

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Департамент мелиорации**

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»**



# **ВЕСТНИК МЕЛИОРАТИВНОЙ НАУКИ**

**Выпуск 1**

г.о. Коломна 2026



ЕДИНСТВЕННОЕ СРЕДСТВО УДЕРЖАТЬ ГОСУДАРСТВО В  
СОСТОЯНИИ НЕЗАВИСИМОСТИ – ЭТО СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО.

ОБЛАДАЙТЕ ВЫ ХОТЬ ВСЕМИ БОГАТСТВАМИ МИРА, НО ЕСЛИ  
ВАМ НЕЧЕМ ПИТАТЬСЯ, ВЫ ЗАВИСИТЕ ОТ ДРУГИХ.

ТОРГОВЛЯ СОЗДАЕТ БОГАТСТВО, НО СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО  
ОБЕСПЕЧИВАЕТ СВОБОДУ.

Ж.Ж. Руссо

## МНЕНИЯ АВТОРОВ СТАТЕЙ МОГУТ НЕ СОВПАДАТЬ С ПОЗИЦИЕЙ РЕДАКЦИИ

Сетевое электронное периодическое издание Депмелиорации Минсельхоза России и ФГБНУ ВНИИ «Радуга»	№ 1 2026	<i>Научно-практический журнал</i> <b>«ВЕСТНИК МЕЛИОРАТИВНОЙ НАУКИ»</b>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Адрес учредителя, издателя и издательства: 140483, Московская область, г.о. Коломна., пос. Радужный, 38,  
тел. 8(496)617-0474, e-mail: bai.vniiraduga@yandex.ru

ISSN 2618-9496

УДК 631.6(082)  
ББК 40.6я43

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>Дробышева А.А., Каблуков О.В.</b> Обоснование параметров дифференцированного режима орошения овоще-кормовых севооборотов для климатических зон России	4
<b>Турапин С.С., Гарголина К. В.</b> Инженерно-технический анализ влияния водоочистных технологий на эксплуатационную надёжность гидротехнических сооружений	21
<b>Кижяева В. Е., Пешкова В.О.</b> Адаптивное управление продуктивностью зернобобовых культур <i>Glycine max</i> и <i>Pisum sativum</i> на основе интеграции систем комбинированного орошения в условиях сухостепного Поволжья	31
<b>Костоварова И.А., Банникова А.И.</b> Ресурсосберегающие технологии проведения ремонтно-эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах с широкозахватной дождевальной техникой	42
<b>Мищенко Н.А.</b> Современное состояние и стратегические перспективы модернизации парка мелиоративной техники в Российской Федерации	56
<b>Муравлёва В.В.</b> Анализ динамики ирригационных площадей в Российской Федерации	65
<b>Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Смирнов А.И., Антипов А.О.</b> К вопросу ресурсосбережения при поливе широкозахватными дождевальными машинами	75
<b>Чембарисов Э.И., Реймова Г.Б., Баллиев А. И.</b> Изменение некоторых характеристик мелиоративного состояния орошаемых земель Ходжейлийского района Каракалпакстана за многолетний период	85

## Обоснование параметров дифференцированного режима орошения овоще-кормовых севооборотов для климатических зон России

Дробышева Анастасия Андреевна  
Каблуков Олег Викторович

*РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, г. Москва*

**Аннотация.** Переход на дифференцированное орошение – это стратегическая инвестиция хозяйств, ориентированных на интенсификацию, устойчивое развитие и долгосрочную экономическую эффективность, несмотря на высокие первоначальные затраты и сложность внедрения. Предметом исследования является вариация параметров дифференцированного режима орошения (ДРО) овоще-кормовых севооборотов в конкретных природно-климатических условиях ввиду отсутствия универсального подхода к способу определения параметров орошения при комплексном землепользовании, адаптируемом под конкретные климатические условия. Главная достигаемая цель для каждой климатической зоны – компенсировать дефицит водопотребления культуры, который напрямую зависит от водного баланса территории и водно-физических свойств почв. В расчет дифференцированного режима орошения культур принимаются параметры: суммарного водопотребления культур севооборота, оптимальной поливной нормы, количества и периодичности поливов, предполивного порог влажности почвы, приоритетности культур в поливном графике.

При реализации дифференцированного режима орошения овоще-кормовых севооборотов в различных климатических зонах России следует учитывать следующие обстоятельства: эффект прибавки урожайности достигается во времени и по норме полива конкретного участка, а не в пространстве площади орошения; оптимальная технология заключается в адаптированном планировании поливного графика для каждого поля севооборота на основе объективных данных и использования программируемых контроллеров; переход на дифференцированный режим орошения культур овоще-кормового севооборота позволяет обеспечить существенную экономию ресурсов и повышение урожайности по сравнению с традиционным графиком поливов по усредненным гидромодулям культур.

Экономическая эффективность дифференцированного режима орошения достигается посредством снижения себестоимости продукции за счет оптимизации затрат воды и электроэнергии на 20–40%; повышения урожайности на 10–25% за счет оптимизации условий роста.

Экологическая эффективность дифференцированного режима орошения обеспечивается за счет стабилизации уровня плодородия и прекращения деградации почв (недопущение засоления, эрозии); сокращения непроизводительных потерь воды (предотвращение глубинной фильтрации и поверхностного стока); снижения выбросов CO<sub>2</sub> за счет использования менее энергоемких насосных станций при оптимизированной водоподаче.

**Ключевые слова:** дифференцированный режим орошения, технологический алгоритм, продуктивность агрокультур, овоще-кормовой севооборот, суммарное водопотребление культур севооборота, оптимальная поливная норма.

## **Verification of Differential Irrigation Scheduling Parameters for Vegetable and Fodder Crop Rotations in Climate Zones of Russia**

**Drobysheva Anastasia Andreevna**  
**Kablukov Oleg Victorovitch**

*FGBOU VO PGAU–MSHA named after K. A. Timiryazev, IMVHC named after A.N.Kostykov, Moscow*

**Annotation.** Transfer to the differentiated irrigation is a strategic investment of the farms oriented to intense, stable development and long-time economic efficiency despite high start investments and difficulties in applications. This study subject is a variation of differentiated irrigation scheduling parameters (DRO) for vegetable and fodder crop rotation under certain natural and climate conditions caused by absence of any universal approach to the method for irrigation parameters evaluation under complex land using, adapted for specific climate conditions. The main goal for each climatic zone is compensation crop water consumption deficit, that directly depends on the territory water balance and on soil water and physical conditions. Evaluation of differentiated crop irrigation scheduling counts the following parameters: total crop rotation water consumption, the optimal irrigation norm, quantity and periods of irrigation, the critical pre-irrigation moisture content, priority of crops in irrigation schedule.

To realize differentiated irrigation scheduling of vegetable and fodder crop rotation in different climatic zones of Russia we should account the following circumstances: the yield growing effect is gained in time and by the irrigation norm on the given field, but not in the irrigation space; the optimal method is based on the adaptive planning of irrigation scheduling for each field rotation performed with objective data and with using of programmed controllers; transfer to the differentiated irrigation regime for vegetable and fodder crops field rotation enables substantial resource saving and yield rise in comparison with traditional irrigation scheduling according the mean crop hydraulic modules.

Economic efficiency of differentiated irrigation scheduling is gained by production cost decrease caused by water and electricity cost optimization in 20-40%; yield increase in 10-25% because the growth is optimized.

Ecological efficiency of differentiated irrigation scheduling is caused by fertility level stabilization and soil deterioration stop (no salination, erosion); non-productive water losses are cut (no depth infiltration and surface run-off); CO<sub>2</sub> emission is decreased by the use of less energy consumptive power stations at the optimized water supply.

**Keywords:** differentiated irrigation scheduling, technological algorithm, agricultural crop productivity, vegetable and fodder crop rotation, total crop field rotation water consumption, optimal irrigation norm.

**Введение.** Спецификой ключевых аграрных регионов России, где орошаемое земледелие играет решающую роль в стабилизации производства кормов и овощей, является контрастный влажностный режим: от достаточного увлажнения в центральных регионах Русской равнины до острого дефицита влаги в восточных зонах Ставрополья, Ростовской области, равнины Дагестана. В этих условиях традиционные способы поливов по усредненным гидромодулям культур овоще-кормового севооборота (далее традиционные способы полива) приводит либо к переполиву (и, как следствие, засолению), либо к недобору урожая. Дифференцированный режим орошения (ДРО) — это подход, при котором поливные нормы, сроки и глубина

увлажнения варьируются в зависимости от фазы развития культуры, погодных условий и почвенных разностей в рамках одного севооборота.

ДРО – динамично развивающаяся технология ирригации, основной смысл которого предусматривает в начальный и заключительный периоды фаз вегетации культур снижение предполивного порога влажности почвы до 70% от НВ и ниже, а в критические фазы роста и развития растений, когда их потребность во влаге максимальная, проведение поливов при достижении влажности 80% от НВ и выше [1,2,3]. Такой режим позволяет уменьшить число вегетационных поливов, сократить оросительную норму и таким образом экономить водные ресурсы. Это ключевой момент для обоснования целесообразности перехода на инновационные технологии орошения [4,5,6].

Проблема орошения овоще-кормовых севооборотов заключается в установившемся тренде роста дефицита водных ресурсов и увеличения стоимости энергии, что делает традиционное орошение экономически и экологически нецелесообразным. Овоще-кормовые севообороты характеризуются многообразным сочетанием культур с вариативной потребностью в воде на разных этапах развития. Традиционный подход, заключающийся в поливе усредненной нормой, приводит к: перерасходу воды и энергии на малотребовательных культурах; недостатку влаги и потерям урожая на влаголюбивых культурах; вторичному засолению и заболачиванию почв.

**Целью исследования** является обоснование технологического алгоритма дифференцированного режима орошения культур в составе овоще-кормовых севооборотов в процессе водораспределения на гидромелиоративных системах с учетом природно-климатической зональности регионов России.

**Методом исследований** является анализ и синтез результатов научных, информационно-аналитических и инженерно-технических исследований дифференцированных режимов корнеобитаемых горизонтов почвы для разработки алгоритма и методики оперативного планирования процессов водораспределения и водопользования при поливе культур овоще-кормового севооборота; апробирование методики, обосновывающей принятие оптимальных управленческих решений по технологическому алгоритму реализации дифференцированного режима орошения при поливе культур овоще-кормового севооборота с учётом фактического состояния водных, энергетических и трудовых ресурсов для природно-климатических зон России. Исследования проведены в ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в ходе НИР «Разработать методику и программное обеспечение нормирования дифференцированных режимов орошения овоще-кормовых севооборотов для оперативного управления поливами при эксплуатации дождевальной техники».

**Обсуждение.** Для принятия оптимального технологического алгоритма управления работой системы орошения, контроля параметров и выявления допустимых диапазонов возможностей регулирования необходимо сравнение показателей базового и имплементированного режимов орошения сельхозкультур, в данном контексте традиционный и дифференцированный режимы орошения. Критериями оптимальности могут выступать индикаторы, которые отображают качественные или количественные изменения урожайности, эффективности использования воды, состояния почвы, состояния факторов окружающей среды и экономической целесообразности. При выборе оптимального режима орошения культур также важно учитывать региональные особенности: климатические условия, тип почвы, рельеф, доступность водных ресурсов, уровень засоленности грунтовых вод и другие факторы. Для точного сравнения режимов орошения используются математические модели и экспериментальные исследования, учитывающие множество переменных.

При успешном внедрении дифференциального орошения можно ожидать следующих количественных изменений по сравнению с традиционным методом: снижение электропроводности почвы (уменьшение засоленности); сохранение или увеличение содержания гумуса; улучшение водно-физических свойств (снижение плотности, сохранение порозности и водопроницаемости); сохранение структуры почвы, отсутствие эрозии, засоления или переувлажнения; стабилизация уровня грунтовых вод; снижение затрат воды на формирование качества и количества производимой продукции растениеводства; уменьшение потерь почвы от эрозии; оптимизация содержания питательных веществ без накопления токсичных соединений; поддержание баланса микробиологического сообщества. Перечисленные индикаторы, в проведенных различными исследователями материалах [1-9], позволяют количественно доказать снижение экологической нагрузки на почву и высокую энергосберегающую эффективность при использовании дифференциального орошения. Помимо того, полученные результаты по данным исследований, подтверждают оптимальные показатели по следующим индикаторам:

- Основной показатель эффективности режима орошения – урожайность (т/га) при сопоставимых условиях (тип почвы, погода и т. д.) выше на 20-40% при реализации ДРО на культурах овощного севооборота, продуктивность злакобобового травостоя при орошении на 26 % выше по суммарной обменной энергии (в гигаджоулях на гектар) и на 28 % по количеству кормовых единиц, увеличилось содержание сырого протеина [7,8].

- **Меньший коэффициент водопотребления на единицу урожая ( $M/U$  -  $m^3/t$ )** фиксируется при реализации ДРО, например для картофеля, свеклы и капусты коэффициент в пределах 45–114  $m^3/t$ , что на 15–20% ниже, чем при традиционном режиме полива. Показатель отражает более рациональное использование воды из-за меньших непроизводительных потерь

[6,8]. Важную роль в данном случае выполняет **совместимость с биологическими особенностями культуры**, которая обеспечивается дифференцированным режимом орошения в соответствии с водопотребностью конкретной сельхозкультуры, её чувствительность к влажности, глубину корневой системы, длительность вегетационного периода.

• **Показатели ресурсосбережения и энергозатрат**, которые требуются для работы системы орошения, а также эффективность использования водных ресурсов, отражают лучшие значения при ДРО на 15–30%, так как оптимальный режим минимизирует перерасход энергии и воды [10,11]. **Сверх всего оптимальный режим обеспечивает устойчивость к внешним факторам**: засухе, суховеям, перепадами температур за счёт создания благоприятного микроклимата.

• **Показатели экономической эффективности**, учитывающие затраты на систему орошения (оборудование, энергия, обслуживание), объёмы потребляемой воды, трудозатраты и выражающиеся через итоговую прибыль, отмечают более высокие значения для ДРО. Например, капельное орошение может быть дороже в установке, но экономить воду и повышать урожайность, что влияет на рентабельность. **Технологичность и автоматизация обеспечивают** возможность интеграции с системами мониторинга и управления (например, «умное земледелие» с почвенными датчиками) повышают точность регулирования водного режима и упрощают обслуживание процессов полива.

Развернутая характеристика преимуществ и недостатков, дифференцированного режима орошения против традиционного представляется следующими положениями [7-11].

1. Экономические преимущества - значительная экономия водных ресурсов (20–30% и более). Традиционный метод: полив по усредненным нормам, часто с избытком. Дифференцированный метод: вода подается только тогда и там, где это действительно необходимо, в оптимальном количестве. Кроме того, снижение затрат на электроэнергию и ГСМ. Меньший объем воды - меньше энергии на ее подачу и распределение; повышение урожайности и качества продукции (в среднем на 10–25%).

При традиционном методе поливов по усредненным гидромодулям культур овоще-кормового севооборота - увеличивается риск водного стресса у влаголюбивых культур и переувлажнения у засухоустойчивых. При дифференцированном методе регулирования по водопотребности - обеспечивается создание оптимального водного режима в складывающихся условиях для каждой культуры, что максимизирует фотосинтез и продуктивность. Снижение себестоимости конечной продукции овощеводства и кормопроизводства обеспечивается за счет совокупности вышеперечисленных факторов.

2. Агротехнические и экологические преимущества определяются сочетанием следующих факторов: сохранение и улучшение плодородия почвы; предотвращение вторичного

засоления (из-за отсутствия избыточного полива и подъема грунтовых вод); снижение водной эрозии почвы (исключение избыточного поверхностного стока); сведение к минимуму риска уплотнения грунта; снижение непроизводительных потерь воды, глубинной фильтрации (просачивания в недоступные для корней слои), исключение поверхностного стока; снижение доли вымывания питательных веществ и агрохимикатов в грунтовые воды, что снижает уровень загрязнения окружающей среды; подавление роста сорняков: сорняки на неорошаемых ареалах поля получают угнетение по влаге.

3. Операционные и технологические преимущества проведения вегетационных поливов достигаются за счет: возможности полной автоматизации процесса полива на основе данных с датчиков и локальных метеостанций; повышения гибкости управления агротехнологиям, нацеленных на повышение урожайности, качества продукции и экономической эффективности производства с учётом требований экологической безопасности; способности системы оперативно и адекватно реагировать на изменение погодных условий; возможности управления продукционным процессом - регулирование водного режима позитивно влияет на качество продукции (например, повышать сахаристость или содержание сухих веществ).

Для объективного анализа необходимо отметить недостатки и ограничения дифференцированного орошения [7-11]:

1. Высокие капитальные затраты: высокие значения первоначальных инвестиций, обусловленных: стоимостью современной поливной техники для точного орошения (капельные системы, дождевальные машины с переменной нормой полива); стоимостью и затратами на приобретение и установку датчиков (влажности почвы, метеостанций), контроллеров, электромагнитных клапанов, а также систем GPS и программного обеспечения. Традиционные системы (например, обычные спринклерные дождеватели) требуют гораздо меньших капиталовложений.

2. Повышенные требования к персоналу для внедрения и эксплуатации оборудования, а именно: необходимо предъявить высокую компетентность и квалификацию специалистов и исполнителей, навыки работы с цифровыми картами, агрономическими моделями, сложным оборудованием и программным обеспечением; обязательная организация постоянного сбора и обработки больших массивов данных (Big Data); многоуровневая структура обслуживания - система с большим количеством датчиков и электронных компонентов требует хорошо налаженной службы технической поддержки. Традиционный метод управления поливом гораздо проще и не требует глубоких специальных знаний.

3. Технологические и инфраструктурные ограничения организации дифференцированных поливов обусловлены следующими факторами: позитивный результат

орошения сильно зависит от качества исходных данных (точности карт полей, калибровки датчиков, надежности метеоданных); потребность наличия стабильного источника электроснабжения для бесперебойной работы автоматики и насосных станций; эффективность значительно снижается на мелкоконтурных и сильно расчленённых полях, где зональность неоднородности ярко выражена.

4. Экономические риски обусловлены: длительным сроком окупаемости инвестиций. Экономия на воде и энергии может не сразу перекрыть высокие первоначальные затраты, особенно для мелких и средних хозяйств; высокой вероятностью поломки дорогостоящего оборудования, что может вывести из строя всю систему орошения в критически важный момент.

В таблице 1 обобщены данные по преимуществам и недостаткам традиционного и дифференцированного орошения культур севооборотов.

Таблица 1 - Таблица сравнения методов орошения

<b>Критерий</b>	<b>Традиционное орошение</b>	<b>Дифференцированное орошение</b>
Затраты воды	Высокие, часто избыточные	Оптимальные, экономия 20–40%
Затраты энергии	Высокие	Сниженные
Влияние на урожай	Нестабильное, риск потерь	Стабильно высокое и качественное
Влияние на почву	Риск засоления, эрозии	Сохранение и повышение плодородия
Капитальные затраты	Низкие	Очень высокие
Требования к персоналу	Низкие	Высокие
Уровень автоматизации	Низкий	Высокий
Экологичность	Низкая	Высокая

Переход на дифференцированное орошение – это стратегическая инвестиция. Она оправдана для хозяйств, ориентированных на интенсификацию, устойчивое развитие и долгосрочную экономическую эффективность, несмотря на высокие первоначальные затраты и сложность внедрения. Для экстенсивного сельского хозяйства традиционные методы могут оставаться более приемлемыми в краткосрочной перспективе [12,13,14,15].

Предметом исследования являлись вариация параметров дифференцированного орошения овоще-кормовых севооборотов в различных климатических зонах. Проблема заключается в бесконечной вариативности режимов для каждой культуры в складывающихся агроклиматических условиях, отсутствие универсального режима дифференцированного орошения. Он является динамической моделью, адаптируемой под конкретные климатические условия. Главная цель в любой климатической зоне остается неизменной – компенсировать дефицит водопотребления культуры (ЕТс), который напрямую зависит от климатических факторов. Исходя из прямой цели в расчет дифференцированного режима орошения культур

принимаются параметры: суммарного водопотребления культур севооборота, оптимальной поливной нормы, количества и периодичности поливов, предполивного порог влажности почвы, приоритетности культур в поливном графике [16,17,18].

Технологическая особенность дифференцированного орошения – это система полива, при которой нормы, сроки и интенсивность подачи воды устанавливаются дифференцированно для каждого поля, участка или даже отдельного растения в зависимости от: биологических особенностей культуры (овощные или кормовые); фазы развития растения (всходы, цветение, формирование урожая); фактической влажности почвы в корнеобитаемом слое каждого поля; погодных условий (температура, влажность воздуха, солнечная радиация) [18,19].

Для овоще-кормовых севооборотов характерно чередование культур с разной засухоустойчивостью: с повышенной требовательность к влаге (овощи): капуста, огурец, лук, перец.; с нормальной требовательностью к влаге: томат, кукуруза на зерно, корнеплоды; засухоустойчивые: тыква, люцерна (в год посева), суданская трава, сорго.

Дифференциация режима орошения строится на принципе «управляемого водного стресса». Например, в фазу «цветения — плодоношения» томата нельзя допускать снижения влажности ниже 80% НВ (наименьшей влагоемкости), в то время как для люцерны перед скашиванием допустимо снижение порога до 70% НВ, что стимулирует развитие корневой системы [18,19].

Критическими параметрами режима орошения являются - предполивной порог влажности и поливная и оросительная норма.

Предполивной порог влажности – это основной управляемый параметр. Для равнинной зоны Северного Кавказа (каштановые и черноземные почвы) рекомендуются следующие градации [20]: овощные культуры (огурец, капуста): 80–85% НВ в слое 0,3-0,4 м. Переувлажнение выше 90% НВ недопустимо из-за риска грибковых заболеваний. Кукуруза на силос: 75–80% НВ в слое 0,5–0,7 м. Многолетние травы (люцерна): 70-75% НВ в слое 0,6–0,8 м.

Дифференциация выражается в том, что при переходе от овощного поля к кормовому в севообороте необходимо изменить настройки поливной техники. Использование тензиометров или датчиков влажности почвы позволяет автоматически поддерживать эти пороги отдельно на разных полях.

Поливная и оросительная норма - дифференциация по годам и культурам [18, 20]:

1. Во влажные годы (Осадки > 70% от нормы): режим влагозарядки исключается. Поливная норма уменьшается на 20–25%. Основная задача — провести 1–2 вегетационных полива для капусты и огурцов.

2. В острозасушливые годы: Оросительная норма может достигать 4500–5000 м<sup>3</sup>/га для овощей и 3000–3500 м<sup>3</sup>/га для кормовых. Дифференциация спасает ресурс: в этот момент поливы суданской травы сокращают, отдавая воду томатам.

Ключевой принцип ДРО - подача воды не по графику, а по потребности конкретной культуры в конкретный момент времени с учетом факторов влияния. Основными факторами, определяющими дифференциацию поливных норм, являются:

- Биоклиматические показатели: коэффициент водопотребления культуры (Квк) – удельный расход воды на единицу урожая. У овощных культур (капуста, огурец) Квк выше, чем у многих кормовых (люцерна, суданская трава); критические периоды в развитии, когда культура наиболее чувствительна к недостатку влаги (например, цветение и налив кочана у капусты, формирование клубней у картофеля).

- Почвенно-мелиоративные условия, определяющие поливные нормы: влагопроницаемость и влагоемкость почвы; минерализация и глубина залегания грунтовых вод; уклон и рельеф поля.

- Метеорологические факторы: испаряемость (эвапотранспирация), количество и распределение осадков.

Нормирование параметров ДРО осуществляется по общепринятым методикам с учетом специфики регионов или климатических зон России:

1. Водобалансовый метод. Расчет поливной нормы ( $m$ , мм/га) на основе уравнения водного баланса:  $m = ET - (W_{нач} + P \pm g)$ , где  $ET$  – суммарное водопотребление культуры за расчетный период,  $W_{нач}$  – запас влаги в почве до полива,  $P$  - осадки,  $g$  – капиллярный переток. Преимущество метода - относительная простота, надежность. Недостатки: требует точных данных по осадкам и запасам влаги в почве. Часто усредняет показатели для севооборота.

2. Метод определения влажности почвы. Суть метода: полив назначается при снижении влажности почвы в корнеобитаемом слое до определенного порога – предполивной влажности, например, 70–80% от наименьшей влагоемкости (НВ) для влаголюбивых культур и 60–70% НВ для засухоустойчивых. Особые требования к точности измерительных приборов и измеренных значений: тензиометров, влагомеров и метеостанций (контактных и дистанционных). Применение для дифференциации режима орошения: позволяет точно определять необходимость полива для каждой культуры в севообороте в реальном времени.

3. Биоклиматический метод (по коэффициентам эвапотранспирации). Суть метода: самый точный подход, учитывающий физическую потребность растений в воде в складывающихся климатических условиях. Водопотребление культуры ( $ET_c$ ) рассчитывается на основе эталонного испарения с поверхности травяного покрова ( $ET_0$ ) и коэффициента культуры ( $K_c$ ).  $ET_c = ET_0 * K_c$ , где  $ET_0$  рассчитывается по данным метеостанций (температура,

влажность, ветер, солнечная радиация), Кб – уникальный для каждой культуры и ее фазы развития коэффициент. Преимущества метода: высокая точность, возможность прогнозирования потребности в воде, идеальная основа для автоматизированных систем полива. Пример дифференциации режима орошения: в один и тот же день Кб для кукурузы на силос может быть 1,1, а для моркови – 0,7, что означает разную потребность в поливе.

4. Дистанционные и точные (координатные) технологии. Суть метода: Использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и GPS/ГЛОНАСС. Материалы для получения информации: спутниковые снимки и снимки с БПЛА для оценки индексов вегетации (NDVI), которые коррелируют с состоянием посевов и их водным стрессом; системы точного земледелия, позволяющие вносить разные нормы воды на разные зоны одного поля [21,22,23].

