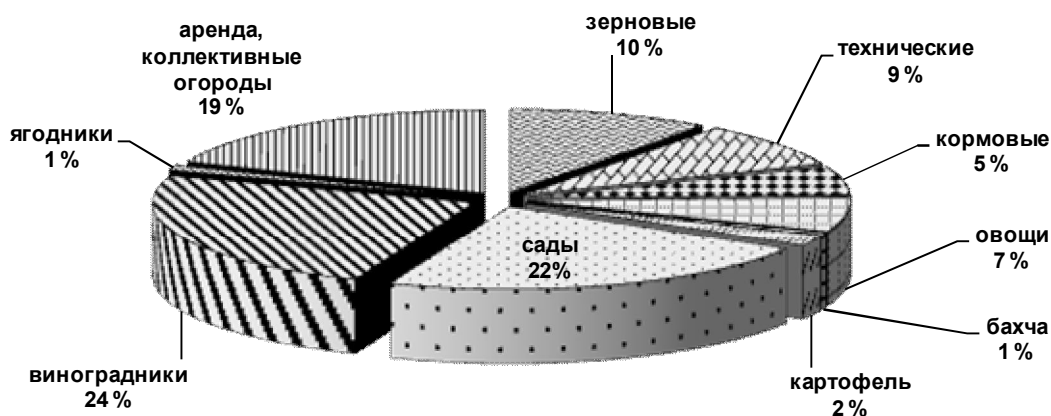
подразумевать понимание того факта, что орошение – это интенсивный шаг в производстве, его невыгодно использовать при низком уровне внесения удобрений, защиты растений, агротехники, неэффективном использовании воды и энергии.



**Рисунок 2 – Распределение политых площадей по способам полива в 2014 г.**

Для Республики Крым как бы ни сложилась ситуация, связанная с решением проблем обеспечения водой и электроэнергией, в дальнейшем цена на эти два ресурса будет расти, поэтому этот факт в первую очередь необходимо учитывать при выборе способа полива и техники орошения.

Рассмотрим более детально ситуацию в орошаемом земледелии Республики Крым, которая сложилась в 2014 г. На рисунке 3 показано процентное соотношение поливаемых в 2014 г. площадей по группам сельскохозяйственных культур.



**Рисунок 3 – Распределение политых земель по группам сельскохозяйственных культур**

Из данных рисунка 3 наглядно видно, что в 2014 г. в основном поливались многолетние насаждения, на их долю приходится около 46 %, и коллективные огороды, аренда (19 %). На долю зерновых культур приходится 10 %, овощебахчевых – 10 %, технических – 9 %, кормовых – 5 %, ягодников – 1 %.

Исходя из вышеприведенной информации, при сохранении сложившейся ситуации ведущими способами полива для Республики Крым должны быть:

- капельное орошение (для полива многолетних насаждений, овощебахчевых культур и ягодников);

- дождевание (для полива технических, зерновых, кормовых, овощных культур, а также саженцев плодовых деревьев).

Причем при выборе способа полива овощных культур и саженцев плодовых деревьев при долгосрочном планировании нужно учитывать тот факт, что в условиях

острого водного дефицита вода из водоисточника в засушливые годы может быть отобрана в пользу целей коммунального водоснабжения, а не орошения. В этом случае более экономически эффективным является полив дождеванием, так как при простаивании для дождевальной техники не нужны дополнительные эксплуатационные затраты, чего нельзя сказать о системе капельного орошения.

Парк дождевальной техники Республики Крым на 87 % состоит из машин, которые уже отработали свой нормативный эксплуатационный срок службы и требуют замены на новые улучшенные модели. Кроме этого, следует отметить, что в основном поливные машины представлены моделями «Фрегат» и ДДА-100МА старого образца, которые рассчитаны на сезонную площадь полива 80–100 га. Как показал итог поливного сезона 2014 г., поливаются в основном участки небольшой площади (от 1 до 30 га), на которых использование высокопродуктивных многоопорных машин не является экономически целесообразным. На начало поливного сезона 2014 г. парк дождевальной техники республики только на 2,8 % состоял из малогабаритных оросительных машин, которые для условий Крымского полуострова в условиях острого дефицита водных ресурсов являются перспективным рядом техники.

Как уже было отмечено ранее, на Крымском полуострове наиболее дефицитными ресурсами являются вода и электроэнергия, поэтому в дальнейшем при выборе техники полива необходимо отталкиваться от принципа их экономии.

Современные дождевальные машины используют два вида энергоисточников: электрическую энергию и дизельное топливо. Электрическая энергия тратится насосной станцией при подаче воды с заданными расходом и давлением до водозаборного гидранта оросительной сети. Дизельное топливо используется для работы дизель-генератора или дизель-насоса, которые обеспечивают подачу напряжения на электродвигатели или гидравлической жидкости на гидромоторы самоходных тележек машины. Важным параметром, который необходимо учитывать при выборе дождевальной машины, является удельный расход электроэнергии на подачу заданного объема воды на орошение ( $\text{кВт}\cdot\text{ч}/1000 \text{ м}^3$ ) или на единицу площади ( $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{га}$ ) при заданной норме полива. Также учитываются удельные расходы дизельного топлива, объем воды на орошение и площадь орошения ( $\text{кг}/1000 \text{ м}^3$ ,  $\text{кг}/\text{га}$ ).

Наименьшую удельную энергоемкость орошения имеют современные дождевальные машины кругового действия с забором воды от гидранта без концевого дождевального аппарата, а наибольшую – высоконапорные модификации «Фрегата» ДМУ-А, Б.

Экономия воды при использовании новых и существующих оросительных машин отсутствует, так как оросительная норма, подаваемая на поле существующими и новыми типами дождевальных машин, одинаковая, но за счет лучшей равномерности и качества дождя новые машины обеспечивают более высокую урожайность сельскохозяйственных культур. Существующая работоспособная дождевальная техника для Республики Крым (это в основном машины «Фрегат», составляющие более 50 % существующего парка дождевальной техники), имеет в среднем коэффициент эффективности полива около 0,7, что соответствует нормативной равномерности орошения. Современные электрифицированные широкозахватные дождевальные машины с саморегулируемыми дождевальными аппаратами имеют коэффициент эффективности полива 0,87, который выше нормативного. Таким образом, использование дождевальной техники нового поколения пусть и не уменьшит объемов подаваемой воды, но позволит повысить эффективность ее использования [2]. А экономия оросительной воды возможна за счет применения оптимальных режимов орошения. Оптимальные и экономически обоснованные оросительные нормы для условий Крыма приведены в таблице 1.



**Таблица 1 – Оптимальные и экономически обоснованные оросительные нормы, разработанные для условий Крыма [3]**

В м<sup>3</sup>/га

Культура	Оросительная норма	
	оптимальная	экономически обоснованная
Озимая пшеница	2800	2000–2100
Озимый ячмень	2300	1500–1700
Кукуруза на зерно	3500	2500–3000
Кукуруза на силос	3000	2300–2500
Люцерна под покровом ярового ячменя	1300	1000–1300
Люцерна после уборки ярового ячменя	3800	1800–2400
Фуражная люцерна	5800	5000–5300
Сахарная и кормовая свекла	4200	3000–3300
Соя	3200	2800–3200
Пожнивная кукуруза	2300	1800–2000
Поживные злако-бобовые смеси	2400	1800–2000
Томаты посевные	3400	3000–3400

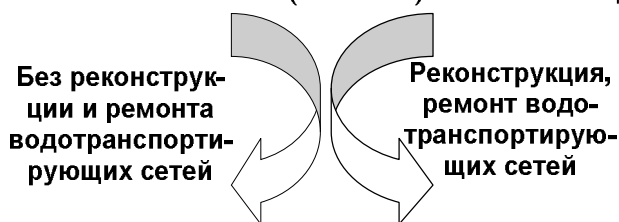
Но даже внедрение всех перечисленных водосберегающих технологий не позволит полностью решить проблему водообеспечения сельского хозяйства. В перспективе важным вопросом в развитии орошаемого земледелия Крымского полуострова являются использование очищенных сточных вод для целей полива сельскохозяйственных культур и реконструкция водотранспортирующей и разводящей сетей. Это позволит увеличить площадь орошения по сравнению с 2014 г. в 2 раза (рисунок 4).

**Потребность в водных ресурсах (нетто):**

- коммунальное хозяйство:
- \* сельское население – 40 млн м<sup>3</sup>/год;
- \* городское население – 110 млн м<sup>3</sup>/год;
- промышленность – 50 млн м<sup>3</sup>/год;
- сельское хозяйство (40 тыс. га) – 200 млн м<sup>3</sup>/год

**Местные водоисточники (млн м<sup>3</sup>/год):**

	95 %	75 %
- поверхностный сток/ лимит забора	430	750
- подземные воды/ лимит забора	430	430
- сточные очищенные воды	100	100
<b>Итого:</b>		<b>660</b>



**Итого необходимо**

560–580 млн м<sup>3</sup>/год

480–500 млн м<sup>3</sup>/год

**Рисунок 4 – Потребность в водных ресурсах Республики Крым. Прогноз на 2020 г.**

**Выводы.** Для осуществления устойчивого развития орошаемого земледелия в условиях резкого дефицита водных ресурсов в Республике Крым необходимо:

- провести реконструкцию и ремонт водотранспортирующей, разводящей и подающей сетей;
- увеличить объемы очищенных сточных вод, используемых для целей орошения;
- отказаться от полива по бороздам в пользу дождевания или капельного орошения;
- провести раскорчевку старых садов и виноградников, новые посадки закладывать изначально с системой капельного орошения;
- обновить парк дождевальной техники, используя новые усовершенствованные

модели, или модернизировать уже имеющиеся модели с целью повышения эффективности использования поливной воды;

- при выборе модели поливной машины в первую очередь учитывать имеющийся прогнозный объем воды в источнике орошения, которым располагает хозяйство;

- при выращивании зерновых, технических и кормовых культур использовать широкозахватную многоопорную дождевальную технику, работающую от закрытой оросительной сети;

- при выращивании овощебахчевых культур, саженцев деревьев применять шланго-барабанные установки, оснащенные насадками или консолями, или капельное орошение, выбор способа полива делать на основе технико-экономических расчетов в зависимости от конкретных условий.

#### Список использованных источников

1 Половицкий, И. Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия: справ. изд. / И. Я. Половицкий, П. Г. Гусев. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.

2 Перспективний ряд і основні параметри поливної техніки для вітчизняного виробництва: рекомендації / М. І. Ромащенко, Ю. І. Гринь, В. В. Бабіцький, Б. І. Конаков, О. П. Музика, А. Г. Вельбік, О. О. Мавлютдинов, А. В. Антонюк. – Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2012. – 36 с.

3 Тищенко, А. П. Управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу / А. П. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 2003. – 240 с.

УДК 631.6

**Т. Б. Лагутина**

Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Архангельск, Российская Федерация

**Т. Н. Иванова**

Владимирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Владимир, Российская Федерация

#### ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЙМЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ, ОСУШЕННЫХ ДРЕНАЖАМИ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Цель исследований заключалась в изучении водного режима пойменных торфяных почв на разных видах дренажа (деревянном, гончарном) длительного срока эксплуатации с междренним расстоянием 10 и 20 м. Получены экспериментальные данные по водному режиму (влажности почвы, уровню грунтовых вод, модулю дренажного стока, коэффициенту фильтрации) на пойменных торфяных почвах. Установлено, что на землях, обустроенных деревянным и гончарным дренажем с расстоянием 10 м, показатели водных свойств почв значительно лучше, чем в случае дренажа с междренним расстоянием 20 м. Более эффективное осушающее действие на торфяные почвы выполняет деревянный дренаж с междренним расстоянием 10 м. В этом варианте в течение всего вегетационного периода влажность почвы находилась в пределах оптимальных значений для многолетних трав (60–80 % от ПВ), уровень грунтовых вод – в пределах 65–85 см. Данные исследований являются основой для разработки технологии восстановления мелиоративных систем.*

*Ключевые слова: дренаж, водно-воздушный режим почв, влажность почв, уровень грунтовых вод, модуль дренажного стока, коэффициент фильтрации.*

Создание высокопродуктивных мелиорированных агроландшафтов связано с эффективной работой осушительных систем и состоянием дренируемых почв. Снижение

уровня технического состояния мелиоративных систем и их функциональных возможностей способствует ухудшению водно-воздушного режима почв, снижению их плодородия. Проведенные исследования в различных регионах страны показали, что построенные гидромелиоративные системы и сооружения пришли в неудовлетворительное состояние, усилились процессы вторичного заболачивания и зарастания кустарником ранее окультуренных земель. Однако, несмотря на длительную эксплуатацию, значительная часть дренажных систем продолжает функционировать. Поэтому назрела необходимость изучения осушающего действия дренажа в зависимости от срока действия и условий эксплуатации, а также его влияния на изменение почвенных условий [1].

Исследования проводились на пойменных торфяных агроземах, осушенных деревянным и гончарным дренажами и используемых под сенокосы и пастбища. Изучалась эффективность работы дренажных систем с междренним расстоянием 10 и 20 м. Срок эксплуатации деревянного дренажа – 50–52 года, гончарного – 30 лет. Осушительная сеть относится к польдерной системе летнего типа. Почвы участка – низинные минерализованные торфяники с мощностью торфяной залежи 0,5–1,0 м и степенью разложения более 60 %.

**Результаты исследований.** Качество работы дренажной системы зависит от фильтрационных свойств почв. За период 1960–2013 гг. полная влагоемкость (ПВ) уменьшилась по весу от 276 до 193 %, по объему – от 80 до 70 %; средняя влажность почвы сократилась от 84 до 78 % ПВ. Коэффициент фильтрации снизился с 1,0–1,5 (1960 г.) до 0,30–0,37 м/сут (2014 г.), что связано с увеличением степени разложения торфа с 30–35 до 60 %, его осадкой и сработкой. На деревянном дренаже за 50 лет осадка торфа составила 50 см, на гончарном за 30 лет – 39 см.

Анализ данных по дренажному стоку показал, что в весенний период деревянный дренаж быстрее сбрасывает верховодку с осушаемой территории по сравнению с гончарным, что связано с меньшей глубиной заложения дрен (0,6–0,8 м), хорошо сохранившейся конструкцией дренажа, осадкой и сработкой торфа. На дренажных системах с междренним расстоянием 10 м его значения были ниже, чем на системах с междренним расстоянием 20 м. Несмотря на снижение коэффициента фильтрации, сброс избыточных вод из пахотного слоя почвы достаточно быстро проходит на системах деревянного дренажа с наибольшей осадкой торфа, которая составляла 50 см. Сработка торфа на гончарном дренаже составила 39 см. Также отмечены максимальные значения модуля дренажного стока ( $q_{max}$ ) в весенний период на деревянном дренаже с междренним расстоянием 10 м [0,410 л/(с·га)]. На участке с расстоянием между дренами 20 м максимальный модуль стока составил 0,357 л/(с·га). На гончарном дренаже значения модулей составили 0,250 и 0,192 л/(с·га) соответственно, но сток продолжался дольше, что связано с большей глубиной расположения дрен (0,8–1,0 м) и наличием локальных повреждений на дренажных линиях. В осенний период наибольшие модули стока были ниже и составили на системах с деревянным дренажем 0,047 (расстояние между дренами 20 м) и 0,051 л/(с·га) (расстояние 10 м) (таблица 1).

**Таблица 1 – Модуль дренажного стока и коэффициент фильтрации на разных видах дренажа (деревянном, гончарном)**

Вид дренажа	Расстояние между дренами, м	Максимальный модуль дренажного стока, л/(с·га)	Коэффициент фильтрации $R$ , м/сут
Деревянный	10	0,410	0,31
	20	0,357	0,35
Гончарный	10	0,250	0,36
	20	0,192	0,32

За период вегетации 2013 г. почвы, осушенные деревянным и гончарным дренажами, имели оптимальные показатели водного режима в пахотном слое. Влажность почвы находилась в оптимальных пределах для многолетних трав на всех участках (63–75 % от ПВ). Уровень грунтовых вод находился в пределах 62–90 см. Ни избытка, ни недостатка влаги в почве не отмечено, несмотря на то что вегетационный период был сухим и теплым (51 % осадков от нормы). Увлажнение пахотного горизонта происходило за счет нижележащих слоев почвы.

В 2014 г. погодные условия были близки к среднегодовым (97 % осадков). Влажность почвы в течение вегетационного периода находилась в пределах оптимальных значений на дренажных системах с междренним расстоянием 10 м (63–80 % ПВ), уровень грунтовых вод – в пределах 65–98 см. На системе с расстоянием между дренажами 20 м отмечено незначительное превышение оптимальных значений влажности (72–89 % от ПВ) до середины июля.

Многолетние систематические наблюдения за водными, водно-физическими свойствами торфяных почв на дренируемых территориях позволят оценить эффективность действия дренажа и сделать выводы о целесообразности проведения локального ремонта, реконструкции гидромелиоративных систем.

#### Список использованных источников

1 Гулюк, Г. Г. Почвенно-экологические факторы длительного использования мелиорированных земель Нечерноземной зоны: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03 / Гулюк Георгий Григорьевич. – М., 2005. – 323 с.

УДК 628.381.4:626.814

#### **Р. Ю. Захаров**

Академия строительства и архитектуры Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

#### **Н. Е. Волкова**

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

### **ОЧИЩЕННЫЕ СТОЧНЫЕ ВОДЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК НАПОЛНЕНИЯ ПРУДОВ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ**

*Целью исследований является поиск дополнительных источников воды с ее последующей аккумуляцией в имеющихся или проектируемых гидротехнических сооружениях и использованием для целей орошения с учетом нужд других групп водопользователей и принципа соблюдения экологического равновесия в окружающей природной среде на примере Нижнегорского района. Была проанализирована информация о наличии прудов на территории района, их фактическом наполнении, суммарном водоснабжении и водоотведении в разрезе поселковых советов, наличии систем водоснабжения и водоотведения. По итогам 2014 г. водоотведение по поселковым советам составило 0,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут при водопользовании 2,8 тыс. м<sup>3</sup>/сут. В Крыму использование очищенных сточных вод для целей орошения является одним из перспективных направлений. Для Нижнегорского района это позволит получить дополнительно около 800 тыс. м<sup>3</sup> воды/год. Также были проанализированы сведения о наличии орошаемых земель по территориальным подразделениям района с их привязкой к источникам орошения, наличии дождевальной техники. Несмотря на то, что 800 тыс. м<sup>3</sup> воды – это незначительный объем водных ресурсов, который позволит дополнительно полить около 150–200 га в районе, в условиях жесткого водного дефицита это является одним из путей улучшения сложившейся ситуации. При этом необходимо учитывать тот*

*факт, что установка локальных очистных сооружений позволит избежать негативного воздействия, оказываемого использованием сливных ям на окружающую природную среду, в том числе на качество воды в местных поверхностных и подземных водных источниках.*

*Ключевые слова: водопользование, водоотведение, локальные очистные сооружения, пруд, орошаемое земледелие, политые земли.*

В настоящее время на Крымском полуострове насчитывается 1872 пруда [1]. В дополнение к другим источникам данные водоемы наполнялись днепровской водой, поступающей по Северо-Крымскому каналу, и сбросными водами с орошаемых массивов. Прекращение подачи воды по Северо-Крымскому каналу, а также последовавшее за этим значительное сокращение политых земель привело к тому, что часть прудов в Республике Крым, расположенных в основном в степной зоне полуострова, в настоящее время пересохла. Рассмотрим сложившуюся обстановку более детально на примере Нижнегорского муниципального района.

Нижнегорский район – один из 14 муниципальных районов Крыма. Расположен в Присивашской степи на востоке республики в 95 км от г. Симферополя. Включает 19 сельских поселений, один поселок городского типа, 57 сел. По состоянию на 1 января 2015 г. численность населения в Нижнегорском муниципальном районе составляла 45119 человек [2].

На территории сельских поселений района имеется 50 прудов (таблица 1). Из них 22 пруда по состоянию на 01.01.2015 пустые (таблица 2) [3]. В большинстве случаев это пруды-накопители или пруды, которые наполнялись за счет днепровской воды или сбросных вод с орошаемых массивов.

**Таблица 1 – Наличие прудов по Нижнегорскому муниципальному району в разрезе сельских поселений на 01.01.2015**

Наименование сельского поселения	Количество прудов	Площадь зеркала, га	Объем, тыс. м <sup>3</sup>	
			проектный	фактический на 01.01.2015
Емельяновское	1	0,1	0,4	0,0
Дрофинское	4	4,1	44,3	28,0
Желябовское	4	15,0	403,2	381,2
Жемчужненское	8	12,2	144,7	102,0
Зоркинское	2	8,03	89,25	0,0
Ивановское	1	10,0	110,0	90,0
Изобильненское	2	7,0	102,6	102,0
Косточковское	5	29,6	290,4	182,9
Лиственское	1	0,2	0,7	0,0
Митрофановское	1	10,6	226,0	0,0
Михайловское	1	0,2	0,6	0,0
Нижнегорское	4	3,5	30,8	4,1
Новогригорьевское	2	4,4	130,7	0,0
Охотское	1	0,2	0,6	0,2
Пшеничненское	5	954,2	10650,7	0,0
Садовское	3	7,6	71,0	5,0
Уваровское	4	12,0	128,7	128,7
Чкаловское	1	0,2	0,5	0,0
Итого	50	1079,13	12425,15	1024,1

**Таблица 2 – Наличие пустых прудов в Нижнегорском муниципальном районе в разрезе сельских поселений на 01.01.2015**

Наименование сельского поселения	Количество прудов	Площадь зеркала, га	Проектный объем, тыс. м <sup>3</sup>
Емельяновское	1	0,1	0,4
Дрофинское	1	0,1	0,3
Жемчужненское	2	0,3	9,7
Зоркинское	2	8,03	89,25
Изобильненское	1	0,2	0,6
Лиственское	1	0,2	0,7
Митрофановское	1	10,6	226,0
Михайловское	1	0,2	0,6
Нижнегорское	2	2,3	26,7
Новогригорьевское	2	4,4	130,7
Пшеничненское	5	954,2	10650,7
Садовское	2	3,7	35,0
Чкаловское	1	0,2	0,5
Итого	22	984,53	11171,15

Прекращение подачи днепровской воды по Северо-Крымскому каналу, как уже было отмечено выше, негативно сказалось на ведении орошаемого земледелия на территории Крыма. В результате произошедших процессов большую значимость для развития всех отраслей народного хозяйства приобрели местные водоисточники, в том числе пруды. И одним из важных направлений дальнейшего улучшения сложившейся ситуации является поиск источников наполнения уже имеющихся или проектируемых аккумулирующих сооружений. Для этих целей можно использовать очищенные сточные воды.

Рассмотрим более детально обстановку, связанную с водоснабжением и водоотведением в сельских населенных пунктах Нижнегорского муниципального района, которая сложилась в 2014 г. Общая протяженность распределительной системы водопровода без учета населенных пунктов Нижнегорского сельского поселения составляет 464,6 км. Водоснабжение осуществляется из 73 скважин. В систему водоотведения входит 42 км сетей. Общий объем водопользования по району в 2014 г. был равен 2,82 тыс. м<sup>3</sup>, а водоотведения – 0,21 тыс. м<sup>3</sup>/сут (таблица 3) [3]. Большая часть дворов населенных пунктов Нижнегорского муниципального района обустроена сливными ямами, эксплуатация которых оказывает негативное воздействие на окружающую природную среду. Прокладка канализационных сетей с установкой локальных очистных сооружений позволит улучшить ситуацию сразу по двум направлениям. С одной стороны, появится дополнительный источник воды для целей орошения, а с другой – это позволит улучшить экологическую обстановку в районе.

**Таблица 3 – Общие объемы водоснабжения и водоотведения в разрезе поселковых советов Нижнегорского муниципального района в 2014 г.**

Наименование сельского поселения	Количество населенных пунктов, шт.	Водоснабжение, тыс. м <sup>3</sup> /сут	Водоотведение, тыс. м <sup>3</sup> /сут	Объем очищенных сточных вод, м <sup>3</sup> /год
1	2	3	4	5
Акимовское	3	0,15	0,003	45606,8
Дрофинское	3	0,22	0,009	65462,8
Емельяновское	1	0,13	0	40332,5

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
Желябовское	2	0,14	0,008	40953,0
Жемчужненское	3	0,13	0,008	37850,5
Зоркинское	4	0,15	0,025	38781,3
Ивановское	4	0,10	0,006	29163,5
Изобильненское	1	0,13	0,009	37540,3
Косточковское	2	0,18	0	55845,0
Лиственское	3	0,09	0	27922,5
Митрофановское	5	0,21	0,023	58016,8
Михайловское	3	0,23	0,008	68875,5
Новогригорьевское	3	0,23	0,017	66083,3
Охотское	2	0,06	0,001	18304,8
Пшеничненское	4	0,16	0,013	45606,8
Садовское	3	0,06	0,037	7135,8
Уваровское	3	0,18	0,042	42814,5
Чкаловское	6	0,27	0	83767,5
Нижегорское	3	-	-	-
Итого	58	2,82	0,209	810062,8

Анализ таблицы 3 показывает, что строительство канализационных сетей с установкой локальных очистных сооружений по каждому сельскому поселению позволит получить около 800 тыс. м<sup>3</sup> очищенных сточных вод за год. Для аккумуляции данных водных ресурсов можно использовать имеющиеся на территории сельских поселений пустые пруды. Таким образом, по Зоркинскому, Митрофановскому, Новогригорьевскому, Пшеничненскому и Садовскому сельским поселениям объем имеющихся пустых прудов достаточен для аккумуляции очищенных сточных вод. По остальным территориальным подразделениям возможны несколько вариантов. Это либо строительство новых прудов, либо аккумуляция в уже имеющихся при условии проведения водобалансовых расчетов по каждому водоему с целью недопущения его переполнения или неэффективного использования водных ресурсов.