Водный баланс климатической зоны определяет главный параметр ДРО – оросительную норму для каждой культуры. Основное уравнение приходной и расходной части баланса для расчета потребности орошения в упрощенной форме выглядит так:

$M$  (Оросит. норма) =  $ET_c$  (Суммарное водопотребление культуры) –  $P$  (Эффективные осадки)

Климат влияет на обе части этого уравнения:  $ET_c$  (расчет:  $ET_0 * K_b$ ), где  $ET_0$  (испаряемость) резко возрастает от северных зон к южным. Эффективные осадки ( $P$ ) - количество и распределение по вегетационному периоду кардинально различается по климатическим зонам.

Характеристика параметров по климатическим зонам [12,13,16,17,19]:

1. Зона недостаточного увлажнения (Южный, Северо-Кавказский Федеральный округа).

Климат: в период вегетации высокие температуры, низкая влажность воздуха, сильные ветры, минимальное количество летних осадков. Изменения параметров:

- Суммарное водопотребление культуры ( $ET_c$ ): максимальное среди регионов РФ (может достигать 5000–7000 м<sup>3</sup>/га для овощных культур).

- Оросительная норма – наибольшая среди регионов РФ. Водный режим, как правило выпотной, реже слабопромывной, постоянный, без глубоких промачиваний и последующих сухих периодов.

- Количество поливов: максимальное среди регионов РФ (5–10 и более за сезон). Поливы частые, с относительно небольшими нормами для избежания потерь на глубинную фильтрацию.

- Критический параметр: коэффициент истощения влаги ( $p$ ) или нижний предел влажности корнеобитаемого слоя. Устанавливается на минимальном уровне (0,2–0,3 – 75%НВ), чтобы не допускать даже слабого водного стресса для культур севооборотов.

- Особенности: высокий риск засоления почв. Дифференциация часто направлена на снижение водного стресса у самых чувствительных культур севооборотов.

## 2. Зона неустойчивого увлажнения (Центральный и Поволжский Федеральный округа).

Климат: в период вегетации умеренные температуры, достаточное количество осадков, но с резкими засухами во второй половине лета. Изменения параметров:

- Суммарное водопотребление культуры (ЕТс): умеренное (2000–5000 м<sup>3</sup>/га).
- Оросительная норма: значительно варьирует по годам. Орошение, дополняющее естественные осадки вегетационного периода.

- Количество поливов: варьирующее от климатических условий каждого года. Поливы носят компенсационный характер критические периоды и во время засух.

- Критический параметр: уровень адаптивности графика поливов. Активное использование метеопрогнозов и данных влажности почвы для принятия решения о поливе.

- Особенности: ключевая задача дифференциации – приоритезация назначения полива. В засушливый период сначала поливаются культуры с самыми критическими фазами развития (например, цветение томата, налив кочана капусты).

## 3. Зона достаточного увлажнения (Нечерноземная зона РФ). Климат: Прохладная влажная весна, лето с жаркими засушливыми периодами, высокая влажность воздуха, достаточное количество осадков. Изменения параметров:

- Суммарное водопотребление культуры (ЕТс): наименьшее среди регионов РФ (500–1500 м<sup>3</sup>/га) из-за низкой испаряемости (ЕТ<sub>0</sub>).

- Оросительная норма: наименьшие среди регионов РФ. Орошение часто носит характер "страхового" или "продукционного".

- Количество поливов: Минимальное (1–3 за сезон). Поливы, как правило, более обильные с увеличенными поливными нормами, но редкие.

- Критический параметр: риск переувлажнения. Дифференциация направлена на сброс избыточной влаги и кротование пахотного слоя для некоторых культур.

- Особенности: орошение часто используется для управления температурным режимом (освежительные поливы дождеванием в жаркие дни) и для внесения удобрений.

Параметры климатических зон РФ сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Сводная таблица изменения параметров при дифференцированном режимов орошения сельхозкультур

Параметр	Зона Недостаточного Увлажнения (Степь)	Зона Неустойчивого Увлажнения (Лесостепь)	Зона Достаточного Увлажнения (Нечерноземье)
Роль орошения	Основной источник воды	Дополняющий, компенсационный	Страховой, производственный
Оросительная норма	Максимальная (5000-6000 м <sup>3</sup> /га)	Сильно варьирует (2000-5000 м <sup>3</sup> /га)	Минимальная 500-1500 м <sup>3</sup> /га
Количество поливов	Максимальное (15-25)	Переменное (8-15)	Минимальное (3-8)
Предполивной порог влажности	Высокий (75-80% НВ)	Средний (70-75% НВ)	Ниже среднего (65-70% НВ)
Главная задача дифференциации	Снижение водного стресса, борьба с засолением	Снижение водного стресса	Снижение водного стресса
Приоритезация полива	в критические периоды	в критические периоды	предотвращение переувлажнения, управление микроклиматом

**Вывод.** Для реализации дифференцированного режима орошения овоще-кормовых севооборотов в различных климатических зонах России следует учитывать следующие обстоятельства:

1. Климатические факторы являются основным оператором для настройки всех параметров дифференцированного орошения. Эффективная реализация способа невозможна без учета климатической зоны, так как именно количественное отношение осадков и суммарного испарения определяет исходные условия водного баланса каждого поля севооборота. От климатической зоны к зоне меняется не только количество воды, но и сама «философия орошения»: от критически важного в засушливой степной зоне до управляющего и страхового инструмента в зоне достаточного увлажнения.

2. При реализации дифференцированного режима орошения овоще-кормовых севооборотов в различных климатических зонах России следует учитывать следующие обстоятельства: эффект прибавки урожайности достигается во времени и по норме полива конкретного участка, а не в пространстве площади орошения; оптимальная технология заключается в адаптированном планировании поливного графика для каждого поля севооборота на основе объективных данных и использования программируемых контроллеров; переход на дифференцированный режим орошения культур овоще-кормового севооборота позволяет обеспечить существенную экономию ресурсов и повышение урожайности по сравнению с традиционным графиком поливов по усредненным гидромодулям культур.

3. Экономическая эффективность дифференцированного режима орошения достигается посредством снижения себестоимости продукции за счет оптимизации затрат воды и электроэнергии на 15-30%; повышения урожайности на 20-40% за счет оптимизации условий роста.

4. Экологическая эффективность дифференцированного режима орошения обеспечивается за счет стабилизации уровня плодородия и прекращения деградации почв (недопущение засоления, эрозии); сокращения непроизводительных потерь воды (предотвращение глубинной фильтрации и поверхностного стока); снижения выбросов CO<sub>2</sub> за счет использования менее энергоемких насосных станций при оптимизированной водоподаче.

При исключении процессов плоскостного смыва (эрозии) и глубинного сброса (потери гумуса на эродируемых землях России в среднем составляют **0,64 т/га в год, а при глубинной фильтрации из корнеобитаемого слоя почвы ежегодно выносятся до 10% гумуса**) количество исходного гумуса стабилизируется, а при внесении расчетных доз удобрений увеличивается.

Предотвращение галургической деградации - избыточного засоления почв, позволяет сохранить и даже увеличить потенциал почвенного плодородия, обеспечить положительную динамику почвообразовательного процесса. При дифференциальном орошении, учитывающем потребности культуры и влажность почвы, риск избыточного накопления солей снижается, так как вода подается в оптимальном количестве, минимизируя фильтрацию в грунтовые воды и подъем солей из нижних горизонтов.

По данным проведенных исследований [24,25] определено, что каждый киловатт-час электроэнергии, вырабатываемой в течение всего срока электростанции, имеет эмиссионный след в 4 -8 грамма эквивалента CO<sub>2</sub>. На подачу воды поливной нормы 300 м<sup>3</sup>/га при орошении дождевальной машиной затрачивается 100 кВт\*ч (600–800 г CO<sub>2</sub>). При сокращении затрат в годовом измерении электроэнергии на 15–30% углеродный след сокращается 1600–2000 г.

5. Параметры дифференцированного режима орошения овоще-кормовых севооборотов представляют собой динамическую базу данных для системы управления. Система включает управление порогом влажности, глубиной промачивания и нормой водоподачи в зависимости от биологических особенностей культуры севооборота и складывающихся метеоусловий. Внедрение таких режимов позволяет повысить коэффициент земельного использования на 15–20% и снизить водопотребление на гектар севооборотной площади на 30% по сравнению с устаревшими методиками орошения «шаблонными» нормами. Для зоны неустойчивого увлажнения, где конкуренция за водные ресурсы в летний период растет, переход на дифференцированные параметры является безальтернативной стратегией устойчивого овощеводства и кормопроизводства.

## Библиографический список

1. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Шуравилин А.В. Дифференцированное орошение как основа точного земледелия на орошаемых землях. // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 1. – С. 29-32.
2. Кружилин И.П., Авдеев Ю.М., Исаев В.А. Дифференцированный режим орошения сельскохозяйственных культур. — М.: Россельхозиздат, 1983.
3. Гидромелиорация земель : Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Гидромелиорация» / Н. Н. Дубенок, О. В. Каблуков, В. В. Пчелкин, К. С. Семенова. – Москва : Российский государственный аграрный университет, 2023. – 382 с. – EDN AOQOIN.
4. Daniel K. Fisher, H. C. Pringle III. Evaluation of alternative methods for estimating reference evapotranspiration // *Agricultural Sciences*. 2013. Vol.4, No.8A, 51-60. DOI: 10.4236/as.2013.48A008.
5. Каблуков, О. В. Оценка влияния конвергентных процессов на продуктивность сельскохозяйственных культур при мелиоративном воздействии / О. В. Каблуков, О. М. Кузина, Ю. А. Мырксина // *Природообустройство*. – 2025. – № 3. – С. 6-13. – DOI 10.26897/1997-6011-2025-3-6-13. – EDN BZNGKQ.
6. Dlouhá, D.; Dubovský, V.; Pospíšil, L. Optimal Calibration of Evaporation Models against Penman–Monteith Equation. *Water* 2021, 13, 1484. <https://doi.org/10.3390/w13111484>.
7. Бабичев А.Н., Бабенко А.А. Анализ использования дифференцированного подхода при орошении сельскохозяйственных культур.// *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*, № 4(40), 2020 г., с.182–204.
8. Филиппов Е.Г., Купреева Л.И. Эффективность дифференцированных режимов орошения сои на темно-каштановых почвах. // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2019. – № 2 (54). – С. 86-93.
9. Каблуков, О. В. Ленд-девелопмент - новый профиль и направление природообустройства / О. В. Каблуков // *Природообустройство*. – 2015. – № 2. – С. 24-27. – EDN UFEXEN.
10. Geerts, S., & Raes, D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas // *Agricultural Water Management*. – 2009. – Vol. 96(9). – P. 1275-1284.
11. Боженко В.К. Энерго- и водосберегающие режимы орошения сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтном земледелии. — Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007.
12. Щедрин В.Н., Балакай Г.Т., Васильев С.М. Адаптивно-ландшафтные системы орошения». – М.: Росинформагротех, 2010.
13. Шабанов А.Н., Балакай Г.Т., Щедрин В.Н. Мелиорация и водное хозяйство». В 6 томах. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013-2018.
14. Каблуков, О. В. Декомпозиционный анализ функциональности оптимально-организованной гидромелиоративной системы на протекторатной территории агрокластера / О. В. Каблуков // *Доклады ТСХА : Сборник статей*, Москва, 06–08 декабря 2018 года. Том Выпуск 291, Часть 3. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 243-249. – EDN THZFCS.
15. Каблуков, О. В. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений / О. В. Каблуков. – Москва : ООО "Издательство "Спутник+", 2019. – 286 с. – ISBN 978-5-9973-5049-9. – EDN ZAVHIT
16. Развитие орошаемого земледелия по регионам России: тенденции и перспективы: монография / кол. авторов; под ред. Г.В. Ольгаренко, А.А. Угрюмовой - Москва : РУСАЙНС, 2019 - 250 с.
17. Ольгаренко Г.В., Цекоева Ф.К. Нормирование орошения с использованием комплексной агрометеорологической информации // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. - № 4(08), 2012. - с.10-19.
18. Шадских, В.А., Кижаяева, В.Е., Новикова, Ю.А. Агроэкологические аспекты совершенствования структуры посевов в

севооборотах на деградированных длительно орошаемых почвах Поволжья // Экология и строительство. -2020. -№ 4. -С. 18–28 doi: 10.35688/2413-8452-2020-04-004.

19. Планирование водопользования при орошении сельскохозяйственных культур: инстр.-метод, изд. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014.-172 с.

20. Мусаев М.Р., Ключин П.В., Савинова С.В., Аваев Р.Т. Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения на территории Северо-Кавказского федерального округа и Республики Дагестан // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2015. N10. С. 23-31.

21. Цифровое сельское хозяйство. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/digital-agriculture/ru/> (Дата обращения 20.09.2022 г.).

22. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: Справочник. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 503 с.

23. Юрченко И.Ф. Информационные технологии управления комплексными мелиорациями. Электронный журнал «Управление экономическими системами, №2 2006.

24. О расходе энергии для разных технологий генерации и их углеродном следе - RenEn <https://renen.ru/on-the-energy-consumption-for-different-generation-technologies-and-their-carbon-footprint/?ysclid=mmevjpixt3538404042>.

25. Проведение исследований, разработка технологии дождевания с переменной интенсивностью дождя и подготовка технических предложений на модули системы с переменной интенсивностью дождя - Отраслевая сеть инноваций в АПК <https://apknet.ru/tehnologii-dozhdevaniya/>

### References in roman script

1. Ivanov A.L., Savin I.Yu., Shuravilin A.V. Differentsirovannoye orosheniye kak osnova tochnogo zemledeliya na oroshayemykh zemlyakh. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2017. – Т. 31. – № 1. – С. 29-32.

2. Kruzhilin I.P., Avdeyev Yu.M., Isayev V.A. Differentsirovannyy rezhim oro-sheniya selskokhozyaystvennykh kultur. — М.: Rosselkhozizdat. 1983.

3. Gidromelioratsiya zemel : Uchebnik dlya studentov vuzov. obuchayushchikhsya po napravleniyu podgotovki «Gidromelioratsiya» / N. N. Dubenok. O. V. Kablukov. V. V. Pchelkin. K. S. Semenova. – Moskva : Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2023. – 382 s. – EDN AOQOIN.

4. Daniel K. Fisher. H. C. Pringle III. Evaluation of alternative methods for estimating reference evapotranspiration // Agricultural Sciences. 2013. Vol.4. No.8A. 51-60. DOI: 10.4236/as.2013.48A008.

5. Kablukov. O. V. Otsenka vliyaniya konvergentnykh protsessov na produktivnost selskokhozyaystvennykh kultur pri meliorativnom vozdeystvii / O. V. Kablukov. O. M. Kuzina. Yu. A. Myrksina // Prirodoobustroystvo. – 2025. – № 3. – С. 6-13. – DOI 10.26897/1997-6011-2025-3-6-13. – EDN BZNGKQ.

6. Dlouh?. D.; Dubovsk?. V.; Posp??il. L. Optimal Calibration of Evaporation Models against Penman–Monteith Equation. Water 2021. 13. 1484. <https://doi.org/10.3390/w13111484>.

7. Babichev A.N., Babenko A.A. Analiz ispolzovaniya differentsirovannogo pod-khoda pri oroshenii selskokhozyaystvennykh kultur.// Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii. № 4(40). 2020 g.. s.182–204.

8. Filippov E.G., Kupreyeva L.I. Effektivnost differentsirovannykh rezhimov orosheniya soi na temno-kashtanovykh pochvakh. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniver-sitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professionalnoye obrazovaniye. – 2019. – № 2 (54). – С. 86-93.

9. Kablukov. O. V. Lend-development - novyy profil i napravleniye prirodoobu-stroystva / O. V. Kablukov // Prirodoobustroystvo. – 2015. – № 2. – С. 24-27. – EDN UFEXEN.

10. Geerts. S.. & Raes. D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas // Agricultural Water Management. – 2009. – Vol. 96(9). – P. 1275-1284.

11. Bozhenko V.K. Energo- i vodosberegayushchiye rezhimy orosheniya selskokhozyay-stvennykh kultur v adaptivno-

landshaftnom zemledelii. — Volgograd: VNIALMI. 2007.

12. Shchedrin V.N., Balakay G.T., Vasilyev S.M. Adaptivno-landshaftnyye sistemy orosheniya». – M.: Rosinformagrotekh. 2010.

13. Shabanov A.N., Balakay G.T., Shchedrin V.N. Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo». V 6 tomakh. – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh». 2013-2018.

14. Kablukov. O. V. Dekompozitsionnyy analiz funktsionalnosti optimalno-organizovannoy gidromeliorativnoy sistemy na protektoratnoy territorii agro-klastera / O. V. Kablukov // Doklady TSKhA : Sbornik statey. Moskva. 06–08 dekabrya 2018 goda. Tom Vypusk 291. Chast 3. – Moskva: Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet - MSKhA im. K.A. Timiryazeva. 2019. – S. 243-249. – EDN THZFC5.

15. Kablukov. O. V. Ekspluatatsiya i monitoring sistem i sooruzheniy / O. V. Kablukov. – Moskva : OOO "Izdatelstvo "Sputnik+". 2019. – 286 s. – ISBN 978-5-9973-5049-9. – EDN ZAVHIT

16. Razvitiye oroshayemogo zemledeliya po regionam Rossii: tendentsii i perspektivy: monografiya / kol. avtorov; pod red. G.V. Olgarenko. A.A. Ugryumovoy - Moskva : RUSAYNS. 2019 - 250 s.

17. Olgarenko G.V., Tsekoyeva F.K. Normirovaniye orosheniya s ispolzovaniyem kompleksnoy agrometeorologicheskoy informatsii // Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii. - № 4(08). 2012. - s.10-19.

18. Shadskikh. V.A., Kizhayeva. V.E., Novikova. Yu.A. Agroekologicheskiye aspekty so-vershenstvovaniya struktury posevov v sevooborotakh na degradirovannykh dlitelno oroshayemykh pochvakh Povolzhia //

Ekologiya i stroitelstvo. -2020. -№ 4. -С. 18–28 doi: 10.35688/2413-8452-2020-04-004.

19. Planirovaniye vodopolzovaniya pri oroshenii selskokhozyaystvennykh kultur: instr.-metod. izd. - M.: FGBNU «Rosinformagrotekh». 2014.-172 s.

20. Musayev M.R., Klyushin P.V., Savinova S.V., Avayev R.T. Ratsionalnoye ispolzovaniye zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya na territorii Severo-Kavkazskogo fe-deralnogo okruga i Respubliki Dagestan // Zemleustroystvo. kadastr i monitoring zemel. 2015. N10. S. 23-31.

21. Tsifrovoye selskoye khozyaystvo. 2021. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.fao.org/digital-agriculture/ru/> (Data obrashcheniya 20.09.2022 g.).

22. Resursosberegayushchiye energoeffektivnyye ekologicheski bezopasnyye tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva orosheniya: Spravochnik. - M: FGBNU «Rosinformagrotekh». 2015. – 503 s.

23. Yurchenko I.F. Informatsionnyye tekhnologii upravleniya kompleksnymi melioratsiyami. Elektronnyy zhurnal «Upravleniye ekonomicheskimi sistemami. №2 2006.

24. O raskhode energii dlya raznykh tekhnologiy generatsii i ikh uglerodnom slede - RenEn <https://renen.ru/on-the-energy-consumption-for-different-generation-technologies-and-their-carbon-footprint/?ysclid=mmevjpixt3538404042>.

25. Provedeniye issledovaniy. razrabotka tekhnologii dozhdvaniya s peremennoy intensivnostyu dozhdya i podgotovka tekhnicheskikh predlozheniy na moduli sistemy s peremennoy intensivnostyu dozhdya - Otrasleyaya set innovatsiy v APK <https://apknet.ru/teknologii-dozhdvaniya/>

### Сведения об авторах

**Дробышева Анастасия Андреевна**, магистрант 1 курса ИМВХС им. А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: princesska\_160@mail.ru.

**Каблюков Олег Викторович**, к.т.н., доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: o.kablukov@rgau-msha.ru. ID: 807381, ORCID: 0000-0002-8022-7904.

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 13.02.2026г.

Для цитирования: Дробышева А.А., Каблуков О.В. Обоснование параметров дифференцированного режима орошения овоще-кормовых севооборотов для климатических зон России // Вестник мелиоративной науки. 2026.№1. С. 4–20.

### **Information about the authors**

**Drobysheva Anastasia Andreevna**, 1st year magistant of the A. N.Kostyakov Moscow Agricultural Academy, K. A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy, e-mail: prin-cesska\_160@mail.ru.

**Kablukov Oleg Viktorovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Sciences, K. A. Timiryazev Military Academy of Agriculture, e-mail: o.kablukov@rgau-msha.ru . ID: 807381, ORCID: 0000-0002-8022-7904.

The authors declare that there is no conflict of interest.  
Editorial opinion may not coincide with the opinion of the author.

The article was received in the editorial office on 13.02.2026.

For citations: Drobysheva A.A., Kablukov O.V. Verification of Differential Irrigation Scheduling Parameters for Vegetable and Fodder Crop Rotations in Climate Zones of Russia// Bulletin of Meliorative Science. 2026.№1. С. 4–20.

## **Инженерно-технический анализ влияния водоочистных технологий на эксплуатационную надёжность гидротехнических сооружений**

**Турапин Сергей Сергеевич<sup>1</sup>**  
**Гарголина Кристина Витальевна<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г. Коломна, Россия*

<sup>2</sup> *Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова, г. Новочеркасск*

**Аннотация.** В статье представлен всесторонний инженерно-технический анализ влияния современных технологий очистки сточных вод на эксплуатационную надёжность гидротехнических сооружений. Исследование охватывает три метода очистки: механическую (многокамерные отстойники), физико-химическую (сорбционные модули) и безреагентную (кавитационные установки), рассматривая их комплексное воздействие на безопасность и эффективность работы гидротехнических объектов. Актуальность исследования определяется необходимостью разработки интегрированных подходов к взаимодействию очистных систем с конструктивными элементами гидротехнических сооружений. Особое внимание уделяется анализу как положительных, так и отрицательных аспектов каждого метода, их влиянию на безопасность сооружений и эффективности применения в различных условиях эксплуатации. Практическая значимость работы заключается в разработке конкретных рекомендаций по выбору оптимальных технологий очистки с учётом их воздействия на безопасность гидротехнических сооружений. Исследование включает экономическую оценку внедрения различных методов очистки, анализ затрат на монтаж, обслуживание и эксплуатацию оборудования, а также прогнозирование срока службы очистных систем. В работе подробно рассматриваются технологические особенности каждого метода очистки, их преимущества и ограничения в применении. Особое внимание уделяется вопросам соблюдения нормативной документации и регулярного контроля состояния гидротехнических конструкций для предотвращения потенциальных рисков

Результаты исследования могут быть использованы при проектировании новых и модернизации существующих очистных комплексов, а также при разработке стратегий эксплуатации гидротехнических сооружений с учётом современных требований к качеству очистки сточных вод и безопасности конструкций.

**Ключевые слова:** Гидротехническое строительство, сточные воды, очистка вод, ущерб, эксплуатационная надёжность, безопасность, конструктивные элементы.

Review article

## **Engineering and Technical Analysis of Water Treatment Methods Impact on the Security of Hydraulic Facilities Operation**

**Turapin Sergej Sergeevich<sup>1</sup>**  
**Gargolina Kristina Vitalievna<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny;*

<sup>2</sup> *Engineering and Meliorative Institute named after A.K.Kortunov of Novocherkassk*

**Annotation.** The article presents the total engineering and technical analysis of modern water purification methods impact on operation security of hydraulic facilities. The study includes three methods of purification: mechanic one (multi-cell settlers), physical and chemical (sorbic modules) and non-reagent one (cavitation sets), showing their complex influence on operation safety and efficiency of hydraulic objects. The actuality of this study is proved by the necessity of working out the integrated approaches to operational coordination of water purification systems with the hydraulic constructions design elements. The most attention is put on the analysis of as positive and so negative aspects of each method, their impact on the construction security, as well as their efficiency under different operation conditions. The practical value of the given study is developing of concrete recommendations on the choose of the optimal purification method regarding their impact on hydraulic constructions security. The study includes economic evaluation of different purification methods application, analysis of expenses on construction works, maintenance and operation of facilities, as well as purification systems working lifespan forecasting. In detail are discussed technological peculiarities of every water purification method, their positive and limiting operational features. The main attention is put on the issues of norming documentation observation and regular control of hydraulic facilities condition to eliminate potential risks. The results gained from this study may be used for new purification complexes designing as well as for modernization of existing ones, as well as during strategic development for hydraulic facilities operation considering modern norms for sewage waters purification and safety of structures.

**Keywords:** construction of hydraulic structures, sewage waters, water purification, loss, operation security, safety, construction elements.

**Введение.** Безопасность гидротехнических сооружений (ГТС) представляет собой комплекс мероприятий, направленных на обеспечение надежной и эффективной эксплуатации инженерных конструкций под воздействием различных технологических процессов, включая системы очистки сточных вод [1-2]. Мировой опыт демонстрирует, что успешное функционирование гидротехнических сооружений невозможно без внедрения современных технологий очистки сточных вод. В этом контексте особое внимание уделяется разработке интегрированных систем, которые объединяют различные методы очистки: механические, физико-химические и безреагентные. Каждый из этих методов обладает уникальными особенностями, влияющими на безопасность ГТС, и требует тщательного проектирования [3-4].

В настоящее время наиболее распространёнными технологиями очистки являются многокамерные отстойники, сорбционные модули и кавитационные установки. Их использование позволяет решать широкий спектр задач по очистке воды, однако требует постоянного мониторинга состояния гидротехнических конструкций.

Представленное исследование будет особенно актуально для специалистов в области проектирования и эксплуатации гидротехнических сооружений, инженеров-экологов, технических руководителей очистных комплексов и научных работников, занимающихся вопросами водоочистки. Практическая значимость работы заключается в возможности применения полученных результатов при выборе оптимальных технологий очистки с учетом их воздействия на безопасность ГТС.