Аккумулируемые очищенные сточные воды можно будет использовать для целей орошения или технического водоснабжения. На территории Нижегорского муниципального района расположено 37,4 тыс. га орошаемых земель. В таблице 4 приведена информация о наличии орошаемых земель в разрезе сельских поселений с привязкой к источнику орошения [4, 5].

**Таблица 4 – Наличие орошаемых земель по Нижегорскому муниципальному району в разрезе сельских поселений**

В га

Наименование сельского поселения	Госсистема	Хозсистема	Тайганская ОС	Итого орошаемых земель
1	2	3	4	5
Акимовское	2257	58		2315
Дрофинское		152	262	414
Емельяновское	2049	209		2258
Желябовское	1380	955	236	2571
Жемчужненское			1861	1861
Зоркинское	2201			2201
Ивановское		532	770	1302

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
Изобильненское	1081			1081
Косточковское			1571	1571
Лиственское	331			331
Митрофановское	3015	179		3194
Михайловское	2622			2622
Новогригорьевское	1740			1740
Охотское	1842			1842
Пшеничненское	3754			3754
Садовское			1216	1216
Уваровское	1742			1742
Чкаловское	4752			4752
Нижнегорское	630			630
Итого	29396	2085	5916	37397

В 2013 г. было полито 7,7 тыс. га, что составляет около 20 % от имеющихся в наличии земель. В 2014 г. было полито 1,8 тыс. га, то есть площадь политых земель в сравнении с 2013 г. сократилась в 4,2 раза.

Полученный объем сточных вод позволит полить незначительные площади орошаемых земель от 3 до 20 га по каждому сельскому поселению, но в условиях жесткого дефицита водных ресурсов каждый политый гектар является шагом к улучшению общей ситуации. Подобный водоисточник больше всего подходит для целей орошения приусадебных участков, паев определившихся собственников, земель физических лиц. В таблице 5 приведена информация о собственниках, орошаемые земли которых привязаны к Северо-Крымскому каналу [4].

**Таблица 5 – Наличие собственников орошаемых земель, привязанных к Северо-Крымскому каналу, по району в разрезе сельских поселений**

Наименование территориального подразделения или физического лица	Количество собственников	Орошаемая площадь, га
1	2	3
Зоркинское (самостоятельные)	266	933
ФЛ Ковальчук	1	59
Михайловское (неопределившиеся)	249	499
Михайловское (самостоятельные)	220	564
ФЛ Ильченко	1	100
Емельяновское (неопределившиеся)	199	971
ЧП Тимин	1	30
Акимовское (самостоятельные)	30	127
Уваровское (самостоятельные)	98	392
Охотское (самостоятельные)	50	145
ФЛ Алиев	1	33
Митрофановское (неопределившиеся)	10	57
ФЛ Данченко Л.	1	105
Желябовское (самостоятельные)	81	213
Новогригорьевское (самостоятельные)	38	133
Митрофановское (единоличники)	62	133
Пшеничненское (неопределившиеся)	39	200



Продолжение таблицы 5

1	2	3
Пшениченское (самостоятельные)	293	1172
Чкаловское (самостоятельные)	102	930
ЧП Коломиец	1	90
ЧП Шевченко	1	8
Нижегорское (самостоятельные)	130	262
Изобильненское (самостоятельные)	139	946
Лиственское (самостоятельные)	120	245
Итого	2133	8347

Если рассматривать категорию собственников и частных с точки зрения обеспеченности орошаемых земель техникой полива, то по Нижегородскому муниципальному району данная категория пользователей орошаемых земель дождевальной техникой и системами капельного полива не обеспечена. В этом отношении следует детально рассмотреть вопрос о правильном, технологически обоснованном выборе техники полива в зависимости от имеющихся климатических и хозяйственных условий.

В пользу использования очищенных сточных вод свидетельствует еще один факт. В Российской Федерации имеется ряд организаций, которые занимаются изготовлением и установкой локальных очистных сооружений. К ним относятся компания «СБМ-Групп», занимающаяся производством станций глубокой биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод модельного ряда «ЮНИЛОС» серии «АСТРА» [6]; компания Alta Group, занимающаяся производством станций глубокой биохимической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод Alta Air Master Pro [7] и другие организации.

Технические характеристики выпускаемых данными фирмами установок не противоречат их применению для целей очистки хозяйственно-бытовых стоков с последующим использованием полученной воды для целей орошения в Нижегородском муниципальном районе.

**Заключение.** Использование очищенных сточных вод как альтернативного источника наполнения прудов в Республике Крым позволит:

- эффективно использовать существующие, но не эксплуатируемые в настоящее время гидротехнические сооружения, расположенные на территории сельских поселений;
- дополнительно полить около 150–200 га суммарно по району, что является положительным фактором социально-экономического развития сельских поселений в условиях острого водного дефицита;
- улучшить экологическую обстановку, в том числе это окажет благотворное воздействие на качество воды в поверхностных и подземных водоисточниках;
- за счет использования уже имеющихся прудов снизить капиталовложения на строительство новых гидротехнических сооружений и при необходимости реконструкцию существующих, предназначенных для аккумуляции очищенных сточных вод;
- применять разработки отечественных компаний, что в свою очередь окажет благотворное воздействие на развитие промышленного комплекса Российской Федерации и создаст возможность уменьшить капиталовложения при строительстве за счет более низкой стоимости по сравнению с аналогами зарубежных фирм-производителей;
- использовать полученные дополнительные водные ресурсы без дополнительных водобалансовых расчетов, как, например, при использовании очищенных сточных вод, сбрасываемых с очистных сооружений г. Симферополя в р. Салгир, так как нет других водопользователей, привязанных к данному источнику, и нет необходимости соблюдать обязательные экологические попуски;

- улучшить социальные условия проживания сельского населения, то есть сделать шаг в сторону обеспечения устойчивого развития сельских территорий, а это в свою очередь является одним из направлений, по которым в соответствии со статьей 7 Федерального закона от 29 декабря 2006 г. № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства» [8] осуществляется государственная поддержка.

#### Список использованных источников

1 Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справ. / А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, У. А. Губская; под ред. А. А. Лисовского. – Симферополь: Изд-во «Крымучпедгиз», 2011. – 242 с.

2 Оценка численности населения на 1 января 2015 года по муниципальным образованиям Республики Крым [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://crimea.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/crimea/ru/statistics/](http://crimea.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/crimea/ru/statistics/), 2015

3 Годовой отчет по вопросам управления, использования и воспроизводства поверхностных водных ресурсов за 2014 год ГБУ РК «Нижегородское межрайонное управление водного хозяйства».

4 Годовой отчет по технической эксплуатации за 2013 год «Нижегородского межрайонного управления водного хозяйства».

5 Годовой отчет по технической эксплуатации за 2013 год «Тайганского межрайонного управления водного хозяйства».

6 Локальные очистные сооружения большой производительности ЮНИЛОС МЕГА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://unilos.ru>, 2015.

7 Очистные сооружения для локальных, промышленных и муниципальных стоков. Кессоны, жирословители, КНС и сопутствующее оборудование: каталог продукции компании Alta Group. – 118 с.

8 О развитии сельского хозяйства: Федеральный закон от 29 декабря 2006 г. № 264-ФЗ: по состоянию на 12 февраля 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://base.garant.ru/12151309/#block\\_7](http://base.garant.ru/12151309/#block_7), 2015.

УДК 626.86

**В. П. Иванов, Э. Н. Шкутов, Т. Г. Свиридович**

Институт мелиорации, Минск, Республика Беларусь

#### ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПИТАНИЯ БОЛОТ ПОЛЕСЬЯ

*Целью исследований являлось изучение формирования питания болот Полесья. Установлена тесная связь подземного питания и эрозионного вреза. По данным лизиметрических и режимных наблюдений в скважинах выявлена неравномерность подземного питания по площади болотного массива. Установлено его уменьшение от края к центру массива. Приведена формула для расчета грунтового питания.*

*Ключевые слова: болотный массив, эрозионный врез, межвенный сток, подземное питание, лизиметрические наблюдения.*

Атмосферные осадки являются одним из определяющих факторов водного режима территории. Они обуславливают увлажненность почвы, режим грунтовых вод, гидрологический режим водотоков. От режима осадков в большой мере зависят другие элементы водного баланса и условия развития сельскохозяйственных культур.

При учете осадков в водохозяйственных расчетах необходимо установление обеспеченности их величин и внутригодового хода. Такие разработки выполнены для территории Республики Беларусь по материалам наблюдений Гидрометеослужбы [1].

Для транспирации и испарения почвой в течение вегетационного периода

используются не только выпадающие атмосферные осадки, но и весенние влагозапасы. Последние постепенно истощаются, и чем в большей степени, тем большее значение приобретают атмосферные осадки в водопотреблении сельскохозяйственных культур.

В ранние весенние месяцы влагозарядка почвы, особенно на болотах, равна в большинстве случаев полевой влагоемкости, и осадки этого периода не играют большой роли во влагообеспеченности сельскохозяйственных культур. Так, например, в условиях республики в апреле не наблюдается недостатка влаги для сельскохозяйственных культур, произрастающих на торфяно-болотных почвах, а в октябре потребность сокращается до минимума. Напряженными по водопотреблению на освоенных болотах являются периоды с мая по сентябрь, и прежде всего июнь – август.

Разрабатывая схемы реконструкции мелиоративных систем и дальнейшего их использования, в первую очередь необходимо исходить из оценки общей водности территории. Обычно Республику Беларусь относят к зоне избыточного увлажнения, где естественный приход влаги превышает ее расход. Наиболее обоснованно увлажненность можно оценить взаимосвязанными на поверхности земли процессами тепло- и влагообмена. При этом энергетической базой данного процесса является радиационный баланс. Его величиной определяется потенциально возможный расход влаги на испарение (испаряемость). Увлажненность территории обычно характеризуют величинами испаряемости и осадков, и показатель увлажненности записывается в виде:

$$D = \frac{Lr}{R},$$

где  $L$  – скрытая теплота испарения;

$r$  – осадки;

$R$  – радиационный баланс.

В таблице 1 приводятся показатели увлажненности территории по средним многолетним значениям характеристик тепла и влаги для пунктов с имеющимися наблюдениями радиационного баланса [2].

**Таблица 1 – Отношение стока к осадкам**

Показатель	Коэффициент увлажненности $D$ за период									
	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	теплый период	год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Витебская область</b>										
$D_1$	2,7	0,65	0,41	0,68	0,86	1,0	1,5	3,5	0,85	1,17
$D_2$	3,6	0,75	0,44	0,75	0,95	1,08	1,7	4,0	0,95	1,36
$h/r$	0,41	2,20	1,00	0,13	0,10	0,11	0,11	0,24	0,26	0,35
$(h/r)$	(0,30)	(1,91)	(0,92)	(0,12)	(0,09)	(0,10)	(0,11)	(0,21)	(0,23)	(0,30)
<b>Минская область (г. Минск)</b>										
$D_1$	1,6	0,60	0,46	0,50	0,60	0,81	1,0	2,6	0,68	0,97
$D_2$	2,12	0,68	0,50	0,66	0,66	0,87	1,1	2,9	0,76	1,13
$h/r$	0,96	1,07	0,29	0,13	0,13	0,12	0,22	0,34	0,22	0,34
$(h/r)$	(0,72)	(0,94)	(0,26)	(0,12)	(0,12)	(0,11)	(0,20)	(0,30)	(0,20)	(0,29)
<b>Гомельская область (г. Василевичи)</b>										
$D_1$	1,08	0,56	0,43	0,58	0,68	0,74	1,1	2,4	0,70	0,93
$D_2$	1,46	0,64	0,47	0,65	0,75	0,82	1,21	2,7	0,77	1,09
$h/r$	0,58	0,89	0,36	0,09	0,06	0,07	0,09	0,15	0,14	0,22
$(h/r)$	(0,43)	(0,78)	(0,29)	(0,08)	(0,05)	(0,06)	(0,08)	(0,13)	(0,13)	(0,19)

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Брестская область (г. Пинск)										
$D_1$	0,74	0,49	0,41	0,45	0,59	0,56	0,90	2,7	0,59	0,81
$D_2$	0,99	0,57	0,45	0,50	0,66	0,62	0,99	2,9	0,66	0,94
$h/r$	0,68	0,83	0,36	0,15	0,07	0,06	0,06	0,09	0,14	0,23
$(h/r)$	(0,51)	(0,64)	(0,32)	(0,13)	(0,06)	(0,05)	(0,05)	(0,08)	(0,13)	(0,20)
Примечание – Значение $(h/r)$ принято по уточненным осадкам.										

В таблице 1 даны два варианта расчета коэффициента  $D$ : по осадкам в климатических справочниках ( $D_1$ ) и по уточненным осадкам ( $D_2$ ). Приведено также отношение стока  $h$  к осадкам  $r$  [2].

Укрупненные значения коэффициентов увлажненности  $D$  как отношение годовых норм осадков к потенциально возможному испарению (испаряемости)  $E_0$  сведены в таблицу 2 [2]. Здесь значения  $E_0$  получены на основании климатологических методов расчета. Из данных таблицы 2 видно, что южную часть республики нельзя отнести к зоне избыточного увлажнения. Являясь климатологической характеристикой, показатель увлажненности носит несколько условный характер, т. к. не учитывает еще одну составляющую расхода влаги на территории – речной сток, формирующийся за счет осадков и являющийся неизбежным элементом водного баланса. В естественных условиях на территории республики он составляет 19–35 % от осадков [2].

**Таблица 2 – Коэффициент увлажненности**

Регион	Пункт	Коэффициент увлажненности $D=r/E_0$	Регион	Пункт	Коэффициент увлажненности $D=r/E_0$
Северный	Дрисса	1,18	Южный	Брест	1,00
	Полоцк	1,20		Ивацевичи	1,06
	Витебск	1,28		Житковичи	1,08
	Бычиха	1,41		Брагин	1,07
Центральный	Молодечно	1,21		Василевичи	1,13
	Минск	1,21		Гомель	1,17
	Могилев	1,24		Пинск	1,08
	Костюковичи	1,17			

Так как 19–35 % осадков уходит на речной сток, то избыточную увлажненность могут характеризовать коэффициенты  $D_1$  несколько больше единицы.

Таким образом, если в расчет коэффициента увлажненности вводить не все осадки, а уменьшенные на какую-то долю стока и исходя из таких соображений оценивать коэффициенты увлажненности для республики, то окажется, что южный регион мы должны отнести к зоне недостаточного увлажнения, а к избыточно увлажненной – только отдельные районы северной части.

**Общая характеристика и применяемые термины.** Из вышесказанного следует, что избыточная увлажненность в Республике Беларусь создается в отдельных регионах за счет перераспределения природных водных ресурсов по территории и сезонам в зависимости от почвенных, гидрологических, топографических и климатологических условий. Это положение делает необходимой увязку планируемых мелиоративных

мероприятий с водным режимом водосбора. Целью мелиоративных мероприятий является создание оптимального режима влажности для роста растений. Эта цель достигается путем отвода избыточной влаги во влажный период, и наоборот, подачи ее в засушливый период.

В связи с изменением климата приобретает большое значение подача влаги в засушливый период. Механизм удержания влаги в мелиоративной системе путем шлюзования разработан в достаточно полном объеме. Источник пополнения влагозапасов требует дополнительного уточнения и проработки. Из выводов, сделанных В. Ф. Шебеко [2], следует, что влагозапасы на водосборе формируются за счет осадков (за минусом испарения) и подземного питания. Термин «подземное питание» включает суммарно безнапорное (грунтовое) и напорное питание.

Площадь подземного питания водосбора принято считать совпадающей с площадью поверхностного водосбора.

Показатель увлажненности  $D$  свидетельствует о том, что южные регионы республики относятся к зоне недостаточного увлажнения [2]. Отсюда следует вывод, что в лимитирующие сезоны (летняя межень) основным источником питания рек и болот являются напорные и грунтовые воды. В годовом цикле изменения водности гидрологи отчетливо выделяют многоводные и маловодные сезоны [3, 4]. На водотоках республики наблюдаются два маловодных сезона: летне-осенний и зимний. Летне-осенний и зимний сток, создающийся в маловодные сезоны при отсутствии значительных паводков, принято называть меженным, а время – меженным периодом. Фаза водного режима, наблюдающаяся в летне-осенний или зимний сезоны, характеризуется наличием относительно малых, устойчивых по величине расходов воды.

В меженном периоде имеется отрезок времени, когда сток является наименьшим. Период наименьшего стока, продолжительностью от 1 до 30 дней, называют периодом минимального стока. На основной части водотоков республики можно выделить в зимний и летне-осенний сезоны 30-дневный период, когда питание осуществляется лишь подземными водами [3].

Основное применение в практике водохозяйственного и строительного проектирования находят величины минимального стока большой обеспеченности в диапазоне 75–97 %, характеризующие годы с маловодной меженью сравнительно редкой повторяемости.

Различают характеристики минимального стока:

- суточные минимальные расходы с разделением их на летние и зимние за каждый год;
- среднемесячные минимальные расходы с разделением их на летние и зимние за каждый год;
- средние многолетние значения (нормы) суточных минимальных расходов воды;
- средние многолетние значения (нормы) среднемесячных минимальных расходов воды;
- минимумы различной обеспеченности;
- абсолютные минимумы – наименьший расход воды за весь многолетний период наблюдений.

При использовании водных ресурсов в маловодный период большое значение имеет оценка критического или так называемого лимитирующего стока, т. е. расходов воды за маловодный сезон, в который водное хозяйство испытывает наибольшую потребность в воде. Это понятие имеет смысл при сопоставлении естественных водных ресурсов с потребностями в них народного хозяйства. Периоды, в течение которых возможны длительные отрезки времени с высокой потребностью в обеспечении водой хозяйственных мероприятий, относятся к категории лимитирующих.

Вегетация растений приурочена к теплому периоду года. Для формирования урожая в этот период необходимо создание оптимального водно-воздушного режима. При возникновении дефицита осадков пополнение влаги в почвенном горизонте возможно путем орошения либо за счет подземного питания через систему шлюзов. В этой связи особый интерес представляет минимальный сток летнего периода, формирующийся за счет подземного питания.

Для изучения влияния основных факторов на минимальный сток был использован метод множественной линейной корреляции. Этот метод позволяет учесть взаимосвязь широты и долготы створа, площади водосбора, среднюю высоту водосбора, эрозионный врез русла реки, годовое количество осадков, заболоченность, лесистость и озерность водосбора.

Проведенный анализ показал реальную связь между минимальным модулем стока и физико-географическими факторами. Установлено существенное влияние широты места и годового количества осадков на формирование минимального стока. Также установлена прямая связь между модулем минимального стока, средней высотой водосбора и эрозионным врезом русла реки [3].

Используемая в настоящее время методика расчета минимального стока основана на учете связи модуля минимального стока и площади водосбора [5]. Однако интенсивность подземного питания определяется не только водообильностью питающих горизонтов, но и их количеством. Последнее определяется глубиной эрозионного вреза, что отмечалось в работах А. М. Норватова [6], К. А. Ключевой [7] и др. Между глубиной эрозионного вреза ( $\Delta H$ ) и величиной площади водосбора ( $A$ ) существует прямая связь ( $r = 0,69$ ) [3].

В качестве характеристики, определяющей интенсивность формирования минимального стока, используется показатель эрозионного вреза [8]:

$$\Delta H = H_{\text{вдсб}} - H_{\text{ств}},$$

где  $H_{\text{вдсб}}$  – средняя высота водосбора, м;

$H_{\text{ств}}$  – отметка среднего наименьшего уровня воды за период межени в замыкающем створе, м.

Так как мелиоративная система находится в водосборе водоприемника, который принимает сформировавшийся на ней сток, то средняя высота болотного массива может быть принята равной средней высоте водосбора, а средняя отметка наименьшего уровня водоотводящего канала – среднему уровню реки-водоприемника.

Пространственная структура эрозионного вреза рек представлена на рисунке 1 [3]. Из рисунка 1 видно, что величина эрозионного вреза меняется в больших пределах (от 10 до 70 м).

При изучении пространственной структуры минимального стока и анализе карт глубины эрозионного вреза, подземного стока, поверхности грунтовых вод была установлена хорошо выраженная связь модулей летне-осеннего стока с показателем эрозионного вреза  $\Delta H$ , которая аппроксимируется линейной зависимостью:

$$g_{\text{min}}^{\text{л-о(3)}} = \mu_{\text{л-о(3)}} \cdot \Delta H \pm g_0^{\text{л-о(3)}},$$

где  $g_{\text{min}}^{\text{л-о(3)}}$  – минимальный модуль стока летне-осенней (зимней) межени, л/(с·км<sup>2</sup>);

$\mu_{\text{л-о(3)}}$  – коэффициент, характеризующий интенсивность питания подземными водами в межень, приходящийся на единицу эрозионного вреза, л/(с·км<sup>2</sup>·м);

+  $g_{\text{min}}^{\text{л-о(3)}}$  – модуль поверхностного стока;

–  $g_{\text{min}}^{\text{л-о(3)}}$  – инфильтрация в нижележащие слои, л/(с·км<sup>2</sup>).

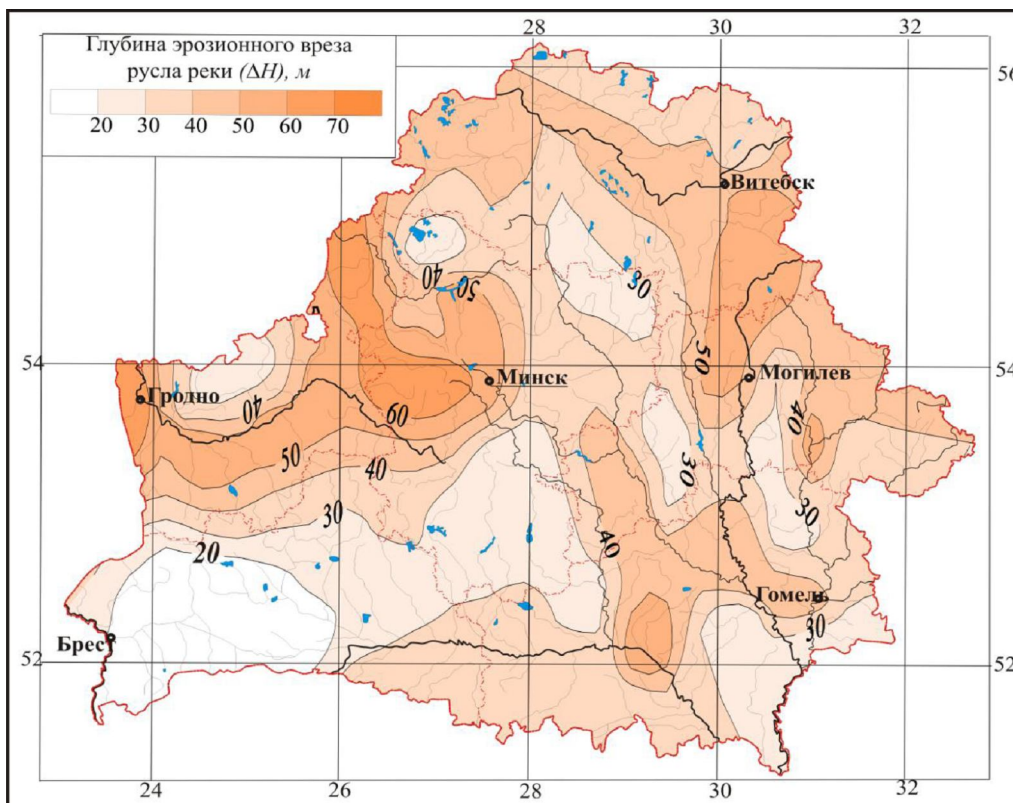


Рисунок 1 – Карта эрозионного вреза

На рисунке 2 [3] представлена пространственная структура модуля летне-осеннего стока.

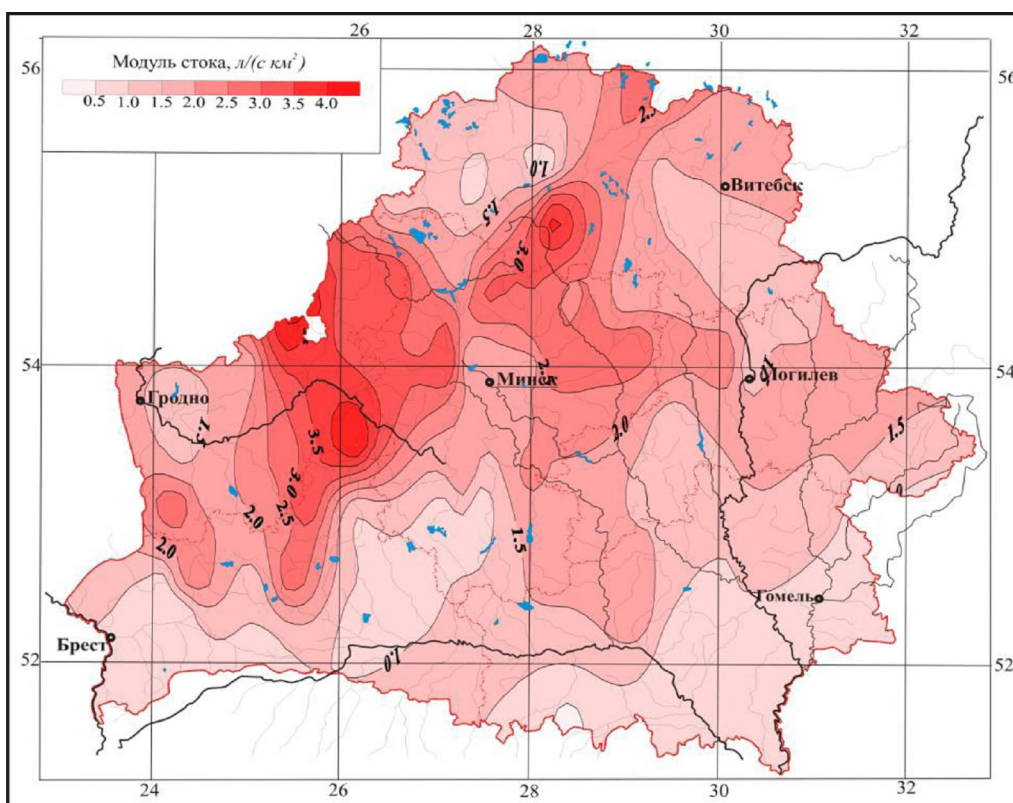


Рисунок 2 – Карта модуля минимального летне-осеннего стока

В зависимости от водности выделено шесть районов для летне-осенней межени (рисунок 3). Для каждого района получены модели (таблица 3) [3].

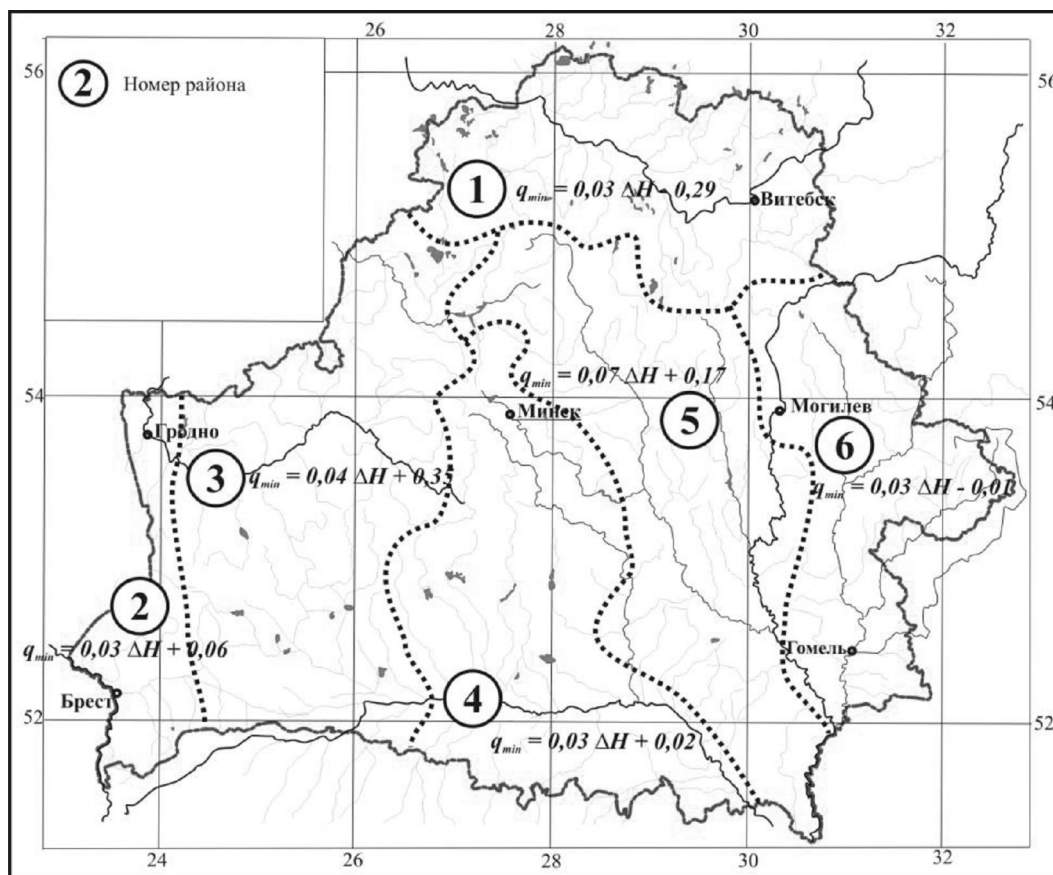


Рисунок 3 – Карта районов однотипной зависимости  $q = f(\Delta H)$  летне-осенней межени

Таблица 3 – Параметры моделей расчета модуля минимальных расходов

Район	Летне-осенняя межень			Район	Летне-осенняя межень		
	$\mu$	$g$	$r$		$\mu$	$g$	$r$
1	0,03	-0,29	0,97	4	0,03	0,02	0,97
2	0,03	0,06	0,99	5	0,07	0,17	0,97
3	0,04	0,03	0,95	6	0,03	0,01	0,96

**Пример расчета.** Значение модуля минимального стока можно снять с карты (рисунок 2) или установить согласно следующему алгоритму:

- по справочнику [9] определяется местоположение водосбора;
- по карте устанавливается глубина эрозионного вреза;
- по карте (рисунок 3) находится гидрогеологический район, в который из таблицы 3 подставляются расчетные параметры.

Вышеизложенное позволяет произвести оценку стока с мелиоративной системы в лимитирующий период и, как следствие, возможности использования его для увлажнения путем шлюзования.

Вместе с тем есть некоторые особенности в формировании стока на самой мелиоративной системе.

В определении расстояний между дренами исходят из необходимости равномерного осушения и экономии капитальных затрат.

Так, на основании режимных наблюдений в кустах скважин, фиксирующих



уровни грунтовых и напорных вод на мелиоративной системе, установлено, что  $\Delta H$  (разность уровней напорных и безнапорных горизонтов) уменьшается от края мелиоративной системы к ее центру. Приняв допущение, что изменение  $\Delta H$  по площади мелиоративной системы идет по линейному закону, можно рассчитать значение  $\Delta H$  в любой точке между кустами скважин, расположенных на краю и в центре массива:

$$\Delta H_l = \Delta H_1 - (\Delta H_1 - \Delta H_2) \cdot l / L,$$

где  $l$  – расстояние от первого куста до искомой точки;

$L$  – расстояние между скважинами на краю и в центре массива;

$\Delta H_1, \Delta H_2$  – разность уровней в кустах на краю и в центре болотного массива.

Зная характер распределения  $\Delta H$  по площади болотного массива, можно по формуле Дарси произвести расчет напорного питания в любой точке болотного массива.

Данные лизиметрических наблюдений свидетельствуют о том, что величина грунтового питания по площади болотного массива меняется по зависимости, близкой к экспоненциальной. Величину грунтового питания ( $\Pi_L$ ) в этом случае можно рассчитать по формуле:

$$\Pi_L = \Pi_{\text{exp}} \cdot (-\lambda L),$$

где  $\Pi$  – грунтовое питание у края массива;

$\lambda$  – коэффициент, равный  $\frac{\Pi - \Pi_0}{L_0}$ ;

$\Pi_0$  – грунтовое питание в центре массива;

$L_0$  – расстояние до центра массива от его края;

$L_1$  – расстояние до искомой точки.

Эту информацию необходимо учитывать при расчетах дренажа и режима шлюзования.

**Заключение.** Систематизация данных об оценке водности территории Республики Беларусь позволяет сделать следующие выводы:

- южные регионы Беларуси не относятся к зоне избыточного увлажнения;
- подземное питание играет ведущую роль в заболачивании территорий;
- сравнение базиса эрозионного вреза водоприемника и водоотводящего канала позволяет предполагать их аналогичность;
- исходя из этой аналогии, можно имеющиеся разработки по модулям минимального стока рек аппроксимировать на минимальный сток с мелиоративной системы этого же водосбора;
- подземное питание неравномерно распределяется на площади болотного массива;
- полученная информация позволяет прогнозировать покрытие дефицита влаги в лимитирующие периоды.

#### Список использованных источников

1 Шебеко, В. Ф. Внутригодовое распределение и обеспеченность осадков на территории Белорусской ССР / В. Ф. Шебеко. – Минск: Гос. изд-во с.-х. лит. БССР, 1962. – 143 с.

2 Шебеко, В. Ф. Гидрологический режим осушаемых территорий / В. Ф. Шебеко. – Минск: Урожай, 1970. – 300 с.

3 Волчек, А. А. Минимальный сток рек Беларуси / А. А. Волчек, О. И. Грядунова. – Брест: БрГУ, 2010. – 300 с.

4 Волчек, А. А. Методика расчета минимального стока рек Беларуси при отсут-

ствии данных наблюдений / А. А. Волчек, О. И. Грядунова // Водное хозяйство России. – 2008. – № 6. – С. 4–28.

5 Пособие П1-98 к СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик». – Минск: Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2000. – 174 с.

6 Норватов, А. М. Минимальный сток малых рек в связи с подземным питанием / А. М. Норватов // Труды ГГИ. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – Вып. 52(106). – С. 42–74.

7 Ключева, К. А. Районирование территории БССР по однотипным условиям формирования минимального стока рек / К. А. Ключева // Сборник работ по гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – № 2. – С. 131–136.

8 Сакович, В. М. Исследование роли эрозионного вреза в формировании минимального стока рек (на примере рек бассейна р. Шелони) / В. М. Сакович // Водные ресурсы северо-западного региона России: сб. науч. тр. / РГГМУ; под ред. А. М. Владимирова, В. Н. Воробьева. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 1999. – Вып. 121. – С. 45–48.

9 Изменение гидрографической сети Белоруссии под воздействием мелиоративных работ: справ. / под ред. С. Ф. Бычука. – Минск: Ураджай, 1986. – 319 с.

УДК 004.942:631.6:556.1

**В. Ф. Попович, Е. А. Дунаева**

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

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА В ВОДОХРАНИЛИЩА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОСТУПНОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РАМКАХ ГОРОДСКОГО ВОДНОГО ЦИКЛА<sup>1</sup>**

*Цель исследований заключалась в оценке точности моделирования динамики стока с использованием агрогидрологической модели SWAT с учетом возможностей ее калибровки и оценки доступности местных водных ресурсов для условий предгорных водосборов. Дана характеристика обеспеченности Крыма местными водными ресурсами, а также водохозяйственного комплекса в зоне влияния городского водного цикла г. Симферополя, и подчеркнуты проблемы его текущей водообеспеченности. Приведен анализ взаимосвязи динамики притока в водохранилища города. С учетом результатов апробации использования модели в регионе (с коэффициентами корреляции между моделируемыми и фактическими данными стока до 0,92–0,95) сделан вывод о возможности применения методологии агрогидрологического моделирования в системе интегрального управления водными ресурсами, в том числе использования открытой версии модели SWAT (MWSWAT), созданной и функционирующей на базе открытой MapWindow ГИС, для оценки доступности поверхностных водных ресурсов.*

*Ключевые слова: моделирование, приток, водный цикл, водообеспеченность, водные ресурсы, агрогидрологическое моделирование, Крым, SWAT, MWSWAT.*

Использование открытых агрогидрологических моделей в системе интегрального управления водными ресурсами открывает дополнительные возможности и создает методологическую базу для более эффективного планирования и оценки доступности водных ресурсов, в т. ч. в рамках городских водных циклов, для которых основным водисточником является местный поверхностный сток, аккумулируемый в водохранилищах. Это особенно характерно для крупных городов Крыма, таких как Симферополь и Севастополь. Моделирование притока с использованием агрогидрологических моделей,

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 14-45-01633 «р\_юг\_а».

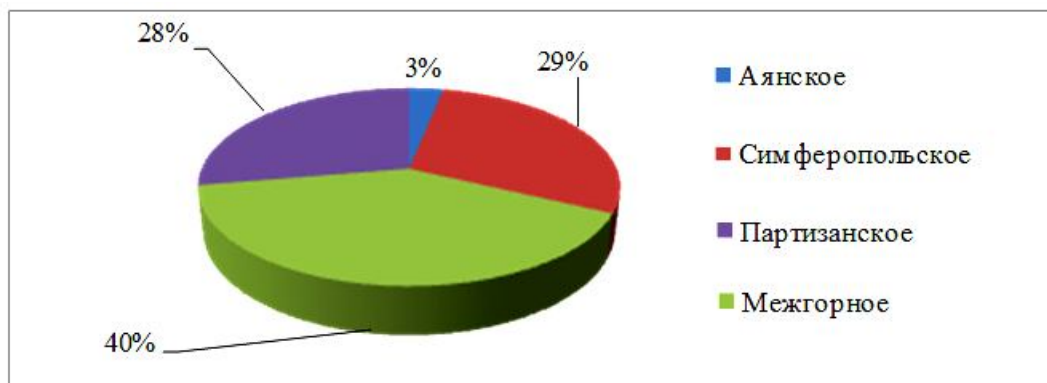
таких как SWAT [1], WEAP [2] и др., геоинформационных систем (ГИС) и данных дистанционного зондирования земли показывает высокую степень корреляции, что дает возможность не только точно моделировать динамику текущих процессов, но и получать оценки прогнозных объемов поступления водных ресурсов, а также моделировать периоды их нехватки для принятия необходимых управленческих решений.

Местные водные ресурсы Крыма в средний по водности год составляют около  $0,91 \text{ км}^3$  [3], что при численности населения полуострова около 2 млн человек составляет 450 куб. метров на 1 человека в год. В соответствии с индексом Фалькенмарка [4] Крым относится к регионам с существенной нехваткой местных водных ресурсов. Такая же оценка может быть отнесена и к зоне влияния городского цикла г. Симферополя. При среднем притоке в водохранилища местного стока немногим более  $83 \text{ млн м}^3$  и количестве проживающего в этой зоне населения более 400 тыс. человек этот показатель для Симферополя даже ниже, чем в среднем для Крыма, и составляет 207 куб. метров на 1 человека в год.

Водообеспеченность городского водного цикла Симферополя практически на 100 % зависит от водоподачи из открытых водоисточников: трех водохранилищ, заполняемых местным стоком, и одного наливного водохранилища с водоподачей из системы Северо-Крымского канала (СКК).

До строительства наливного Межгорного водохранилища основной проблемой обеспечения города и его пригородной зоны водой был дефицит водных ресурсов в длительные засушливые периоды. Однако со строительством и вводом в конце советского периода этого водохранилища в эксплуатацию проблематика водообеспеченности города (в смысле достаточности водных ресурсов) отошла на второй план.

На рисунке 1 приведено процентное соотношение объемов водохранилищ, задействованных в городском водном цикле г. Симферополя. Наибольшим из них является Межгорное ( $50 \text{ млн м}^3$ ), однако необходимо учитывать, что его объем был рассчитан на повышение водообеспеченности не только г. Симферополя, но и г. Севастополя, а также ряда небольших населенных пунктов.



**Рисунок 1 – Городской водный цикл г. Симферополя. Соотношение объема емкости водохранилищ, вода из которых поступает на нужды города**

Особенностью водохозяйственной ситуации 2011–2014 гг. в зоне городского водного цикла г. Симферополя является вероятность снижения доступности дополнительных водных ресурсов, поступающих на рассматриваемую территорию по системе СКК, что существенно усиливает требования к более эффективному использованию местных водных ресурсов и обуславливает соответствующее снижение водообеспеченности орошаемых участков (учитывая приоритет водоподачи на нужды питьевого водоснабжения). Исходя из анализа водообеспеченности (по годовой сумме осадков), период 2011–2014 гг. не является самым засушливым за время с начала строительства

Симферопольского и Партизанского водохранилищ (например, двухлетний период 1993/94 гг. был более засушливым). При этом в осенне-зимние периоды 2012/13 и 2013/14 гг. объем воды в водохранилищах был достаточно близким к критическому (на 5–10 % выше мертвого объема), несмотря на частичное использование воды из Межгорного водохранилища. Это говорит о необходимости разработки системы моделирования притока в водохранилища с учетом как минимум среднесрочной перспективы для возможности принятия соответствующих управляющих воздействий при достижении граничных уровней дефицита водных ресурсов. Одним из перспективных инструментов для решения задач такого класса является использование агрогидрологических моделей.

Суть метода агрогидрологического моделирования состоит в решении уравнения водного баланса для отдельных элементов территории, представленных в виде ограниченных векторными границами «гидрологически характерных единиц» (ГХЕ, модель SWAT [1]) или растровых ячеек (WEAP [2]). Учитывая, что зона формирования как поверхностных, так и подземных вод городского водного цикла г. Симферополя представлена природными агроландшафтами, использование модели такого типа (MWSWAT [5]) для моделирования притока в водохранилища местного стока считаем адекватным.

Анализ статистической взаимосвязи объемов притока в водохранилища естественного стока городского цикла г. Симферополя, проведенный на основе созданных для использования в отладке модели баз данных (БД), приведен в таблице 1. Аянское водохранилище расположено внутри водосборной площади Симферопольского водохранилища, и в задачах гидрологического моделирования они могут рассматриваться совместно. Коэффициент детерминации между годовым стоком Симферопольского и Партизанского водохранилищ выше 0,9. Такое значение свидетельствует о том, что большая часть генетических параметров формирования стока у них идентична.

**Таблица 1 – Коэффициенты парной корреляции годового притока в водохранилища местного стока в зоне влияния городского цикла г. Симферополя**

Наименование водохранилища	Аянское	Симферопольское	Партизанское
Аянское	1	0,76	0,73
Симферопольское	0,76	1	0,95
Партизанское	0,73	0,95	1

Базовым принципом алгоритма использованной в работе модели SWAT является разбивка водосборного бассейна на суббассейны и далее на ГХЕ, что дает возможность модели учесть разницу в интенсивности испарения с различного растительного покрова, почв и других видов поверхности (населенных пунктов и др.). Структурированное представление бассейна р. Альма выше Партизанского водохранилища представлено на рисунке 2.

В качестве исходного слоя для построения базовой модели рельефа приняты 3D-данные архива миссии SRTM (The Shuttle Radar Topography Mission) [6].

Структурная схема алгоритма расчета водного баланса с использованием модели MWSWAT приведена на рисунке 3.

Сток моделируется отдельно для каждой ГХЕ, что повышает точность расчетов и более соответствует физическому смыслу уравнения водного баланса (при этом потенциальное испарение может быть рассчитано с использованием методологии Пенмана – Монтейта, Пристли – Тейлора, Харгривса или приведено в виде ряда заданных пользователем значений).

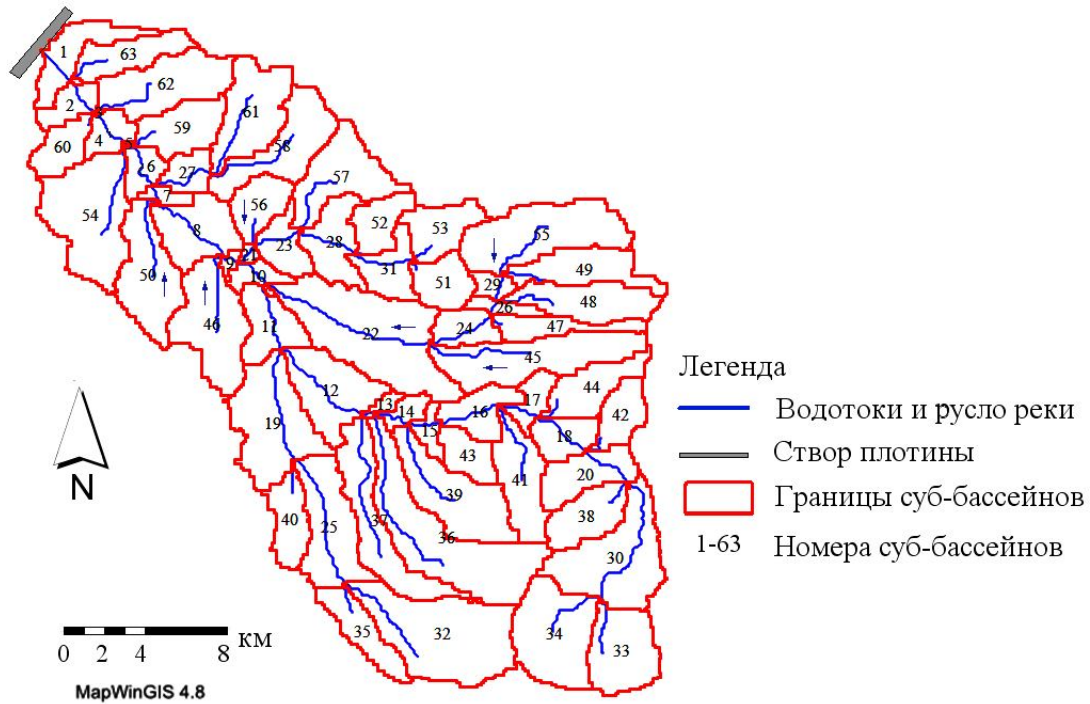


Рисунок 2 – Схема водотоков и разбивка бассейна р. Альма выше Партизанского водохранилища на суббассейны

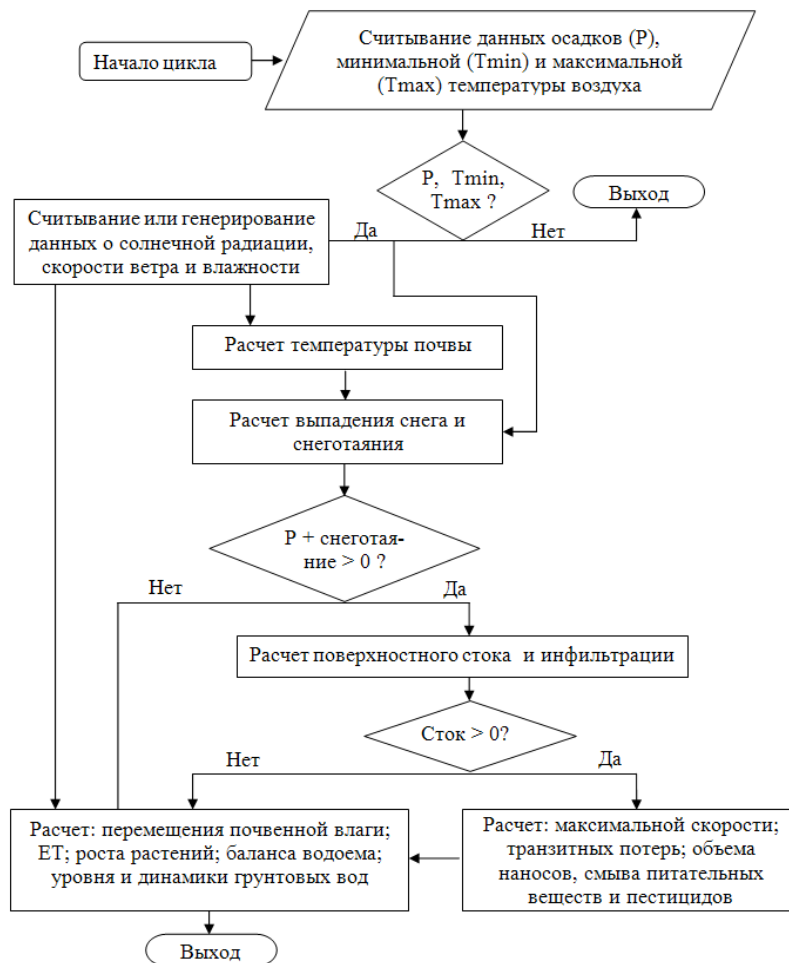
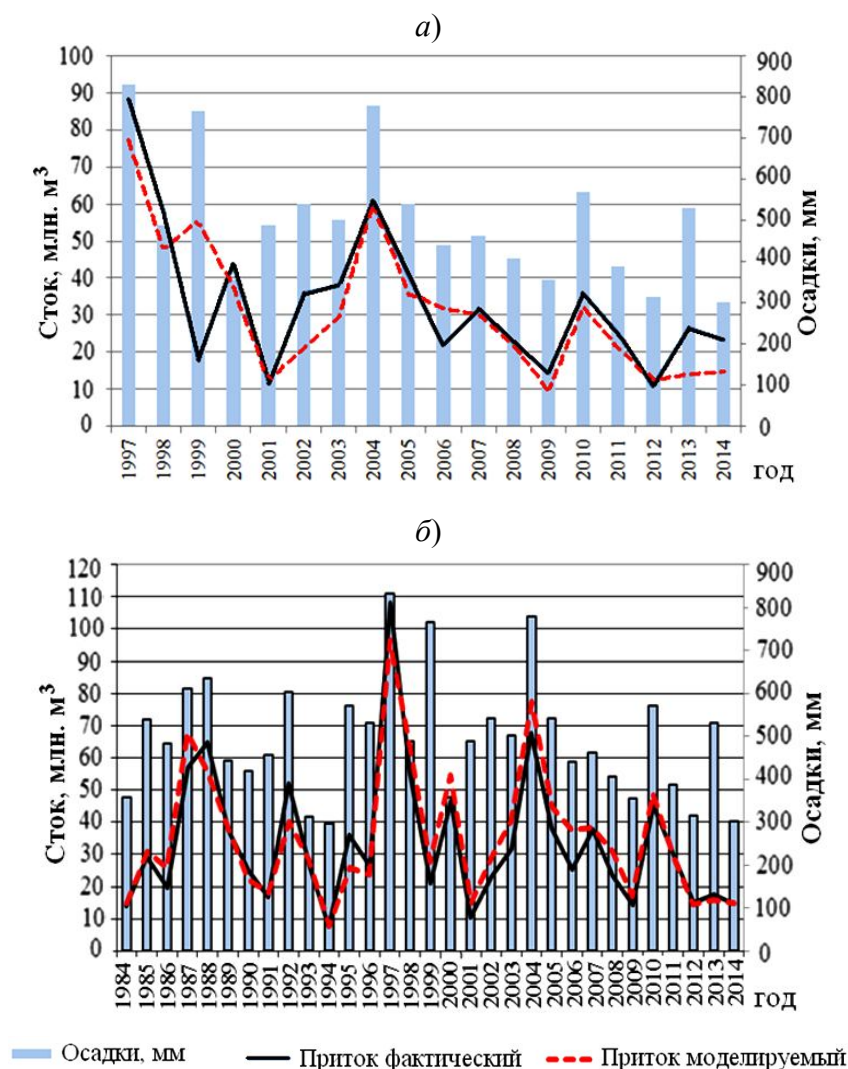


Рисунок 3 – Цикл расчетов MWSWAT по ГХЕ или суббассейну ([1], адаптировано)

Результаты расчетов моделирования стока могут быть сохранены в выходных файлах текстового формата с суточной, месячной или годовой детализацией.