**Цель работы** заключается в выявлении положительных и отрицательных аспектов применения каждой технологии, анализе степени наносимого вреда и разработке рекомендаций по выбору наиболее эффективных технических решений.

**Материалы и методы.** Данная работа базируется на, исследовании взаимодействия технических процессов очистки сточных вод с конструктивными элементами гидротехнических сооружений. В рамках обзорного анализа особое внимание уделялось комплексному рассмотрению взаимосвязей между технологическими параметрами очистки и особенностями проектирования гидротехнических объектов - от локальных очистных установок до крупных муниципальных комплексов.

Одной из главных проблем гидротехнических сооружений выступают наносы, с решением этих проблем борется механический тип очистки воды. В ходе исследования было установлено, что самым рабочим методом борьбы с наносами является установка гидротехнического отстойника, который эффективен в борьбе с заилинием каналов водоснабжения [5].

В качестве рассмотрения принципа действия отстойника, был выбран многокамерный тип (Рисунок - 1) [6].

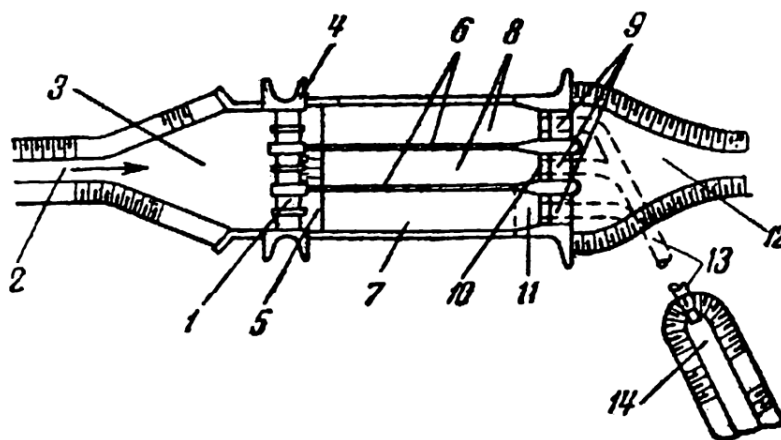


Рисунок 1- Принцип действия отстойника (многокамерного):

- 1 - входной порог; 2 - канал; 3 - подводящий распределительный канал; 4 - устои; 5 - верховой переходной участок; 6 - разделительные стенки; 7 - рабочая часть камеры; 8 - камеры; 9 - промывные галереи; 10 - выходной порог; 11 - низовой переходной участок; 12 - собирательный канал; 13 - промывной коллектор; 14 - промывной канал.

Для очистки воды от тонкодисперсных взвешенных частиц был выбран физико-химический метод. Для реализации данного типа очистки рассматривается сорбционный модуль, который обеспечивает не только довольно высокую результативность

очистки, но и определённое влияние на гидравлические режимы работы сооружения (рисунок 2) [7].

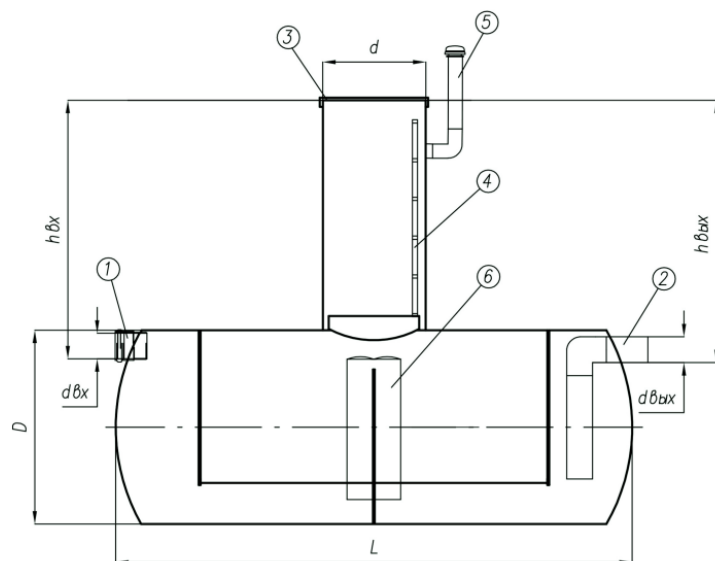


Рисунок 2 - Схема сорбционного модуля:

1 - подводная труба, 2 - выходная труба, 3 - крышка, 4 - лестница, 5 - вентиляционная труба, 6 - трубы.

Не менее важным типом очистки воды является безреагентная очистка, которая влечёт за собой разрушение минерального или биологического обрастания на гидротехническом сооружении. Для подробного разбора данного метода была выбрана кавитационная установка (рисунок 3) [8,10].

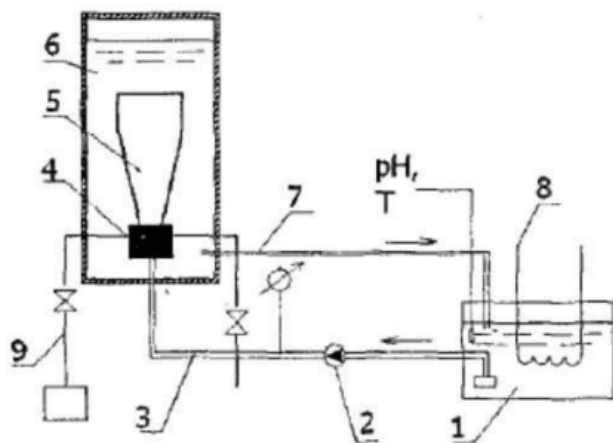


Рисунок 3 - Схема кавитационной установки:

1 – бак; 2 – подающий насос; 3 – подающая линия;  
4 – кавитатор; 5 – реактор с взвешенным слоем загрузки; 6 – реакционная зона аппарата; 7 – возврат раствора; 8 – теплообменник; 9 – подача окислителя.

**Результаты и обсуждения** Соблюдение требований СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения. Основные положения СНиП 33-01-2003» является ключевым фактором предотвращения негативных воздействий при эксплуатации различных методов

очистки сточных вод. Данный свод правил устанавливает комплексный подход к обеспечению надёжности и безопасности гидротехнических сооружений на всех этапах их жизненного цикла, что напрямую влияет на эффективность работы очистных систем [9].

Однако, при не своевременная проверка требований, может привести к негативным факторам, которые в последствии могут оказаться чрезвычайными. В таблице - 1 приведен анализ вреда и ущерба каждого метода очистки сточных вод.

Таблица 1 - Аналитика вреда при очищении воды

Методы очистки	Негативное воздействие	Степень вреда (I-V)	Ущерб
<i>Отстойник</i>	Нарушение гидравлического режима	IV	Снижение пропускной способности
	Коррозия конструкций	IV	Потеря прочности
<i>Сорбционный модуль</i>	Заиливание фильтра	III	Снижение эффектив. очистки
	Канальный эффект	III	Просачивание загрязнений
<i>Кавитационная установка</i>	Эрозия поверхностей	IV	Потеря герметичности
	Механические повреждения	III	Снижение прочности

Все методы очистки при неправильном применении могут нанести существенный вред гидротехническим сооружениям. Наиболее критичными являются процессы, связанные с нарушением целостности конструкций и снижением эффективности и работы очистных сооружений [11,12].

Каждый способ обладает определёнными технологическими особенностями, которые определяют его эффективность и область применения. В таблице - 2 были рассмотрены сравнительные характеристики основных методов очистки в контексте их практического применения [13].

Таблица 2 - Сравнительные характеристики основных методов очистки

Методы очистки	Преимущества	Недостатки
<i>Отстойник</i>	Эффективное удаление наносов и предотвращение заиливания каналов, создание равномерного гидравлического режима.	Необходимость регулярной очистки от осадков, ограниченная эффективность против мелкодисперсных взвесей.
	Высокая степень очистки от растворённых органических	Риск вторичного загрязнения, зависимость от качества входящего

<b>Сорбционный модуль</b>	соединений, тяжёлых металлов, возможность тонкой настройки под конкретный состав стоков.	потока
<b>Кавитационная установка</b>	Отсутствие химических реагентов, компактность оборудования и эффективность в отношении трудноокисляемых соединений.	Высокие энергозатраты на генерацию кавитационного поля, сложность масштабирования для крупных потоков

Несмотря на имеющиеся недостатки, все три метода демонстрируют высокую результативность при грамотном проектировании и эксплуатации.

Переходя к экономической составляющей, важно отметить, что стоимость оборудования является лишь частью общих затрат на внедрение системы очистки. Необходимо учитывать расходы на монтаж, пусконаладку, регулярное обслуживание и замену расходных материалов. При этом первоначальные инвестиции должны соотноситься с ожидаемым сроком службы оборудования и планируемым объемом обрабатываемых стоков [14,15].

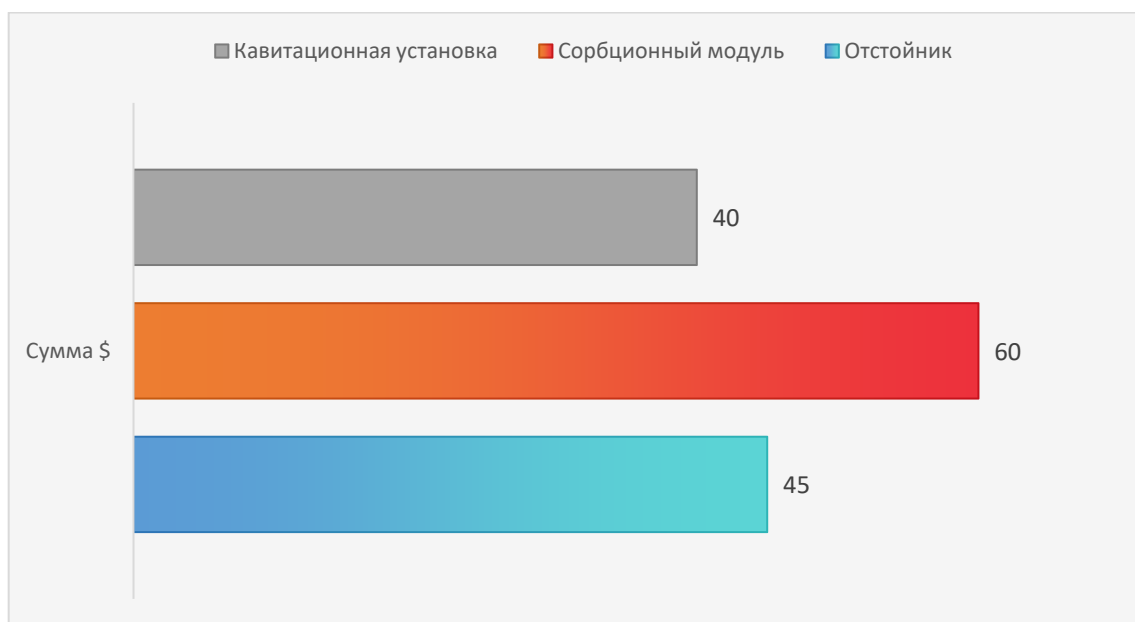


График 1 - Сравнительный анализ экономической эффективности методов очистки сточных вод

Комплексный подход к выбору метода очистки, учитывающий технические, экологические и экономические факторы, позволяет создать эффективную систему водоочистки, которая будет соответствовать всем требованиям безопасности и производительности гидротехнического сооружения.

Базируясь на данных в приведенном исследовании, можно составить следующие практические рекомендации по выбору и эксплуатации методов очистки сточных вод. Для объектов с большим потоком воды и преобладанием механических загрязнений рекомендуется

применение гидротехнического отстойника, при этом важно обеспечить регулярную очистку осадочных камер и контроль гидравлического режима [16-18].

Сорбционный модуль целесообразно использовать на объектах, где требуется глубокая очистка от органических соединений и тяжелых металлов, при условии наличия стабильного качества входящего потока и возможности своевременной замены сорбентов. Особое внимание следует уделить предварительной очистке воды для предотвращения заиливания фильтрующего слоя [19].

Кавитационная установка оптимальна для комплексных очистных сооружений, где необходимо одновременно решать задачи обеззараживания и разрушения биообрастаний. При её внедрении критически важно обеспечить достаточную мощность энергоснабжения и защиту конструктивных элементов от эрозионного воздействия [20].

**Заключение.** Проведенное исследование позволило сформировать целостное представление о взаимодействии современных технологий очистки сточных вод с гидротехническими сооружениями. Выявлено, что успешная эксплуатация очистных комплексов напрямую зависит от обоснованного выбора метода очистки с учетом специфики конкретного объекта и характеристик сточных вод. При этом особую значимость приобретает соблюдение нормативных требований и регулярный мониторинг состояния конструкций.

Внедрение предложенных решений не только повысит качество очистки сточных вод, но и существенно продлит срок службы гидротехнических сооружений. Особое внимание следует уделить комплексному подходу к проектированию очистных систем, который учитывает как технические, так и экономические аспекты, что обеспечивает максимальную эффективность функционирования всего комплекса сооружений при соблюдении требований безопасности и экологической устойчивости.

### **Библиографический список**

1. Анисимов Н.В., Стрелецкая Е.Н., Гостюшкин Д.А. Современные тенденции в развитии технологий очистки сточных вод // Экология и промышленность России. — 2023. — № 4. — С. 15–21.
2. Современные методы и технологии в области безопасности гидротехнических сооружений/ Европейская экономическая комиссия ООН, Государственная инспекция «Госводхознадзор» при Кабинете министров Республики Узбекистан, Национальный комитет Узбекистана по большим плотинам. – 2015.
3. СТО 4.2-4-2015 Мелиоративные системы и сооружения. Облегченные гидротехнические сооружения. Оценка эксплуатационной надежности / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 26 с.
4. Каштанов В.В., Савушкин С.С. К вопросу эксплуатации гидротехнических сооружений мелиоративного и водохозяйственного комплекса // Материалы ФГБНУ ВНИИ «Радуга». – Коломна, 2021
5. Соболин Г. В., Сатункин И. В., Хилько Л. Н. Анализ и выбор рациональных методов борьбы с наносами на

водозаборных узлах // Известия ОГАУ. 2004. №3-1. С. 84-85

6. Бондаренко А. П., Пашкова О. О. Применение гидродинамической кавитации для очистки трубопроводов // Научный Лидер. 2022. №47 (92).

7. Дубровская О. Г., Кулагин В. А. Интенсификация процессов сорбционной очистки нефтесодержащих сточных вод с использованием гидротермодинамических эффектов кавитации // Журнал СФУ. Техника и технологии. 2016. №2. С. 268-279.

8. Степанова Т.В., Медведев Е.В., Шведов А.В. Очистка сточных вод методом кавитации // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». – 2021. – №5.

9. СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» Минстрой России. – М.: 2020. – Дата введения: 17.06.2020.

10. Плеханов М.С. Гидротехнические сооружения: учеб. пособие / М.С. Плеханов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 215 с

11. Использование дождевой воды и сточных вод в системах мелиорации / К. В. Гарголина // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2025. – № 44. – С. 20-23.

12. Косиченко Ю.М "Исследования в области борьбы с фильтрацией и эксплуатационной надежности грунтовых гидротехнических сооружений" Мелиорация и гидротехника, №2, 2012, с. 86-94.

13. Ким Л.В. Обследование гидросооружений: учебное пособие для вузов Инженерная школа ДВФУ. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2014 75 с.

14. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Шкуланов Е.И., Лобанов Г.Л., Савенкова Е.А., Кореновский А.М. Надежность и безопасность гидротехнических сооружений мелиоративного назначения: научный обзор / ФГНУ «РосНИИПИМ». – Новочеркасск, 2011.

15. Неверов Е. Н. Горелкина А. Н. Схаплок Р. Ю. Анализ современных методов и технологий промышленной водоочистки. // Ползуновский вестник. 2023. No 3. С. 215–225

16. Петров Р.А, Токарев С.В Анализ технологического процесса и компонентов очистных сооружений для оптимизации энергоэффективности системы управления// Новые импульсы развития: вопросы научных исследований. 2020. №6-1.

17. Использование инновационных технологий в области водоподготовки на комплексе водоочистных сооружений МУП «Водоканал» г. Череповца / С. Н. Ильин, Л. А. Конкина, Н. М. Макарова // Инженерные системы. — 2015. — №3. — С. 62–69.

18. Трякина А.С. Разработка рациональной технологии водоочистки с применением научно обоснованных расчетных показателей качества исходной воды // Записки Горного института. 2017. Т. 227. С. 608-612

19. Сидорова Л.П. Методы очистки промышленных и сточных вод. Часть I: электрон. учеб. пособие / Л.П. Сидорова; науч. ред. В.И. Лихтенштейн; ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина». – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 132 с.

20. Пашкевич М.А. Голубев И.А.. "Разработка безреагентного метода очистки нефтесодержащих сточных вод минерально-сырьевого комплекса" Записки Горного института, № 207, 2014, стр 199-201.

#### References in roman script

1. Anisimov N.V., Streletskaya E.N., Gostyushkin D.A. Sovremennyye tendentsii v razvitiy tekhnologiy ochistki stochnykh vod // Ekologiya i promyshlennost Rossii. — 2023. — № 4. — S. 15–21.

2. Sovremennyye metody i tekhnologii v oblasti bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy/ Evropeyskaya ekonomicheskaya komissiya OON. Gosudarstvennaya inspektsiya «Gosvodkhoz nadzor» pri Kabinete ministrov Respubliki Uzbekistan. Natsionalnyy komitet Uzbekistana po bolshim plotinam. – 2015.

3. STO 4.2-4-2015 Meliorativnyye sistemy i sooruzheniya. Oblegchennyye gidrotekhnicheskiye sooruzheniya. Otsenka ekspluatatsionnoy nadezhnosti / FGBNU

- «RosNIIPM». – Novocherkassk: RosNIIPM. 2015. – 26 s.
4. Kashtanov V.V., Savushkin S.S. K voprosu ekspluatatsii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy meliorativnogo i vodokhozyaystvennogo kompleksa // Materialy FGBNU VNII «Raduga». – Kolomna. 2021
  5. Sobolin G. V., Satunkin I. V., Khilko L. N. Analiz i vybor ratsionalnykh metodov borby s nanosami na vodozabornykh uzlakh // Izvestiya OGAU. 2004. №3-1. S. 84-85
  6. Bondarenko A. P., Pashkova O. O. Primeneniye gidrodinamicheskoy kavitatsii dlya ochistki truboprovodov // Nauchnyy Lider. 2022. №47 (92).
  7. Dubrovskaya O. G., Kulagin V. A. Intensifikatsiya protsessov sorbtzionnoy ochistki neftesoderzhashchikh stochnykh vod s ispolzovaniyem gidrotermodynamicheskikh effektivov kavitatsii // Zhurnal SFU. Tekhnika i tekhnologii. 2016. №2. S. 268-279.
  8. Stepanova T.V., Medvedev E.V., Shvedov A.V. Ochistka stochnykh vod metodom kavitatsii // Nauchno-obrazovatelnyy zhurnal dlya studentov i prepodavateley «StudNet». – 2021. – №5.
  9. SP 58.13330.2019 «Gidrotekhnicheskkiye sooruzheniya. Osnovnyye polozheniya» Minstroy Rossii. – M.: 2020. – Data vvedeniya: 17.06.2020.
  10. Plekhanov M.S. Gidrotekhnicheskkiye sooruzheniya: ucheb. posobiye / M.S. Plekhanov. – Perm: Izd-vo Perm. nats. issled. politekhn. un-ta. 2014. – 215 s
  11. Ispolzovaniye dozhdevoy vody i stochnykh vod v sistemakh melioratsii / K. V. Gargolina // Vestnik landshaftnoy arkhitektury. – 2025. – № 44. – S. 20-23.
  12. Kosichenko Yu.M "Issledovaniya v oblasti borby s filtratsiyey i ekspluatatsionnoy nadezhnosti gruntovykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy" Melioratsiya i gidrotekhnika. №2. 2012. s. 86-94.
  13. Kim L.V. Obsledovaniye gidrosooruzheniy: uchebnoye posobiye dlya vuzov Inzhenernaya shkola DVFU. – Vladivostok: Dalnevost. federal. un-t. 2014 75 s.
  14. Shchedrin V.N., Kosichenko Yu.M., Shkulanov E.I., Lobanov G.L., Savenkova E.A., Korenovskiy A.M. Nadezhnost i bezopasnost gidrotekhnicheskikh sooruzheniy meliorativnogo naznacheniya: nauchnyy obzor / FGNU «RosNIIPM». – Novocherkassk. 2011.
  15. Neverov E. N., Gorelkina A. N., Skhaplok R. Yu. Analiz sovremennykh metodov i tekhnologiy promyshlennoy vodoochistki. // Polzunovskiy vestnik. 2023. No 3. S. 215–225
  16. Petrov R.A., Tokarev S.V. Analiz tekhnologicheskogo protsessa i komponentov ochistnykh sooruzheniy dlya optimizatsii energoeffektivnosti sistemy upravleniya // Novyye impulsy razvitiya: voprosy nauchnykh issledovaniy. 2020. №6-1.
  17. Ispolzovaniye innovatsionnykh tekhnologiy v oblasti vodopodgotovki na komplekse vodoochistnykh sooruzheniy MUP «Vodokanal» g. Cherepovtza / S. N. Ilin, L. A. Konkina, N. M. Makarova // Inzhenernyye sistemy. — 2015. — №3. — S. 62–69.
  18. Tryakina A.S. Razrabotka ratsionalnoy tekhnologii vodoochistki s primeneniym nauchno obosnovannykh raschetnykh pokazateley kachestva iskhodnoy vody // Zapiski Gornogo instituta. 2017. T. 227. S. 608-612
  19. Sidorova L.P. Metody ochistki promyshlennykh i stochnykh vod. Chast I: elektron. ucheb. posobiye / L.P. Sidorova; nauch. red. V.I. Likhtenshteyn; FGAOU VPO «UrFU imeni pervogo Prezidenta Rossii B.N.Eltsina». – Ekaterinburg: UrFU. 2012. – 132 s.
  20. Pashkevich M.A., Golubev I.A., «Razrabotka bezreagentnogo metoda ochistki neftesoderzhashchikh stochnykh vod mineralno-syryevogo kompleksa» Zapiski Gornogo instituta. № 207. 2014. str 199-201.

## Сведения об авторах

**Турапин Сергей Сергеевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, врио директора; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»; ORCID: 0009-0000-1198-2511; SPIN: 3222-6394; [prraduga@yandex.ru](mailto:prraduga@yandex.ru)

**Гарголина Кристина Витальевна**, техник-исследователь, Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, [kristina.gargolina@yandex.ru](mailto:kristina.gargolina@yandex.ru)

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 04.03.2025г.

Для цитирования: Турапин С.С., Гарголина К. В. Инженерно-технический анализ влияния водоочистных технологий на эксплуатационную надёжность гидротехнических сооружений // Вестник мелиоративной науки. 2026.№1. С. 21–31.

## Information about the authors

**Turapin Sergej Sergeevich**, Candidate of Technology, Leading scientific researcher, temporarily in charge of Director; Federal State Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga»; ORCID: 0009-000-1198-2511; SPIN:3222-6304; [praduga@yandex.ru](mailto:praduga@yandex.ru)

**Gargolina Kristina Vitalievna**, research-technician, Federal State Budgetary Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga», Kolomna, Russia; [kristina.gargolina@yandex.ru](mailto:kristina.gargolina@yandex.ru)

The authors declare that there is no conflict of interest.  
Editorial opinion may not coincide with the opinion of the author.

The article was received in the editorial office on 04.03.2026.

For citations: Turapin S. S., Gargolina K. V. Engineering and Technical Analysis of Water Treatment Methods Impact on the Security of Hydraulic Facilities Operation// Bulletin of Meliorative Science. 2026.№1. С. 21-3

## **Адаптивное управление продуктивностью зернобобовых культур *Glycine max* и *Pisum sativum* на основе интеграции систем комбинированного орошения в условиях сухостепного Поволжья**

**Кижяева, Вера Евгеньевна  
Пешкова Виктория Олеговна**

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

**Аннотация.** Цель работы – обоснование эффективности комбинированного способа орошения (сочетание капельного полива и дождевания) для повышения биологической продуктивности агроценозов сои (*Glycine max*) и гороха (*Pisum sativum*) в условиях нарастающего дефицита естественного увлажнения сухостепной зоны Поволжья при гидротермическом коэффициенте от 0,4 до 0,9. Исследования проводились на тестовых полигонах сухостепного Поволжья по общепринятым методикам опытного дела. В основу исследования легли многолетние полевые опыты по мониторингу водного режима почвы и влагообеспеченности физиологического состояния посевов. Применялись методы тер-мостатно-весового контроля влажности и расчетные модели суммарного водопотребления. Проанализирована динамика влагообеспеченности агроценозов сои, гороха по вариантам опыта: при капельном и комбинированном (капельном + спринклерном) поливе, по фазам вегетации сельскохозяйственных культур в условиях аридной зоны Поволжья. В течение трехлетнего мониторинга выявлено увеличение температуры воздуха (1,0 – 1,2 °С) в вегетационный период, и наибольшее повышение отмечено в августе (2,0 – 2,2 °С). В годы исследований отмечено, что количество осадков в середине вегетации сократилось на 23–28 %. Определены сложившиеся гидротермические коэффициенты в периоды роста и развития исследуемых агроценозов. Посчитана биологическая урожайность исследуемых культур при разных способах орошения с учетом гидротермического коэффициента. Установлен оптимальный способ орошения для каждой культуры. На основе полученных результатов даны рекомендации по норме орошения в сложившихся условиях. Применение технологии комбинированного орошения – капельного с подключением спринклерного для создания оптимального микроклимата с помощью увлажняющего дождевого облака при повышении температуры  $\geq 35$  °С, позволит получать: зерна сои – 2,45-2,71 т/га, гороха – 0,50-1,12 т/га. Выявлена, наибольшая биологическая урожайность гороха – 3,67 т/га при ГТК  $\geq 0,4$  на фоне применения комбинированного орошения 5 капельных + 3 спринклерных поливов. В условиях аридной зоны Поволжского региона применение комбинированного орошения позволяет дополнительно получать зерна сои 0,48 т/га, гороха – 0,18 т/га. Доказано, что применение комбинированных режимов полива позволяет не только оптимизировать влажность активного слоя почвы, но и регулировать микроклимат агроценоза. Установлено снижение коэффициентов водопотребления при одновременном росте урожайности зерна сои и гороха. Выявлена корреляция между кратностью освежающих поливов и сохранностью репродуктивных органов культур в критические фазы развития.