Укрупненные цифровые модели землепользования на территории и характеристики почв на первом этапе тестирования модели могут быть приняты из общедоступных внешних источников информации [7]. Для проведения расчетов гидрологического моделирования притока в водохранилища кроме перечисленной информации необходимо иметь данные о суточных значениях метеорологических параметров (формально можно использовать и месячные данные, но с дополнительной процедурой их конвертирования в суточные значения), включая как минимум данные об осадках, максимальной и минимальной температуре воздуха за сутки, а также для отладки и калибровки модели – данные об измеренных величинах стока в расчетном створе, для которого проводится моделирование, или данные о притоке воды в водохранилище.

На рисунке 4 даются примеры динамики фактического притока в Симферопольское и Партизанское водохранилища по годам, при этом для последнего оценка моделируемого притока приведена без учета калибровки параметров модели.



**Рисунок 4 – Сравнение динамики фактического притока с динамикой моделируемого в водохранилища: а – Партизанское до процедуры калибровки; б – Симферопольское после калибровки модели (2014 г. включает только I–IX месяцы)**

Результаты сравнения фактических данных с данными, полученными в результате моделирования (коэффициент корреляции – 0,92–0,95), позволяют сделать вывод о возможности использования инструментов агрогидрологического моделирования для оценки сценарных вариантов, связанных с воздействием различных факторов на объем формирования водных ресурсов, таких, например, как изменение лесистости, климата и др. [5, 8].

Анализ динамики нарастания дефицита притока в водохранилища местного стока в период 2011–2014 гг. и моделирование аналогичных ситуаций в условиях отсутствия дополнительных водных ресурсов СКК свидетельствуют о значительном превышении объемов существующего/необходимого водозабора над возможностями компенсации его дефицита за счет местных водных ресурсов (дефицит около 30 %), т. е. имеющейся полезной емкости водохранилищ местного стока недостаточно для покрытия текущего уровня водопотребности. При этом водообеспеченность Салгирской оросительной системы с водозабором из р. Салгир ниже Симферопольского водохранилища существенно уменьшается и может совсем прекращаться в длительные (2 года и более) засушливые периоды.

### **Выводы**

Использование открытых агрогидрологических моделей, в том числе модели MWSWAT, позволяет получать оценки месячного и годового притока в водохранилища с коэффициентами корреляции в диапазоне от 0,73 до 0,95 в зависимости от наличия, достоверности и репрезентативности исходных данных и с учетом калибровки модели для рассматриваемой территории.

Модель MWSWAT 2012 в расчетах количественных показателей стока наиболее чувствительна к репрезентативности данных о величине осадков, измеряемых на территории водосбора и на ближайших к нему метеостанциях и метеопостах, и принятому методу расчета суммарного испарения. При этом точность расчета динамики водных ресурсов при использовании агрогидрологических моделей в системе ИУВР может быть повышена за счет циклической корректировки данных моделирования по материалам натурных наблюдений за стоком.

Полученные результаты дают возможность планировать применение модели MWSWAT 2012 как одного из элементов системы принятия решений в комплексе задач ИУВР городского водного цикла г. Симферополя, в т. ч. для оценки водообеспеченности сценариев будущего развития территории, условий работы водохозяйственных объектов, наличия водных ресурсов для орошения.

### **Список использованных источников**

1 Soil and Water Assessment Tool. Input/Output File Documentation. Version 2009: Technical report № 365 [Electronic resource] / Texas Water Resources Institute. – 2010. – 620 p. – Neitsch S. L., Arnold J. G., Kiniry J. R., Srinivasan R. – Mode of access: <http://swatmodel.tamu.edu>, 2015.

2 Luis, F. L. Step by Step Geo-Processing and Set-up of the Required Watershed Data for MWSWAT (MapWindow SWAT) [Electronic resource] / F. L. Luis. – 2007. – 34 p. – Mode of access: <http://www.waterbase.org/documents.html>, 2015.

3 Справочник по водным ресурсам / под ред. Б. И. Стрельца. – Киев: Урожай, 1987. – 304 с.

4 Indicators and Indices for decision making in water resources management [Electronic resource]. – Mode of access: <http://environ.chemeng.ntua.gr/WSM/Newsletters/Issue4/Indicators.htm>, 2015.

5 Дунаева, Е. А. Анализ динамики количественных и качественных характеристик водных ресурсов с использованием открытых ГИС и агрогидрологических моде-

лей [Электронный ресурс] / Е. А. Дунаева, В. Ф. Попович, В. И. Ляшевский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск, 2015. – № 1(17). – 15 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=318&id=328>.

6 Hole-filled seamless SRTM data V1 [Electronic resource] / International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). – 2004. – Mode of access: [http://gisweb.ciat.cgiar.org/sig/90m\\_data\\_tropics.htm](http://gisweb.ciat.cgiar.org/sig/90m_data_tropics.htm), 2015.

7 Дунаєва, Є. А. Використання зовнішніх інформаційних ресурсів (WEB) для моделювання річкового стоку / Є. А. Дунаєва, В. Ф. Попович, В. М. Панютін // Вісник НУВГП: зб. наук. пр. / Серія: Технічні науки. – 2011. – Вип. 3(55). – С. 85–92.

8 Попович, В. Ф. Використання агрогідрологічних моделей щодо оцінки водозабезпеченості зрошувальних модулів з метою визначення пріоритетів модернізації та реконструкції зрошувальних систем / В. Ф. Попович // Вісник НУВГП / Серія: Технічні науки. – 2013. – Вип. 1(61). – С. 33–40. – ISSN 2306-5478.

УДК 631.67

**Э. Э. Сейтумеров, В. И. Кременской, Т. О. Вислобокова, С. В. Подовалова**  
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,  
Российская Федерация

### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ**

*В условиях возрастающего дефицита водных ресурсов, роста цен на энергоносители, ухудшения экологического состояния орошаемых земель актуальными становятся разработка и применение ресурсо- и энергосберегающих, экологически безопасных способов полива. Потребление свежих и разнообразных овощей, плодов и ягод на протяжении всего года признано необходимым для обеспечения здоровья населения. Научно обоснованная годовая норма потребления овощей для человека составляет: овощебахчевых культур – 110 кг, картофеля – 95 кг. Исходя из этих норм, обеспеченность населения Крыма продуктами питания собственного производства в последние годы достигла по овощебахчевым культурам 84,2 %, по картофелю – 73,8 %. Следует отметить, что большая часть овощебахчевой продукции и картофеля производится мелкими сельхозпроизводителями. В фермерских и крестьянских хозяйствах Крыма выращивается 97,9 % картофеля, 83,5 % овощей и 82,2 % бахчевых культур. В целях гарантированного и более полного обеспечения населения Крыма и отдыхающих овощными, бахчевыми культурами и картофелем необходимо внедрять прогрессивные технологии выращивания с применением капельного полива и микроорошения. Эта задача является приоритетной в решении проблемы полноценного питания и здоровья населения.*

*Ключевые слова: орошаемое овощеводство, капельный полив, структура культур, поливная норма, оросительная норма.*

Большая часть территории Республики Крым (кроме горной зоны) по природному увлажнению находится в неблагоприятных для стабильного развития сельского хозяйства климатических условиях. Основная часть осадков приходится на теплый период года, когда величина испарения превышает их более чем в два раза. Осадки чаще всего выпадают в виде ливней, поэтому большая их часть теряется на поверхностный сток. Кроме того, континентальность и засушливость климата степного Крыма усиливается за счет повышенного ветрового режима. В среднем за год насчитывается около 30 дней с сильным ветром, 6–9 дней – с пыльными бурями. Повторяемость атмосферно-почвенных засух в течение вегетационного периода составляет 30–50 % [1]. Таким образом, для полного



обеспечения растений водой естественного увлажнения недостаточно. Важным фактором устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли является орошение.

**Текущая ситуация.** Капельное орошение – это современный высокоэффективный способ полива овощей, плодовых культур, винограда и технических культур.

По данным Госкомводхоза Крыма, в 2014 г. в Крыму произошло сокращение поливных земель в 7,6 раза по сравнению с 2013 г. (до 17,6 тыс. га) в связи с прекращением подачи воды в Северо-Крымский канал. Заметно уменьшилось число работающих дождевальными машин и оборудования систем капельного орошения.

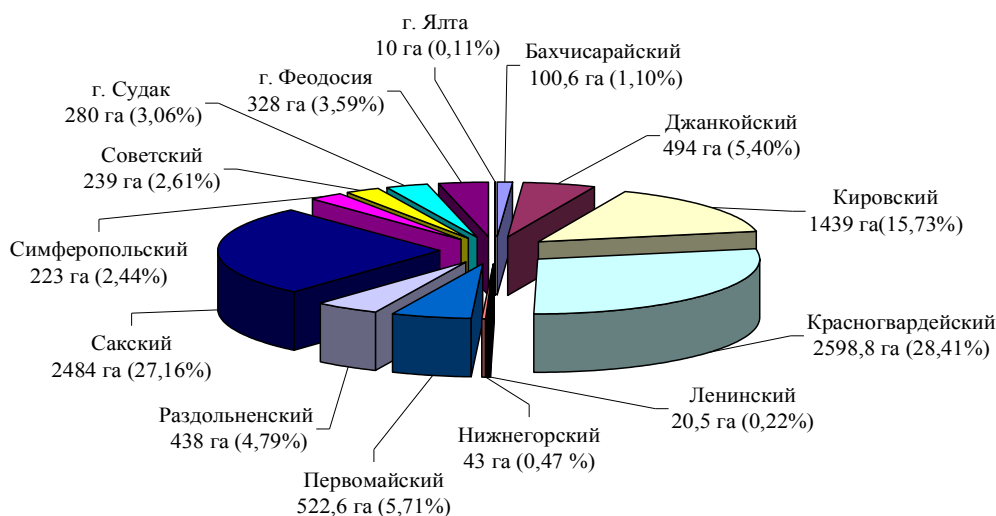
На рисунке 1 представлено распределение орошаемых земель по способам полива сельскохозяйственных культур в Крыму в 2014 г.



**Рисунок 1 – Распределение орошаемых земель по способам полива в 2014 г. (по данным Госкомводхоза Крыма)**

Площади, орошаемые дождеванием, сократились в 14,5 раза и составили 5,4 тыс. га. Площадь с капельным способом полива сократилась в 2,7 раза и составила 30,24 % от всех поливных земель в этом году. Поверхностным поливом по бороздам и полосам в текущем году поливалось 6,9 тыс. га. Использование этого старого способа полива обусловлено простотой и доступностью и сравнительно малой энергоемкостью. Если в прошлые годы он был на втором месте после дождевания, то теперь занимает ведущее место. Площадь с этим способом полива составляет 39,05 % от всей орошаемой площади.

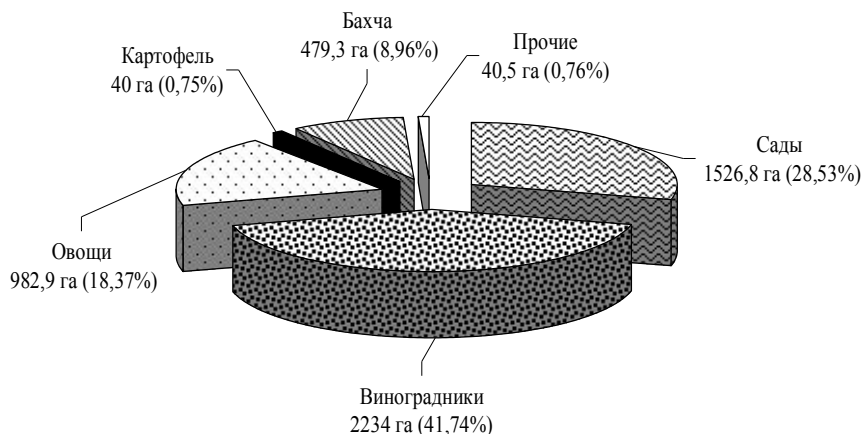
Площадь сельскохозяйственных культур, орошаемых капельным способом, в этом году сократилась на 9347,3 га и составила 5353 га. На рисунке 2 показано сокращение площадей, орошаемых капельным способом, по районам Крыма.



**Рисунок 2 – Сокращение площадей, орошаемых капельным способом, по районам в Республике Крым**

Наибольшее сокращение площадей произошло в зоне Северо-Крымского канала: Красногвардейский район – на 2598,8 га, Сакский район – на 2484,0 га, Кировский – на 1439,0 га, Первомайский – на 522,6 га. Однако в текущем году увеличились площади капельного орошения в Белогорском районе на 38 га и в Красноперекопском районе на 35,2 га.

Структура сельскохозяйственных культур, орошаемых капельным способом в Республике Крым в текущем году, представлена на рисунке 3. По данным рисунка 3, 70 % площадей занимают многолетние культуры: плодовые сады, виноградники.



**Рисунок 3 – Структура культур, орошаемых капельным способом полива в Республике Крым**

В 2014 г. наибольшее количество площадей, поливаемых капельным способом, отмечено в Бахчисарайском районе (1867 га), из них 705 га – сады, 1119 га – виноградники, 32 га – питомники и 11 га – овощи закрытого грунта. В Симферопольском районе 675 га земель орошалось капельным способом: 133 га – плодовые сады, 423 га – виноградники и 119 га – овощные культуры. В Красногвардейском районе площадь поливных земель, орошаемых капельным способом, составляет 485,6 га, из них 211 га – виноградники, 26,8 га – плодовые сады и 71,8 га – овощные культуры. В Нижнегорском районе 480 га капельного орошения под плодовыми садами. В Джанкойском районе 472 га под овощными культурами. В этих районах используются воды местного стока и подземные артезианские скважины.

**Перспективы развития капельного орошения в Республике Крым.** Капельное орошение – один из видов локального микроорошения, при котором оросительная вода через специальные микроводовыпуски (капельницы) подается малыми нормами в корнеобитаемую зону растений.

При капельном орошении создается возможность непрерывного снабжения растений водой и элементами питания. Дозированная подача воды в течение всего вегетационного периода в соответствии с водопотреблением орошаемой культуры позволяет создать оптимальный режим влажности в корнеобитаемом слое почвы и увеличить урожайность сельскохозяйственных культур.

Основное достоинство капельного орошения – значительная экономия оросительной воды при локальном увлажнении почвы. С помощью капельного орошения можно поливать крутые склоны, подавать вместе с оросительной водой удобрения и ядохимикаты. По сравнению с дождеванием меньше энергозатраты, отпадает необходимость в планировании земель.

Системы микроорошения (капельного орошения и микродождевания) предназначены для полива садов, ягодников, виноградников, декоративных, овощных и других культур в открытом и закрытом грунте. Системы позволяют проводить поливы

малыми поливными нормами при локальном увлажнении корнеобитаемой зоны почвы.

Микроорошение особенно эффективно при дефиците водных ресурсов, в пересеченной местности, при близком расположении грунтовых вод, на маломощных водопроницаемых почвах.

Достоинства микроорошения:

- удобство эксплуатации (полив осуществляется с пульта управления);
- экономия поливной воды, энергии, удобрений;
- повышение урожая и улучшение качества продукции;
- исключение произвольных потерь воды;
- равномерное распределение воды по поливному участку;
- допустимость применения в пересеченной местности;
- возможность автоматизации процесса полива;
- улучшение микроклимата на орошаемом участке;
- допустимость подачи с поливной водой удобрений;
- возможность проведения поливов в сочетании с другими агротехническими мероприятиями.

Микроорошение является современной, ресурсосберегающей, экологически безопасной технологией, отвечающей всем требованиям современного уровня производства.

По нашим расчетам, ежегодный прирост площадей под капельное орошение в Крыму должен составлять 1350–1830 га. Так, к 2020 г. планируется иметь 25,3 тыс. га земель, орошаемых капельным способом, из них многолетних насаждений – 510–600 га; овощных, бахчевых культур, картофеля и кукурузы – 800–1230 га. В 2013 г. прирост площадей под кукурузой, орошаемой капельным способом, составил 1150 га, в основном в Сакском и Красногвардейском районах.

Структура культур, орошаемых капельным способом в Республике Крым в 2013 г.: многолетние насаждения – 62,8 %, однолетние культуры – 15,5 %, бахчевые культуры – 5,6 %, картофель – 0,9 %, кукуруза и другие пропашные культуры – 13,7 %.

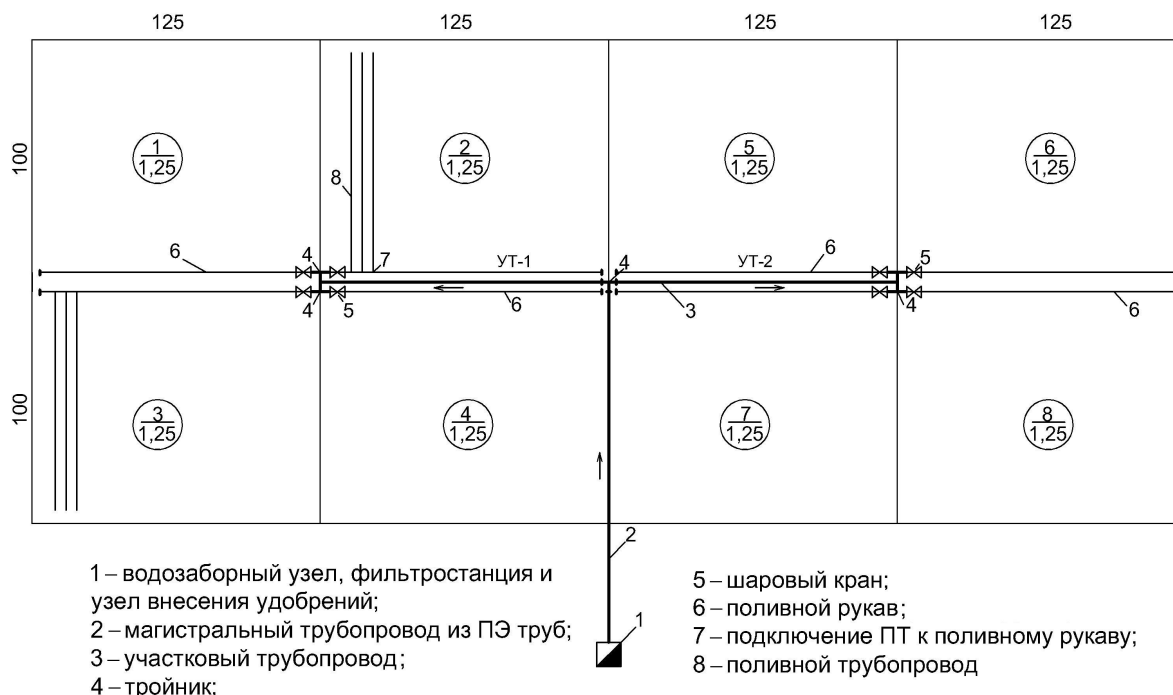
Как бы ни сложилась для Республики Крым ситуация, связанная с решением проблем обеспечения водой и электроэнергией, в дальнейшем цена на эти два ресурса будет расти, поэтому данный факт в первую очередь необходимо учитывать при выборе способа полива и техники орошения.

Капельное орошение на сегодня является наиболее прогрессивным способом полива овощебахчевых культур и многолетних насаждений в Крыму. Для капельного орошения можно использовать воды природных (рек, озер), искусственных (водохранилищ, каналов, прудов) или же подземных (скважин, шахтных колодцев) источников [2, 3]. Для внедрения данного способа полива разработана расчетная схема комплекта оборудования для капельного орошения (рисунок 4). В таблице 1 приведены необходимый объем воды и стоимость комплекта капельного оборудования для выращивания овощных культур с различными схемами посадки на площади 1, 5, 10 и 20 га [4, 5].

**Перспективы развития овощеводства при капельном орошении в Республике Крым.** Картофель и овощи являются важнейшими продуктами питания. За счет этих продуктов обеспечивается до 1/3 суточной потребности человеческого организма в энергии. Овощи являются поставщиками биологически активных веществ и минеральных элементов, обуславливающих нормальное течение эндогенных биохимических процессов в организме, а значит, и здоровье человека.

Развитие овощеводства возможно на основе реализации научно обоснованной системы ведения отрасли, положения которой обобщенно можно свести к следующему:

- сочетание природных, почвенно-климатических условий Крымского полуострова, его микрозон с биологическими особенностями возделываемых культур;
- ведение отрасли овощеводства на основе адаптивных технологий.



**Рисунок 4 – Расчетная схема комплекта оборудования для капельного орошения овощных культур на 10 га**

**Таблица 1 – Необходимый объем воды и стоимость комплекта капельного оборудования для овощных культур с различными схемами посадки**

Культура схема посадки	Ороси- тельная норма, м <sup>3</sup> /га	Необходимый объем воды для выращивания сельхозкультур, тыс. м <sup>3</sup>				Стоимость комплекта поливного оборудования и монтажа, тыс. руб.		
		1 га	5 га	10 га	20 га	5 га, всего на 1 га	10 га, всего на 1 га	20 га, всего на 1 га
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>Капуста</u> 90 + 50 × 40	3145	3,46	17,30	34,60	69,19	<u>555,3</u> 111,1	<u>1139,6</u> 114,0	<u>2380,9</u> 119,0
<u>Томат</u> 140 + 40 × 30	2820	3,10	15,51	31,02	62,04	<u>519,4</u> 103,9	<u>1068,2</u> 106,8	<u>2024,9</u> 101,2
<u>Огурец</u> 190 + 50 × 30	2920	3,2	16,06	32,12	64,24	<u>374,5</u> 74,9	<u>841,0</u> 84,1	<u>1607,8</u> 80,4
<u>Перец</u> 90 + 50 × 30	3180	3,5	17,49	34,98	69,96	<u>555,1</u> 111,0	<u>1139,6</u> 114,0	<u>2380,9</u> 119,0
<u>Баклажан</u> 90 + 50 × 20	3060	3,4	16,83	33,66	67,32	<u>555,1</u> 111,0	<u>1113,4</u> 111,3	<u>2380,9</u> 119,0
<u>Лук</u> 30 + 30 + 30 + 50	2350	2,6	12,93	25,85	51,70	<u>555,1</u> 111,0	<u>1113,4</u> 111,3	<u>2380,9</u> 119,0
<u>Свекла</u> 40 + 40 + 60	2800	3,1	15,40	30,80	61,60	<u>555,1</u> 111,0	<u>1139,6</u> 114,0	<u>2380,9</u> 119,0
<u>Кабачок</u> 60 + 200	2980	3,3	16,39	32,78	65,56	<u>376,5</u> 73,5	<u>754,8</u> 75,5	<u>1454,8</u> 72,7

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>Морковь</u> 30 + 30 + 30 + 50	2520	2,8	13,86	27,72	55,44	<u>555,1</u> 111,0	<u>1139,6</u> 114,0	<u>2380,9</u> 119,0
<u>Картофель</u> 70 × 30	1530	1,7	8,45	17,60	35,20	<u>902,5</u> 180,5	<u>1939,2</u> 193,9	<u>3770,7</u> 188,5

С этих точек зрения научно обоснованы микрозоны Крымского полуострова, в которых рекомендуются следующие особенности ведения овощеводства.

Северная микрозона объединяет территории Красногвардейского, Первомайского, Краснопереконского, Джанкойского и Нижнегорского районов. Микрозона имеет выровненный рельеф местности, плодородные орошаемые земли. В этой микрозоне целесообразно выращивать овощные культуры повседневного потребления. Здесь следует развивать консервную промышленность и длительное хранение овощей для зимне-весеннего потребления.

Юго-западная микрозона объединяет территории Симферопольского, Бахчисарайского, Сакского, Черноморского и Раздольненского районов. Микрозона благоприятна для производства ранних овощей в открытом грунте и ведения овощеводства в защищенном грунте. В этой зоне целесообразно выращивать ранние сорта овощей через рассаду и ранний картофель.

Восточная микрозона объединяет территории Советского, Кировского и Ленинского районов. В этой микрозоне целесообразно ведение овощеводства в открытом и защищенном грунте. Для обеспечения городов Керчи, Феодосии, Судака, а также снабжения санаториев и курортов в этой зоне перспективно выращивание ранних зеленных овощных культур, ранней капусты, томатов, перца, баклажана.

На рисунке 5 представлены перспективные зоны развития овощеводства, бахчеводства и картофелеводства при капельном орошении в Республике Крым.



Рисунок 5 – Перспективные зоны развития овощеводства, бахчеводства и картофелеводства при капельном орошении в Республике Крым

**Выводы.** Для устойчивого развития орошаемого земледелия в условиях резкого дефицита водных ресурсов в Республике Крым необходимо:

- отказаться от полива по бороздам в пользу капельного орошения и дождевания;
- выбор способа полива овощебахчевых культур проводить на основе технико-экономического сравнения вариантов с учетом долгосрочного планирования наличия водных ресурсов в водоисточниках, которые можно будет использовать для целей орошения;
- для полива многолетних насаждений использовать системы капельного орошения;
- при выращивании овощебахчевых культур, саженцев деревьев для полива дождеванием применять шланго-барабанные установки, оснащенные насадками или консолями.

#### **Список использованных источников**

- 1 Половицкий, И. Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия: справ. изд. / И. Я. Половицкий, П. Г. Гусев. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.
- 2 Краплинне зрошення як основна складова інтенсивних агротехнологій ХХІ століття: матеріали ІІ наук.-практ. конф. – Київ, 2014. – 100 с.
- 3 Ромащенко, М. І. Стан і перспективи розвитку крапельного зрошення для інтенсифікації садівництва й овочівництва / М. І. Ромащенко // Агрогляд. – 2004. – № 12. – С. 21–23.
- 4 Технології вирощування овочевих культур при краплинному зрошенні в умовах України: реком. – Київ, 2006. – 123 с.
- 5 Технология выращивания плодовых культур в условиях Крыма при капельном способе полива. – Симферополь, 2008. – 78 с.

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

---

---

УДК 631.6:631.62/66:631.95:005:338.43

**И. Ф. Юрченко**

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

**А. К. Носов**

Северо-Кавказский институт по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства, Пятигорск, Российская Федерация

### НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ БЕСХОЗЯЙНЫХ ГТС

*Выполнены информационно-аналитические исследования нормативно-правовых документов, регламентирующих установление органа (лица или организации), ответственного за оформление права собственности на бесхозные ГТС и (или) за обеспечение их безопасности, с целью совершенствования законодательства, действующего в указанной сфере. Разработаны предложения по сокращению сроков оформления права собственности на бесхозное имущество мелиоративного водохозяйственного комплекса (гидромелиоративные системы и отдельно расположенные ГТС) и затрат на него. Представленные процедуры постановки на учет бесхозных объектов и обретенного права собственности на них обеспечат эффективность формирования новой структуры мелиоративного водохозяйственного комплекса в соответствии с мероприятиями, предусмотренными ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы».*

*Ключевые слова: нормативно-правовое регулирование, безопасность, бесхозные мелиоративные системы и гидротехнические сооружения, право собственности, постановка на учет.*

Нормативно-правовые документы, регламентирующие отношения в части установления органа (лица или организации), ответственного за оформление права собственности на бесхозные ГТС и (или) за обеспечение их безопасности, включают разнообразные положения, не отличающиеся однозначностью, ясностью и прозрачностью формулировок [1, 2].

В течение длительного периода Федеральный закон № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» [3], не определяя прямо ответственности за ее осуществление для бесхозных объектов, содержал отсылчную норму к нормативному правовому акту Правительства Российской Федерации. До недавнего времени таким документом являлось положение от 27 февраля 1999 г. № 237 (в редакции от 08.05.2002) «Об утверждении Положения об эксплуатации гидротехнического сооружения и обеспечении безопасности гидротехнического сооружения, разрешение на строительство и эксплуатацию которого аннулировано, а также гидротехнического сооружения, подлежащего консервации, ликвидации либо не имеющего собственника».

В соответствии с этим документом, при обнаружении ГТС, не имеющего собственника, орган государственного надзора сообщает данные о нем в орган местного самоуправления и направляет предложения в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации, на территории которого расположено ГТС, для решения вопроса об обеспечении его безопасности. В связи с тем, что сами процедуры обнаружения ГТС, не имеющего собственника, как и процедуры решения вопроса об обеспечении

безопасности ГТС, не были раскрыты (не было определено, кто должен заниматься обнаружением ГТС, не имеющих собственника, и как именно должен решаться органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации вопрос об обеспечении безопасности бесхозных ГТС), указанные нормы оказались лишь декларацией о намерениях. Проблемы, касающиеся установления ответственного за оформление права собственности на бесхозные ГТС и (или) за обеспечение их безопасности, оставались нерешенными.

**Методы исследования.** Методическую основу исследования действующего федерального законодательства и подзаконных актов в части эксплуатации и обеспечения безопасности бесхозных ГТС с целью их совершенствования, выполненного ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» в рамках государственного контракта с Минсельхозом России, составляли информационно-аналитические подходы к изучению предметной области, базирующиеся на анализе, синтезе и обобщении свойств исследуемого объекта.

**Результаты и обсуждение.** На выход из ситуации, сложившейся в последнее время с обеспечением безопасности бесхозных ГТС, направлены изменения, внесенные в акты Правительства Российской Федерации, которые утверждены Постановлением Правительства РФ от 21.08.2014 № 837 [4]. Согласно этому документу обеспечение безопасности бесхозных ГТС осуществляется органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области безопасности ГТС, на территории которого расположено это сооружение, также в документе прописан порядок разработки и выполнения мероприятий по обеспечению безопасности ГТС, которое не имеет собственника, либо собственник которого неизвестен, либо от права собственности на которое собственник отказался [5]. Действенность этих нововведений в нормативно-правовое регулирование безопасности бесхозных ГТС покажет время.

На сегодняшний день нельзя считать решенной на законодательном уровне и проблему, связанную с обеспечением безопасности ГТС в части установления собственника бесхозных сооружений [6, 7]. В свете этого в последнее время высказываются предложения о передаче бесхозных ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса в собственность различных хозяйствующих субъектов.

Так, в рамках ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» Минсельхоз России совместно с подведомственными ему учреждениями по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению планирует передачу бесхозных мелиоративных систем и отдельно расположенных ГТС в государственную собственность субъектов Российской Федерации, муниципальную собственность или собственность сельскохозяйственных товаропроизводителей. Это должно обеспечить сокращение количества бесхозных мелиоративных систем и отдельно расположенных ГТС с 34,7 до 0 % и вовлечь в оборот объекты, на создание которых в предыдущие годы затрачены бюджетные средства и которые в настоящее время не используются [8].

Однако данное предложение частично вступает в противоречие с законодательством Российской Федерации. В частности, в соответствии со статьями 218 и 225 Гражданского кодекса Российской Федерации, передача этих сооружений в собственность может произойти только по инициативе организации (лица), пожелавшего приобрести бесхозное недвижимое имущество в собственность [9].

Кроме того, как субъекты Российской Федерации, так и муниципальные образования могут иметь в собственности только имущество, необходимое для осуществления ими полномочий, определенных соответственно Федеральным законом № 184-ФЗ и Федеральным законом № 131-ФЗ [10, 11]. И если полномочия государственных органов субъектов Российской Федерации в решении вопросов, связанных с обеспечением безопасности ГТС, все-таки были прописаны в 2013 г. [3], то полномочия органов



местного самоуправления в области безопасности ГТС остаются неясными и поныне. В Федеральном законе № 117-ФЗ [3] даже отсутствует статья, определяющая полномочия органов местного самоуправления в области безопасности ГТС. Тем не менее, поскольку ГТС могут находиться в собственности муниципального образования, на органы местного самоуправления как минимум должны возлагаться полномочия собственника ГТС по обеспечению безопасности ГТС, находящихся в собственности муниципальных образований.

Анализ действующего законодательства [11] показывает, что в собственности муниципальных образований могут находиться только защитные ГТС, предназначенные для предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (в результате опасного природного явления – наводнения) в границах соответствующего муниципального образования. Следовательно, возможность передачи в собственность муниципальных образований бесхозяйных объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса иного функционального назначения является проблематичной.

Вместе с тем в соответствии со статьей 225 Гражданского кодекса Российской Федерации бесхозяйные недвижимые вещи принимаются на учет органом, осуществляющим государственную регистрацию права на недвижимое имущество, по заявлению (имеющему статус разрешительного) только органа местного самоуправления, на территории которого они находятся. Так как судебный порядок возложения на муниципальное образование обязанностей законом о принятии на учет бесхозяйных недвижимых вещей не предусмотрен, этому соответствуют и нормы Положения о принятии на учет бесхозяйных недвижимых вещей, как действующего ранее [12], так и вступившего в силу с 01.01.2015 [13].

По истечении года со дня постановки бесхозяйной недвижимой вещи на учет орган, уполномоченный управлять муниципальным имуществом, может обратиться в суд с требованием о признании права муниципальной собственности на эту вещь; бесхозяйная недвижимая вещь, не признанная по решению суда поступившей в муниципальную собственность, может быть вновь принята во владение, пользование и распоряжение оставившим его собственником либо приобретена в собственность в силу приобретательской давности.

Действующее положение не учитывает особенностей мелиоративной системы как бесхозяйной вещи, связанной с территориальным расположением и (или) функциональным назначением мелиоративного объекта, который может располагаться и (или) осуществлять мелиоративные мероприятия на территории более чем одного муниципального образования.

Такая ситуация затрудняет законодательное установление органа местного самоуправления, обязанного осуществлять постановку бесхозяйного имущества на учет с последующим приобретением его в собственность. В ряде случаев из-за отказа органов муниципальных образований становится невозможной постановка на учет бесхозяйных мелиоративных объектов и по требованию надзорных органов в судебном порядке, что приводит к увеличению срока оформления права собственности на бесхозяйные объекты и затрат на него.

Представляется, что законодательное закрепление в Федеральном законе «О мелиорации земель» [14] права и порядка подачи Российской Федерацией или субъектом Российской Федерации заявления о постановке на учет бесхозяйного имущества, находящегося на их территории, может положительно решить вопросы сокращения сроков оформления права собственности на бесхозяйные мелиоративные системы и отдельно расположенные ГТС и затрат на него.

Предлагается внести изменения и в статью 225 Гражданского кодекса Российской Федерации по установлению не только права, но и обязанности органа, уполномоченного

управлять имуществом мелиоративного водохозяйственного комплекса, обратиться в суд с требованием о признании права собственности на бесхозную вещь, а также выявлять и ставить на учет в качестве бесхозных недвижимых вещей бесхозные ГТС, расположенные на территории подконтрольных им административно-территориальных образований.

При определении собственников ГТС решение судебных органов предлагается базировать на подтвержденных гарантиях потенциальных собственников в обеспеченности финансовыми средствами и квалифицированными кадрами для осуществления безопасного пользования бесхозной недвижимой вещью, что потребует отдельных изменений в законодательных актах.

Автоматический переход бесхозного мелиоративного объекта в собственность органов местного самоуправления, которые в подавляющем большинстве не имеют должного финансирования мероприятий технической эксплуатации, необходимого штата специалистов, техники и материалов для их выполнения, не может решить проблему повышения их безопасности.

Изменение пункта 3 статьи 225 части первой Гражданского кодекса Российской Федерации необходимо и в части сокращения с одного года до 90 дней установленного периода обращения в суд о признании права собственности на бесхозную вещь, исчисляемого со дня постановки бесхозной недвижимой вещи на учет. Это будет способствовать реализации мероприятий ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» [8], предусматривающих возмещение части затрат по оформлению права собственности на бесхозные ГТС. Затраты на оформление права собственности на бесхозные объекты, связанные с постановкой их на учет, передачей в собственность и регистрацией права собственности на бесхозный объект органом местного самоуправления, на территории которого они находятся, могут осуществляться в период, включающий более одного календарного года. С учетом того, что период планирования субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации ограничен одним календарным годом, вышеуказанное не позволяет Минсельхозу России оптимально распределять имеющиеся ресурсы для возмещения части затрат на оформление в собственность бесхозных мелиоративных систем и отдельно расположенных ГТС.

Вышеуказанные изменения в пунктах 3 и 4 статьи 225 части первой Гражданского кодекса Российской Федерации потребуют соответствующих изменений статьи 290 части второй Гражданского процессуального кодекса Российской Федерации [15] в части правил подачи заявления о постановке на учет бесхозного имущества и сокращения срока обращения в суд о признании права собственности на бесхозную вещь, исчисляемого со дня постановки бесхозной недвижимой вещи на учет.

Необходимы также изменения:

- Федерального закона от 6 октября 1999 г. № 184-ФЗ «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» [10] в части наделения правом владения и распоряжения мелиоративными системами и отдельно расположенными ГТС, обеспечивающими мелиорацию земель на территории муниципального образования или субъекта Российской Федерации, предназначенными для содействия развитию сельскохозяйственного производства;

- Федерального закона от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» [11] в части возложения на органы местного самоуправления полномочий по выявлению, постановке на учет в качестве объектов недвижимого имущества бесхозных ГТС и обеспечению безопасности ГТС, не имеющих собственника и расположенных на территории соответствующего муниципального образования.

**Выводы.** Таким образом, в результате анализа законодательства по обеспечению безопасности ГТС, в том числе бесхозных, отмечена необходимость совершенствования правового регулирования водохозяйственного комплекса в части сокращения сроков оформления права собственности на бесхозные ГТС и затрат на него путем ужесточения, упрощения процедур постановки на учет бесхозных сооружений как недвижимого имущества и их закрепления за соответствующими органами исполнительной власти на территории подконтрольных им административно-территориальных образований.

Решение этих проблем должно достигаться комплексом мероприятий, который прежде всего включает:

- ускоренную инвентаризацию ГТС;
- документальное закрепление прав собственности на бесхозные ГТС;
- создание нормативно-правового механизма оперативного определения собственников объектов, числящихся бесхозными;
- разработку и реализацию планов-графиков по выводу из дальнейшего использования и ликвидации бесхозных сооружений или сооружений, потерявших свою значимость;
- обеспечение достаточного финансирования для безопасной эксплуатации сооружений;
- разработку предложений по приватизации и акционированию ГТС, находящихся сегодня в федеральной собственности и не имеющих или потерявших федеральную значимость;
- привлечение финансовых средств на осуществление ремонта ГТС и поддержание их в надлежащем техническом состоянии.

#### Список использованных источников

1 Совершенствование нормативно-правовых документов в части сокращения сроков и затрат по оформлению права собственности на бесхозное имущество (мелиоративные системы и гидротехнические сооружения) и на передаваемые из государственной собственности Российской Федерации в государственную собственность субъектов Российской Федерации и собственность сельскохозяйственным товаропроизводителям мелиоративных систем и гидротехнических сооружений: отчет о НИОКР. – 2014. – 240 с. – Исполн.: Кирейчева Л. В., Балакай Г. Т., Юрченко И. Ф. [и др.]. – Рег. номер в ФГАНУ «ЦИТиС» 114120870108.

2 Носов, А. К. Выявление потенциально опасных ГТС сферы мелиораций / А. К. Носов, И. Ф. Юрченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2013. – Вып. 51. – С. 101–110.

3 О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ: по состоянию на 28 декабря 2013 г. – 14 с.

4 О внесении изменений в отдельные акты Правительства Российской Федерации по вопросам обеспечения безопасности гидротехнических сооружений: Постановление Правительства РФ от 21 августа 2014 г. № 837. – 5 с.

5 Об утверждении Положения об эксплуатации гидротехнического сооружения и обеспечении безопасности гидротехнического сооружения, разрешение на строительство и эксплуатацию которого аннулировано (в том числе гидротехнического сооружения, находящегося в аварийном состоянии), гидротехнического сооружения, которое не имеет собственника или собственник которого неизвестен либо от права собственности на которое собственник отказался: Постановление Правительства РФ от 27 февраля 1999 г. № 237: по состоянию на 21 августа 2014 г. – 4 с.

6 Юрченко, И. Ф. Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Агрехимический вестник. – 2013. – № 1. – С. 25–27.

7 Юрченко, И. Ф. О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 53 – С. 166–170.

8 О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы»: Постановление Правительства РФ от 12 октября 2013 г. № 922: по состоянию на 15 января 2015 г. – 167 с.

9 Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30 ноября 1994 г. № 51-ФЗ: по состоянию на 5 мая 2014 г. – 170 с.

10 Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации: Федеральный закон от 6 октября 1999 г. № 184-ФЗ: по состоянию на 21 июля 2014 г. – 63 с.

11 Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федеральный закон от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ: по состоянию на 21 июля 2014 г. – 95 с.

12 Об утверждении Положения о принятии на учет бесхозяйных недвижимых вещей: Постановление Правительства РФ от 17 сентября 2003 г. № 580: по состоянию на 12 ноября 2004 г. – 22 с.

13 Об установлении порядка принятия на учет бесхозяйных недвижимых вещей: Приказ Минэкономразвития России от 22 ноября 2013 г. № 701 (зарегистрировано в Минюсте России 1 августа 2014 г. № 33405). – 18 с.

14 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ: по состоянию на 28 ноября 2011 г. – 12 с.

15 Гражданский процессуальный кодекс Российской Федерации от 14 ноября 2002 г. № 138-ФЗ: по состоянию на 8 марта 2015 г. – 135 с.

УДК 630.386:626

**Т. А. Панкова, С. С. Орлова**

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация

### **ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОСБРОСНОГО СООРУЖЕНИЯ НА БАЛКЕ КУРДЮМ САРАТОВСКОГО РАЙОНА У СЕЛА КЛЕЩЕВКА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Целью исследования являлся анализ эксплуатационного состояния составных элементов водосбросного сооружения, расположенного на балке Курдюм Саратовского района и входящего в гидроузел у села Клещевка Саратовской области. Для анализа использовались методы математической обработки результатов и теория вероятности. В результате была определена вероятность безотказной работы входной и выходной частей водосбросного сооружения. Вероятность первого отказа входного оголовка наступит примерно через 4 года после начала эксплуатации водосбросного сооружения, а выходной части – примерно через 8 лет после начала эксплуатации.*

*Ключевые слова: водосбросное сооружение, эксплуатация, эксплуатационное состояние сооружения, отказ, вероятность отказа, элемент.*

Для качественной и количественной оценки надежности водосбросного сооружения необходимо иметь данные о безотказности, восстанавливаемости и готовности.

При оценке надежности водосбросного сооружения и его составляющих элементов большое значение имеет оценка безотказности. Для элементов сооружения, которые не восстанавливаются в течение заданного времени, характеристики надежности системы совпадают с ее характеристиками безотказности [1, 2].

Под безотказностью сооружения следует понимать вероятность того, что его характеристики будут находиться в пределах нормы в течение определенного интервала времени в реальных условиях эксплуатации.

При расчете надежности функционирования невосстанавливаемых объектов определяют продолжительность работы до первого отказа – наработку до отказа. Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния. В теории надежности возникновение отказов рассматривается как случайная величина.

Интенсивность процессов возникновения отказов по времени принято обозначать  $\lambda(t)$ . Вероятность безотказной работы, или функция надежности  $P(t)$ , выражает вероятность того, что невосстанавливаемый объект не откажет к моменту времени наработки  $t$ .

Исправное и неисправное состояния сооружения являются противоположными событиями, поэтому [3]:

$$P(t)+Q(t)=1, \quad (1)$$

где  $P(t)$  – вероятность безотказной работы системы;

$Q(t)$  – вероятность отказа системы.

Крупные гидромелиоративные объекты нередко могут иметь только один отказ. После первого отказа они либо снимаются с эксплуатации, либо ремонтируются. Однако у таких объектов могут быть потоки отказов, для характеристики которых важно знать частоту появлений.

Частотой отказов называется отношение числа отказавших элементов в единицу времени к первоначальному числу испытываемых элементов при условии невосстанавливаемости этих элементов. Частота отказов определяется по формуле, 1/ч [3]:

$$a(t)=\lambda(t) \cdot P(t).$$

Интенсивность отказов объекта однозначно определяет вероятность безотказной работы в соответствии с основной формулой надежности (1). Если интенсивность отказов в рассматриваемый период времени величина постоянная,  $\lambda = \text{const}$ , то вероятность безотказной работы в течение времени  $t$  определяется по формуле:

$$P(t)=\exp^{-\lambda t}. \quad (2)$$

Средняя наработка до первого отказа определяется по формуле, ч [3]:

$$T=\frac{1}{\lambda}. \quad (3)$$

Для расчета надежности водосбросного сооружения, расположенного на балке Курдюм Саратовского района и входящего в гидроузел у села Клещевка Саратовской области, определим параметры надежности для входной и выходной частей в течение времени  $t = 1, 2, \dots, 10$  лет.

Для входного оголовка водосбросного сооружения параметры надежности устанавливаем при интенсивности процессов возникновения отказов во времени, равной  $\lambda = 2,2 \cdot 10^{-5}$ , определяемой по формуле (2).

Результаты расчета вероятности безотказной работы, отказа системы и частоты отказов сведены в таблицу 1.

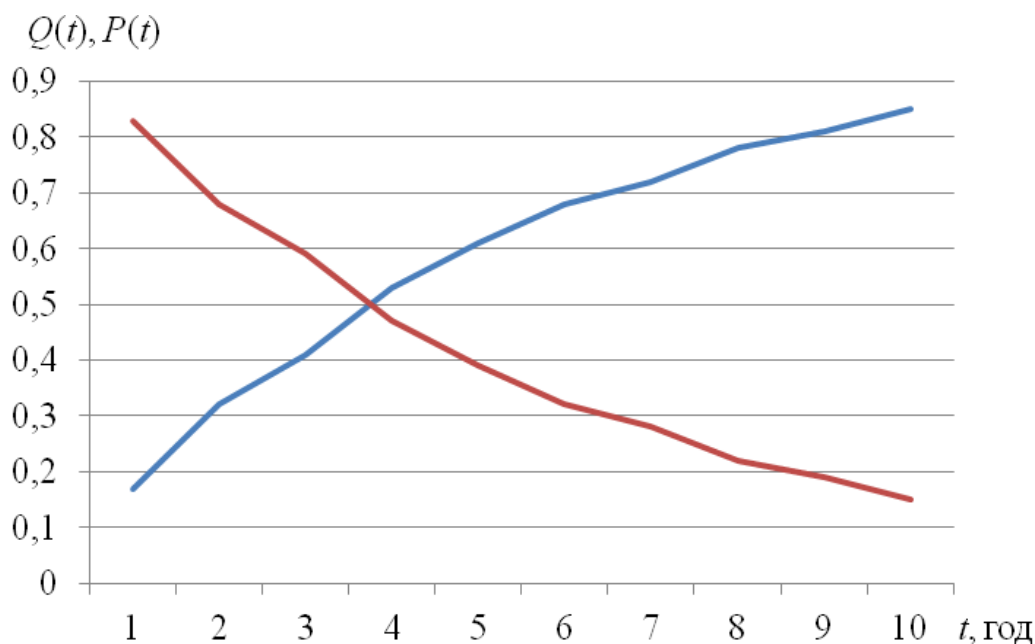
Средняя наработка до первого отказа в соответствии с формулой (3) составит:

$$T=\frac{1}{2,2 \cdot 10^{-5}}=45454,5 \text{ ч.}$$

**Таблица 1 – Расчет вероятности безотказной работы входной части водосбросного сооружения**

Время $t$ , лет	Вероятность отказа системы $Q(t)$	Вероятность безотказной работы системы $P(t)$	Частота отказов системы $a \cdot 10^{-5}$
1	0,17	0,83	1,826
2	0,32	0,68	1,496
3	0,41	0,59	1,298
4	0,53	0,47	1,034
5	0,61	0,39	0,858
6	0,68	0,32	0,704
7	0,72	0,28	0,616
8	0,78	0,22	0,484
9	0,81	0,19	0,418
10	0,85	0,15	0,330

График изменения функции надежности входного оголовка водосбросного сооружения представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Изменение функции надежности входного оголовка водосбросного сооружения**

Анализ построенного графика (рисунок 1) показал, что вероятность первого отказа входного оголовка наступит примерно через 4 года после начала эксплуатации водосбросного сооружения.