**Ключевые слова:** нейросети, гидромелиоративные (водохозяйственные) системы, гидротехнические сооружения, анализ данных, государственный мониторинг водных объектов (ГМВО), государственный водный реестр (ГВР).

## **Adapted Management of Leguminous Crops *Glycine max* and *Pisum sativum* Based on Combined Irrigation Systems Integration under Dry Steppe Conditions in the Volga Region**

**Kizhaeva Vera Evgenievna,  
Peshkova Victoria Olegovna**

*The Volga Scientific and Research Institute on Hydro-technic and Melioration, Engels, Russian Federation*

**Annotation.** The goal of this investigation is to approve the combined (drip and sprinkler) irrigation method efficiency for rising of farming ecosystems (agrocenosis) of soybeans (*Glycine max*) and peas (*Pisum sativum*) biologic productivity under the growing of natural moisture deficit in the dry steppe zone of the Volga District at hydrothermal index from 0.4 up to 0.9. The study was performed on the experimental plots in dry steppe conditions of the Volga Region using common testing methods. The study is based on many year field test data on monitoring of water soil regime and physiological seedings conditions according moisture providing. The methods of thermostat and weight moisture control, as well as computing models of total water consumption were used. Had been performed analysis of water supply dynamics in soybeans and peas agrocenosis for testing variants: at drip and combined (drip plus sprinkling) irrigation at vegetation phases of farming crops grown under arid conditions in the Volga District. During three years monitoring was revealed air temperature increase (1.0-1.20C) in vegetative phase, and the highest rise was observed in August (2.0-2.20C). During the years of investigation was noted that precipitation depth in the middle of vegetation decreased in 23-28%. Were evaluated the stabilized values of hydrothermal index for the periods of growth and development of the tested agrocenosis. Was calculated biological yield of the tested crops at different irrigation methods considering hydrothermal index. Was found optimal irrigation method for each crop. On the base of the obtained data were recommended irrigation norms under existing conditions. Application of combined irrigation – drip with added sprinkling for optimal microclimate creation by means of moistening rain cloud at the temperature rise >35 0C enables getting the yield increase: soya grain -2.45-2.71t/ha, peas -0.50-1.12 t/ha. The highest biologic peace yield was 3.67t/ha at the combined irrigation application – 5 drip irrigations + 3 sprinkler irrigation. Under arid conditions in the Volga District combined irrigation enables gaining the following yield increase: soya grain 0.48 t/ha, peace 0.18 t/ha. It was approved that combined irrigation method enables not only to optimize the moisture content in the active soil level but also to regulate agrocenosis microclimate. The decrease of water consumption coefficient was noted at the simultaneous growth of the yield of soya grain and peace. Was revealed the correlation between multiplicity of moistening irrigation and safety of reproductive organs of crops during their critical growth phase.

**Keywords:** climate aridization, soya, peace, combined irrigation, microclimate, yield.

**Введение.** Современные вызовы аграрного сектора Поволжья связаны с выраженной тенденцией к аридизации климата. Традиционные методы полива в условиях жесткого гидротермического режима часто оказываются недостаточно эффективными для реализации генетического потенциала современных сортов сои и гороха. Переход к интегрированным мелиоративным технологиям, сочетающим точность капельной фертигации и мелкодисперсного дождевания (спринклерного орошения), является стратегическим направлением обеспечения продовольственной безопасности региона.

Климатические изменения естественного происхождения усиливаются под влиянием техносферных факторов. В этой связи актуальным является нивелирование их воздействия при производстве сельскохозяйственной продукции на орошении [1, 2]. В течение ряда лет наблюдается аридизация климатических условий Поволжья – суховейные ветра, повышение температуры воздуха в вегетационный период на 2,5 °С, как следствие увеличивается использование водных ресурсов в орошаемом земледелии [3].

Негативные последствия данных процессов могут быть нивелированы посредством внедрения адаптивных ресурсосберегающих агротехнологий, включая точное орошение, дифференцирование различных способов полива (комбинирование капельного и спринклерного орошения).

Цель исследований – изучение влияния различных способов орошения на продуктивность зернобобовых культур в аридной зоне Поволжского региона при разных гидротермических коэффициентах от 0,4 до 0,9.

**Методика исследований.** Исследования проводились на экспериментальных участках, расположенных в Энгельском районе Саратовской области, в соответствии с общепринятой методикой опытного дела и календарным планом исследований в 2023–2025 гг. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом в 5-кратной повторности. Периодичность наблюдения проводилась в зависимости от изменяющихся метеоусловий ежедневно, глубина определения согласно ГОСТ 28268–89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений [4, 5, 6].

Суммарное водопотребление определено по уравнению водного баланса из слоя почвы 0–50, 0–80, 0–100 см. Поливную норму определяли с учетом фактической влажности почвы для каждой культуры, используя формулу А. Н. Костякова:

$$m = 100 \times \gamma_{об} \times h_{увл} \times (\beta_{п/п} - \beta_{д/п}), \quad (1)$$

где:  $m$  - поливная норма, м<sup>3</sup>/га;

$\gamma_{об}$  - плотность сложения (объемная масса) слоя почвы, т/м<sup>3</sup>;

$h_{увл}$  - глубина увлажнения («промачивания») почвенного слоя, м;

$\beta_{п/п}$  - величина постполивной влажности почвы в пределах увлажняемого слоя, задаваемая в процентах от массы сухой почвы;

$\beta_{д/п}$  - величина дополивной влажности увлажняемой почвы, %.

Полученные данные позволили определить поливную норму для широкого спектра почвенных и технологических условий капельного полива.

В опытах подобран оптимальный дифференцированный режим орошения: для сои и гороха по схеме 70–80–70 % НВ. Предполивные пороги влажности почвы определены с учетом ранее проведенных многочисленных исследований зависимости продуктивности сельскохозяйственных

культур от влажности почвы [7 - 12].

Биологические урожаи сои и гороха определены поделочно с 1 м<sup>2</sup>, по пробным снопам, в пятикратной повторности, зерно приведено к стандартной 14 % влажности и 100 % чистоте. Параметры изменения микроклимата в агроценозах сельхозкультур определялись измерением температуры и влажности воздуха (психрометром Ассмана) на уровне посевов (Справочник таблиц, ASSMANN AD6M/DB9M).

Гидротермический коэффициент (ГТК) увлажнения рассчитывали по формуле Селянинова Г.Т.:

$$\text{ГТК} = \Sigma R / 0,1 \times \Sigma t^0 \quad (2),$$

где:  $\Sigma R$  – сумма осадков за вегетационный период с температурами атмосферного воздуха выше 10 °С;

$\Sigma t^0$  – сумма температур за указанный период.

Учитывали выделенную градацию, характеризующую тепло- и влагообеспеченность периода: ГТК < 0,4 – очень сильная засуха; 0,4 ≤ ГТК < 0,5 – сильная засуха; 0,5 ≤ ГТК < 0,7 – средне засушливо; 0,7 ≤ ГТК ≤ 10 – недостаточно влажно [13].

Математическая обработка результатов проведена с использованием методики Доспехова Б.А. по стандартной программе Statistica 6.0 и с помощью процессора электронных таблиц Microsoft Excel XP.

**Результаты исследований.** В результате трехлетнего мониторинга, выявлено, что средняя годовая температура воздуха увеличилась по сравнению с климатической нормой на 1,0-1,2 °С, наибольший рост наблюдался в августе – 2,0-2,2 °С. Количество осадков в начале вегетации сельскохозяйственных культур соответствовало среднегодовым нормам, а в середине вегетации сокращалось на 23–28 %.

На рисунке 1 представлен график ГТК по сложившимся климатическим параметрам в годы исследований зернобобовых культур.

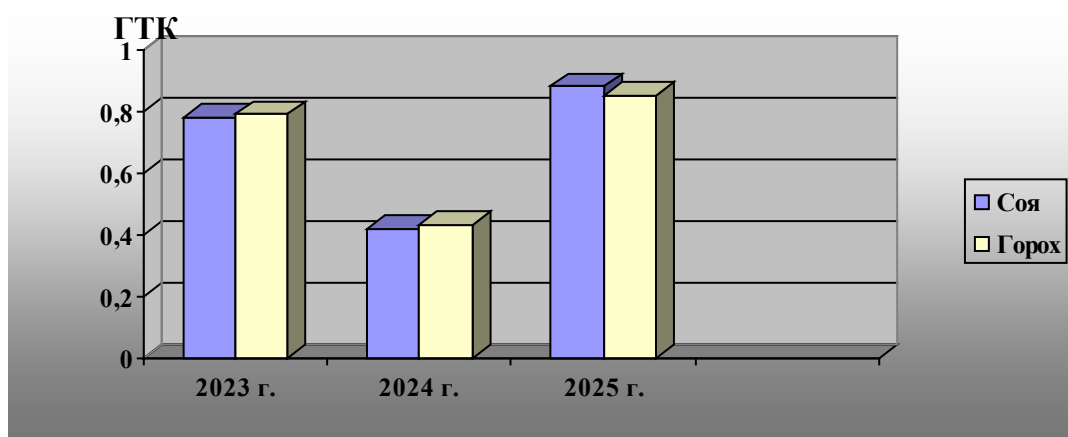


Рисунок 1 – Сложившиеся гидротермические коэффициенты

Гидротермические коэффициенты по годам исследований свидетельствуют о наличии вегетационных периодов сельскохозяйственных культур с недостаточным увлажнением. В таблице 1 приведены данные по влагообеспеченности культур в зависимости от ГТК при различных вариантах опыта.

Таблица 1 – Влагообеспеченность сои и гороха при разных вариантах орошения

Годы (ГТК)	Количество осадков, м <sup>3</sup> /га	Орошение капельное			Орошение капельное + спринклерное				
		Количество поливов, шт.	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Суммарное водопотребление при капельном орошении м <sup>3</sup> /га	Основной полив (капельный)		Дополнительный полив (спринклер)		Суммарное водопотребление при комбинированном орошении м <sup>3</sup> /га
					Количество, шт.	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Количество, шт.	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	
1	2	3	4	5 (гр.2+гр.4)	6	7	8	9	10 (гр.2+гр.7+гр.9)
Соя									
2023 (≤ 0,7)	1291	4	1550	2841	4	1550	2	200	3041
2024 (≥ 0,4)	910	6	2150	3060	6	2150	3	300	3360
2025 (≤ 0,9)	1537	3	1250	2787	3	1250	1	100	2887
Горох									
2023 (≤ 0,7)	1119	3	1650	2769	3	1650	2	200	2969
2024 (≥ 0,4)	905	5	2000	2905	5	2000	3	300	3205
2025 (≤ 0,9)	1447	2	1100	2547	2	1100	2	200	2747

Орошение сои:

ГТК ≤ 0,7: четыре капельных полива нормами по 250/500/500/300 м<sup>3</sup>/га и два спринклерных по 100 м<sup>3</sup>/га.

ГТК ≥ 0,4: провели 6 поливов, требуемое увлажнение почвы обеспечили капельный полив нормами 250/500/500/400/300/200 м<sup>3</sup>/га с подключением 3-х спринклерных поливов нормами по 100 м<sup>3</sup>/га каждый.

ГТК ≤ 0,9: провели 3 основных капельных полива нормами по 250/500/500 м<sup>3</sup>/га и 1 дополнительно спринклером нормой полива 100 м<sup>3</sup>/га.

Норма орошения за весь период вегетации сои зависела от гидротермического

коэффициента, при меньшем ГТК, спринклерное орошение подключали чаще.

Орошение гороха:

В период вегетации гороха в 2023 г. при ГТК  $\leq 0,7$ , капельное орошение применила три раза общим объемом 1650 м<sup>3</sup>/га по фазам вегетации нормами (500-600-550 м<sup>3</sup>/га) и дважды подключили спринклерное орошение общим объемом 200 м<sup>3</sup>/га.

В климатических условиях 2024 г. (ГТК  $\geq 0,4$ ) капельный полив осуществили 5 раз нормами 300/500/500/450/250 м<sup>3</sup>/га, и подключали спринклер по 100 м<sup>3</sup>/га 3 раза. При этом оросительная норма составила 2000 м<sup>3</sup>/га, а суммарное водопотребление: при капельном – 2905 м<sup>3</sup>/га, капельно-спринклерном – 3205 м<sup>3</sup>/га.

2025 г. при ГТК  $\leq 0,9$  проведено 2 капельных полива нормами 550 и 550 м<sup>3</sup>/га – оросительная норма составила 1100 м<sup>3</sup>/га. Два раза подключали спринклер по 100 м<sup>3</sup>/га. На капельном орошении суммарное водопотребление сложилось в объеме 2547 м<sup>3</sup>/га, а комбинированном – 2747 м<sup>3</sup>/га.

Для гороха в зависимости от климатических условий и предполивного порога влажности суммарное водопотребление варьировало в широких пределах. Установлено, что наиболее благоприятным для получения потенциально возможных устойчивых урожаев является режим орошения с поддержанием влажности почвы в фазе всходов гороха – 70 %, в начале образования бобов – 80 %, в фазе технической спелости – 70 %.

При увеличении температуры воздуха, превышающем нормативные значения по фазам роста и развития культур, дополнительно использовали спринклерное орошение объемом 100 м<sup>3</sup>/га. Это позволило смягчить влияние повышенных значений температуры и обеспечить благоприятный микроклимат для растений. В зоне засушливого климата спринклерный полив снижает температуру воздуха над посевами сельскохозяйственных культур в дневное время на 2,5–3,0 °С.

Наилучшая продуктивность в годы исследований с ГТК  $\leq 0,4$  выявлена при применении комбинированного орошения (капельное + спринклерное) у сои и гороха.

Влияние различных способов полива на биологическую урожайность сельскохозяйственных культур представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние поливов на биологическую урожайность сои и гороха

Культура	Биологическая урожайность, т/га							
	Орошение капельное				Орошение капельное + спринклерное			
	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Средн ее за 3 года	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Средн ее за 3 года
Соя (зерно)	3,20	3,56	3,55	3,44	3,85	3,80	4,12	3,92
<i>HCP<sub>05</sub></i>				<i>0,01</i>				<i>0,02</i>

Горох (зерно)	3,42	3,49	3,35	3,42	3,61	3,67	3,52	3,60
<i>НСР<sub>05</sub></i>				<i>0,04</i>				<i>0,05</i>

Урожай зерна сои при орошении был в пределах потенциальной продуктивности культуры. В среднем за три года исследований наилучшие показатели биологической урожайности получены на варианте капельное орошение + спринклерное при ГТК  $\leq 0,9-3,92$  т/га. Наибольшая биологическая урожайность гороха – 3,67 т/га выявлена при ГТК  $\geq 0,4$  на фоне применения комбинированного орошения – пять капельных поливов + три спринклерных.

Экономическая эффективность возделывания на основе полученных данных по зернобобовым культурам и текущих рыночных котировок в Поволжье представлена в таблице 3. Затраты включают семена, удобрения, средства защиты растений и эксплуатационные расходы на орошение (электроэнергия, вода, обслуживание систем). При капельном + спринклерном орошении затраты приняты выше из-за стоимости ежегодной укладки капельной ленты. Для расчета использовались средние цены реализации в Саратовской и Волгоградской областях: соя – 25 000 руб./т (без НДС), горох – 15 000 руб./т.

Таблица 3 – Экономическая эффективность возделывания зернобобовых культур в зависимости от способа орошения

Культура	Способ орошения	Урожайность, т/га	Произв. затраты (ориент.), руб./га	Себестоимость, руб./т	Выручка от реализации, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
Соя	Капельное	3,44	69 292	20 143	86 000	16 708	24,1
	Капельное + спринклерное	3,92	79 121	20 184	98 000	18 879	23,9
Горох	Капельное	3,42	38 699	11 315	51 300	12 601	32,6
	Капельное + спринклерное	3,60	41 110	11 419	54 000	12 890	31,4

Экономический анализ показал, что в условиях ценовой конъюнктуры периода исследований оба способа орошения обеспечили устойчивую рентабельность производства. Применение комбинированного полива позволяет достичь максимального уровня выручки от реализации сои – до 98,0 тыс. руб./га. Установлено, что дополнительные затраты на обслуживание капельной ленты и систем микроорошения полностью нивелируются ростом урожайности. Таким образом, комбинированное орошение (капельное + спринклерное) следует рассматривать как наиболее эффективный инструмент интенсификации производства в аридных зонах Поволжья.

Обеспечение благоприятного микроклимата для растений способствует повышению продуктивности орошаемого гектара. Применение разработанной технологии способствует снижению удельных затрат поливной воды на единицу продукции на 12–15%, что соответствует принципам рационального природопользования.

**Заключение.** В условиях нарастающей аридизации климата региона переход к комбинированным системам орошения (сочетание капельного полива с освежающими спринклерными поливами) является эффективным инструментом нивелирования абиотического стресса. Это позволяет поддерживать оптимальный гидротермический режим агроценоза в критические фазы развития сои и гороха. При повышении температуры воздуха  $\geq 35$  °С рекомендуем применять капельный полив с подключением спринклерного орошения для создания увлажняющего дождевого облака над посевами. Результаты исследований показали, что комбинированное орошение выступает как синергетический фактор. Капельный полив обеспечивает поддержание оптимального порога влажности в корнеобитаемом слое, в то время как спринклерное освежение снижает транспирационный стресс и предотвращает перегрев листовой поверхности. Это особенно актуально для сои и гороха – культур, чувствительных к воздушной засухе в период цветения и формирования бобов.

Применение капельного орошения с подключением спринклерного орошения в наиболее критические по климатическим параметрам периоды, позволило достичь максимальной биологической урожайности сои – 3,92 т/га, гороха – 3,60 т/га.

Анализ данных подтвердил преимущество применения комбинированного орошения сои и гороха в условиях аридной зоны Поволжского региона. Несмотря на рост производственных затрат (на 6,2-14,2% в зависимости от культуры) за счет амортизации оборудования, условно чистый доход на вариантах с капельным + спринклерным поливом оказался выше. Для сои он составил 18 879 руб./га, для гороха – 12 890 руб./га. Установлено, что высокая рыночная стоимость сои делает внедрение инновационных систем полива на этой культуре наиболее быстро окупаемым.

Для сельхозтоваропроизводителей засушливой зоны Поволжья при возделывании сои и гороха рекомендуется приоритетное использование систем капельного орошения с применением освежающих спринклерных поливов. Это гарантирует стабильную доходность и максимальную реализацию биоклиматического потенциала культур даже в экстремально засушливые вегетационные периоды.

## Библиографический список

1. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Мягков М.А., Парубова Е.М., Шерстюков Б. Г. Современное глобальное потепление климата и его проявление на территории России // В сборнике: Климатические изменения и сезонная динамика ландшафтов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург, 2021. С. 81-88. DOI: 10.26170/KFG-2021-11 EDN: SPALEC
2. Попова В.В. Современные изменения климата в крупных речных бассейнах на западе России: региональная структура и связь с глобальными тенденциями // В сборнике: Климатические изменения и сезонная динамика ландшафтов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург, 2021. С. 88-98.
3. Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Саратовской области: Монография / под ред. К.Н. Кулика. Волгоград – Саратов: ФНЦ агроэкологии РАН, 2024. 332 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2010. 352 с.
5. Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте // НИИСХ Юго-Востока. Саратов, 1973. 323 с.
6. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами. Краснодар: Просвещение-Юг, 2022. 538 с.
7. Дубенок Н.Н., Майер А.В. Многолетние исследования гидротермического режима агроценозов и системы комбинированного орошения для его регулирования // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 2. С. 3-7. DOI: 10.31857/S2500262722020016. DOI: 10.31857/S2500262722020016 EDN: FZVSGD
8. Соловьев Д.А., Камышова Г.Н., Терехова Н.Н., Горюнов Д.Г., Вардумян А. Цифровые технологии в управлении орошением // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 93-97. DOI: 10.28983/asj.y2019i4pp93-97. EDN: ZSWIAX.
9. Губарев Д.И., Левицкая Н.Г., Деревягин С.С. Влияние изменений климата на деградацию почв в аридных зонах Поволжья // Аридные экосистемы, 2022, т.28, №1 (90), с.20-27. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-20-27 EDN: ITNGVL.
10. Кижяева В.Е., Пешкова В.О. Продуктивное сортовое разнообразие зернобо-бовых культур для возделывания на мелко контурных участках при капельном орошении в Поволжье // В сборнике: Экономика и управление. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию образования экономического факультета Новочеркасского инженерно-мелиоративного института. Новочеркасск, 2024. С. 190-194.
11. Кижяева В.Е., Пешкова В.О., Степанов Д.С. Применение комбинированного орошения при возделывании сои на мелкоконтурных участках в условиях аридной зоны Поволжья // Московский экономический журнал. 2024. Т. 9. № 8. С. 225-242.
12. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135984. EDN: DDZSII.
13. Галеева Э.М., Баринов В.В., Сайфуллина Е.Н. Анализ изменения значений гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова в пределах Башкирского Зауралья // Астраханский вестник экологического образования. № 2(74). 2023. С. 71-77. DOI: 10.36698/2304-5957-2023-2-71-77.

## References in roman script

1. Perevedentsev Yu.P.. Shantalinskiy K.M.. Myagkov M.A.. Parubova E.M.. Sherstyukov B. G. Sovremennoye globalnoye potepleniye klimata i ego proyavleniye na territorii Rossii // V sbornike: Klimaticheskiye izmeneniya i sezonnaya dinamika landshaftov. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy

- konferentsii. Ekaterinburg. 2021. S. 81-88. DOI: 10.26170/KFG-2021-11 EDN: SPALEC
2. Popova V.V. Sovremennyye izmeneniya klimata v krupnykh rechnykh basseynakh na zapade Rossii: regionalnaya struktura i svyaz s globalnymi tendentsiyami // V sbornike: Klimaticheskiye izmeneniya i sezonnaya dinamika landshaftov. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg. 2021. S. 88-98.
3. Natsionalnaya programma deystviy po borbe s opustynivaniyem Saratovskoy oblasti: Monografiya / pod red. K.N. Kulika. Volgograd – Saratov: FNTs agroekologii RAN. 2024. 332 s.
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obra-botki rezultatov issledovaniy). 6-e izd.. pererab. i dop. M.: Agropromizdat. 2010. 352 s.
5. Rekomendatsii po metodike provedeniya nablyudeniya i issledovaniya v pole-vom opyte // NIISKh Yugo-Vostoka. Saratov. 1973. 323 s.
6. Metodika agrotekhnicheskikh issledovaniy v opytakh s osnovnymi polevymi kulturami. Krasnodar: Prosveshcheniye-Yug. 2022. 538 s.
7. Dubenok N.N., Mayer A.V. Mnogoletniye issledovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrotsenozov i sistemy kombinirovannogo orosheniya dlya ego regulirovaniya // Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2022. № 2. S. 3-7. DOI: 10.31857/S2500262722020016. DOI: 10.31857/S2500262722020016 EDN: FZVSGD
8. Solovyev D.A., Kamyshova G.N., Terekhova N.N., Goryunov D.G., Vardumyan A. Tsifrovyye tekhnologii v upravlenii orosheniyem // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2019. № 4. S. 93-97. DOI: 10.28983/asj.y2019i4pp93-97. EDN: ZSWIAX.
9. Gubarev D.I., Levitskaya N.G., Derevyagin S.S. Vliyaniye izmeneniy klimata na degradatsiyu pochv v aridnykh zonakh Povolzhia // Aridnyye ekosistemy. 2022. t.28. №1 (90). s.20-27. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-20-27 EDN: ITNGVL.
10. Kizhayeva V.E., Peshkova V.O. Produktivnoye sortovoye raznoobrazie zernobo-bovykh kultur dlya vozdeyvaniya na melko konturnykh uchastkakh pri kapelnom oroshe-nii v Povolzhye // V sbornike: Ekonomika i upravleniye. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. posvyashchenoy 50-letiyu obrazovaniya ekonomicheskogo fakulteta Novochoerkasskogo inzhenerno-meliorativnogo instituta. Novochoerkassk. 2024. S. 190-194.
11. Kizhayeva V.E., Peshkova V.O., Stepanov D.S. Primeneniye kombinirovannogo orosheniya pri vozdeyvanii soi na melkokonturnykh uchastkakh v usloviyakh aridnoy zo-ny Povolzhia // Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal. 2024. T. 9. № 8. S. 225-242.
12. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135984. EDN: DDZSII.
13. Galeeva E.M., Barinov V.V., Sayfullina E.N. Analiz izmeneniya znacheniy gidrotermicheskogo koeffitsiyenta G.T. Selyaninova v predelakh Bashkirskogo Zauralia // Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. № 2(74). 2023. S. 71-77. DOI: 10.36698/2304-5957-2023-2-71-77.

## Сведения об авторах

**Кижяева Вера Евгеньевна**, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, ave.61@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5319-3112;

**Пешкова Виктория Олеговна**, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, peshkova\_vk@mail.ru, ORCID: 0009-0005-8711-9235.

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 13.02.2026г.

Для цитирования: Кижяева В. Е., Пешкова В.О. Адаптивное управление продуктивностью зернобобовых культур *Glycine max* и *Pisum sativum* на основе интеграции систем комбинированного орошения в условиях сухостепного Поволжья // Вестник мелиоративной науки. 2026. №1. С. 32-42.

## About the authors

**Kizhaeva Vera Evgenievna**, Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, ave.61@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5319-3112;

**Peshkova Victoria Olegovna**, Leading Researcher, Candidate of Biological Sciences, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, peshkova\_vk@mail.ru, ORCID: 0009-0005-8711-9235.