Для выходной части водосбросного сооружения параметры надежности устанавливаем при интенсивности процессов возникновения отказов во времени, равной  $\lambda = 4,4 \cdot 10^{-5}$ , определяемой по формуле (2).

Результаты расчета вероятности безотказной работы, отказа системы и частоты отказов сведены в таблицу 2.

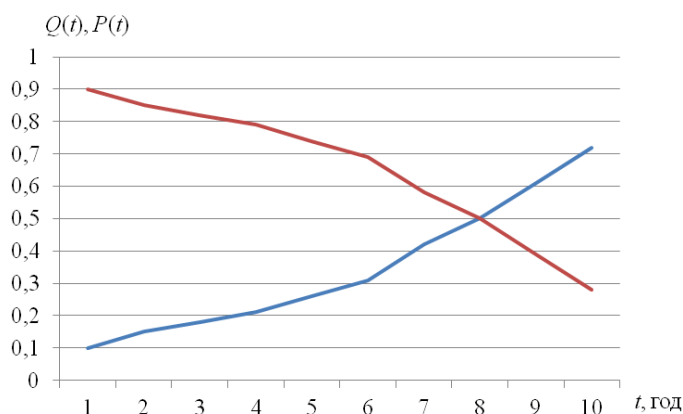
Средняя наработка до первого отказа в соответствии с формулой (3) составит:

$$T = \frac{1}{4,4 \cdot 10^{-5}} = 22727,3 \text{ ч.}$$

**Таблица 2 – Расчет вероятности безотказной работы выходной части водосбросного сооружения**

Время $t$ , лет	Вероятность отказа системы $Q(t)$	Вероятность безотказной работы системы $P(t)$	Частота отказов системы $a \cdot 10^{-5}$
1	0,10	0,90	1,980
2	0,15	0,85	1,870
3	0,18	0,82	1,804
4	0,21	0,79	1,738
5	0,26	0,74	1,628
6	0,31	0,69	1,518
7	0,42	0,58	1,276
8	0,50	0,50	1,100
9	0,61	0,39	0,858
10	0,72	0,28	0,616

График изменения функции надежности выходной части водосбросного сооружения представлен на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Изменение функции надежности выходного оголовка водосбросного сооружения**

Анализ построенного графика (рисунок 2) показал, что вероятность первого отказа выходной части водосбросного сооружения наступит примерно через 8 лет после начала эксплуатации водосбросного сооружения.

Определив параметры надежности гидротехнического сооружения, можно предположить, что вероятность первого отказа входного оголовка наступит примерно через 4 года после начала эксплуатации водосбросного сооружения; выходной части – примерно через 8 лет после начала эксплуатации.

Данная методика может быть применена для определения безотказной работы любого гидротехнического сооружения.

#### Список использованных источников

1 Панкова, Т. А. Оценка эксплуатационного состояния водосбросного сооружения / Т. А. Панкова // Научная жизнь. – 2014. – № 1. – С. 48–52.

2 Орлова, С. С. Анализ числа отказов на сельскохозяйственных автомобильных дорогах / С. С. Орлова, Н. М. Колосова, Т. А. Панкова // Научная жизнь. – 2014. – № 2. – С. 121–125.

3 Мирцхулава, Ц. Е. Надежность гидромелиоративных сооружений / Ц. Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1968. – 278 с.

УДК 626.823.004:532.543

**А. А. Чураев, М. В. Вайнберг**

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

### **СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА «УКЛОН – ПЛОЩАДЬ» НА ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*В статье описаны два метода определения расхода воды на открытых каналах оросительных систем: «скорость – площадь» и «уклон – площадь». Описан разработанный авторами способ определения расхода воды на открытых каналах оросительных систем по методу «уклон – площадь», сущность которого сводится к использованию двух датчиков уровня воды, оснащенных средствами дистанционной передачи показаний уровня и расположенных в уровнемерных колодцах верхнего и нижнего гидротехнических створов, определению уровней воды в створах, перепада уровней между верхним и нижним створами и вычислению расхода воды. Для вычисления искомого расхода авторами предлагается решение дифференциального уравнения неравномерного установившегося плавно изменяющегося движения жидкости в открытом канале оросительной сети. Приводятся исследования гидравлических параметров по данным опыта методами «уклон – площадь» и «скорость – площадь», которые проводились на открытом канале Р-3 Райгородской оросительной системы. На основании полученных опытным путем данных была рассчитана относительная погрешность определения расхода воды. Максимальная погрешность измерения расхода воды по методу «уклон – площадь» по сравнению с методом «скорость – площадь» составила 2,6 %. Предложенный авторами способ может быть внедрен на открытых каналах оросительной сети. Эффективность внедрения данного способа заключается в уменьшении непроизводительных сбросов оросительной воды на 10–15 % за счет высокой точности (погрешность < 3 %) и оперативности водоизмерения.*

*Ключевые слова: гидравлический параметр, оросительная система, метод «уклон – площадь», метод «скорость – площадь», уклон водной поверхности, расход воды, относительная погрешность.*

Вода является незаменимым для человечества ресурсом, который требует оперативного и объективного учета. Отсюда и появляется необходимость в постоянном совершенствовании методов и средств гидрологических наблюдений. В настоящее время для измерения расхода воды в открытых каналах оросительных систем широко применяются косвенные методы измерения, такие как «скорость – площадь» и «уклон – площадь».

Метод «скорость – площадь» основан на измерении двух параметров: средней скорости течения жидкости, проходящей через створ гидротехнического сооружения, и площади живого сечения потока [1]. Вычисление средней скорости потока производится путем последовательного во времени снятия некоторого количества точек значений скорости по створу гидротехнического сооружения и их осреднения. Данный метод применим только при свободном истечении и установившемся движении жидкости. При наличии подпорно-переменного режима движения жидкости возникают трудности с измерением скорости в различных точках его потока, т. к. расход воды может меняться в достаточно обширных пределах, что снижает точность и достоверность измерения. Следовательно, необходимо максимально сократить время измерительного процесса и решить проблему водоучета в подпорно-переменном режиме движения жидкости.

Для устранения вышеперечисленных недостатков можно использовать метод «уклон – площадь», который основан на измерении перепада уровней воды в контрольно-

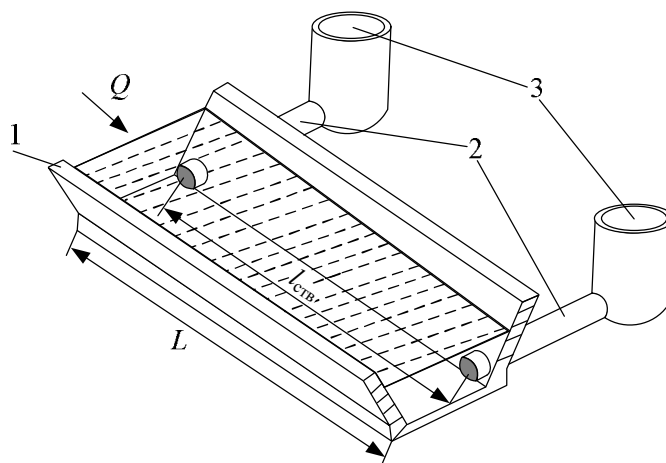


ных створах специально спрофилированного русла канала. По полученным данным определяется значение расхода воды. Данный метод измерения обеспечивает универсальность, заключающуюся в возможности определения расхода воды при наличии на гидростворе подпорно-переменного режима, при интенсивных русловых деформациях, при резко выраженном неустановившемся течении в русле.

Метод «уклон – площадь» обеспечивает:

- возможность определения расхода воды при любых режимах установившегося медленно изменяющегося режима течения воды;
- улучшение условий эксплуатации водомерного поста ввиду близости друг к другу мерных створов;
- повышение точности определения расхода воды использованием алгоритмов и формул, полученных из самих уравнений движения потока;
- увеличение точности измерения расхода путем укорачивания промежутка времени, необходимого для его получения.

Нами предлагается способ определения расхода воды на открытом канале оросительной сети по методу «уклон – площадь» [2], позволяющий повысить точность измерения уклона водной поверхности, а следовательно, и расхода воды. В предложенном способе в исходном канале выполняют облицованный участок длиной  $L = 50–60$  м. Затем на облицованном участке устраиваются два гидрометрических створа (верхний и нижний), расстояние между створами выбирают равным  $l_{\text{ств}} = 20–40$  м. В створах устраиваются уровнемерные колодцы, предназначенные для размещения и функционирования датчиков уровня воды. Колодцы с помощью соединительной трубы соединяются с водным потоком в гидрометрическом створе. Диаметр колодцев назначается не менее 300 мм, чтобы обеспечивалась возможность очистки дна колодцев от осевшего ила или мусора. Конструкция измерительного участка канала показана на рисунке 1.



$1$  – измерительный участок канала;  $2$  – подводящая труба к зоне верхнего гидрометрического створа;  $3$  – уровнемерный колодец;  $l_{\text{ств}}$  – расстояние между гидрометрическими створами;  $L$  – длина облицованного участка канала;  $Q$  – расход

**Рисунок 1 – Конструкция измерительного участка канала**

Последовательность операций при определении расхода по предлагаемому способу следующая (рисунок 1). Из измерительного канала  $1$  по соединительным трубам  $2$  вода поступает в успокоительные колодцы в верхнем и нижнем гидрометрических створах  $3$ . Когда течение воды установится, в успокоительных колодцах датчиками уровня воды будут непрерывно регистрироваться измеряемые параметры с заданным интервалом, и

с помощью средств дистанционной передачи информация будет передаваться на пункт диспетчера, оснащенный средствами ее обработки и вычисления расхода.

По полученным данным и при известных параметрах измерительного участка канала (расстояние между сечениями верхнего и нижнего гидрометрического створа  $l_{\text{ств}}$ , уклон дна канала  $i_0$ , коэффициент шероховатости канала  $n$ , ширина канала по дну  $b$ , коэффициент заложения откосов  $m$  и т. д.) вычисляется искомый расход.

Для вычисления искомого расхода рассмотрим дифференциальное уравнение неравномерного установившегося плавно изменяющегося движения жидкости в открытом канале оросительной сети [3], автором которого является А. И. Богомолов.

Для призматического русла при прямом уклоне ( $i_0 > 0$ ) уравнение имеет вид:

$$\frac{dh}{dl} = \frac{i_0 - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \cdot \frac{B}{\omega^3}},$$

где  $dh$  – перепад глубин потока на рассматриваемом участке  $dl$ ;

$dl$  – расстояние между створами;

$i_0$  – уклон дна русла;

$Q$  – расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\omega$  – площадь живого сечения в створе,  $\text{м}^2$ ;

$C$  – коэффициент Шези,  $\text{м}^{0,5}/\text{с}$ ;

$R$  – гидравлический радиус,  $\text{м}$ ;

$\alpha$  – коэффициент скорости, равный 1,1;

$g$  – ускорение свободного падения, равное  $9,8 \text{ м}/\text{с}^2$ ;

$B$  – ширина потока по свободной поверхности,  $\text{м}$ .

Для призматического русла при нулевом уклоне ( $i = 0$ ) уравнение имеет следующий вид:

$$\frac{dh}{dl} = \frac{\frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \cdot \frac{B}{\omega^3}}.$$

Решив данные уравнения, получим следующие выражения для вычисления расхода воды:

- при прямом уклоне ( $i_0 > 0$ ):

$$Q = \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2) \sqrt{\frac{h_1 - h_2 - i_0 l_{\text{ств}}}{\frac{\alpha(h_1 - h_2)(B_1 + B_2)}{g(\omega_1 + \omega_2)} - \frac{8l_{\text{ств}}}{(C_1 + C_2)^2(R_1 + R_2)}}}; \quad (1)$$

- при нулевом уклоне ( $i = 0$ ):

$$Q = \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2) \sqrt{\frac{h_1 - h_2}{\frac{8l_{\text{ств}}}{(C_1 + C_2)^2(R_1 + R_2)} - \frac{\alpha(h_1 - h_2)(B_1 + B_2)}{g(\omega_1 + \omega_2)}}}, \quad (2)$$

где  $Q$  – расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$h_1, h_2$  – глубина воды в створах «1» и «2»,  $\text{м}$ ;

$i_0$  – уклон дна канала;

$l_{\text{ств}}$  – расстояние между створами,  $\text{м}$ ;

- $\alpha$  – коэффициент скорости, равный 1,1;  
 $B_1, B_2$  – ширина канала по свободной поверхности воды в створах «1» и «2»;  
 $\omega_1, \omega_2$  – площадь живого сечения в створах «1» и «2», м<sup>2</sup>;  
 $C_1, C_2$  – коэффициент Шези в створах «1» и «2», м<sup>0,5</sup>/с;  
 $R_1, R_2$  – гидравлические радиусы в створах «1» и «2», м;  
 $g$  – ускорение свободного падения, равное 9,8 м/с<sup>2</sup>.

Полученные выражения (1) и (2) позволяют упростить расчет расхода воды в открытых каналах с призматическим руслом, т. к. дают возможность использовать любые датчики учета перепада уровней и расхода воды.

Исследования гидравлических элементов по данным опыта методами «уклон – площадь» и «скорость – площадь» проводились на открытом канале Р-3 на ПК 243 + 80, расположенном на границе Республики Калмыкии и Волгоградской области. Гидрометрическое сооружение предназначено для измерения уровня и расхода воды (пункт водоучета). Створ открытого типа, русло канала земляное. Сооружение расположено на прямолинейном участке распределительного канала Р-3 на расстоянии 480 м от поворота канала. Движение воды в створе может быть как установившимся, так и неустановившимся плавно изменяющимся, равномерным и неравномерным в плане и по вертикали. Максимальная пропускная способность канала в гидрометрическом створе – 20 м<sup>3</sup>/с. Иллюстрационные материалы сооружения на ПК 243 + 80 приведены на рисунках 2, 3.



Рисунок 2 – Общий вид гидрометрического створа на ПК 243 + 80



Рисунок 3 – Общий вид гидрометрического створа на ПК 243 + 80

На данном канале был выбран участок, длина которого составила 100 м, произведены замеры гидравлических элементов и рассчитан уклон и расход воды по методам «скорость – площадь» и «уклон – площадь». Для определения коэффициента Шези [2] была применена полуэмпирическая формула И. И. Агроскина:

$$C = \frac{1}{n} + 17,72 \lg R.$$

В таблице 1 представлен расчет гидравлических элементов по данным измеренных величин по методу «скорость – площадь» и «уклон – площадь».

**Таблица 1 – Расчет гидравлических элементов по данным опыта методами «уклон – площадь» и «скорость – площадь»**

$Q$ по методу «уклон – площадь», м <sup>3</sup> /с	$Q$ по методу «скорость – площадь», м <sup>3</sup> /с	$h_1$ , м	$h_2$ , м	$\Delta h$ , м	$\omega$ , м <sup>2</sup>	$R$ , м	$C$ , м <sup>0,5</sup> /с	$n$
13,69	13,38	1,731	1,724	0,007	37,13	1,44	36,72	0,0295
16,43	16,68	1,943	1,938	0,005	42,45	1,59	36,69	0,0302
11,68	11,92	1,572	1,565	0,007	33,19	1,33	36,48	0,0292
6,60	6,43	1,144	1,138	0,006	23,12	1,00	34,13	0,0293
3,66	3,70	0,872	0,867	0,005	17,17	0,78	28,84	0,0325
11,06	10,89	1,521	1,517	0,004	31,98	1,29	36,39	0,0290

Примечание –  $Q$  – расход воды;  $h_1$  – глубина потока в верхнем гидрометрическом створе;  $h_2$  – глубина потока в нижнем гидрометрическом створе;  $\Delta h$  – перепад уровней свободной поверхности воды между двумя гидрометрическими створами;  $\omega$  – площадь живого сечения потока;  $R$  – гидравлический радиус;  $C$  – коэффициент Шези;  $n$  – коэффициент шероховатости.

На основании полученных опытным путем данных была рассчитана погрешность определения расхода воды по методам «уклон – площадь» и «скорость – площадь». Результаты приведены в таблице 2 и на рисунке 4.

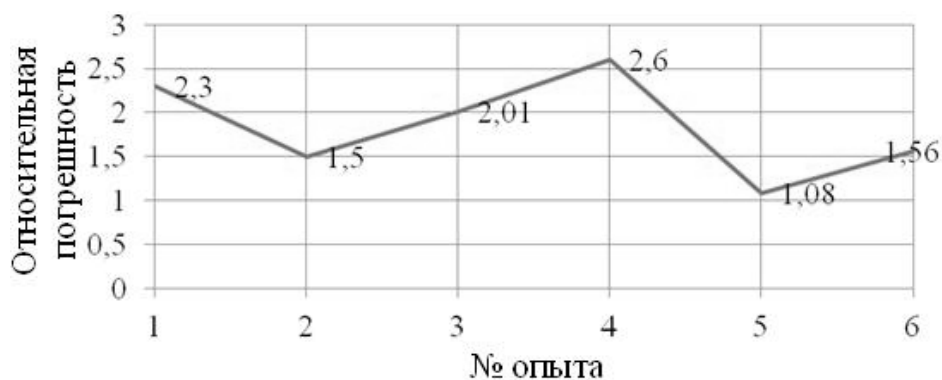
**Таблица 2 – Значения погрешностей измерения расхода воды методом «уклон – площадь» и «скорость – площадь» по данным опыта**

$Q$ по методу «уклон – площадь», м <sup>3</sup> /с	$Q$ по методу «скорость – площадь», м <sup>3</sup> /с	Погрешность, %
13,69	13,38	2,30
16,43	16,68	1,50
11,68	11,92	2,01
6,60	6,43	2,60
3,66	3,70	1,08
11,06	10,89	1,56

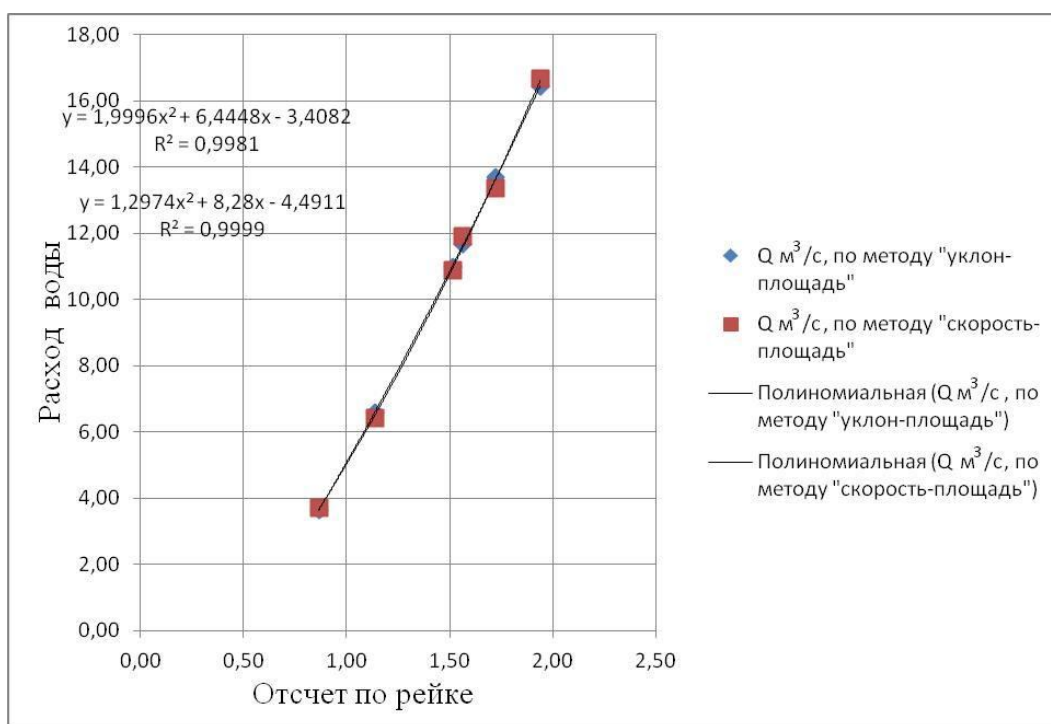
На рисунке 4 представлен график погрешностей измерения расхода воды по данным опыта.

Значения расходов воды, измеренных по методу «уклон – площадь», сравнивались со значениями, полученными с помощью метода «скорость – площадь». На рисунке 5 приведены результаты измерения расхода воды по данным методам.

По результатам полевых исследований максимальная погрешность измерения расхода воды по методу «уклон – площадь» по сравнению с методом «скорость – площадь» составила 2,6 %.



**Рисунок 4 – График погрешностей измерения расхода воды по методам «уклон – площадь» и «скорость – площадь»**



**Рисунок 5 – Расходная характеристика канала Р-3 на ПК 243 + 80 по методам «уклон – площадь» и «скорость – площадь»**

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

- метод «уклон – площадь» по сравнению с методом «скорость – площадь» обеспечивает универсальность измерения, заключающуюся в возможности определения расхода воды при наличии подпорно-переменного режима, при интенсивных русловых деформациях, при резко выраженном неустановившемся течении в русле;
- разработанный способ измерения расхода воды и перепада уровней позволяет значительно уменьшить погрешность измерения уклона свободной поверхности, что в свою очередь позволяет сократить расстояние между гидрометрическими створами с 1000 до 60 м. Сокращение расстояния между створами снижает затраты на эксплуатацию и обслуживание гидрометрического поста;
- применение на открытых каналах современных датчиков определения уровня воды позволяет повысить точность и достоверность измерений;

- по результатам полевых исследований максимальная относительная погрешность измерения расхода воды по методу «уклон – площадь» по сравнению с методом «скорость – площадь» составила 2,6 %;

- предложенный способ может быть внедрен на открытых каналах оросительной сети. Эффективность внедрения данного способа заключается в уменьшении производительных сбросов оросительной воды на 10–15 % за счет высокой точности (погрешность менее 3 %) и оперативности водоизмерения.

#### **Список использованных источников**

1 Системные принципы водоучета и управления водораспределением на оросительной сети / В. Н. Щедрин, Ю. Г. Иваненко, В. И. Ольгаренко, А. М. Жарковский, Е. Г. Филиппов. – Новочеркасск: НГТУ, 1994. – 235 с.

2 Богомолов, А. И. Гидравлика / А. И. Богомолов, К. А. Михайлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1972. – 648 с.

3 Чураев, А. А. Способ определения расхода воды на открытых каналах оросительных систем по методу «уклон – площадь» / А. А. Чураев, М. В. Вайнберг // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: «Геликон», 2014. – Вып. 54. – С. 117–124.

## ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

УДК 631.95:504.062

**Н. В. Стратичук**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

### ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ В МАКРОСИСТЕМЕ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

*В статье указано, что определение стоимости оросительной воды является основным экономическим моментом в планировании безопасного орошения. Плата за оросительную воду выражена в виде функции, к тому же в нее введен экономический автомат К. Благодаря графическому построению действия такого автомата, установлена связь между экономическим результатом на выходе макросистемы орошаемого земледелия и ее параметрами на входе.*

*Ключевые слова: орошаемое земледелие, ирригационная система, экономический автомат, эколого-безопасное водопользование, тариф на оросительную воду.*

**Постановка проблемы.** Концепция эколого-безопасного и эффективного водопользования в орошаемом земледелии будет лишь демонстрацией добрых намерений до тех пор, пока оросительная вода будет находиться за пределами экономического механизма хозяйствования. В настоящее время необходимость платного водопользования в сельском хозяйстве признается подавляющим большинством ученых-экономистов и экологов, которые непосредственно исследовали эту проблему [1, 2].

Ирригационные системы, которые не имеют надлежащей финансовой поддержки со стороны государственного бюджета, а также не имеют возможности получать необходимые финансовые ресурсы от водопользователей за оросительную воду, превращаются в источник опасности и экономической неэффективности [3]. Независимо от того, откуда будут поступать финансовые ресурсы, необходимые для обеспечения технической, эксплуатационной и экологической надежности ирригационных систем, оросительная вода должна иметь стоимость, определенную адекватно ее общественной ценности.

**Задачи и методика исследований.** Критериями установления платы за оросительную воду чаще всего выступают площадь орошаемых земель у водопользователя ( $\Pi$ ) и объем использованной воды ( $O_B$ ). На основании исследований, расчетов и практического опыта эксплуатации ирригационных систем определяются средние затраты, необходимые для водозабора и транспортировки воды к водовыделу [4]. К средним затратам добавляется норма прибыли, достаточная для обеспечения развития ирригационных систем. Полученная таким образом величина ( $\Phi_{\text{ср.об.}}$ ) характеризует необходимые оборотные средства для обеспечения нормального функционирования ирригационных систем. Необходимые в среднем оборотные средства определяются с учетом проектных характеристик ирригационной системы – общей площади орошения ( $\Pi_{\text{общ.}}$ ) и общей годовой водоподачи в год 75%-ной обеспеченности ( $B_{75\%}$ ):

$$T_1^{\text{ср.}} = \Phi_{\text{ср.об.}} / \Pi_{\text{общ.}},$$

$$T_2^{\text{ср.}} = \Phi_{\text{ср.об.}} / B_{75\%},$$

где  $T_1^{\text{ср.}}$ ,  $T_2^{\text{ср.}}$  – средние тарифы оплаты услуг по подаче воды ирригационными системами, соответственно грн./га и грн./м<sup>3</sup>.