The authors declare that there is no conflict of interest.  
Editorial opinion may not coincide with the opinion of the author.

The article was received in the editorial office on 13.02.2026.

For citations: Kizhaeva V.E., Peshkova V. O. Adapted Management of Leguminous Crops *Glycine max* and *Pisum sativum* Based on Combined Irrigation Systems Integration under Dry Steppe Conditions in the Volga Region// Bulletin of Meliorative Science. 2026.№1. С. 32-42.

## **Ресурсосберегающие технологии проведения ремонтно-эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах с широкозахватной дождевальная техникой**

**Костоварова Ирина Александровна,  
Банникова Алла Игоревна**

*Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный*

**Аннотация.** В статье представлен анализ современного состояния гидромелиоративных систем Российской Федерации и обоснованы ресурсосберегающие технологии проведения ремонтно-эксплуатационных работ с учётом интеграции широкозахватной дождевальной техники. Установлено, что значительный физический износ каналов, трубопроводов и сооружений — до 70 % — приводит к снижению пропускной способности, увеличению фильтрационных потерь и ухудшению агроэкологического состояния орошаемых земель [1]. На основе обобщения нормативной документации, паспортов мелиоративных систем и данных полевых обследований разработаны типовые технологические регламенты для текущего и капитального ремонта основных элементов: земляных и облицованных каналов, закрытых трубопроводных сетей, дренажных систем и гидротехнических сооружений. Особое внимание уделено комплексному техническому обслуживанию дождевальных машин, включая диагностику гидросистемы, калибровку дождеобразующих устройств и подготовку техники к сезону. Предложены рациональные методы ремонта бетонных облицовок, ликвидации повреждений подземных трубопроводов и восстановления дамб. Внедрение разработанных решений позволяет повысить коэффициент использования водных ресурсов, снизить эксплуатационные затраты и продлить срок службы мелиоративной инфраструктуры. Полученные результаты имеют практическую значимость для проектных, эксплуатационных и научных организаций, участвующих в реализации федеральных и региональных программ развития мелиорации.

**Ключевые слова:** гидромелиоративные системы, дождевальная техника, ремонтно-эксплуатационные работы, ресурсосбережение, техническое обслуживание, орошение, мелиорация.

Research article

## **Resource-Saving Methods of Repair and Maintenance Works Provided on Hydraulic and Melioration Systems with Wide-Range Sprinkler Equipment**

**Kostovarova Irina Aleksandrovna,  
Bannikova Alla Igorevna**

*Federal State Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhnyj*

**Annotation.** The article presents analysis of current situation on Russian Federation hydraulic and melioration systems and are approved some resource-saving methods of their repair and operation works with supplement of wide-range sprinkler equipment. It is stated that significant physical wear of the channels, pipelines and structures – up to 70%, causes flow rate decrease, filtration loss increase

and leads to the worse situation in agricultural and economic conditions on irrigated lands [1]. On the total base of standard documents, melioration systems passports and field test data were worked out some technical standards on current and capital repair of the main elements of melioration system: ground and lined channels, closed pipelines, drainage systems and hydrotechnical constructions. The main attention is paid on irrigation machines complex maintenance, including diagnostics of hydraulic system, rain making device calibration and preparing for the working season. Are proposed some rational methods of concrete channel lining repair, elimination of closed pipelines damage, and dam reconstruction. Putting these solutions into practice enables: water resource consumption coefficient increase, operational costs decrease and prolong working lifespan of melioration infrastructure. The gained results have practical wealth for design, managing and scientific organizations, taking part in Federal and Regional Programs on Melioration Development.

**Keywords:** hydraulic and melioration systems, sprinkler equipment, repair and operation works, resource saving, maintenance, irrigation, melioration.

**Введение.** При эксплуатации мелиоративных систем важная роль отводится рациональному использованию воды при проведении орошения сельскохозяйственных культур и разработке и проведению мероприятий по сокращению потерь и снижению качества водных ресурсов при транспортировке до поля. Каналы заиляются, зарастают сорной растительностью, откосы размываются водой, дамбы деформируются, что снижает пропускную способность каналов и коэффициент полезного действия мелиоративных систем и увеличивает фильтрацию воды в зону аэрации. Потери воды на фильтрацию и поверхностный сброс, способствуют заболачиванию прилегающих к каналам земель, повышению уровня грунтовых вод на орошаемых полях с последующим процессом засоления за счет подтягивания солей к поверхности, что приводит к снижению плодородия орошаемых земель и урожая возделываемых культур.

Необходимость проведения систематических и качественных ремонтных и эксплуатационных работ на каналах и сетевых сооружениях мелиоративных систем, для поддержания их в технически исправном состоянии, обеспечивающем высокие коэффициенты полезного действия транспортирующей сети и коэффициент использования воды, при выполнении требований рационального природопользования не вызывает сомнения [2].

Опыт показывает, что без решения задачи надежного технологического оснащения мелиоративной отрасли на основе применения новых разработок науки и техники невозможно эффективно вести современное сельское хозяйство. Повышение производительности труда, снижение себестоимости и сроков проведения мелиоративных работ, обеспечение высокого уровня безопасности мелиоративных работ может быть обеспечено только за счёт применения комплексной механизации мелиоративных работ. И сегодня имеется достаточно широкий состав специализированных машин и вспомогательных механизмов с улучшенными технико-эксплуатационными показателями. Машины и оборудование в том числе ирригационное для эффективной их работы требует технического обслуживания, которое подразумевает комплексный подход, включая дождевальное оборудование, ремонт оросительных систем и замену изношенных компонентов [3].

**Целью исследования** является анализ современного состояния гидромелиоративных систем и разработка типовых ресурсосберегающих технологий проведения ремонтно-эксплуатационных работ с учётом особенностей эксплуатации широкозахватной дождевальной техники.

## **Материалы и методы.**

Методология базируется на изучении и анализе практических рекомендаций и методик по обслуживанию оросительных систем с дождевальными техникой и их ремонту, а также на основании обзора литературных, технических и патентных источников по данной тематике.

Поддержание мелиоративной системы в работоспособном состоянии, своевременное восстановление её первоначального вида и технических характеристик (показателей) – одна из основных задач эксплуатационной службы, которая проводит осмотр (надзор) мелиоративной системы и мелиорированных земель, определяет (оценивает) техническое состояние системы, выполняет техническое обслуживание и ремонт [4,5].

Каждая мелиоративная система имеет техническую документацию (паспорта, ведомости, карточки), в которой приведены проектные и фактические показатели и параметры системы, а также изменения, происшедшие в процессе эксплуатации [5,6].

Первичными документами по оценке технического состояния мелиоративной системы являются журналы ежедневных наблюдений за состоянием отдельных её элементов. В них отмечают обнаруженные дефекты и их места, расходы фильтрующейся воды через дамбы канала, отметки уровня воды, принятые меры по устранению дефектов и т. п.

На каждой мелиоративной системе проводят также периодические обследования и проверки ее технического состояния. Сроки их проведения устанавливаются правилами технической эксплуатации и зависят от типа и конструкции системы.

На основе этих обследований составляют акты технического состояния межхозяйственных систем и ведомости дефектов внутрихозяйственных.

В актах технического состояния дают наименования элементов системы, места обнаружения дефектов, краткое описание необходимых ремонтных работ, вид ремонта, объёмы работ и рекомендуемые сроки их выполнения. В ведомостях дефектов указывают наименования элементов системы и места обнаружения дефектов, дают описание дефектов, наименование ремонтных работ, их объёмы и стоимость.

Техническое состояние мелиоративной системы и отдельных её элементов оценивают сравнением фактических показателей технического состояния с базовыми значениями показателей, полученных при проектировании и строительстве систем.

При оценке технического состояния устанавливают физический износ и изменения показателей отдельных элементов системы в процессе эксплуатации, а затем необходимые виды ремонта и технического обслуживания [7].

Техническое обслуживание — категория планового обслуживания, включающая комплекс организационных, технико-экономических и технологических мероприятий по поддержанию работоспособности мелиоративных систем, отдельных её звеньев, сооружений, оборудования, приборов, механизмов и поливной техники.

Ремонт мелиоративных систем – комплекс плановых организационных, технико-экономических и технологических мероприятий для поддержания или восстановления их научно-обоснованных проектных параметров, отдельных звеньев, сооружений и оборудования, изменение которых вызывается воздействием на них природных и антропогенных факторов, с целью обеспечения надёжности и качественного функционирования мелиоративных систем в течение заданного срока их службы.

Таблица 1 – Примерные сроки службы и периодичности ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах

Элементы гидромелиоративных систем	Примерные средние сроки службы, лет	Примерная периодичность ремонтов, лет	
		капитального	текущего
Отстойники	30...80	10	-
Межхозяйственные оросительные каналы:			
в земляном русле	100	10	-
облицованные железобетоном и бетоном, с расходом более 10 м <sup>3</sup> /с	100	5	-
то же с расходом 0 м <sup>3</sup> /с менее 10 м <sup>3</sup>	50	5	-
облицованные камнем, с расходом менее 10 м <sup>3</sup> /с	40	5	-
Внутрихозяйственные оросительные каналы:			
в земляном русле	30	10	1
облицованные железобетоном и бетоном, камнем	30	5	1
трубопроводная (закрытая) и лотковая (железобетонная) сеть с арматурой	25	5	1
Межхозяйственные и внутрихозяйственные водосборно-сбросные и коллекторно-дренажные каналы в земляном русле	30	10	
Закрытая коллекторно-дренажная сеть из труб:			
асбестоцементных, керамических	100	20	5
гончарных	100	15	5
пластмассовых	50	15	5
Круговая широкозахватная дождевальная машина	15...20	2	1
Фронтальная широкозахватная дождевальная машина	25	2	1
Дюкеры железобетонные, перепады и быстротоки	40	10	1
Перегораживающие сооружения регуляторы-водо выпуски	40	8	1
Трубы-ливнеспуски	40	7	1
Гидропосты, водосливы, водомерные створы и оборудование	10	2	1

**Обсуждение.** Ремонт и техническое обслуживание оросительных систем заключается [8]:

- в очистке отстойников, каналов, коллекторов и открытых дрен от наносов и сорной растительности;
- очистке берм, исправлении откосов и восстановлении дамб каналов до проектных размеров, ремонте покрытий каналов;
- промывке и ремонте закрытых оросительных трубопроводов;
- техническом обслуживании и ремонте поливной техники;
- ремонте дамб обвалования;
- промывке и ремонте закрытого дренажа;
- ремонте гидротехнических сооружений, насосных станций, гидрометрических постов,

дорог, зданий, линий связи и электропередач;

- ремонтно-регулирующих и защитных работах для обеспечения забора воды, защиты от повреждений во время пропуска паводков, шуги и льда;

- очистке сооружений, оросительной и коллекторно-дренажной сетей от песчаных заносов, снега и льда;

- опорожнении оросительной и водоотводящей сетей, смазке и антикоррозионном покрытии металлических частей сооружений и арматуры при подготовке систем к зиме;

- посадке лесных насаждений и цветов около насосных станций, сооружений, вдоль каналов и дорог.

Работы по *техническому обслуживанию и ремонтам каналов, отстойников, коллекторов* состоят из систематических наблюдений за их состоянием, защиты от повреждений, заиления и зарастания, очистки от наносов и сорной растительности, ремонта противофильтрационных облицовок и креплений. Эти работы проводят для обеспечения пропускной способности оросительной и водоотводящей сетей и продления срока их службы.

Пропускная способность каналов может не соответствовать проектной из-за ошибок, допущенных при проектировании, строительстве и эксплуатации (уменьшенные размеры поперечного сечения и уклоны, повышенная шероховатость, заиление, зарастание) [9].

Надёжность работы канала определяется пропуском расчётных расходов воды при проектных скоростях и уровнях без отклонений динамической оси потока от оси канала с четко выраженными берегами и откосами, без заиления и зарастания ложа.

Положение уровней воды в каналах, состояние их русла и дамб периодически контролируют.

Предельная скорость воды в каналах в земляном русле зависит от механического состава грунта их ложа и расхода воды. При форсированном режиме работы канала они не должны превышать, м/с: для ила, мелкого песка и легкой супеси 0,37...0,47; для среднего суглинка, среднего лесса и крупного песка 0,59...0,75; для плотной средней глины и среднего гравия 0,82...1,05; для тяжелой глины, крупных гальки и гравия 1,26...1,62 при расходе воды 0,5...10 м<sup>3</sup>/с соответственно.

Пропуск форсированных расходов в первый год эксплуатации канала не допускается.

Превышение дамб при пропуске форсированных расходов или на участках перед сооружениями при подпертых уровнях воды должно быть не менее: при расходе в канале 1 м<sup>3</sup>/с – 0,2 м, 10...30 – 0,4 и при расходе 50 м<sup>3</sup>/с – 0,6 м [10].

Для предупреждения фильтрационного разрушения откосов и образования оползней уровни воды в каналах меняют постепенно, с интервалами не менее 2 ч. При этом изменение расхода за один интервал не должно превышать: для крупных каналов 10 %, для мелких 20 % максимального расхода.

На участках каналов, подверженных оползням и обрушениям, устраивают добавочные бермы или уполаживают откосы.

Для борьбы с сорной растительностью применяют механический, термический, химический и биологический способы.

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 или композициями на основе фурановых смол.

При поверхностных волосяных трещинах бетона технологического характера поверхность шпатлюют полимерными композициями на основе фурановых смол или делают тонкослойное напыление [11].

Отколы и раковины заполняют бетоном, цементным раствором, композициями на основе модифицированных фурановых смол или полимерцементными составами.

При шелушении поверхности бетона выполняют цементную стяжку, железнение, тонкослойное напыление полимерными композициями, шпатлевку полимерцементными составами.

При разрушении стыков плит и их подмыве, особенно в местах набегания волн, под плиты подсыпают гравийно-песчаную подготовку и восстанавливают стыки.

В зоне развития карстов, где под облицовкой фильтрационными водами может вымываться грунт, на облицовку наносят сначала слой оклеечной гидроизоляции, а затем железобетона БГТ-200 толщиной 10 см. Кроме того, в ложе канала закачивают цементно-песчаный раствор на глубину до 30 см.

При проведении капитального ремонта поврежденные плиты заменяют новыми, а участки повреждения монолитной бетонной облицовки вырезают и укладывают новый бетон.

Состав работ по *ремонту и техническому обслуживанию закрытой оросительной сети* зависит от материала труб и характера повреждений. Техническое обслуживание закрытой оросительной сети состоит: из наружного осмотра трасс трубопроводов и арматуры с целью выявления неплотностей; мелкого ремонта арматуры; очистки колодцев от грязи, воды, снега и льда; смазочных, крепёжных и регулировочных работ.

Ремонтные работы на закрытой оросительной сети состоят: из определения дефекта на трубопроводе; отключения поврежденного участка от действующей сети с помощью ближайшей задвижки и опорожнения нижележащего участка трубопровода; исследования дефекта и условий подъезда и доставки машин, оборудования и материалов; раскопки трубопровода экскаватором; доработки траншеи и очистки трубы и стыков от грунта вручную; исследования характера дефекта и выбора способа его ликвидации; ликвидации дефекта на трубопроводе; послеремонтного испытания трубопровода; обратной засыпки траншеи [12].

Способы *ремонта подземных трубопроводов* зависят в основном от материала труб и характера повреждений. Свищи, трещины и раковины на стыках асбестоцементных, железобетонных и чугунных труб при незначительной утечке воды ликвидируют с помощью «пластырей» из листовой резины, стальных накладок и хомутов. Течь в стыках асбестоцементных трубопроводов обычно устраняют перемонтажом соединений и заменой резиновых уплотнителей или муфт. Поперечные трещины и разломы на асбестоцементных, чугунных и стальных трубах ликвидируют, вырезая поврежденный участок и заменяя его новым куском трубы. Последний соединяют с трубопроводом фланцевыми муфтами. При больших трещинах, свищах и разрывах дефектную трубу заменяют новой (для асбестоцементных труб) или двумя монтажными вставками (для железобетонных труб). Вышедшую из строя арматуру реставрируют, применяя электросварку или наклепывая пластины, а корпус покрывают суриком или кузбаслаком. Болты и уплотнители, вышедшие из

стройка, заменяют. Разработанные водовыпускные отверстия в поливных асбестоцементных трубопроводах восстанавливают с помощью цементного раствора, а поломанные патрубки – водовыпуски над отверстиями заменяют новыми.

*Состав ремонтных работ на земляных дамбах и защитных валах* зависит от вида ремонта. Работы по текущему ремонту включают: подсыпку земли, заделку трещин, ликвидацию мест контактной фильтрации, ремонт капитальных видов крепления, подсев многолетних трав или одерновку разрушенных мест откоса, восстановление волнозащитных полос кустарника, борьбу с землероями и др.

Капитальный ремонт заключается в подсыпке дамб и валов до проектных размеров, восстановлении или замене капитальных видов креплений, устройстве противофильтрационных мероприятий и др.

Промерзание откосов дамб ниже фильтрационного потока предотвращают подсыпкой, уполаживанием откоса и противофильтрационным экраном. При появлении оползней в местах выхода фильтрационного потока на сухой откос устраивают наклонный дренаж с утеплением местным грунтом.

Работы по аварийному ремонту состоят из восстановления дамб и валов, разрушенных паводком или другим стихийным явлением [13].

Техническое обслуживание новых дождевальных машин при эксплуатационной обкатке (ТО-Э) проводится после их монтажа и досборки и включает в себя операции ежесменного (ЕТО) и первого (ТО-1) технических обслуживаний.

Техническое обслуживание дождевальных машин при использовании содержит регламентированные в конструкторской документации операции для поддержания работоспособности машин в течение их срока службы.

Ежесменное техническое обслуживание (ЕТО) предназначено для общего контроля машины и ее подготовки к очередной смене. В состав работ ЕТО входят: контроль состояния отдельных агрегатов, при их работе и после окончания работ, очистка, мойка, смазка. В это время, как правило, проводят и дозаправку машин маслом, топливом и охлаждающими жидкостями.

Периодические технические обслуживания (ТО-1, ТО-2, ТО-3), выполняемые после определённой наработки, предназначены для проведения мероприятий, снижающих интенсивность изнашивания деталей, а также выявления и предупреждения неисправностей и повреждений машин.

В операции, выполняемые при периодическом техническом обслуживании дождевальных машин, входят смазочные, крепежные работы, а также работы по очистке, мойке, промывке картеров редукторов, двигателей внутреннего сгорания, замене уплотнений насосов, замене и очистки фильтров. [13]

Эксплуатация и ремонт внутрихозяйственной оросительной сети с широкозахватной дождевальной техникой требует специализированного подразделения. Его состав зависит от масштабов предприятия и парка техники, это может быть отдельная служба, бригада или выделенный инженер в составе технического отдела. Ключевым принципом является централизованное управление всеми процессами: от планирования поливов и технического обслуживания до аварийного ремонта и учета ресурсов. [14]

К основным функциям относятся:

- планирование поливов с учетом агротехнических сроков;
- организация и проведение планово-предупредительного технического обслуживания (ТО) согласно регламентам;

- оперативный и капитальный ремонт;
- ведение технической документации и учет наработки машин;
- управление складом запасных частей и материалов;
- обучение и инструктаж машинистов-операторов;
- разработка и актуализация технологических карт ремонта для каждой модели машины.

Типовая штатная структура и квалификация: [15]

- руководитель (главный инженер или инженер-мелиоратор),
- мастера-нарядчики, слесари-ремонтники различной квалификации (от 3 до 6 разряда)

выполняют текущий ремонт, замену форсунок и подшипников, обслуживают систему управления, датчики и электроприводы,

- машинисты-операторы ШДМ отвечают за непосредственное управление машиной и контроль параметров полива,

- кладовщик.

Для руководителя обязательны высшее инженерное (мелиоративное или агроинженерное) образование и опыт работы с оросительной техникой. Слесари должны иметь специализированную подготовку по гидравлическим системам, электрооборудованию и металлообработке. А также, необходимо проходить повышение квалификации через обучение у производителей техники [16].

Взаимодействие с другими подразделениями позволяющее работать эффективно:

- с агрономической службой согласуются графики полива и маршруты машин по полям.
- с отделом главного энергетика решаются вопросы электроснабжения насосных станций и приводов.

- бухгалтерия и отдел снабжения обеспечивают финансирование и своевременную закупку запчастей, ГСМ и материалов.

- взаимодействие с полевыми бригадами необходимо для минимизации простоев и оперативного информирования о поломках.

Основой для расчета численности персонала служит норма обслуживания ( $N_{\text{обсл}}$ ) – количество машин, которое может обслужить одна бригада за смену [17]. Например, для ШДМ типа «Фрегат» или «Кубань-ЛК» учитывается протяженность фронта работ, сложность рельефа и тип полива.

Общая численность ( $\text{Ч}$ ) рассчитывается по формуле:

$$\text{Ч} = (\text{К} \times \text{С}) / N_{\text{обсл}},$$

где  $\text{К}$  – количество агрегатов в парке,  $\text{С}$  – количество рабочих смен в сутки. Так при двухсменной работе и норме 2 машины на бригаду потребуется  $(8 \times 2) / 2 = 8$  бригад.

Типовая бригада для обслуживания ШДМ, включающая оператора-машиниста, слесаря-ремонтника, электромонтера (для машин с центральной опорой дополнительно требуется водитель-обходчик) в своем составе может иметь от 2 человек для простых задач на ровном рельефе до 3–4 для сложного ремонта или наладки.

Ключевые конструктивные отличия и их влияние на ТО приведены в таблице 2 [14,18-20].

Таблица 2 - Особенности ТО и ремонта дождевальных машин фронтального и кругового типа

Тип дождевальной машины	Основные различия ТО	Специфика регламентных работ	Типовые неисправности и методы устранения
Фронтальная	Создаются высокие нагрузки на шарнирные соединения. Требуется особое внимание к состоянию подшипниковых узлов, гидроцилиндров, ходовой части, трансмиссии и системе выравнивания.	Ежесменное обслуживание включает проверку давления в гидросистеме подъема крыльев (Ргидр), осмотр шлангов высокого давления и течь-детекцию, контроль давления в шинах колесных тележек. ТО-1 проводится через 50–100 моточасов. Добавляется регулировка натяжения цепных передач консольных крыльев и смазка шарниров. Проверка и регулировка тормозной системы и механизма выравнивания секций	Провисание крыльев из-за износа гидроцилиндров или падения давления в системе; поломки шарнирных пальцев; обрывы трубопроводов на консолях, износ шин, поломки элементов подвески тележек, сбой в системе наведения и выравнивания. Ремонт часто требует использования мобильных мастерских для замены узлов в полевых условиях. Чаще всего ремонт сводится к замене колесных пар или регулировке следящей системы.
Круговая	Этот тип отличается наличием центральной опоры с вращающимся шарниром и электроприводом или гидромотором. Контролируется состояние контактных колец (для подачи воды и электроэнергии), зубчатых передач и опорно-поворотных устройств.	Требуется ежесменная проверка работы контактного узла и датчиков положения, а на ТО-2 (250–500 моточасов) проводится диагностика износа опорно-поворотного подшипника и редуктора главного привода.	Перебои в подаче энергии или воды через контактное кольцо, выход из строя датчиков угла поворота, заклинивание редуктора. Необходимо обеспечить чистоту контактных пар и своевременную замену щеточного аппарата.

\*Таблица разработана авторами.

**Выводы.** Анализ современного состояния гидромелиоративных систем Российской Федерации выявил критический уровень физического износа основных элементов инфраструктуры — до 70 %, что приводит к значительным потерям воды, снижению пропускной способности каналов и ухудшению агроэкологического состояния орошаемых земель. В этих условиях разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий проведения ремонтно-эксплуатационных работ приобретают особую актуальность [20].

В ходе исследования были разработаны типовые технологические регламенты текущего и капитального ремонта для ключевых компонентов мелиоративных систем: земляных и облицованных каналов, закрытых трубопроводных и дренажных сетей, гидротехнических сооружений, а также широкозахватной дождевальной техники. Предложены рациональные методы восстановления бетонных облицовок, ликвидации повреждений подземных трубопроводов и укрепления дамб с учётом особенностей материалов и условий эксплуатации [20].

Особое внимание уделено комплексному техническому обслуживанию дождевальных машин, включая диагностику гидросистемы, калибровку дождеобразующих устройств, смазку узлов и подготовку техники к сезону. Установлено, что своевременное и качественное ТО позволяет не только продлить срок службы оборудования, но и обеспечить высокую равномерность полива и эффективное использование водных ресурсов.

Реализация предложенных решений способствует снижению эксплуатационных затрат на 15–25 %, сокращению сроков выполнения ремонтных работ и повышению надёжности функционирования мелиоративной инфраструктуры. Полученные результаты имеют практическую значимость и могут быть использованы проектными, эксплуатационными и научными организациями при реализации федеральных и региональных программ развития мелиорации, а также при разработке нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и ремонту гидромелиоративных систем.

#### **Библиографический список**

1. Развитие мелиоративного комплекса: строительство, модернизация и техническое перевооружение: справ. изд. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. — 88 с.

2. Ольгаренко, Д. Г. Технический уровень и эффективность эксплуатации мелиоративных систем / Д. Г. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. — 2015. — № 4(20). — С. 287-295. — EDN UXLZTL.

3. Разработка ресурсосберегающих технологий орошения

и новой экологически безопасной дождевальной техники для строительства, реконструкции, технического перевооружения и эксплуатации гидромелиоративных систем, обеспечивающих рациональное использование мелиорированных земель: Отчет о НИР № 319а/20-ГК от 15.08.2017. Минсельхоз России. 2017. Ольгаренко Г.В., Турапин С.С., Мищенко Н.А., Рязанцев А.И., Городничев В.И и др.

4. ГОСТ 58376-2016 Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения.

Эксплуатация. Общие требования: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2019-03-15/ Федеральное агентства по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 42 с.

5. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 9 апреля 2020 г. N 182 «Об утверждении Порядка проведения паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений»

6. ГОСТ Р 70566-2022 Системы и сооружения мелиоративные. Правила обследования и мониторинга технического состояния: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2022-12-16/ Федеральное агентства по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2022. – 20 с.

7. Абдулмажидов, Х. А. Очистка мелиоративных каналов от наносов, заилений и растительности / Х. А. Абдулмажидов, М. А. Карапетян // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2016. – № 5(75). – С. 13-17. – EDN WMULAJ.

8. Методические указания по эффективному техническому обслуживанию водозаборных сооружений магистральных каналов мелиоративных систем ФГБНУ «РосНИИПМ»: Ю. М. Косиченко; Е. И. Шкулановым; Г. Л. Лобановым.

9. Эшев, С. С., Нестерева, И. М., Хазратов, А. Н., Бобомуродов, Ф. Ф., Маматов, Н. З. Неразмывающие скорости земляных каналов в связных грунтах // ORIENSS. 2022. №5.

10. Баев, О. А. Конструктивно-технологические решения для создания и восстановления покрытий оросительных каналов / О. А. Баев, В. Ф. Талалаева // Мелиорация и гидротехника. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 177-191. – DOI 10.31774/2712-9357-2022-12-2-177-191. – EDN XZWPZF.

11. Турапин, С. С. Методические рекомендации по правилам эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / С. С. Турапин, Г. В. Ольгаренко. – Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. – 68 с. – ISBN 978-5-9906885-1-3. – EDN VGVMER.

12. Васильева, Е. В. Технология ремонтных работ с использованием грунтосмесей при устранении деформаций плотин и дамб / Е. В. Васильева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 89. – С. 607-618. – EDN TJARON.

13. Техническое обслуживание дождевальных машин/В.П. Жидовинов, В.Г. Луцкий, Ю.М. Мулаев и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – с. 5-6.

14. Горюнов Д.Г., Загоруйко М.Г., Кузнецов Р.Е. Особенности технического обслуживания дождевальной машины «Каскад 65Т»./Мелиорация и водное хозяйство. Том 2023 №4, 2024.

15. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 20 сентября 2021 г. N 648н "Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»

16. Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих. Раздел «Квалификационные характеристики должностей работников сельского хозяйства», Приложение к приказу Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 15 февраля 2012 г. N 126н <https://base.garant.ru/70150526/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>

17. Расчёт нормативной численности работников: примеры и формулы Источник: <https://www.gd.ru/articles/10952-rascht-normativnoy-chislennosti-rabotnikov> (дата обращения: 02.02.206г.)

18. Методические рекомендации по проектированию и эксплуатации оросительных систем с широкозахватными дождевальными машинами / Г. В.

Ольгаренко, С. С. Турапин, С. С. Савушкин, И. А. Костоварова. – Коломна : ИП Воробьев О.М., 2015. – 88 с. – ISBN 978-5-9906549-8-3. – EDN VGVMKJ.

19. Дождевальные машины Т-Л (ТЛ, ТЛ). Ремонт, запчасти, сервис. Источник:

<https://interagrosnab.ru/dozhdevalnye-mashiny-t-l-tl-tl-remont-zapchasti-servis-307276.html>

(дата обращения: 05.02.2026г.)

20. Разработать ресурсосберегающие технологии проведения ремонтно-эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах и комплекс новых технических средств, оборудования и материалов, рекомендуемых к применению в отрасли мелиорации. Отчет НИР / Коломна: ВНИИ «Радуга», 2013. – 54 с.

#### References in roman script

1. Razvitiye meliorativnogo kompleksa: stroitelstvo. modernizatsiya i tekhnicheskoye perevoorzheniye: sprav. izd. – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh». 2021. – 88 s.

2. Olgarenko. D. G. Tekhnicheskii uroven i effektivnost ekspluatatsii meliorativnykh sistem / D. G. Olgarenko // Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii. – 2015. – № 4(20). – S. 287-295. – EDN UXLZTL.

3. Razrabotka resursosberegayushchikh tekhnologiy orosheniya i novoy ekologicheskoi bezopasnoy dozhdvalnoy tekhniki dlya stroitelstva. rekonstruktsii. tekhnicheskogo perevoorzheniya i ekspluatatsii gidromeliorativnykh sistem. obespechivayushchikh ratsionalnoye ispolzovaniye meliorirovannykh zemel: Otchet o NIR № 319a/20-GK ot 15.08.2017. Minselkhoz Rossii. 2017. Olgarenko G.V., Turapin S.S., Mishchenko N.A., Ryazantsev A.I., Gorodnichev V.I i dr.

4. GOST 58376-2016 Meliorativnyye sistemy i gidrotekhnicheskiye sooruzheniya. Ekspluatatsiya. Obshchiye trebovaniya: natsionalnyy standart Rossiyskoy Federatsii: data vvedeniya 2019-03-15/ Federalnoye agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. – Izd. ofitsialnoye. – Moskva: Standartinform. 2019. – 42 s.

5. Prikaz Ministerstva selskogo khozyaystva RF ot 9 aprelya 2020 g. N 182 «Ob utverzhdenii Poryadka provedeniya pasportizatsii meliorativnykh sistem i otdelno raspolozhennykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy»

6. GOST R 70566-2022 Sistemy i sooruzheniya meliorativnyye. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya: natsionalnyy standart Rossiyskoy Federatsii: data vvedeniya 2022-12-16/ Federalnoye agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. – Izd. ofitsialnoye. – Moskva: Standartinform. 2022. – 20 s.

7. Abdulmazhidov. Kh. A. Ochistka meliorativnykh kanalov ot nanosov. zaileniy i rastitelnosti / Kh. A. Abdulmazhidov. M. A. Karapetyan // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina". – 2016. – № 5(75). – S. 13-17. – EDN WMULAJ.

8. Metodicheskiye ukazaniya po effektivnomu tekhnicheskomu obsluzhivaniyu vodozabornykh sooruzheniy magistralnykh kanalov meliorativnykh sistem FGBNU «RosNIIPM»: Yu. M. Kosichenko; E. I. Shkulanovym; G. L. Lobanovym.

9. Eshev. S. S., Nestereva. I. M., Khazratov. A. N., Bobomurodov. F. F., Mamatov. N. Z. Nerazmyvayushchiye skorosti zemlyanykh kanalov v svyaznykh gruntakh // ORIENSS. 2022. №5.

10. Bayev. O. A. Konstruktivno-tekhnologicheskiye resheniya dlya sozdaniya i vosstanovleniya pokrytiy orositelnykh kanalov / O. A. Bayev. V. F. Talalayeva // Melioratsiya i gidrotekhnika. – 2022. – T. 12. № 2. – S. 177-191. – DOI 10.31774/2712-9357-2022-12-2-177-191. – EDN XZWPZF.

11. Turapin. S. S. Metodicheskiye rekomendatsii po pravilam ekspluatatsii meliorativnykh sistem i otdelno raspolozhennykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy / S. S. Turapin. G. V. Olgarenko. – Kolomna : IP Vorobyev O.M., 2015. – 68 s. – ISBN 978-5-9906885-1-3. – EDN VGVMEP.

12. Vasilyeva. E. V. Tekhnologiya remontnykh работ s ispolzovaniyem grontosmesey pri ustraneniі deformatsiy plotin

i damb / E. V. Vasilyeva // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 89. – S. 607-618. – EDN TJAPOH.

13. Tekhnicheskoye obsluzhivaniye dozhdevalnykh mashin/V.P. Zhidovinov. V.G. Lutskiy. Yu.M. Mulayev i dr. – M.: Agropromizdat. 1986. – s. 5-6.

14. Goryunov D.G., Zagoruyko M.G., Kuznetsov R.E. Osobennosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya dozhdevalnoy mashiny «Kaskad 65T»./Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo. Tom 2023 №4. 2024.

15. Prikaz Ministerstva truda i sotsialnoy zashchity RF ot 20 sentyabrya 2021 g. N 648n "Ob utverzhdenii professionalnogo standarta "Spetsialist po ekspluatatsii meliorativnykh sistem"

16. Edinyy kvalifikatsionnyy spravochnik dolzhnostey rukovoditeley spetsialistov i sluzhashchikh. Razdel «Kvalifikatsionnyye kharakteristiki dolzhnostey rabotnikov selskogo khozyaystva». Prilozheniye k prikazu Ministerstva zdravookhraneniya i sotsialnogo razvitiya RF ot 15 fevralya 2012 g. N 126n

<https://base.garant.ru/70150526/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>

17. Raschet normativnoy chislennosti rabotnikov: primery i formuly Istochnik: <https://www.gd.ru/articles/10952-rascht-normativnoy-chislennosti-rabotnikov> (data obrashcheniya: 02.02.206g.)

18. Metodicheskiye rekomendatsii po proyektirovaniyu i ekspluatatsii orositelnykh sistem s shirokozhvatnymi dozhdevalnymi mashinami / G. V. Olgarenko. S. S. Turapin. S. S. Savushkin. I. A. Kostovarova. – Kolomna : IP Vorobyev O.M., 2015. – 88 s. – ISBN 978-5-9906549-8-3. – EDN VGVMKJ.

19. Dozhdevalnyye mashiny T-L (TL. TL). Remont. zapchasti. servis. Istochnik: <https://interagrosnab.ru/dozhdevalnye-mashiny-t-l-tl-tl-remont-zapchasti-servis-307276.html> (data obrashcheniya: 05.02.206g.)

20. Razrabotat resursosberegayushchiye tekhnologii provedeniya remontno-ekspluatatsionnykh rabot na gidromeliorativnykh sistemakh i kompleks novykh tekhnicheskikh sredstv. oborudovaniya i materialov. rekomenduyemykh k primeneniyu v otrasli melioratsii. Otchet NIR / Kolomna: VNI «Raduga». 2013. – 54 s.

## Сведения об авторах

**Костоварова Ирина Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, [irina\\_kost71@mail.ru](mailto:irina_kost71@mail.ru)

**Банникова Алла Игоревна**, младший научный сотрудник, Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, [bai.vniiraduga@yandex.ru](mailto:bai.vniiraduga@yandex.ru)

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 12.02.2026г.

Для цитирования: Костоварова И.А., Банникова А.И. Ресурсосберегающие технологии проведения ремонтно-эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах с широкозахватной дождевальной техникой// Вестник мелиоративной науки. 2026.№1. С. 43-56.

## Information about the authors

**Kostovarova Irina Aleksandrovna**, Candidate of Farming, Leading scientific researcher. Federal State Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga»; Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhnyj, [irina\\_kost71@mail.ru](mailto:irina_kost71@mail.ru)

**Bannikova Alla Igorevna**, assistant-researcher. Federal State Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhnyj, [bai.vniiraduga@yandex.ru](mailto:bai.vniiraduga@yandex.ru)

The authors declare that there is no conflict of interest.

Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors.

The article was received in the editorial office on 12.02.2026.

For citations: Kostovarova I. A., Bannikova A. I. Resource-Saving Methods of Repair and Maintenance Works Provided on Hydraulic and Melioration Systems with Wide-Range Sprinkler Equipment // Bulletin of Meliorative Science. 2026.№1. C. 43-56.

## Современное состояние и стратегические перспективы модернизации парка мелиоративной техники в Российской Федерации

Мищенко Николай Андреевич

*Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный*

**Аннотация.** В статье представлен комплексный анализ эволюции и текущего состояния парка дождевальной техники в Российской Федерации. На основе ретроспективного обзора данных начала 2000-х годов, выявившего критический физический и моральный износ оборудования и доминирование устаревших моделей, работа переходит к оценке современной ситуации, сформировавшейся после 2023 года. Кардинальное изменение геополитического контекста и введение санкционных ограничений привели к разрыву цепочек поставок с ведущими западными производителями, что обострило проблему импортозависимости, оцениваемой сегодня более чем в 83% рынка оросительных систем. В статье исследуются адаптационные механизмы рынка, включающие развитие параллельного импорта, стремительный рост присутствия китайских, турецких и саудовских производителей, а также активизацию отечественного машиностроения. Особое внимание уделяется системному анализу мер государственной поддержки в рамках Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель и развития мелиоративного комплекса, утвержденной до 2030 года. Рассматриваются инновационные отечественные разработки и ключевые тренды цифровизации отрасли, включая создание интеллектуальных платформ и систем точной мелиорации. На основе синтеза ретроспективных данных, современных вызовов и перспективных направлений развития формулируются стратегические предложения по формированию технологически суверенного, конкурентоспособного и наукоемкого сектора мелиоративного машиностроения, что является фундаментальным условием для обеспечения продовольственной безопасности страны и устойчивого развития АПК в условиях изменяющегося климата и геоэкономических реалий.

**Ключевые слова:** мелиорация, дождевальная техника, импортозависимость, импортозамещение, государственная поддержка, цифровизация, продовольственная безопасность.

Research article

## Current State and Strategic Perspectives for Russian Federation Melioration Machine Fleet Modernizing

Mischenko Nikolaj Andreevich

*Federal State Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhnyj*

**Annotation.** The article presents complex analysis of evolution and current state of sprinkler machine fleet in Russian Federation. After the retrospective review of the data from the beginning of 2000s, revealing critical physical and moral wear of equipment and old model domination, the article comes to the evaluation of current situation, formed after 2023. The critical changes in geo-political situation and sanction restrictions have cut the chain on foreign made equipment import from abroad, that strengthen the dependence of import problem, evaluated now as more than 83% of the irrigation equipment market. The article presents a study on adaptive national market possibilities, including

parallel import possibilities, fast growth of Chinese, Turkish, and Saud producers present, as well as national machine producing industry development. The special attention is paid on the systematic analysis of State support measures in the frame of State Program on effective land putting into rotation and melioration complex development, approved up to 2030. Innovation national projects and key trends to the branch digitization are developing, including creation of intellectual platforms and precise melioration systems. On the base of retrospective data synthesis, current challenges and perspective development trends are formed strategic proposals on creation of technologically independent, competitive and science-driven sector of melioration machine industry, that is the main trend to provide country food security, and stable development of agricultural and Industrial complex under climate changes and geo-economic realia.

**Keywords:** melioration, irrigation machines, import-dependence, import-replace, State support, digitization, food security.

**Введение.** Орошение было и остается ключевым фактором обеспечения устойчивости и продуктивности сельского хозяйства, особенно в условиях нарастающей климатической изменчивости и дефицита водных ресурсов. Эффективность орошения в решающей степени определяется техническим состоянием парка мелиоративных машин. К началу 2000-х годов парк дождевальнoй техники России находился в глубоком кризисе: более 80% машин выработали нормативный срок службы, доминировали морально устаревшие модели («Фрегат», ДДА-100МА), а сегмент современных шланго-барабанных установок был практически полностью занят импортной продукцией [1]. Прогнозы того периода указывали на необходимость полного обновления парка в течение 5–7 лет и наращивания собственного производства.

Сегодня, спустя два десятилетия, ситуация приобрела новое, более сложное измерение. Геополитические изменения и санкционные ограничения, введенные после 2022 года, привели к уходу с российского рынка ведущих западных брендов, что спровоцировало острый кризис в сервисном обслуживании и поставках запчастей для уже эксплуатируемой импортной техники. В этих условиях задача модернизации парка трансформировалась в императив технологического суверенитета. Современная мелиорация рассматривается на высшем государственном уровне как одна из ключевых основ для достижения национальных целей развития, включая увеличение объема производства АПК и экспорта [2].

**Цель** исследования – провести комплексный ретроспективно-перспективный анализ состояния парка мелиоративной техники в России, оценить структурные сдвиги под влиянием внешних ограничений и сформулировать научно обоснованную стратегию его восстановления на основе импортозамещения и инновационного развития.

Задачи исследования:

1. Проанализировать ключевые проблемы парка, выявленные в период 2000-х годов, как исходную точку для оценки текущих изменений.

2. Оценить современную структуру рынка оросительной техники, уровень импортозависимости и новые цепочки поставок.

3. Исследовать меры государственной поддержки и их эффективность в стимулировании отечественного производства.

4. Проанализировать инновационные разработки российских предприятий и тренды цифровизации в мелиорации.

5. Разработать комплекс стратегических рекомендаций для формирования конкурентоспособного и технологически независимого сектора мелиоративного машиностроения.

### **Материалы и методы**

Исследование построено на принципе сравнительного ретроспективно-перспективного анализа. Базовыми материалами послужили данные отраслевой отчетности Министерства сельского хозяйства РФ и научные разработки ВНИИ «Радуга» за 2005-2025 гг., характеризующие исходное состояние парка. Анализ современной ситуации (2022-2025 гг.) проведен на основе данных маркетинговых исследований (TEBIZ Group), отраслевой аналитики, публикаций в специализированных агротехнических изданиях и официальных документов, включая рекомендации «круглого стола» Совета Федерации от мая 2025 года и материалы агропромышленной выставки «Агроволга-2025». Используются методы статистического анализа, экспертных оценок, case-study и системного подхода для интеграции данных из разных временных срезов [2-4].

### **Результаты и их обсуждение**

1. Историческая ретроспектива: от расцвета к системному кризису.

Для понимания глубины текущих проблем необходимо обратиться к историческому контексту. Пик развития мелиорации в СССР пришелся на 1970-80-е годы, когда была создана мощная индустриальная база, научные институты и служба эксплуатации. К концу 1980-х годов площадь орошаемых земель в РСФСР достигла 6,2 млн га, а парк дождевальных машин насчитывал около 80 тыс. единиц. Мелиорированные земли, составляя лишь 4% угодий, давали до 16% растениеводческой продукции [5].

Однако с начала 1990-х годов отрасль вступила в затяжную фазу деградации. К 2000 году парк машин сократился до 19,2 тыс., а к 2008 – до 6 тыс. единиц, то есть более чем в 13 раз. Процессы разрушения инфраструктуры и потери компетенций привели к тому, что к 2015 году из 4,26 млн га формально орошаемых земель реально поливалось лишь 1,35 млн га. Этот исторический провал создал стартовые условия, при которых даже до введения санкций 2022 года отечественная отрасль была неспособна удовлетворить потребности АПК в современной технике [6-8].

2. Современное состояние: структурный кризис на фоне импортозависимости  
Современный этап характеризуется наложением хронических проблем на новые шоковые вызовы.

- Критический износ и нехватка техники: более 50% парка технических средств эксплуатируется за пределами нормативных сроков, отмечается высокая степень износа машинно-технологического оборудования и основных фондов мелиоративных систем. Для эффективного сельскохозяйственного производства, по экспертным оценкам, России необходимо иметь не менее 10 млн га орошаемых земель, в то время как в использовании находится лишь 6,9 млн га мелиорированных сельхозугодий.

- Доминирование импорта: как показано на Рисунке 2, по состоянию на конец 2023 года свыше 83% рынка оросительных систем в России занимала импортная продукция. Санкции 2022 года не снизили эту зависимость кардинально, а переориентировали потоки. Лидером по импортным поставкам в 2023 году впервые стал Китай (более 23%), хотя ключевым поставщиком высокотехнологичного оборудования оставалась австрийская компания Вауер. Это создает риски как с точки зрения технологического суверенитета, так и с позиции долгосрочной сервисной поддержки и поставок запчастей.



Рисунок 1 - Динамика сокращения парка дождевальной техники и орошаемых площадей в России (1990–2025 гг.)

Рисунок 1 наглядно иллюстрирует катастрофическое сокращение материально-технической базы мелиорации в постсоветский период, определившее современный дефицит мощностей.

- Региональный аспект рисков: импортозависимость усугубляется концентрацией промышленного и сельскохозяйственного потенциала в регионах, наиболее уязвимых к санкциям. Исследования Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» показывают, что в зоне высокого риска находятся ключевые индустриальные и аграрные регионы, такие как Калужская, Ульяновская, Самарская области и Татарстан, экономика которых тесно интегрирована в глобальные цепочки создания стоимости.

### 3. Институциональный ответ: государственные программы и поддержка

Осознание системного кризиса привело к усилению роли государства. Ключевым инструментом является Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса, действующая с 2022 до 2030 года. Ее цели амбициозны: вовлечь в оборот не менее 13,2 млн га земель и улучшить состояние еще 7,2 млн га за счет мелиоративных мероприятий. Бюджетное финансирование программы на 2026 год запланировано на уровне 40,3 млрд рублей, а на 2027 год 45,2 млрд рублей [9].

Важным механизмом стимулирования спроса являются субсидии. На федеральном уровне возмещается до 50% затрат на приобретение техники по программе «Земля». В передовых регионах, таких как Татарстан, уровень поддержки может достигать 70%. Участники «круглого стола» в Совете Федерации отмечают необходимость дальнейшего увеличения финансирования и совершенствования законодательства, в частности, для решения проблемы завышенных тарифов на воду и содержания бесхозных мелиоративных систем.

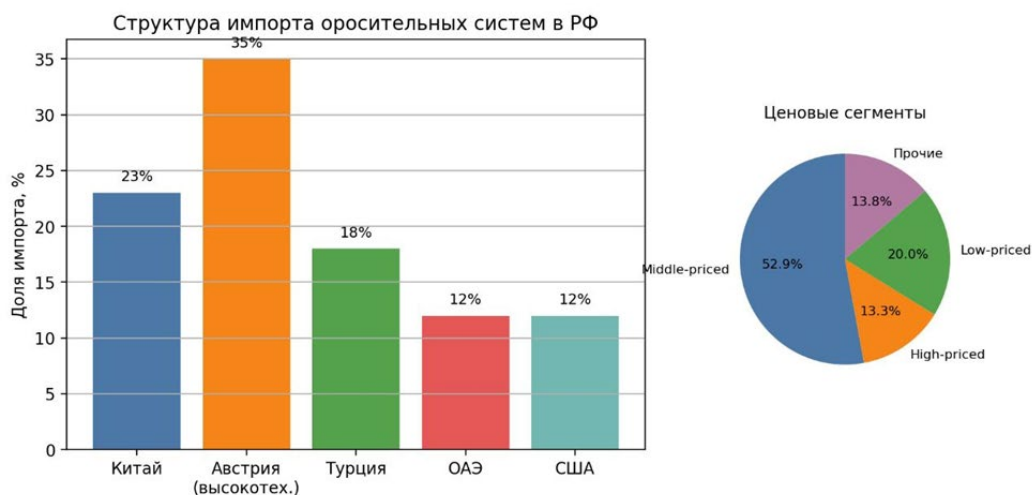


Рисунок 2 - Структура импорта оросительных систем на рынок РФ по странам-поставщикам (по данным за 2023 год)

\*Данные, отраженные на Рисунке 2, основаны на исследовании ТЕВIZ Group и демонстрируют сохраняющуюся критическую зависимость российского АПК от зарубежных поставок, а также смещение их географии [10].

4. Перспективные направления прорыва: цифровизация и отечественные разработки  
Преодоление кризиса видится не только в наращивании объемов, но и в качественном технологическом рывке.

- Цифровая трансформация мелиорации: становится центральным направлением научной и практической деятельности. Разрабатываются мобильные приложения, интеллектуальные платформы, системы мониторинга и роботизированная техника для «точной мелиорации». ВНИИ «Радуга» выпустил монографию, посвященную проблемам и перспективам цифровых технологий в отрасли, что указывает на формирование системного научного подхода [9-10]. Цифровизация направлена на оптимизацию водопользования, автоматизацию управления и минимизацию потерь.

- Развитие отечественного машиностроения: санкции стимулировали интерес к российским производителям. Крупнейшими из них являются ЗАО «Новый век агротехнологий», ООО «БСГ», ООО «КЗОТ» и другие компании входящие в крупнейшее объединение «Национальной ассоциации производителей оборудования и решений для мелиорации - Напор» [12]. Активно ведутся разработки в области ресурсосберегающих технологий орошения, новых моделей дождевальной техники и систем капельного полива. Ключевой задачей является не просто копирование, а создание конкурентоспособных продуктов с высокой степенью автоматизации, надежности и адаптированных к российским условиям.

- Кадровый вызов: участники «круглого стола» в Совете Федерации отдельно отмечают серьезные проблемы с подготовкой кадров – инженеров-гидротехников, технических специалистов и рабочих для эксплуатации современной техники. Без решения этого вопроса любые технологические инновации окажутся нереализуемыми.

### **Выводы**

1. Кризис парка мелиоративной техники носит глубокий исторический и системный характер. Он является следствием деградации отрасли в 1990-2000-е годы, усугубленной современной геополитической ситуацией и критической импортозависимостью, превышающей 83%.

2. Государство сформировало адекватный институциональный ответ в виде целевой Госпрограммы до 2030 года с серьезным финансированием и механизмами субсидирования. Однако для ее успеха требуется дальнейшая законодательная корректировка, особенно в сфере тарифообразования и управления мелиоративными системами.

3. Технологическим ответом на вызовы должна стать цифровая трансформация отрасли («точная мелиорация») параллельно с масштабной программой импортозамещения в машиностроении. Приоритет – создание интеллектуальных, энергоэффективных и надежных отечественных систем.

4. Ключевым узким местом, способным сорвать все планы, является кадровый дефицит. Необходима экстренная разработка и финансирование федеральной программы подготовки и переподготовки инженеров, техников и рабочих для мелиоративного комплекса.

5. Успех модернизации мелиорации является базальтернативным условием для достижения национальных целей в области продовольственной безопасности, наращивания сельхозпроизводства и экспорта, поставленных в Указе Президента № 309 от 7 мая 2025 года [13].

### Библиографический список

1. Ольгаренко Г.В. Состояние и перспективы развития орошения / ФГНУ ВНИИ «Радуга». – 2005.

2. Рекомендации «круглого стола» на тему «Проблемы и перспективы развития мелиоративного комплекса Российской Федерации: законодательный аспект». Совет Федерации ФС РФ, 20 мая 2025 г.

3. Рейтинг регионов России по импортозависимости их специализаций // Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. 2023.

4. На «Агроволге — 2025» обсудили развитие мелиоративного комплекса Республики Татарстан // Портал Республики Татарстан. – 2025. – 15 мая. – URL: <https://tatarstan.ru/news/agrovolga2025> (дата обращения: 27.01.2026).