В полном объеме можно использовать только один из приведенных средних тарифов.

**Результаты исследований.** Анализ средних тарифов  $T_1^{cp}$ ,  $T_2^{cp}$  позволяет сделать следующие выводы:

- тариф  $T_1^{cp}$  не стимулирует к водосбережению путем эффективного использования оросительной воды, но использует простую учетную базу с высокой достоверностью информации об имеющейся площади орошаемых земель у водопользователей;

- тариф  $T_2^{cp}$  выполняет функцию общего стимулятора водосбережения, но требует сложной учетной базы. Для получения необходимой достоверной информации об объеме использованной потребителями воды водовыделы должны быть оборудованы счетчиками;

- из первых двух выводов следует, что тариф  $T_2^{cp}$  будет относительно выше, чем  $T_1^{cp}$ , но он больше соответствует концепции эколого-безопасного водопользования, стимулирует эффект общего водосбережения и обеспечивает контроль водоподачи;

- основой для расчета платы за оросительную воду должен стать тариф  $T_2^{cp}$ .

Возможно использование комбинации двух тарифов  $T_1^{cp}$  и  $T_2^{cp}$ , но приоритетность в такой комбинации должна принадлежать  $T_2^{cp}$ , то есть функция, которая определяет плату за оросительную воду водопользователями, является суммой двух функций.

Функции платы за оросительную воду потребителем при использовании только тарифа  $T_2^{cp}$  и комбинации тарифов  $T_1^{cp}$  и  $T_2^{cp}$  в общем виде можно записать соответствующими уравнениями:

$$F(Z_v) = F(T_2^{cp}, K, O_{v_i}), \quad (1)$$

$$F(Z_v) = F_1(T_1^{cp}, K_1, \Pi_i) + F_2(T_2^{cp}, K_2, O_{v_i}), \quad (2)$$

где  $K$  – экономический автомат, который стимулирует эффективное использование оросительной воды потребителями;

$O_{v_i}$  – объем оросительной воды, использованной  $i$ -м потребителем;

$i$  – индекс, определяющий конкретного водопользователя, который оплачивает оросительную воду;

$K_1$  – коэффициент, соответствующий части, в которой используется тариф  $T_1^{cp}$ ;

$K_2$  – коэффициент, соответствующий части, в которой используется тариф  $T_2^{cp}$ .

В функцию оплаты оросительной воды  $i$ -го ее потребителя (1) и (2) введен экономический автомат  $K$ . Его системно-функциональное назначение состоит в обеспечении автоматически регулируемой обратной связи между экономическим результатом на выходе макросистемы орошаемого земледелия и ее входами. Кроме того, действие такого автомата должно отслеживать «конфликт» между экономическим результатом и экологической ситуацией на выходе макросистемы и направлять последнюю на поиск удовлетворительного компромисса. Момент фиксации возникновения конфликта относится к концу цикла [циклом функционирования макросистемы считается период материализации входных затрат в экономическом результате на выходе (получении дохода)] функционирования макросистемы, то есть к результативной ее части в данном цикле, а меры, которые могут примирить этот конфликт, относятся в основном к началу ее функционирования, но в следующем цикле. Как видно, механизм, обеспечивающий динамическое равновесие между зоной конфликта и зоной компромисса, должен также выполнять системную функцию обратной связи. Без такого механизма внедрение платы



за оросительную воду не даст желаемого результата как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Анализируя возможности конструктивного построения экономического автомата К, прежде всего надо признать, что в конкретном экономическом аспекте этот механизм может быть отнесен к категориям, которые формируют денежные доходы агентов производственного процесса в макросистеме орошаемого земледелия, стимулируя последних к эффективному использованию базового в функциональном отношении ресурса – оросительной воды. К агентам производственного процесса относятся сельскохозяйственные предприятия (СХП), которые имеют внутривозвратную оросительную сеть в зоне действия одной из государственных оросительных систем и обязаны оплачивать услуги по подаче им оросительной воды; управления оросительных систем (УОС), которые за полученные от СХП средства предоставляют им услуги по подаче оросительной водой в водовыделы [5]. Плата за воду выступает одновременно в виде расходов для СХП и как источник дохода для УОС. Соответствующими стимулирующими эффектами являются уменьшение расходов СХП и повышение или стабилизация дохода на определенном уровне для УОС. Анализ этих противоположных по сути эффектов показывает следующее:

- для СХП расходы на оросительную воду могут выступать в абсолютном и относительном выражении;

- абсолютное уменьшение непосредственно связано с количеством использованной оросительной воды и отпускной ценой на нее, зависимость между функцией абсолютного уменьшения расходов и ее аргументами прямо пропорциональна;

- функция относительного уменьшения расходов прямо пропорциональна абсолютным расходам и обратно пропорциональна доходу, полученному от реализации продукции орошаемого земледелия. Размер дохода является сложной функцией, зависит от количества и качества продукции и рыночной цены на нее. В свою очередь, количество и качество продукции связаны с плодородием почвы, климатическими факторами и погодными условиями, обеспеченностью необходимыми ресурсами для ведения интенсивного и эколого-безопасного земледелия и умением эффективно их использовать.

Итак, относительное уменьшение расходов на оросительную воду может иметь место не только в случае, когда обеспечивается их абсолютное уменьшение. Абсолютные затраты на оросительную воду могут даже увеличиваться, но при высокой общей культуре хозяйствования относительная величина этих расходов будет иметь тенденцию к уменьшению;

- для УОС стабилизация дохода или его повышение всегда имеет смысл только в абсолютном выражении. Абсолютное увеличение дохода прямо пропорционально количеству предоставленной СХП воды и средней отпускной цене на нее. Средняя отпускная цена на воду не регулируется непосредственно рынком, то есть не зависит от соотношения спроса и предложения и других подвижных сил рынка. Количество предоставленной СХП оросительной воды может существенно отличаться по циклам и этапам. Такие изменения в первую очередь зависят от погодных условий конкретного цикла, а точнее от обеспеченности цикла атмосферными осадками. Потребность СХП в оросительной воде увеличивается, если цикл имеет засушливые погодные условия, и наоборот. Максимальные возможности УОС по обеспечению водой конкретных СХП на любом этапе цикла функционирования определяются гидромодулем оросительной системы, от которого зависят параметры транспортных элементов оросительной сети [6].

Анализ показывает, что подавляющее большинство элементов макросистемы орошаемого земледелия, которые влияют на указанные эффекты, находится в пределах функционирования СХП. Для окончательного решения вопроса о базовых элементах и их конкретных показателях, которые будут материалом для конструкции экономического автомата К, рассмотрим модель их взаимодействия в виде ориентированного графа.

При построении схемы (рисунок 1) учтены наиболее важные с нашей точки зрения элементы, которые взаимодействуют в макросистеме орошаемого земледелия и прямо или косвенно влияют на эколого-экономические показатели этой макросистемы.

Например, в схему заведомо не введен такой экономический элемент-категория, как прибыль. На наш взгляд, прибыль можно рассматривать только в контексте общего хозяйства, ведь на орошаемых землях значительный удельный вес растений кормовой группы и прибыль от их производства имеют практическое значение только в том случае, когда существует прибыль от животноводства. Кроме того, прибыль от реализации продукции земледелия в большой степени зависит от политики государства в сфере агропромышленного комплекса.

Ориентированный граф (схема) демонстрирует следующие важные моменты:

- большая часть взаимодействующих элементов макросистемы орошаемого земледелия относится к сфере деятельности СХП, и именно на эти элементы должно быть направлено действие экономического автомата К;

- исходным элементом графа является средняя оросительная норма;

- конечных элементов схемы – два. Один из них, под названием «относительные» расходы на оросительную воду, относится к приоритетной по количеству элементов части макросистемы в сфере деятельности СХП. Второй элемент – доход – завершает граф макросистемы в сфере деятельности УОС.

Начальные и конечные элементы ориентированного графа должны быть базовыми элементами для конструктивного построения экономического автомата К.

Средняя оросительная норма – это то количество оросительной воды на единицу земельной площади, которое должно дополнять атмосферные осадки в случае, если последних недостаточно для обеспечения максимальной биологической активности почвы. В этом смысле средняя оросительная норма как раз и должна обеспечивать компромисс в конфликте, который периодически возникает между экономикой и экологией, то есть результатом на интегрированном выходе макросистемы орошаемого земледелия. Сельскохозяйственные растения, с одной стороны, составляют значительную часть, которая определяет уровень биологической активности почвы, а с другой – являются результатом последней. Оросительная норма должна обеспечивать необходимые условия для каждой культуры в соответствии с погодными колебаниями как в пределах одного цикла функционирования макросистемы, так и между циклами. При этом уровень формирования биомассы (урожайность) конкретного растения должен быть адекватным уровню обеспеченности ее доступной влагой. Последнее утверждение является важным условием эколого-безопасного водопользования. Если вода, которая находилась в почве в достаточном количестве, не была использована на формирование урожая, то она из категории необходимых для экосистемы условий переходит в категорию экстремальных условий и ухудшает экосистему.

Оценку уровня трансформации из одной категории в другую можно сделать только после определения удельных расходов оросительной воды на единицу сложившейся биомассы, т. е. рассчитав оросительную норму не на единицу площади в  $\text{м}^3/\text{га}$ , а на единицу урожайности в  $\text{м}^3/\text{ц}$  или  $\text{м}^3/\text{т}$ . Уменьшение удельных расходов оросительной воды всегда сопровождается или уменьшением средней оросительной нормы, или увеличением урожайности. Обе тенденции направлены на определенные гарантии эколого-безопасного водопользования, но при увеличении урожайности еще и увеличивается уровень экономического результата (дохода) на выходе макросистемы. При увеличении удельных расходов тенденции инвертируются в противоположные. Из приведенного следует целесообразность определения удельных расходов оросительной воды на единицу дохода от реализации продукции орошаемого земледелия в  $\text{м}^3/\text{грн}$ .



Рисунок 1 – Схема взаимодействия элементов в макросистеме орошаемого земледелия

Именно такой параметр объединяет характеристики как начального, так и конечного элемента макросистемы в сфере деятельности СХП, а потому именно его оптимальную величину должен стимулировать экономический автомат К. В такой реализации его действие выходит за рамки обозначенной макросистемы, т. е. стимулирует многие другие элементы, которые относятся к общефункциональной сфере СХП. Но практическое определение такого параметра пока имеет учетные трудности и сниженный уровень достоверности информации.

Рассматривая замыкающий элемент ориентированного графа, который относится к сфере деятельности УОС (доход), можно констатировать, что его абсолютное увеличение при стабильно определенном среднем тарифе на воду возможно лишь в случае увеличения объемов поданной и использованной СХП оросительной воды. Такая ситуация (совпадение целей УОС и СХП) возможна только в том случае, когда относительные затраты СХП на оросительную воду увеличиваются и при этом растет доход от реализации продукции орошаемого земледелия. Последнее зависит от многих факторов, в том числе и от площади орошаемых земель, их плодородия и экологической безопасности продукции орошаемого земледелия. Как видим, в этом направлении влияние УОС на СХП практически отсутствует, т. е., наоборот, существует только зависимость. Нейтрализовать такую зависимость можно только через другую составляющую дохода УОС, а именно через цену оросительной воды, дифференцированную в пределах детерминированного среднего тарифа на нее.

**Выводы и предложения.** Таким образом, действие экономического автомата К должно стимулировать уменьшение или стабильность относительных расходов СХП на оросительную воду через дифференциацию платы за нее. Иными словами, цена воды конкретного СХП должна быть эквивалентной среднему отпускному тарифу с поправкой на эффективность ее использования по отношению к средней эффективности использования оросительной воды регионально системным множеством СХП. Инициирование такой поправки является конкретной функцией предложенного экономического автомата К.

#### Список использованных источников

- 1 Данилишин, Б. М. Наукові нариси з економіки природокористування: моногр. / Б. М. Данилишин. – Київ: РВПС України НАН України, 2008. – 280 с.
- 2 Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України / С. А. Балюк [та ін.]; за ред. С. А. Балюка, М. І. Ромащенко, В. А. Сташука. – Київ: Аграрна наука, 2009. – 624 с.
- 3 Сташук, В. А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами / В. А. Сташук. – Київ: Аграрна наука, 2006. – 443 с.
- 4 Жуйков, Г. Є. Інноваційні основи економіко-екологічної стратегії ефективного розвитку зрошеного землеробства в нових умовах господарювання: автореф. дис. ... д-ра екон. наук: 08.07.02 / Жуйков Геннадій Євгенович. – Миколаїв, 2006. – 36 с.
- 5 Методика формування ціни на подачу води на зрошення, промислові та комунальні потреби / М. І. Ромащенко, П. І. Ковальчук, Т. А. Михальська [та ін.]. – Київ, 2006. – 33 с.
- 6 Методичні рекомендації визначення ціни на воду для зрошення / П. С. Гордіюк, М. П. Снопок, Г. Є. Жуйков, М. Ф. Кудін. – Київ: ІАЕ УААН ІЗЗ УААН, 1999. – 17 с.

---

---

**ОСОБОЕ МНЕНИЕ**

---

---

УДК 631.671

**А. Рамазанов, В. Г. Насонов**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

**О ВЕЛИЧИНЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
КУЛЬТУР НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

*На основе ретроспективного анализа результатов многолетних лизиметрических исследований величины эвапотранспирации сельскохозяйственных культур с учетом глубины залегания грунтовых вод установлена их неадекватность фактически складывающимся условиям орошаемого поля. Обоснована необходимость установления водопотребления с использованием опытных данных и расчетных методов на базе климатических факторов, широко применяемых в мировой практике.*

*Ключевые слова: лизиметр, эвапотранспирация, глубина залегания грунтовых вод, опытный и расчетный методы.*

В равнинной части Аральского моря, где испокон веков ведется орошаемое земледелие, планирование водопользования и обоснование параметров искусственного дренажа базируются на величине водопотребления сельскохозяйственных культур – эвапотранспирации [1]. Согласно общепринятому определению под стандартной эвапотранспирацией (суммарным испарением) подразумевается требование к воде идеально управляемого, хорошо увлажненного, удобренного почвенного слоя, который достигает полной производительности при данных климатических условиях. При нестандартных условиях: засоленность почв, низкое плодородие, невысокая агротехника, низкая урожайность – величина эвапотранспирации снижается.

За последние 50 лет в ряде стран мира исследованы и разработаны экспериментальные и расчетные методы определения эвапотранспирации на базе различных гидрогеологических и климатических переменных. На орошаемых землях Центральной Азии в 50–60-е годы прошлого века в специальной литературе достаточно широко освещалось представление о зависимости водопотребления сельскохозяйственных культур от глубины залегания грунтовых вод. Это представление основывается на лизиметрических наблюдениях. Согласно этим данным максимальная величина эвапотранспирации соответствует близкому залеганию, а минимальная – глубокому залеганию уровня грунтовых вод.

Сопоставление и анализ результатов проведенных исследований свидетельствуют о достаточно широком изменении величины эвапотранспирации. Во всех опытах, проведенных на опытно-мелиоративных станциях Узбекистана, не удалось получить хотя бы примерно одинаковой урожайности в зависимости от глубины залегания грунтовых вод и водопотребление в основном зависело от урожайности хлопчатника. Это означает, что на лизиметрах с разной глубиной залегания уровня грунтовых вод поддерживался неодинаковый режим влажности в корнеобитаемом слое почвы, уменьшающийся с глубиной. Аналогичные данные получены в опытах, проведенных в течение ряда лет в Туркменистане и Таджикистане (таблица 1).

Отмеченные различия в величине водопотребления обусловлены рядом недостатков и методических допусков при постановке опытов и наблюдений на лизиметрических установках, а именно: несоответствием режимов орошения хлопчатника, глубины залегания грунтовых вод, моделируемых в лизиметрах; неидентичностью раститель-

ности в лизиметрах и на смежных с ними площадях (высоты растений, индекса листовой поверхности); неудачным расположением лизиметров относительно планового расположения орошаемых полей и несоответствующим фактическому водопотреблению; различным уровнем грунтовых вод в лизиметрах при одинаковом уровне грунтовых вод на окружающей площади.

**Таблица 1 – Величины эвапотранспирации и урожайности хлопчатника в зависимости от глубины залегания грунтовых вод**

Зона и год проведения исследований			Глубина залегания грунтовых вод, м		
Наименование республики	Наименование массива	Год	1,0	2,0	3,0
Узбекистан	Голодная степь	1950– 1956	<u>10878</u> 69,8	<u>5922</u> 42,3	<u>5019</u> 36,8
	Бухарский оазис	1952– 1956	<u>9650</u> 61,2	<u>8365</u> 48,6	<u>7460</u> 49,6
	Ферганская долина	1951– 1952	<u>7771</u> 63,8	<u>4090</u> 29,7	<u>4239</u> -
Туркменистан	Гарджанская область	1948– 1952	<u>11400</u> -	<u>6790</u> -	<u>6170</u> -
	Тедженская область	1958– 1962	<u>9170</u> -	<u>7860</u> -	<u>7500</u> -
	Ашхабадская область	1971– 1972	<u>13100</u> -	<u>12500</u> -	<u>11350</u> -
	Кизыл-Атрекская область	1977– 1979	<u>8230</u> -	<u>8620</u> -	<u>8150</u> -
Таджикистан	Гиссарская долина	1960– 1965	<u>11490</u> 69,0	<u>11400</u> 79,0	<u>11390</u> 84,0
	Вахшская долина	1971– 1973	<u>13870</u> 78,0	<u>1098</u> 70,0	<u>11450</u> 71,0
	Яванская долина	1971– 1973	<u>7740</u> 51,2	<u>8520</u> 57,0	<u>9110</u> 60,8

Примечание – Числитель – эвапотранспирация, м<sup>3</sup>/га; знаменатель – урожайность хлопчатника, ц/га.

Из изложенного выше вытекает, что лизиметрические исследования, проведенные в разные годы, не позволяют сделать однозначные обобщения о зависимости водопотребления от глубины грунтовых вод и водопотреблении сельскохозяйственных культур при оптимальном увлажнении и высокой урожайности. Необходимо также отметить, что в мировой практике из-за сложности выполнения организационно-технических требований, дороговизны изготовления, потребности в специальном уходе лизиметры в последние 30–35 лет используются крайне редко, а в Узбекистане их вообще нет.

Следует отметить, что в принципе существующие представления о зависимости эвапотранспирации от уровня грунтовых вод противоречат многолетней теории и практике определения водопотребления сельскохозяйственных культур при планировании орошения в общемировой практике.

До настоящего времени существует мнение об увеличении расхода воды на орошение по мере понижения уровня грунтовых вод. Все опытные и расчетные данные (СоюзНИХИ, института «Средазгипроводхлопок») свидетельствуют о снижении числа поливов и оросительных норм по мере уменьшения глубины залегания грунтовых вод [2, 3]. В годовом разрезе затраты оросительной воды с учетом промывок

в осенне-зимний период не зависят от глубины грунтовых вод (при хорошем дренаже) и требований к уровню влажности и практически одинаковы (таблица 2).

**Таблица 2 – Затраты воды на орошение хлопчатника при различной глубине грунтовых вод (широотно-климатическая зона Ц-П-Б Узбекистана)**

В м<sup>3</sup>/га

Гидромо- дульный район	Глубина грунто- вых вод, м	Ороси- тельная норма	Осадки		Вневегета- ционные поливы	Затраты ороситель- ной воды	Общие затраты воды
			за веге- тацию	годо- вые			
II–III	> 3	6700	960	2950	2000	8700	11650
		6600	960	2960	2400	9000	11960
V–VI	2–3	5000	960	2950	3200	8200	11150
		5800	960	2960	3200	9000	11960
VII	1–2	3600	960	2950	4500	8100	11050
		4600	960	2960	4600	9200	12160
IX	1	2500	960	2950	5500	8450	11400
		-	-	-	-	-	-

Примечание – Числитель – рекомендации СоюзНИХИ (1971 г.); знаменатель – расчетные данные «Средазгипроводхлопок» (1970 г.).

До настоящего времени водоподача на орошаемые земли осуществляется в соответствии с плановыми и расчетными режимами орошения, которые не адекватны нормам водопотребления культур хлопкового комплекса. В этой связи совершенно очевидна необходимость определения водопотребления сельскохозяйственных культур – эвапотранспирации – с использованием опытных данных и расчетных методов на базе климатических факторов, обычно применяемых в мировой практике.

В Узбекистане, как и во всем Среднеазиатском регионе, установлена следующая эмпирическая зависимость между испарением с водной поверхности (испаряемостью) и фактическим расходом влаги хлопчатником для легко- и среднесуглинистых почв, полученная на основе обобщения данных опытных станций:

$$E = E_o \cdot 1,58 / 31,62,$$

где  $E$  – среднемесячные значения эвапотранспирации (суммарного испарения), мм;

$E_o$  – среднемесячные значения испаряемости по Иванову с поправкой Молчанова, мм.

Формула может быть упрощена для среднемесячных значений до следующего вида:

$$E = K_k \cdot E_o,$$

где  $K_k$  – коэффициент культуры для среднемесячных значений.

Среднемесячные значения испарения с водной поверхности определяются по следующей формуле:

$$E = 0,00144 \cdot (25 + t) \cdot (100 - a), \quad (1)$$

где  $t$  – среднемесячная температура, °С;

$a$  – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Формула (1) не учитывает радиацию, ветровой режим, внутримесячные колебания других метеорологических параметров. Однако для многих районов сопоставление многолетних опытных данных по водному и тепловому балансу, по расходованию почвенной влаги растениями и испарению с водной поверхности показало достаточно высокую точность определения среднемесячных значений эвапотранспирации и испарения с водной поверхности.

Хотя использование атмосферы в качестве испаряющей силы при испарении с водной поверхности не потеряло практической значимости, для оценки среднемесяч-

ных значений эвапотранспирации в мировой теории и практике рекомендуется в последние десятилетия применять так называемую эталонную эвапотранспирацию  $ET_o$ . За эталонную поверхность принимается гипотетическая травяная поверхность с высотой трав 0,12 м, сопротивлением поверхности 70 с/м и альбедо 0,23. Эталонная поверхность близка к поверхности, покрытой зеленой хорошо увлажненной травой одинаковой высоты, активно растущей и полностью затеняющей землю. Фиксированное сопротивление поверхности 70 с/м предполагает умеренно сухую поверхность почвы из-за редких поливов.

Величина эталонной эвапотранспирации может быть рассчитана по метеоданным. Экспертная комиссия ФАО рекомендовала в 1990 г. метод Пенмана – Монтейта как единственный для определения и расчета эталонной эвапотранспирации [4]. Этот метод требует для расчета данные о радиации, температуре и влажности воздуха.

Современные расчеты эталонной эвапотранспирации основываются на уравнении Пенмана – Монтейта, а также уравнениях аэродинамики и сопротивления кроны:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + Y \frac{900}{T + 273} I_2 (e_s - e_a)}{\Delta + Y(1 + 0,34I_2)},$$

где  $ET_o$  – эталонная эвапотранспирация, мм·сут<sup>-1</sup>;

$\Delta$  – градиент кривой давления пара, кПа·°C<sup>-1</sup>;

$R_n$  – чистая радиация на поверхности растений, МДж·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>;

$G$  – плотность теплового потока в почве, МДж·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>;

$Y$  – психрометрическая постоянная, кПа·°C<sup>-1</sup>;

$T$  – среднесуточная температура воздуха на высоте 2 м, °C;

$I_2$  – скорость ветра на высоте 2 м, м·с<sup>-1</sup>;

$(e_s - e_a)$  – дефицит давления насыщения, кПа;

$e_s$  – давление пара насыщения, кПа;

$e_a$  – фактическое давление пара, кПа.

Это уравнение определяет эвапотранспирацию с гипотетической травяной поверхности и обеспечивает стандарт, с которым сравнивается эвапотранспирация (водопотребление) различных культур для разных периодов года и районов с другими климатическими условиями. Расчет может быть проведен как для суточных, так и для декадных и среднемесячных значений.

Расчет эвапотранспирации сельскохозяйственных культур производится по следующей зависимости:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o,$$

где  $K_c$  – коэффициент культуры;

$ET_c$  – эвапотранспирация культуры.

Коэффициент культуры рассчитывают по фазам ее развития.

Расчеты среднемесячной эвапотранспирации хлопчатника по формулам, используемым в Центрально-Азиатском регионе, и рекомендациям ФАО дают удовлетворительные совпадения для высокой степени освоения территории [влажности воздуха больше 45 % и слабой скорости ветра (менее 2 м/с)].

Для низкой влажности и скорости ветра умеренной и выше зависимости, применяемые в Среднеазиатском регионе, дают, как и следовало ожидать, заниженные результаты. Однако для расчета дренажа в принципе пригодны оба метода расчета эвапотранспирации, поскольку для оптимальных условий они дают сопоставимые результаты, за исключением низкой влажности и высокой ветровой деятельности.



**Список использованных источников**

1 Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования: ВСН 33-2.2.03-86: утв. М-вом мелиорации и водного хозяйства СССР 30.07.86: введ. в действие с 01.01.87. – М., 1987.