5. Монография «Проблемы и перспективы развития цифровых технологий в мелиорации» // Сайт ФГБНУ ВНИИ «Радуга». 2024.

6. Давшан С.М., Ивин С.Н. Перспективы использования полосовых шланговых дождевателей в Российской Федерации / ФГНУ ВНИИ «Радуга». – 2006.

7. Загоровская В., Трофимов А. Дождь заказывали? Оросительные системы из дружественных стран вытесняют европейские аналоги // Агротехника и технологии. – 2023.

8. Мищенко Н. А. Технология и технические средства подкоронового микроорошения садовых культур: автореф. дис. канд. техн. наук. – Москва, 2014.

9. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и

развития мелиоративного комплекса Российской Федерации (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 1910). – URL: <http://publication.pravo.gov.ru> (дата обращения: 27.01.2026)

10. TEBIZ Group. Анализ рынка оросительных систем в России – 2024. Показатели и прогнозы. – 2024. – URL: <https://tebiz-group.ru/analytics/irrigation-market-2024> (дата обращения: 27.01.2026).

11. Икромов И. И. Совершенствование конструкций и обоснование параметров систем микроорошения: дис. канд. техн. наук. – 2015.

12. Мищенко Н. А., Лебедев Д. А. Автоматизированные системы управления широкозахватными дождевальными машинами: анализ и перспективы применения в мостовом земледелии // Международный агрокультурный журнал. 2026. №. 6. С. 207-221. DOI: [https://doi.org/10.55186/25880209\\_2025\\_9\\_6\\_14](https://doi.org/10.55186/25880209_2025_9_6_14) (дата обращения: 27.01.2026).

13. Указ Президента Российской Федерации от 7.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <https://pravo.gov.ru> (дата обращения: 27.01.2026)

### References in roman script

1. Olgarenko G.V. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya orosheniya / FGNU VNIИ «Raduga». – 2005.

2. Rekomendatsii «kruglogo stola» na temu «Problemy i perspektivy razvitiya

meliorativnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii: zakonodatelnyy aspekt». Sovet Federatsii FS RF. 20 maya 2025 g.

3. Reyting regionov Rossii po importozavisimosti ikh spetsializatsiy // Institut statisticheskikh issledovaniy i ekonomiki znaniy NIU VShE. 2023.

4. Na «Agrovolge — 2025» obsudili razvitiye meliorativnogo kompleksa Respubliki Tatarstan // Portal Respubliki Tatarstan. – 2025. – 15 maya. – URL: <https://tatarstan.ru/news/agrovolga2025> (data obrashcheniya: 27.01.2026).

5. Monografiya «Problemy i perspektivy razvitiya tsifrovyykh tekhnologiy v melioratsii» // Sayt FGBNU VNII «Raduga». 2024.

6. Davshan S.M., Ivin S.N. Perspektivy ispolzovaniya polosovykh shlangovykh dozhdevateley v Rossiyskoy Federatsii / FGNU VNII «Raduga». – 2006.

7. Zagorovskaya V., Trofimov A. Dozhd zakazyvali? Orositelnyye sistemy iz druzhestvennykh stran vytesnyayut evropeyskiye analogi // Agrotekhnika i tekhnologii. – 2023.

8. Mishchenko N. A. Tekhnologiya i tekhnicheskiye sredstva podkronovogo mikroorosheniya sadovykh kultur: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. – Moskva. 2014.

9. Gosudarstvennaya programma effektivnogo vovlecheniya v oborot zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya i

razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii (utverzhdena postanovleniyem Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 29 oktyabrya 2021 g. № 1910). – URL: <http://publication.pravo.gov.ru> (data obrashcheniya: 27.01.2026)

10. TEBIZ Group. Analiz rynka orositelnykh sistem v Rossii – 2024. Pokazateli i prognozy. – 2024. – URL: <https://tebiz-group.ru/analytics/irrigation-market-2024> (data obrashcheniya: 27.01.2026).

11. Ikromov I. I. Sovershenstvovaniye konstruktsiy i obosnovaniye parametrov sistem mikroorosheniya: dis. kand. tekhn. nauk. – 2015.

12. Mishchenko N. A., Lebedev D. A. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya shirokoyakhvatnymi dozhdevalnymi mashinami: analiz i perspektivy primeneniya v mostovom zemledelii // Mezhdunarodnyy agrokulturnyy zhurnal. 2026. №. 6. S. 207-221. DOI: [https://doi.org/10.55186/25880209\\_2025\\_9\\_6\\_14](https://doi.org/10.55186/25880209_2025_9_6_14) (data obrashcheniya: 27.01.2026).

13. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 7.05.2024 № 309 «O natsionalnykh tselyakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda» // Ofitsialnyy internet-portal pravovoy informatsii. URL: <https://pravo.gov.ru> (data obrashcheniya: 27.01.2026)

## Сведения об авторе

**Мищенко Николай Андреевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, [mishchenko.nikolai@bk.ru](mailto:mishchenko.nikolai@bk.ru)

Автор заявляет об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Статья поступила в редакцию 27.01.2026г.

Для цитирования: Мищенко Н.А. Современное состояние и стратегические перспективы модернизации парка мелиоративной техники в Российской Федерации// Вестник мелиоративной науки. 2026.№1. С. 57-65.

## Information about the author

**Mischenko Nikolaj Andreevich**, Candidate of Technology, the Leading scientific researcher. Federal State Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhnyj, [mishchenko.nikolai@bk.ru](mailto:mishchenko.nikolai@bk.ru)

The author declare that there is no conflict of interest.  
Editorial opinion may not coincide with the opinion of the author.

The article was received in the editorial office on 27.01.2026.

For citations: Mischenko N.A. Current State and Strategic Perspectives for Russian Federation Melioration Machine Fleet Modernizing // Bulletin of Meliorative Science. 2026.№1. C. 57-65.

## Анализ динамики ирригационных площадей в Российской Федерации

**Муравлёва Вера Викторовна**

*Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный*

**Аннотация.** В статье проанализирована площадь орошаемых земель в Российской Федерации за 2020–2022 года. Актуальность работы связана с низким значением орошаемых земель в структуре сельскохозяйственных угодий в сравнении с мировыми лидерами, которое в 8 раз ниже показателя Китая. Цель исследования – количественный анализ динамики орошаемых площадей в России в разрезе региональной дифференциации. Методология работы основана на комплексном изучении и анализе официальных статистических данных и отчетной документации. В ходе исследования установлено, что фактическая площадь орошаемых земель увеличилась с 3,96 млн га до 4,25 млн га, абсолютный прирост составил 7,33%. Потенциальная орошаемая площадь увеличилась на 4,75%, коэффициент освоения мелиоративного потенциала характеризуется ростом с 0,86 до 0,88. Наибольшая концентрация ирригационных площадей зафиксирована в Приволжском, Северо-Кавказском и Южном федеральных округах, которые занимают в 2022 году 66% от общего объема орошаемых земель страны. Во всех субъектах РФ отмечается увеличение числа орошаемых земель в диапазоне от 2% до 29%. Следует отметить регион, в котором прирост площади орошаемых сельхозугодий за три года составил максимальное значение относительно всех представленных субъектов: Северо-Западный федеральный округ (+29,11%). Полученные данные о федеральной поддержке мелиоративной отрасли указывают на необходимость сохранения устойчивого государственного финансирования при реализации масштабных мероприятий по модернизации оросительных систем. Полученные результаты могут быть использованы в качестве основных аспектов при формировании стратегических направлений развития агропромышленного комплекса в условиях реализации технологической независимости и продовольственной безопасности страны.

**Ключевые слова:** мелиорация, орошаемые земли, региональная дифференциация, коэффициент освоения, мелиоративный потенциал.

Research article

## Analysis of Irrigated Areas Development Trends in Russian Federation

**Muravleva Vera Viktorovna**

*Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Kolomna, Russia*

**Annotation.** The article presents analysis of the situation with irrigated lands in Russian Federation for 2020-2022. This study is actual because of low importance of the irrigated lands in the whole farming areas in comparison with the world leaders; it is in 8 times lower than in China. The goal of this study is quantity analysis of the irrigated lands development trends in the frame of regional differentiation. The method of study is based on complex investigation and analysis of official statistic data and report documents. As it was found in fact irrigated land area had increased from 3.96 mln. ha up to 4.25 mln. ha; absolute growth was 7.33%. Potential irrigated area had increased in 4.75 %, potential melioration coefficient value had increased from 0.86 up to 0.88. The biggest concentration

of irrigated lands is in The Volga District, North-Caucasian and Southern Federal Territories, that had in 2022 66% from the total country irrigated area. In all subjects of the Russian Federation the amount of irrigated lands was growing in the range from 2% up to 29%. We should note a region, where increase of the irrigated areas was the biggest in 3 years: it was Northern-Western Federal Territory (+29.11%). Obtained data on federal support of melioration branch show necessity of permanent State financing of wide-range activities in irrigation systems modernization. The gained results may be used in formation of the main strategic trends for agricultural and industrial complex development under the conditions of technological independence realization and national food security.

**Keywords:** reclamation, irrigated lands, regional differentiation, development rate, reclamation potential.

**Введение.** Развитие российского агропромышленного комплекса происходит в условиях усиления влияния антропогенных факторов и изменчивости климата в сельскохозяйственных районах, что определяет применение новых ресурсосберегающих агротехнологических методов. В данных условиях мелиорация земель выступает стратегическим инструментом в целях обеспечения продовольственной безопасности и адаптации агросистем к климатическим колебаниям. Согласно Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. №309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [1] задачами агропромышленного комплекса страны должны стать целевые показатели по наращиванию производства, экспорта продукции и технологической независимости. Данная направленность определяет проблему развития мелиоративной отрасли как стратегического вектора стабилизации урожайности главных сельскохозяйственных культур, таких как зерновые, масличные и овощебахчевые. Согласно данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO,2023) [2] доля орошаемых земель составляет лишь 23% от мировых значений, при чем 48% произведенной сельскохозяйственной продукции участвует в формировании общемирового урожая агрокультур.

В Российской Федерации имеется значительное число площадей, пригодных для орошения, однако фактическое использование ирригационного земледелия ограничено техническим состоянием мелиоративной инфраструктуры и климатической дифференциацией регионов страны [3].

Согласно данным FAO (2023), РФ занимает 14 место в рейтинге стран по фактической площади орошения в 2020 году (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели орошаемого земледелия в странах (2020 г.)

Страна	Фактическая площадь орошаемых земель, млн га	Доля в с/х угодьях, %	Позиция в рейтинге
Индия	69,5	36,7	1
Китай	65,9	38,5	2
США	28,4	16,8	3
Узбекистан	4,30	21,3	13
Россия	3,96	4,3	14

Источник: [4,5,6,7].

Лидером орошаемого земледелия является Индия с показателем 69,5 млн га. Однако Китай выступает страной с максимальной долей орошаемых земель (38,5%) в структуре сельскохозяйственных угодий. Значение показателей для России зафиксированы на низком уровне. Фактическая площадь орошения составляет в 2020 году 3,96 млн га. Орошаемые земли занимают лишь 4,3% от сельскохозяйственных угодий, что более чем в 8 раз ниже мировых стран-лидеров. Таким образом, сравнительный анализ показателей орошения выявил отставание Российской Федерации от зарубежных стран по ключевому критерию мелиоративного развития. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью оценки динамики орошаемых площадей в контексте реализации государственной программы развития сельского хозяйства и определения региональных диспропорций в использовании мелиоративного потенциала для достижения целевых показателей продовольственной безопасности страны. Целью работы является анализ динамики площади орошаемых земель РФ за 2020–2022 года с учетом региональной дифференциации, сравнительная оценка темпов развития мелиоративного комплекса и формирование приоритетных направлений модернизации мелиоративного сектора.

**Материалы и методы.** В исследовании использованы официальные статистические данные Росстата (годовые доклады о состоянии и использовании земель в Российской Федерации), отчеты Министерства сельского хозяйства РФ о реализации мероприятий по мелиорации земель, международная база данных FAO AQUASTAT, а также информационная мониторинговая система ФГБНУ ВНИИ «Радуга» – база данных портала «Радуга-Информ». На основе полученных данных проведен ретроспективный анализ динамики орошаемых площадей за 2020–2022 года. Региональный анализ представлен на основе дифференциации субъектов РФ по абсолютному приросту и темпам роста за трехлетний период. Обработка данных и графическое оформление результатов исследования выполнены в электронных таблицах Microsoft Office Excel.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Анализ динамики площади орошаемых земель Российской Федерации за 2020–2022 года представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Динамика орошаемых земель в Российской Федерации (2020–2022 гг.)

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Фактическая площадь орошаемых земель, млн га	3,96	4,08	4,25
Темп роста к предыдущему году, %	-	+3,0	+4,2
Потенциально орошаемая площадь (оборудованная для орошения), млн га	4,63	4,71	4,85
Коэффициент освоения (фактически/потенциальная)	0,86	0,87	0,88

Источник: составлено автором на основе [8,9,10].

За анализируемый период фактически используемая площадь орошаемых земель увеличилась на 290 тыс. га (или на 6,8%), темп роста за три года составил более 7,0%. Потенциал орошаемых земель вырос на 220 тыс. га (или на 4,53%), что объясняется проведением процедуры введения земельного учета и внесение в государственный реестр Минсельхозом России неучтенных территорий. Коэффициент освоения мелиоративного потенциала увеличился на 0,02 ед. (или на 2,3%) пропорционально росту площади орошаемых земель. Данный анализ отражает положительную динамику роста фактической и потенциальной площади орошаемых земель в России, что свидетельствует о выполнении целей Государственной программы развития мелиоративного сектора. Следует отметить, что значение потенциальной и фактической площадей орошения за указанный период отличаются друг друга значениям на 0,6–0,7 млн га. Зафиксированные колебания подтверждают сезонность процесса водопользования и наличие проблем в области ремонтно-восстановительных работ на оросительных объектах.

Согласно данным Росстата, в 2022 году объем поддержки мелиоративных мероприятий на федеральном уровне составил 6,6 млрд. руб., что отражено ростом на 1,3 млрд. руб. (+24,5%) относительно предыдущего года (рисунок 1).

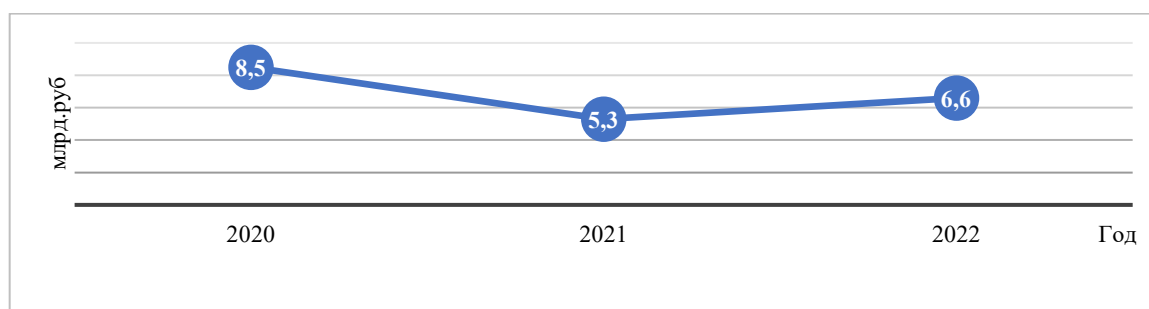


Рисунок 1 - Федеральные субсидии на мелиорацию в РФ (2020–2022 гг.)

Источник: [11].

Однако в целом за период 2020–2022 годов федеральное финансирование характеризуется падением индикатора на 1,9 млрд. руб. (или на 22,4%) и указывает на дестабилизацию субсидиарных потоков. Таким образом площади орошаемых земель в России ежегодно увеличиваются, однако финансирование мелиоративных проектов характеризуется волнообразными скачками.

В региональной проекции структура орошаемых площадей представлена на рисунке 2.

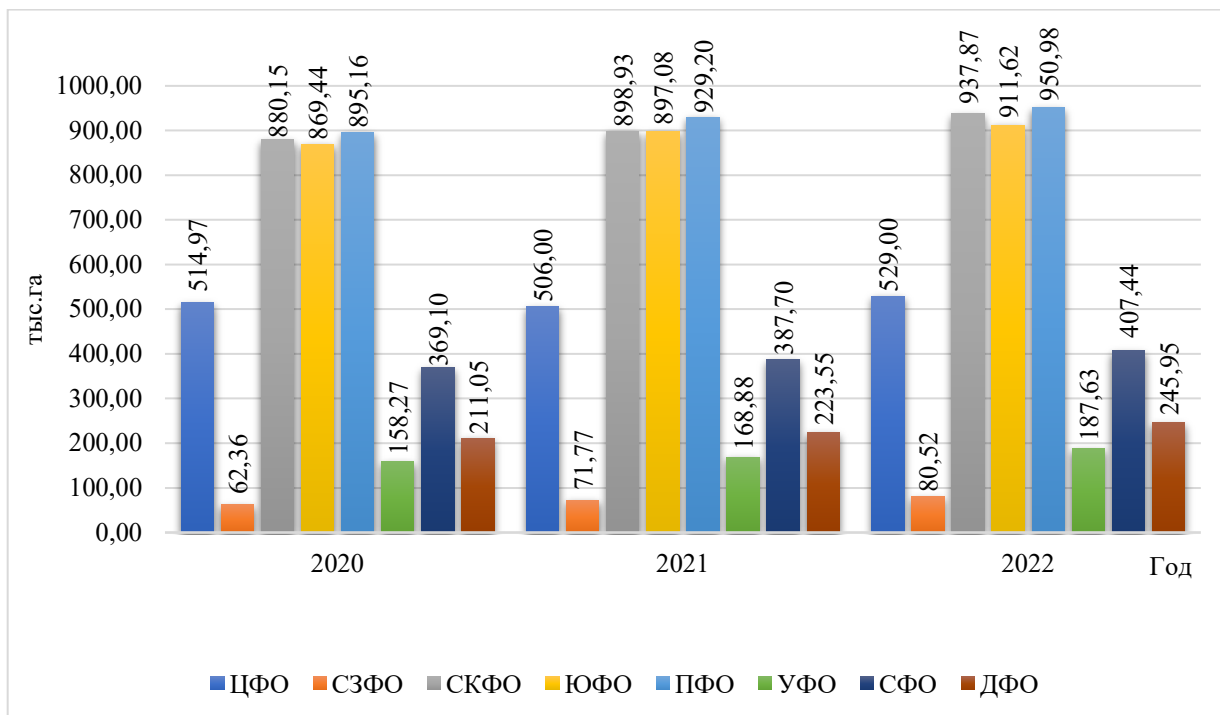


Рисунок 2 - Фактическая площадь орошаемых земель по субъектам Российской Федерации (2020–2022 гг.)

Источник: составлено автором на основе [12].

Наибольшей площадью орошаемых земель в 2022 году обладают следующие регионы-лидеры: Приволжский – 950,98 тыс. га, Северо-Кавказский – 937,87 тыс. га, Южный – 911,62 тыс. га. Для данных субъектов положительная динамика сохранялась на всем периоде исследования. Высокий прирост орошаемой территории зафиксирован на Северном Кавказе (+57,72 тыс. га). Во всех субъектах РФ отмечается увеличение числа орошаемых земель в диапазоне от 2% до 29%. Необходимо отметить Северо-Западный федеральный округ, в котором выявлена наименьшая величина площади орошаемых сельхозугодий, однако прирост в данном регионе за три года составил максимальное значение (+29,11%) относительно всех представленных субъектов.

Суммарная доля в общей площади орошаемых земель лидирующих регионов составила 66% (рисунок 3).

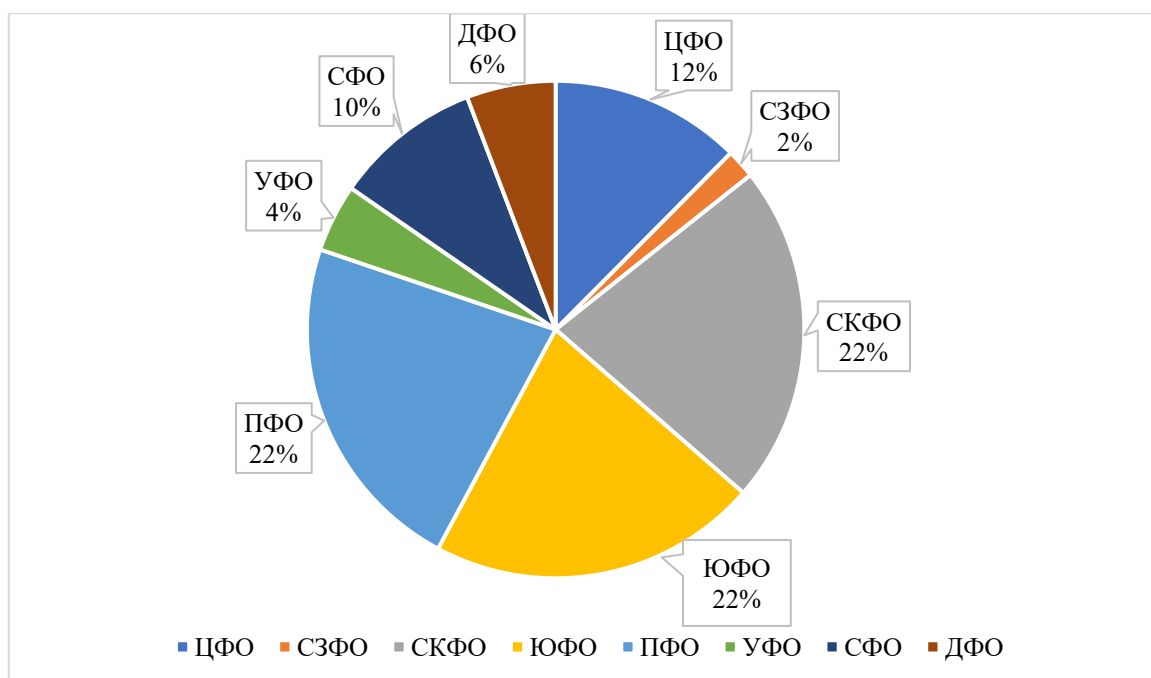


Рисунок 3 – Доля площади орошаемых земель по субъектам Российской Федерации (2022 г.)

Источник: составлено автором на основе [12].

В ходе анализа были выявлены регионы, процентное соотношение которых в общей структуре орошаемых площадей менее 10%: Дальневосточный ФО – 6%, Уральский ФО – 4%, Северо-Западный ФО – 2%. Указанные территории в 2022 году составили 33% от общей площади орошаемых угодий в стране, образуя группу субъектов с недостаточным количеством ирригационных земель.

Региональная динамика площадей орошаемого земледелия выражена однородными позитивными изменениями во всех субъектах РФ. Концентрация мелиорированных земель происходит преимущественно в двух федеральных округах: Северо-Кавказском и Южном, что объясняется благоприятными агроклиматическими условиями и исторически сложившейся инфраструктурой оросительных систем. Опережающее развитие мелиоративного комплекса обеспечивается реконструкцией оросительных систем и вводом в эксплуатацию новых объектов мелиорации.

Выявленный рост площадей орошаемых земель стимулирует увеличение потенциала использования пригодных для орошения территорий, что свидетельствует о имеющемся запасе для модернизации водораспределительных сетей. Рост коэффициента освоения до 0,88% указывает на согласованность процесса ввода и эксплуатации мелиоративных систем. Однако отчетливо прослеживается региональная разнородность в развитии ирригации, которая обусловлена природно-климатическими факторами и техническим состоянием мелиоративных систем. Южные регионы, богатые водными ресурсами, характеризуются засушливым климатом и при этом хорошо развитой мелиоративной структурой советского времени. Противоположная

ситуация сложилась в Центральном и Приволжском ФО, в которых имеются крупные водохранилища (Рыбинское, Куйбышевское и другие), но низкий уровень состояния оросительных сетей и высокая стоимость подачи воды на труднодоступные участки не позволяет этим регионам в полном объеме реализовать мелиоративный потенциал.

### **Заключение**

Устойчивое развитие мелиоративного комплекса в России определяется следующими стратегическими направлениями:

1. Внедрение водосберегающих технологий посредством модернизации существующей инфраструктуры. Увеличение доли капельного орошения приведет к росту урожайности сельскохозяйственных культур и сокращению водопотребления. Особенно перспективно использование капельного орошения в регионах с засушливым климатом (Южный ФО, Северо-Кавказский ФО), в которых дефицит влаги является сдерживающим для растениеводства.

2. Создание региональных мелиоративных кластеров, которые за счет водотранспортных систем перераспределят водные ресурсы от избыточных регионов к дефицитным. Данный подход позволит создать оптимальные условия применения водных ресурсов с учетом природно-климатической неоднородности регионов РФ.

3. Цифровизация управления оросительными системами на основе технологий точного земледелия и спутникового мониторинга позволит контролировать подачу воды, влажность почвы в реальном времени, формировать прогнозные модели водопотребления на основе метеоданных.

Проведенный анализ показал, что за 2020–2022 гг. в России наблюдается устойчивый рост площади орошаемых земель, при этом доля орошаемого земледелия в структуре сельскохозяйственных угодий страны составляет лишь 4,3%, что значительно ниже среднемировых значений. Выявленное региональное распределение орошаемых земель свидетельствует о несбалансированности территориальных темпов развития мелиоративного комплекса. Финансирование мелиоративной отрасли характеризуется нестабильностью субсидиарных потоков, которые оказывают сдерживающее влияние при реализации долгосрочных проектов модернизации оросительной инфраструктуры.

Таким образом, развитие мелиоративного сектора требует комплексного подхода при реализации условий стабильного государственного финансирования и цифрового управления процессами реконструкции и модернизации оросительной инфраструктуры. Выполнение указанных мероприятий позволит сократить технологический разрыв с мировыми лидерами и повысит устойчивость отечественного агропромышленного комплекса в условиях обеспечения технологической независимости и продовольственной безопасности страны.