2 Режим орошения и гидромодульное районирование по Узбекской ССР. – Ташкент: СоюзНИХИ, 1971.

3 Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи / В. Р. Шредер, В. Ф. Сафонов [и др.]. – Ташкент: Средазгипроводхлопок, 1970.

4 Эвапотранспирация растений. Пособие по определению требований растений на воду. – Ташкент, 2004.

УДК 626.86:575.1

**А. Рамазанов**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

**В. Г. Насонов**

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

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДРЕНАЖА – ЗАЛОГ ПОВЫШЕНИЯ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ**

*Рассматриваются причины снижения работоспособности открытой коллекторно-дренажной сети из-за заиления и зарастания сорной растительностью. Составляются состав, объем и стоимость ремонтно-восстановительных работ в зависимости от глубины заложения дрен. Обоснована возможность снижения эксплуатационных затрат при реализации современных принципов регулирования водно-солевого режима почв в аридной и семиаридной зоне в условиях дефицита водных ресурсов за счет внедрения в производственную практику проектирования и строительства сравнительно неглубоких горизонтальных дрен с соответствующей протяженностью транспортирующей сети.*

*Ключевые слова: дренаж, заиление, зарастание, критическая глубина грунтовых вод, водно-солевой режим почв, Фонд мелиоративного улучшения орошаемых земель, полугидроморфный режим почв, дефицит водных ресурсов.*

Дренаж сельскохозяйственных земель – система инженерных сооружений для удаления из корнеобитаемого слоя возделываемых культур почвенных грунтовых вод, токсичных водорастворимых солей, препятствующих нормальному развитию растений. Потребность в дренаже возникает на территориях с затрудненным или отсутствующим оттоком грунтовых вод, почвы которых подвержены процессам заболачивания и засоления. Горизонтальный дренаж состоит из первичных дрен (регулирующей части), собирателей и коллекторов различного порядка (проводящей части) и водоприемников. С позиции целенаправленного регулирования водного и солевого режима почв, создания благоприятных условий для растений открытый дренаж является наиболее простым сооружением. Однако из-за нестабильности поперечного сечения открытых дрен, постоянных потерь их глубины за счет заиления и зарастания влаголюбивыми растениями существенно снижается дренирующая способность. Для поддержания работоспособности дренажа необходимо периодически проводить ремонтно-восстановительные работы [1].

Многолетняя практика проведения ремонтно-восстановительных работ и наблюдение за техническим состоянием открытой коллекторно-дренажной сети показывают зависимость снижения устойчивости их поперечных сечений от геоморфологического

строения и механического состава грунтов по трассе дрен, глубины заложения, а также изменения гидростатического давления на откосы. Так, в течение года по мере утяжеления механического состава грунта толщина заиления русла и удельный объем заиления уменьшаются, а продолжительность надежной работы увеличивается (таблица 1).

**Таблица 1 – Механический состав грунта и устойчивость работы открытых дрен**

Показатель	Грунт				
	пывун, пылеватый песок	мелкая супесь	средний суглинок	тяжелый суглинок	глина
Толщина слоя заиления в течение года, м	0,60–1,00	0,30–0,60	0,20–0,35	До 0,10	До 0,10
Удельный объем заиления, м <sup>3</sup> /м	1,50–3,60	1,50–1,50	0,25–0,55	0,15–0,25	0,12
Продолжительность надежной работы	3–4 месяца	1 год	2 года	3–4 года	4–6 лет

На территориях, расположенных в умеренном биоклиматическом поясе, оптимальный водный режим, улучшение водно-физических свойств почв, условия для механизированной обработки сельскохозяйственных земель обеспечиваются при глубине открытых дрен 0,8–1,5 м. Для поддержания в рабочем состоянии один раз в 1–2 года проводится очистка их русла от сорной растительности механизмами с объемом затрат от 0,3 до 1,0 долл./м. Очистка дрен от заиления также производится механизмами через каждые 5–10 лет с затратами средств от 0,6 до 2,0 долл./м. В аридном и семиаридном биоклиматическом поясе регулирование водного и солевого режима в корнеобитаемом слое почвы производится открытыми дренами глубиной 1,5–3,5 м [2]. Их русла каждые 1–3 года очищаются от сорной растительности и каждые 1–5 лет от заиления с помощью механизмов (Египет, США, Узбекистан) или вручную (Индия). На очистку от сорной растительности затрачивается порядка 0,10–0,75 долл./м, а от заиления – 0,19–1,0 долл./м (таблица 2).

**Таблица 2 – Состав, объем и стоимость ремонтно-восстановительных работ при эксплуатации открытого дренажа**

Биоклиматический пояс	Страна	Глубина дрен, м	Ремонтно-восстановительные работы		
			Очистка русла	Периодичность, год	Стоимость, долл./м
Умеренный	Нидерланды (Северная Европа)	0,8–1,0	От растительности механизмами	1–2	0,3–0,5
			От заиления механизмами	5–10	0,6–1,0
		1,2–1,5	От растительности механизмами	1–2	0,6–1,0
			От заиления механизмами	5–10	1,5–2,0
			От растительности и заиления механизмами	1	0,50–0,75
Аридный, семиаридный	Индия	1,5–2,0	От растительности вручную	2	0,1
			От заиления вручную	5	0,5–1,0
	США	2,0–2,5	От растительности и заиления механизмами	1	0,5
			От растительности и заиления механизмами	3	0,19

Результаты многолетних наблюдений за техническим состоянием, работоспособностью построенной в равнинной части Республики Узбекистан коллекторно-дренажной сети свидетельствуют о недостаточной обоснованности их основных параметров с учетом литолого-геоморфологического строения грунтов по трассе их заложения. В силу этого в процессе их эксплуатации происходят обрушение откосов, заиление русел, в 2,3–3,6 раза превышающее расчетные величины (таблица 3).

**Таблица 3 – Основные показатели заиления КДС**

Показатель	Дрена	Внутрихозяйственный и межхозяйственный коллектор	Магистральный коллектор
Глубина, м	1,5–3,5	2,5–6,0	3,5–8,0
Ширина по дну, м	0,5–1,0	1,0	1,0–3,0
Уклон	0,0001–0,001	0,0001–0,001	0,0001–0,001
Крутизна откосов	1:1,5	1:1,5 – 1:2	1:1,5 – 1:2,5
Ширина полосы отчуждения, м	15–30	40–80	50–100
Допустимая толщина заиления, м	0,50	0,75	1,00
Расчетный удельный объем заиления, м <sup>3</sup> /м	0,82	2,32	5,00
Фактические удельные объемы заиления, м <sup>3</sup> /м	3,0	5,5	13,8

Как показала практика эксплуатации, принятые в проектных разработках принципы регулирования водно-солевого режима орошаемых почв пустынной зоны Центральной Азии путем поддержания уровня грунтовых вод ниже критической глубины соответствующей мощностью дренажа, проведение ежегодных эксплуатационных промывок и поддержание проектного режима орошения культур хлопкового комплекса не дали ожидаемых результатов. Их несостоятельность наиболее ярко начала проявляться в результате изменения водохозяйственной обстановки в бассейне Аральского моря, где за последние 25–30 лет наблюдаются почти устойчивый дефицит водных ресурсов, ухудшение эколого-мелиоративной обстановки [3]. Кроме того, в полосе отчуждения горизонтальных дрен за счет выемки грунта (1,65–25,40 м<sup>3</sup>/м в зависимости от глубины заложения) при строительстве и периодической очистки их русла от засорения и заиления к настоящему времени образовались гряды-насыпи и отвалы («раши») высотой 3–5 м и шириной в основании 30–50 м, размеры которых увеличиваются после каждой механизированной очистки. В настоящее время в бассейне Аральского моря около 330–350 тыс. га ирригационно-подготовленных земель находится в полосе отчуждения. Изыскание организационно-технологических приемов их утилизации, в том числе использование в качестве сырья для строительных материалов, является одним из злободневных вопросов совершенствования использования земельных ресурсов и эксплуатации существующей сети открытых дрен и коллекторов. Сложившаяся в последние годы водохозяйственная и эколого-мелиоративная обстановка в орошаемой зоне республики является следствием политики по экстенсивному использованию водно-земельных ресурсов в бассейне Аральского моря.

Орошаемые земли являются базисной основой устойчивого развития аграрного сектора народного хозяйства. Вместе с тем в пустынной зоне, где возделываются сельскохозяйственные культуры, плодородие орошаемых почв существенно снижается из-за засоления или заболачивания. Указывая на их отрицательное влияние на эффективность сельскохозяйственного производства, Президент Республики Узбекистан И. Каримов отмечает: «Прежде всего, следует обратить внимание на состояние плодородия земель.

Несмотря на растущий масштаб работ, мелиоративное состояние орошаемых земель вызывает большую озабоченность. Необходимо навести порядок в повышении эффективности и целевом использовании огромных средств, направляемых на эти цели, внедрение современных технологий и техники...» [4].

В целях повышения производительной способности орошаемых почв, создания благоприятных условий для ведения рентабельного сельскохозяйственного производства на засоленных и заболоченных массивах был принят Указ Президента Республики Узбекистан от 29 октября 2007 г. № 3932 «О мерах по коренному совершенствованию системы мелиоративного улучшения земель». Указ является директивной основой для выбора современных приоритетов, стратегии и принципов регулирования водного и солевого режима почв, проектно-изыскательских, строительного-монтажных и эксплуатационных мероприятий, обеспечивающих коренное улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель при дефиците водных ресурсов. В соответствии с данным указом, а также Постановлением Президента Республики Узбекистан от 31 октября 2007 г. № 718 «Об организации деятельности Фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель при Министерстве финансов Республики Узбекистан» были созданы Фонд мелиоративного улучшения орошаемых земель и департамент по его управлению, определены финансовые приоритеты, объемы материально-технических ресурсов, сроки и последовательность выполнения работ.

Осуществляемые в настоящее время по государственной программе мероприятия нацелены на реставрацию и восстановление работоспособности существующих коллекторно-дренажных систем, на фоне которых в широкой производственной практике не удалось достичь целенаправленного регулирования водно-солевого режима орошаемых почв. При этом основная часть выделяемых финансовых, материально-технических средств и труда (80–82 %) расходуется на восстановление работоспособности межхозяйственных и магистральных коллекторов, функция которых в основном заключается в транспортировке стока, формируемого в построенных на землях фермерских дехканских хозяйств и сельских населенных пунктов первичных дренажосборителях. Вместе с тем на их ремонт и восстановление затрачивается всего лишь 18–20 % от выделяемых финансовых и материально-технических средств [5].

В сложившейся водохозяйственной и эколого-мелиоративной обстановке «коренное совершенствование системы мелиоративного улучшения» предусматривает необходимость модернизации практикуемого принципа регулирования водного и солевого режима орошаемых почв. Снижение уровней грунтовых вод до 1,9–2,7 м от поверхности почвы, обычно принимаемое при проектировании и строительстве горизонтального дренажа, как показывает многолетняя производственная практика, не приводит к уменьшению годовых затрат водных ресурсов, но увеличивает требование на воду в вегетационный период. Это недопустимо в условиях дефицита водных ресурсов. Задачей дренажа в этих условиях является не понижение уровня грунтовых вод до критических глубин, а поддержание полугидроморфного режима увлажнения почвы и опреснение ее верхнего слоя за счет промывного режима орошения, благодаря чему снижаются затраты воды на промывку в невегетационный период [6].

Орошаемые почвы – золотой фонд и национальное достояние республики. Для воспроизводства и сохранения их плодородия ежегодно вкладывается достаточный объем средств. Принимая во внимание дальнейшее развитие и реализацию государственной программы по «коренному совершенствованию системы мелиоративного улучшения земель», целесообразно последовательно и дифференцированно внедрять в производственную практику проектирование и строительство сравнительно неглубоких горизонтальных дрен с соответствующей протяженностью транспортирующей сети, при эксплуатации которых также резко снизятся затраты финансовых, материально-технических и трудовых ресурсов на восстановление их работоспособности.

**Список использованных источников**

1 Батурин, Г. Е. Заиление коллекторно-дренажной сети. Энциклопедия хлопководства / Г. Е. Батурин. – Ташкент, 1985. – 314 с.

2 Smedema, L. K. Modern land drainage: planning, design and management agricultural drainage system / L. K. Smedema, W. F. Vlotman, D. M. Ryetroff. – London, 2004.

3 Рамазанов, О. Современное состояние эколого-мелиоративной обстановки в орошаемой зоне Узбекистана / О. Рамазанов, В. Насонов // Роль мелиорации и водного хозяйство в инновационном развитии АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М.: МГУП, 2012. – Ч. II. – С. 159–167.

4 Каримов, И. А. Дальнейшее углубление демократических реформ и формирование гражданского общества – основной критерий развития нашей страны. – Ташкент: «Узбекистон», 2011. – 290 с.

5 Долиев, Т. Тупрок – тириклик манбаи / Т. Долиев // Узбекистон кишлок хужалиги. – 2014. – № 4. – С. 1.

6 Рамазанов, О., Насонов, В. Об управлении эколого-мелиоративным состоянием орошаемых земель / О. Рамазанов, В. Насонов // Стандарт. – 2014. – № 2.

## НАУКА – ПРАКТИКЕ

УДК 631.672:628.16.004.14

**Е. Д. Хещуриани, Е. К. Соболев, А. А. Журавель, В. Э. Завалюев**  
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ П. ЗАВОДСКОГО И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

*Приведены выявленные в ходе осуществленного в 2013 г. обследования системы водоснабжения и водоотведения недостатки и рекомендации по усовершенствованию, комплексному и рациональному использованию водных ресурсов в п. Заводском Ростовской области. В ходе анализа существующей технологии подачи и очистки воды с целью улучшения качественных показателей при подаче ее в сеть хозяйственно-бытового водоснабжения и показателей загрязненности сбрасываемых в р. Северский Донец поселком и промышленными предприятиями сточных вод были определены недостатки и предложен комплекс мероприятий по рационализации системы для соблюдения требований нормативных документов в области водоснабжения и водоотведения. Комплекс мероприятий включает строительство водопроводных очистных сооружений с разработкой новой технологии очистки, канализационных очистных сооружений с разработкой новой технологии очистки, станции умягчения с применением метода ионного обмена, реконструкцию локальных очистных сооружений гальванического цеха Каменского машиностроительного завода, разработку мероприятий по оборотному использованию воды.*

*Ключевые слова: сточные воды, рациональное и комплексное использование водных ресурсов, водоснабжение, водоотведение, качественные показатели воды, очистка воды.*

Поселок Заводской расположен в 9 км севернее г. Каменска-Шахтинского Ростовской области в бассейне р. Северский Донец на левом берегу р. Глубокой – притока р. Северский Донец.

Поселок основан в ноябре 1955 г. Градообразующим предприятием является Каменский машиностроительный завод (КМЗ), который снабжает объектами жизнеобеспечения жителей поселка и мелкие предприятия, находящиеся на его территории.

В настоящее время в поселке проживает 6566 человек. На территории поселка находятся ПТУ-102, общеобразовательная школа, начальная школа, три детских сада, больница, детская школа искусств, а также предприятия ЗАО «КОМЗ-экспорт», ОАО «Дон-энерго», МУП «Вира», ОАО «Инструмент», ТСЖ и ряд частных предприятий [1].

Характер застройки п. Заводского: пятиэтажные здания составляют 39 % от общей застройки; четырехэтажные – 5 %; двухэтажные – 21 %; частный сектор – 35 %.

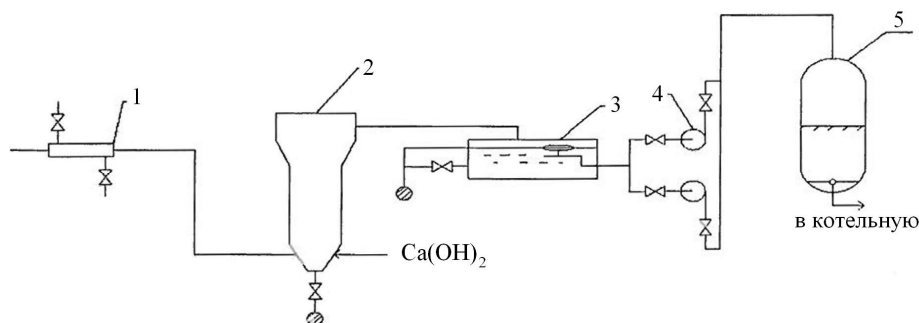
В 2013 г. было проведено обследование системы водоснабжения и водоотведения п. Заводского, результаты которого представлены ниже, и составлены балансовые схемы.

Водопотребление п. Заводского составляет 1465 м<sup>3</sup>/сут. Водозабор находится на левобережной пойменной террасе р. Северский Донец на южной окраине х. Филиппенков. Бородиновский водозабор эксплуатируется с 1958 г. Забор воды производится

из подземного водоносного горизонта при помощи шести существующих скважин. В ведении КМЗ находится 6 скважин [1]. Водоподготовка заключается в хлорировании.

Результаты установления качественных показателей отобранных проб питьевой воды свидетельствуют о необходимости проведения дополнительных мер по водоподготовке, в частности обезжелезивания и деманганации, которые в настоящее время не проводятся.

Для работы котельной, которая находится на балансе КМЗ и обеспечивает теплом население поселка, необходим объем воды 1550 м<sup>3</sup>/сут. Подготовка воды осуществляется на локальных очистных сооружениях, на которых по технологии предусмотрена стадия умягчения. Применяется способ реагентного умягчения (рисунок 1).



1 – подогреватель; 2 – осветлитель; 3 – бак умягченной воды;  
4 – насос; 5 – осветлительный фильтр

**Рисунок 1 – Технологическая схема умягчения воды**

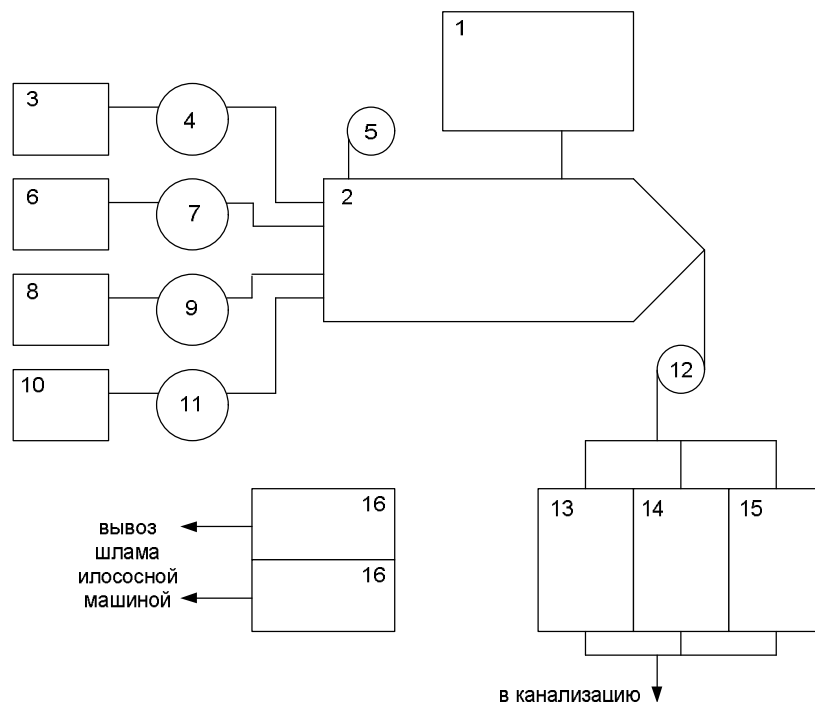
Вода после подогревателя подается в осветлитель со слоем взвешенного осадка, после чего умягченная вода поступает в бак, откуда насосами подается на осветлительный фильтр, загруженный антрацитом, затем вода поступает в котельную. Качественные показатели воды после очистки не всегда соответствуют требованиям.

Канализационные очистные сооружения предназначены для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод КМЗ, а также сточных вод жилищно-коммунальных объектов п. Заводского.

Сточная вода гальванического цеха завода загрязнена кислотами, щелочами, хромом шестивалентным. Очистка сточных вод производится на локальных очистных сооружениях предприятия. Очистка стоков гальванического цеха от Cr<sup>+6</sup> производится в две стадии. Первая стадия заключается в восстановлении хрома шестивалентного в хром трехвалентный в кислой среде [2, 3]. Вторая стадия обезвреживания сточных вод заключается в связывании хрома трехвалентного в гидроокиси (рисунок 2).

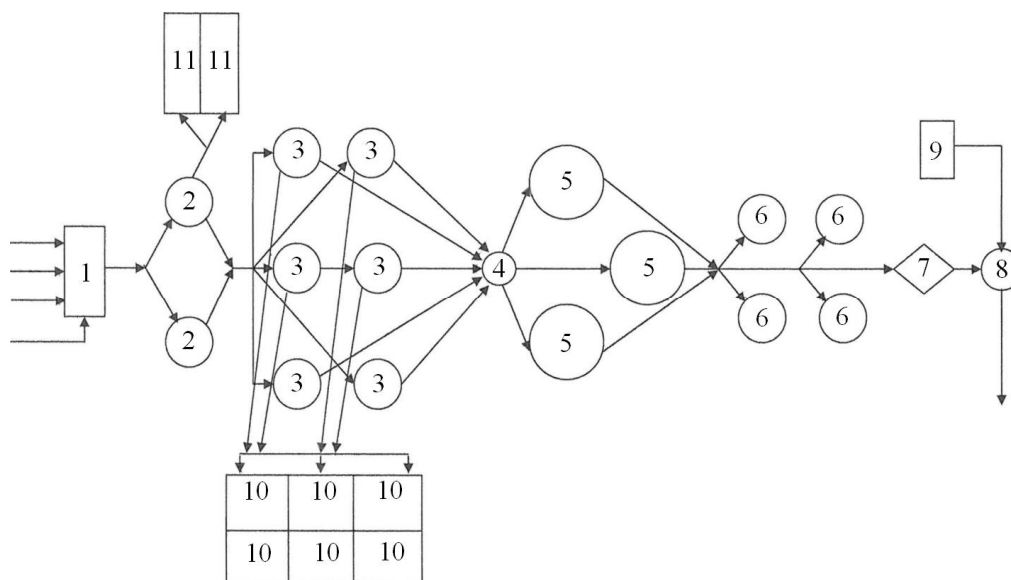
В результате проведенного обследования были составлены балансовые схемы водоснабжения и водоотведения п. Заводского и определены недостатки существующей технологии очистки (рисунок 3):

- при подаче воды для населения и нужд КМЗ не предусмотрена необходимая очистка, обеспечивающая гигиенические требования к качеству воды центральных систем питьевого водоснабжения;
- повышенное содержание железа и марганца в воде;
- при подготовке воды для котельной не обеспечиваются требования, предусмотренные локальными актами КМЗ;
- технология, используемая на канализационных очистных сооружениях, не обеспечивает очистку сточных вод, позволяющую осуществлять сброс в водоем;
- технология с применением реагентного метода, используемая на локальных очистных сооружениях гальванического цеха, устарела и не обеспечивает очистку сточных вод для последующего их использования.



1 – накопитель; 2 – реактор; 3 – емкость серной кислоты; 4 – мерник-дозатор серной кислоты; 5 – насос; 6 – расходная емкость сульфита натрия; 7 – мерник сульфита натрия; 8 – расходная емкость едкого натра; 9 – мерник едкого натра; 10 – емкость для приготовления полиакриламида; 11 – мерник полиакриламида; 12 – насос; 13, 14, 15 – отстойники; 16 – шламонакопитель

**Рисунок 2 – Схема обезвреживания на станции нейтрализации сточных вод гальванического участка КМЗ**



1 – приемный резервуар головных сооружений; 2 – горизонтальная песколовка; 3 – первичный двухъярусный отстойник; 4 – приемная камера-дюкер; 5 – аэрофильтр; 6 – вторичный вертикальный отстойник; 7 – накопительная камера рециркуляции; 8 – контактный резервуар; 9 – хлораторная; 10 – иловые карты; 11 – песковые площадки

**Рисунок 3 – Технологическая схема очистки сточных вод**



В целом в п. Заводском вода используется нерационально (коэффициент использования 0,29), а также не предусмотрено обратное водоснабжение.

Для решения перечисленных проблем в п. Заводском предлагается провести комплекс мероприятий по комплексному рациональному использованию и охране водных ресурсов:

- строительство водопроводных очистных сооружений с разработкой новой технологии очистки;
- строительство канализационных очистных сооружений с разработкой новой технологии очистки;
- строительство станции умягчения с применением метода ионного обмена;
- реконструкцию локальных очистных сооружений гальванического цеха КМЗ;
- разработку мероприятий по обратному использованию воды.

#### **Список использованных источников**

1 Поселок Заводской (Ростовская область) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%EE%F1%F2%EE%E2%F1%EA%E0%FF\\_%EE%E1%EB%E0%F1%F2%FC](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%EE%F1%F2%EE%E2%F1%EA%E0%FF_%EE%E1%EB%E0%F1%F2%FC), 2015.

2 Рациональное использование водных ресурсов / С. В. Яковлев, И. В. Прозоров [и др.]. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.

3 Комплексное использование водных ресурсов и охрана природы / В. В. Шабанов [и др.]. – М.: Колос, 1994. – 316 с.