## Библиографический список

1. Указа Президента РФ № 309 от 7 мая 2024 года О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года <https://docs.cntd.ru/document/1305894187?marker=8P00LT> (дата обращения: 06.02.2026)
2. FAO. The State of Food and Agriculture 2023: Leveraging Automation for Sustainable Agriculture. Rome: FAO, 2023. 218 p.
3. Наумова, Т. В. Техническое состояние и оценка влияния изменения климата на особенности функционирования оросительных систем в южных регионах России / Т. В. Наумова // Научные подходы к современному развитию мелиорации земель : Сборник научных трудов / Рассмотрено и одобрено на Ученом Совете ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2023. – С. 262-268. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2023.57.73.028. – EDN LTYRSX.
4. FAO AQUASTAT Country Profiles: Irrigation and Water Use [Электронный ресурс]. — Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. — Режим доступа: <https://www.fao.org/aquastat/en/countries-and-basins/country-profiles/> (дата обращения: 06.02.2026).
5. USDA National Agricultural Statistics Service. 2017 Census of Agriculture: Irrigation and Water Management Survey [Электронный ресурс]. — Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, 2019. — Режим доступа: [https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Online\\_Resources/Irrigation\\_Water\\_Management/index.php](https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Online_Resources/Irrigation_Water_Management/index.php) (дата обращения: 06.02.2026).
6. State Committee of the Republic of Uzbekistan on Statistics. Agricultural land use statistics 2020 [Электронный ресурс]. — Tashkent: State Committee on Statistics, 2021. — Режим доступа: <https://stat.uz> (дата обращения: 06.02.2026).
7. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году [Электронный ресурс]. — М.: Росреестр, 2021. — Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/%D0%93%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20\(%D0%BD%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9\)%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4\\_2020.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/%D0%93%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20(%D0%BD%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9)%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_2020.pdf) (дата обращения: 06.02.2026).
8. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году [Электронный ресурс]. — М.: Росреестр, 2021. — 216 с. — Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Государственный%20\(национальный\)%20доклад\\_2020.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Государственный%20(национальный)%20доклад_2020.pdf) (дата обращения: 06.02.2026).
9. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году [Электронный ресурс]. — М.: Росреестр, 2022. — 224 с. — Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Государственный%20доклад\\_2021.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Государственный%20доклад_2021.pdf) (дата обращения: 06.02.2026).
10. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2022 году [Электронный ресурс]. — М.: Росреестр, 2023. — 231 с. — Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Государственный%20доклад\\_2022.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Государственный%20доклад_2022.pdf) (дата обращения: 06.02.2026).
11. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. В 2020 году российские аграрии получают 8,5 млрд рублей субсидий на проведение мелиоративных мероприятий [Электронный ресурс] // Официальный сайт Минсельхоза России. — 27.04.2020. — Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/v-2020-godu-rossiyskie-agrarii-poluchat-8-5-mlrd-rublej-subsidiy-na-provedenie-meliorativnykh-meropriyatiy/> (дата обращения: 06.02.2026).
12. База данных портала «РадугаИнформ». Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://inform-raduga.ru/> (дата обращения: 06.02.2026).

## References in roman script

1. Ukaza Prezidenta RF № 309 ot 7 maya 2024 goda O natsionalnykh tselyakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda <https://docs.cntd.ru/document/1305894187?marker=8P00LT> (data obrashcheniya: 06.02.2026)
2. FAO. The State of Food and Agriculture 2023: Leveraging Automation for Sustainable Agriculture. Rome: FAO. 2023. 218 p.
3. Naumova, T. V. Tekhnicheskoye sostoyaniye i otsenka vliyaniya izmeneniya klimata na osobennosti funktsionirovaniya orositelnykh sistem v yuzhnykh regionakh Rossii / T. V. Naumova // Nauchnyye podkhody k sovremennomu razvitiyu melioratsii zemel : Sbornik nauchnykh trudov / Rassmotreno i odobreno na Uchenom Sovete FGBNU «VNIIGiM im. A.N. Kostyakova». – Moskva : Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut gidrotekhniki i melioratsii imeni A.N. Kostyakova. 2023. – S. 262-268. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2023.57.73.028. – EDN LTYRSX.
4. FAO AQUASTAT Country Profiles: Irrigation and Water Use [Elektronnyy resurs]. — Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. — Rezhim dostupa: <https://www.fao.org/aquastat/en/countries-and-basins/country-profiles/> (data obrashcheniya: 06.02.2026).
5. USDA National Agricultural Statistics Service. 2017 Census of Agriculture: Irrigation and Water Management Survey [Elektronnyy resurs]. — Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 2019. — Rezhim dostupa: [https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Online\\_Resources/Irrigation\\_Water\\_Management/index.php](https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Online_Resources/Irrigation_Water_Management/index.php) (data obrashcheniya: 06.02.2026).
6. State Committee of the Republic of Uzbekistan on Statistics. Agricultural land use statistics 2020 [Elektronnyy resurs]. — Tashkent: State Committee on Statistics. 2021. — Rezhim dostupa: <https://stat.uz> (data obrashcheniya: 06.02.2026).
7. Gosudarstvennyy (natsionalnyy) doklad o sostoyanii i ispolzovanii zemel v Rossiyskoy Federatsii v 2020 godu [Elektronnyy resurs]. — M.: Rosreestr. 2021. — Rezhim dostupa: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/%D0%93%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20\(%D0%BD%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9\)%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4\\_2020.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/%D0%93%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20(%D0%BD%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9)%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_2020.pdf) (data obrashcheniya: 06.02.2026).
8. Gosudarstvennyy (natsionalnyy) doklad o sostoyanii i ispolzovanii zemel v Rossiyskoy Federatsii v 2020 godu [Elektronnyy resurs]. — M.: Rosreestr. 2021. — 216 s. — Rezhim dostupa: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Gosudarstvennyy%20\(natsionalnyy\)%20doklad\\_2020.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Gosudarstvennyy%20(natsionalnyy)%20doklad_2020.pdf) (data obrashcheniya: 06.02.2026).
9. Gosudarstvennyy (natsionalnyy) doklad o sostoyanii i ispolzovanii zemel v Rossiyskoy Federatsii v 2021 godu [Elektronnyy resurs]. — M.: Rosreestr. 2022. — 224 s. — Rezhim dostupa: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Gosudarstvennyy%20doklad\\_2021.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Gosudarstvennyy%20doklad_2021.pdf) (data obrashcheniya: 06.02.2026).
10. Gosudarstvennyy (natsionalnyy) doklad o sostoyanii i ispolzovanii zemel v Rossiyskoy Federatsii v 2022 godu [Elektronnyy resurs]. — M.: Rosreestr. 2023. — 231 s. — Rezhim dostupa: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Gosudarstvennyy%20doklad\\_2022.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Gosudarstvennyy%20doklad_2022.pdf) (data obrashcheniya: 06.02.2026).
11. Ministerstvo selskogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii. V 2020 godu rossiyskiye agrarii poluchat 8.5 mlrd rubley subsidiy na provedeniye meliorativnykh meropriyatiy [Elektronnyy resurs] // Ofitsialnyy sayt Minselkhoza Rossii. — 27.04.2020. — Rezhim dostupa: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/v-2020-godu-rossiyskie-agrarii-poluchat-8-5-mlrd-rubley-subsidiy-na-provedenie-meliorativnykh-meropr/> (data obrashcheniya: 06.02.2026).
12. Baza dannykh portala «RadugaInform». Informatsionnyy portal FGBNU VNII «Raduga» [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupa: <https://inform-raduga.ru/> (data obrashcheniya: 06.02.2026).

## **Сведения об авторе**

**Муравлёва Вера Викторовна**, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г. Коломна, Россия, e-mail: muravleva-v@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3650-9450.

Автор заявляет об отсутствии конфликтов интересов.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 11.02.2026г.

Для цитирования: Муравлёва В.В. Анализ динамики ирригационных площадей в Российской Федерации // Вестник мелиоративной науки. 2026.№1. С. 66-75.

## **About the author**

**Muravleva Vera Viktorovna**, assistant researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Kolomna, Russia, e-mail: muravleva-v@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3650-9450.

The author declare that there is no conflict of interest.  
Editorial opinion may not coincide with the opinion of the author.

The article was received in the editorial office on 11.02.2026.

For citations: Muravleva V.V. Analysis of Irrigated Areas Development Trends in Russian Federation// Bulletin of Meliorative Science. 2026.№1. С. 66-75.

## **К вопросу ресурсосбережения при поливе широкозахватными дождевальными машинами**

**Рязанцев Анатолий Иванович<sup>1</sup>, Евсеев Евгений Юрьевич<sup>1</sup>,  
Смирнов Алексей Игоревич<sup>2</sup>, Антипов Алексей Олегович<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный,*

<sup>2</sup>*Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Государственный социально-гуманитарный университет»  
Московская обл., г.о. Коломна*

**Аннотация.** Эксплуатация электрифицированных дождевальных машин кругового действия на полях со сложным рельефом сопряжена с существенным технологическим недостатком – необходимостью частой ручной корректировки скорости движения для обеспечения заданной нормы полива. Существующие системы (ручные и старт-стопные) не обеспечивают оперативного реагирования на изменение уклона и предполивной влажности почвы, что приводит к неравномерности увлажнения, перерасходу водных и энергетических ресурсов.

Цель работы. Повышение равномерности полива и снижение трудоемкости управления дождевальными машинами на склоновых участках путем автоматизации регулирования скорости движения в зависимости от рельефа.

В качестве базовой использована серийная система управления машины «Кубань-ЛК1» с таймером и реле времени. В ходе исследований установлена корреляционная зависимость между величиной отрицательного уклона, предполивной влажностью почвы и статическим давлением в напорном трубопроводе машины. Данная зависимость положена в основу работы предлагаемого автоматизированного устройства, на которое получен патент на изобретение РФ №2851089.

Разработано устройство, включающее гидроцилиндр одностороннего действия с возвратной пружиной, шток которого механически связан с переключателем штатного таймера. Полость гидроцилиндра соединена шлангом с напорным трубопроводом. При движении на отрицательном уклоне давление в трубопроводе возрастает пропорционально крутизне склона, что вызывает перемещение штока и переключение таймера на более высокую скорость движения. При выходе на ровный участок пружина возвращает шток в исходное положение, восстанавливая базовую норму полива.

Предложенное решение обеспечивает непрерывную коррекцию скорости движения в реальном времени без участия оператора, используя давление в трубопроводе как информативный параметр обратной связи. Внедрение устройства позволяет повысить равномерность орошения, обеспечить экономию воды и электроэнергии, а также упростить групповую работу дождевальных машин на сложном рельефе.

**Ключевые слова:** дождевальная машина кругового действия, «Кубань-ЛК1», скорость движения, норма полива, автоматизация управления, склоновые земли, предполивная влажность, давление в трубопроводе, гидроцилиндр, таймер.

Research article

## **Resource-Saving Irrigation with Wide-Range Sprinkler Machines**

**Ryazantsev Anatolij Ivanovich<sup>1</sup>, Evseev Evgenij Yurievich<sup>1</sup>  
Smirnov Aleksej Igorevich<sup>2</sup>, Antipov Alekcej Olegovich<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny.*

*<sup>2</sup>State Educational Institution of High Education of Moscow Region «State Social and Humanitarian University», Moscow Region, Kolomna town territory*

**Annotation.** Operation of electric Center Pivots in the fields with complicated relief is connected with substantial technical disadvantage – the necessity of often moving speed manual correction to ensure given irrigation depth. Existing systems (manual and start-stop) cannot operationally react on the slope or pre-irrigation moisture content changes, that causes ununiform moistening, water and energy over consumption.

The aim of study. Irrigation uniformity increase and decrease of labor amount needed during Center Pivots operation on the fields with slopes by means of automatic speed regulation according to the relief.

As the base model was used a serial operational system of Center Pivot «Kuban-LK1» equipped with timer and time relay. During experiments was revealed correlative correspondence between negative slope range, pre-irrigation soil moisture content and static pressure in the pressurized machine pipeline. The given correlation is the base factor of the proposed automatic device operation, for which was given Patent RF 2851089.

The designed device includes hydro cylinder with one-side operation with a pullback spring, the stock is mechanically connected to the conventional timer switch. Cylinder cavity is connected with the hose to pressurized pipeline. When machine is moving on the negative slope, the pressure in the pipeline increases proportionally to the slope range, that makes the stock to move and switch the timer on higher speed. After coming on the even field, the spring moves the stock to the initial position, restoring the base irrigation norm.

Presented solution ensures continuous moving speed correction on the real time without operator intrusion, using pipeline pressure as informative feedback parameter. Application of this device enables irrigation uniformity rise, water and electricity saving, as well as makes more easy Center Pivots operation in group on the complicated relief.

**Keywords:** Center Pivot irrigation machine, «Kuban-LK1», moving speed, irrigation depth, automatic operation, slope land relief, pre-irrigation moisture content, pipeline pressure, hydro cylinder, timer.

**Введение.** Широкое применение электрифицированных дождевальных машин кругового действия на полях со сложным рельефом (рисунок 1) выявляет существенный технологический недостаток – необходимость частой ручной корректировки скорости движения для обеспечения заданной нормы полива [1, 2]. Особенно остро эта проблема проявляется на склоновых участках, где предполивная влажность почвы неоднородна и напрямую зависит от величины и знака уклона [3].



Рисунок 1 – Общий вид широкозахватной дождевальной машины кругового действия при работе на склонах

Существующие системы управления, основанные на ручном или полуавтоматическом (старт-стопном) регулировании с помощью таймеров, обладают высокой трудоемкостью, особенно при групповой работе нескольких машин, и не обеспечивают оперативного реагирования на изменение условий в пределах одного поливаемого участка [4, 5]. Это приводит к неравномерности увлажнения, перерасходу воды и электроэнергии, и в итоге – к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Таким образом, разработка автоматизированной системы, адаптирующей скорость движения дождевальных машин к реальным условиям рельефа и влажности почвы в процессе полива, является актуальной научно-технической задачей [13, 14].

**Материалы и методы.** За основу для разработки была взята серийная система регулирования скорости движения (нормы полива) электрифицированной дождевальной машины типа «Кубань-ЛК1», включающая блок управления с таймером, проводную связь, реле времени (типа ПСЛ-К) и электродвигатель привода крайней тележки [6] (рисунок 2). Недостатком данной системы является необходимость ручной настройки и переключения таймера оператором в зависимости от визуальной оценки условий [10, 15].

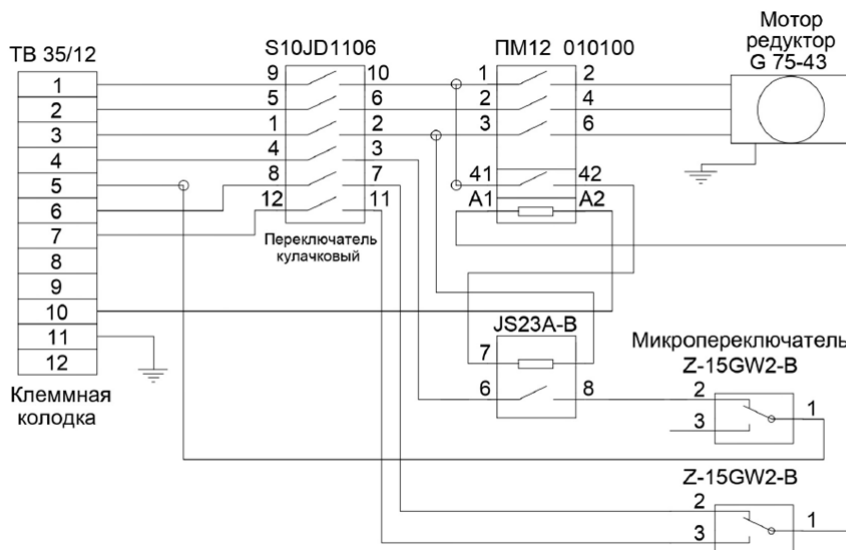


Рисунок 2 – Схема электрическая блока управления предпоследней тележки дождевальной машины «Кубань-ЛК1»

В ходе исследований установлена корреляционная зависимость между величиной отрицательного уклона склонового участка ( $-i$ ), предполивной влажностью почвы и статическим давлением в трубопроводе дождевальной машины [7, 9]. На участках с большим отрицательным уклоном наблюдается повышенная естественная влажность почвы (вследствие стока и скопления влаги) и, одновременно, повышенное давление в конце трубопровода машины из-за перепада геодезических высот. Эта взаимосвязь стала основой принципа работы предлагаемого автоматизированного устройства: использование давления в трубопроводе как управляющего сигнала (рисунок 3) [11, 12].

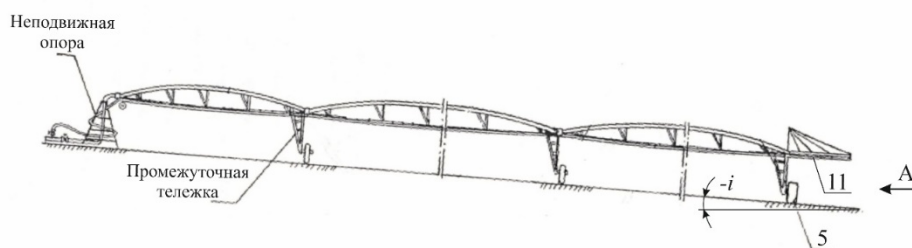
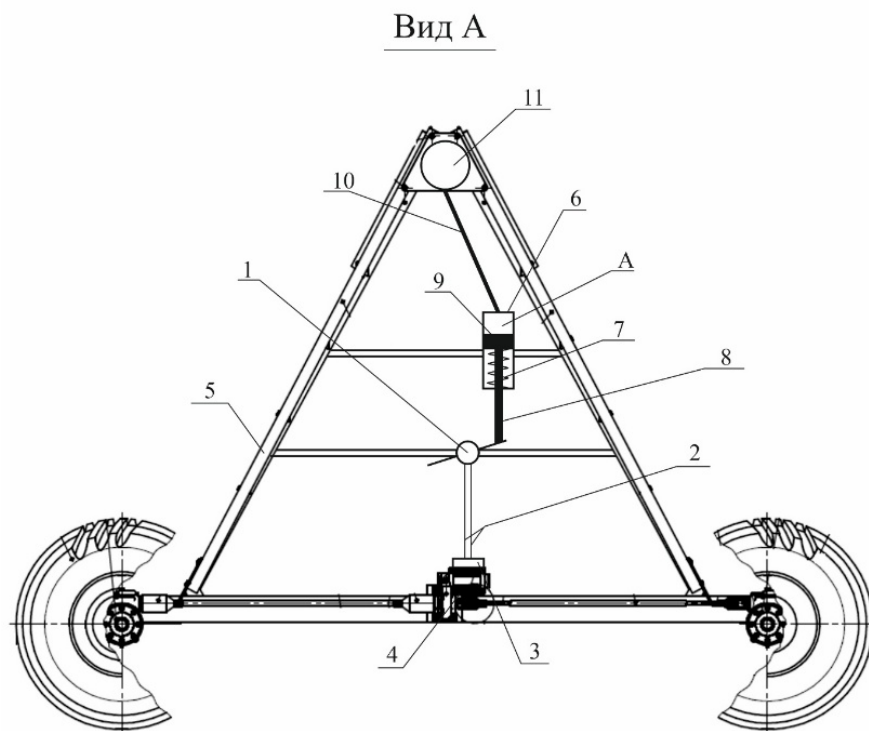


Рисунок 3 – Схема электрифицированной дождевальной машины кругового действия с устройством для регулирования скорости движения при поливе склоновых площадей

Предлагаемое устройство (рисунок 4) включает в себя штатные компоненты системы управления: таймер, проводную связь, реле времени и электродвигатель крайней тележки. Для автоматизации управления таймером на крайнюю тележку дополнительно устанавливается гидроцилиндр одностороннего действия с возвратной пружиной. Полость А гидроцилиндра над поршнем соединяется шлангом с напорным трубопроводом машины. Шток гидроцилиндра

механически связан с переключателем таймера. Данное техническое решение получено патентом на изобретение РФ №2851089 [8].



1 – таймер; 2 – проводная связь; 3 – реле времени; 4 – электродвигатель; 5 – самоходная тележка; 6 – гидроцилиндр; 7 – пружина; 8 – шток; 9 – поршень; 10 – шланг; 11 – трубопровод

Рисунок 4 – Устройство для регулирования скорости движения электрифицированной дождевальная машины кругового действия

**Результаты и обсуждение.** Принцип работы системы автоматической коррекции скорости дождевальной машины в зависимости от рельефа местности основан на использовании гидравлической обратной связи. В данном устройстве гидроцилиндр, оснащенный возвратной пружиной, выступает в роли чувствительного элемента, реагирующего на колебания рабочего давления в водопроводящем трубопроводе. Эти колебания напрямую зависят от изменения уклона поверхности, по которой перемещается многоопорная дождевальная машина.

На подготовительном этапе, перед началом эксплуатации дождевальной машины, производится точная настройка усилия возвратной пружины гидроцилиндра. Критерием правильности настройки служит условие, при котором на ровном участке поля (с нулевым уклоном) и при поддержании штатного рабочего давления, шток гидроцилиндра занимает строго нейтральное (среднее) положение. Данное положение штока соответствует базовой, или расчетной, скорости движения машины, которая обеспечивает внесение проектной нормы полива на ровной местности.

При перемещении машины на участок с отрицательным уклоном (спуск,  $-i$ ), происходит естественное увеличение давления в трубопроводе. Величина прироста давления находится в прямой пропорциональной зависимости от крутизны склона: чем больше отрицательный уклон, тем выше давление. Избыточное давление мгновенно передается через соединительный шланг в рабочую полость гидроцилиндра. Воздействуя на поршень, давление создает усилие, которое преодолевает сопротивление предварительно сжатой возвратной пружины. Поршень приходит в движение, выдвигая шток. Механическое перемещение штока, в свою очередь, воздействует на рычаг управления переключателя таймера. В результате этого физического воздействия происходит изменение временного цикла таймера (например, сокращение времени цикла). Далее, посредством проводной связи и промежуточного реле времени, обновленный управляющий сигнал поступает на электродвигатель привода крайней тележки. Получив команду, двигатель увеличивает частоту вращения, что приводит к пропорциональному росту линейной скорости перемещения тележки и, как следствие, всей машины. Увеличение скорости движения на участках с пониженным рельефом, где, как правило, скапливается влага, позволяет сократить время орошения.

В процессе дальнейшего движения, когда машина покидает крутой склон и переходит на участок с меньшим отрицательным уклоном или вновь выходит на ровную поверхность, давление внутри трубопровода падает до исходных или промежуточных значений. В момент снижения давления усилие, воздействующее на поршень, становится меньше усилия затяжки возвратной пружины. Пружина разжимается, возвращая шток гидроцилиндра в исходное положение. При обратном ходе шток механически переводит переключатель таймера в режим, соответствующий более низкой базовой скорости. Замедление движения машины приводит к увеличению времени орошения каждой зоны, что автоматически восстанавливает норму полива до требуемого проектного значения.

Таким образом, описываемое устройство функционирует в замкнутом контуре автоматического регулирования. Она обеспечивает непрерывную коррекцию скорости движения дождевальной машины в режиме реального времени, ориентируясь на текущий рельеф местности. Важной особенностью является то, что давление в трубопроводе также косвенно отражает степень предполивной влажности почвы. Такой подход полностью исключает необходимость в ручном управлении и постоянном визуальном контроле со стороны оператора, повышая эффективность орошения и равномерность распределения воды на сложном рельефе.

**Выводы.** В ходе исследований, разработано и обосновано конструктивное решение для автоматизации регулирования скорости движения электрифицированной дождевальной машины кругового действия, использующее в качестве управляющего параметра давление в напорном трубопроводе.

Установлено, что изменение давления в трубопроводе при движении по склону зависит от изменения предполивной влажности почвы, что позволяет использовать этот параметр для адаптивного управления нормой полива.

Принцип работы устройства основан на преобразовании изменения гидравлического давления в механическое перемещение штока гидроцилиндра, которое воздействует на переключатель таймера системы управления скоростью.

Внедрение предложенного устройства позволит существенно снизить трудоемкость управления дождевальными машинами, повысить равномерность полива на сложных по рельефу участках, обеспечить экономию воды и электроэнергии, а также упростить организацию групповой работы машин.

### Библиографический список

1. Андреева, Е. В. Повышение тягово-сцепных свойств ходовых систем широкозахватных дождевальных машин кругового действия "Фрегат" / Е. В. Андреева // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2010. – № 4. – С. 1056. – EDN MWIGPB.
2. Евсеев, Е. Ю. Повышение эффективности применения многофункциональной машины на склоновых площадях / Е. Ю. Евсеев // Нива Поволжья. – 2023. – № 2(66). – DOI 10.36461/NP.2023.66.2.005. – EDN JDPPNM.
3. Журавлева Л.А. Совершенствование конструктивных параметров широкозахватных дождевальных машин кругового действия / Журавлева Л.А., Нгуен В.Т. // Аграрный научный журнал. 2021. № 8. С. 90-94.
4. Журавлева, Л. А. Снижение воздействия ходовых систем дождевальных машин на почву / Л. А. Журавлева // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 5. – С. 82-87. – DOI 10.28983/asj.y2020i5pp82-87. – EDN ZMJYFU.
5. Марьин, М. П. Устройство автоматического регулирования равномерности полива дождевальной машины «Фрегат» реверсивного передвижения / М. П. Марьин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 9(83). – С. 85-87. – EDN OBFBPD.
6. Обоснование параметров по совершенствованию регулятора расхода дождевальных аппаратов машины "Кубань-ЛК1" / А. И. Рязанцев, М. Ю. Костенко, А. О. Антипов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 4(48). – С. 107-113. – DOI 10.36508/RSATU.2020.48.4.015. – EDN JECIZH.
7. Патент № 2770811 С1 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Многоопорная дождевальная машина кругового действия: № 2020144291: заявл. 29.12.2020; опубл. 22.04.2022 / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN TGXCWZ.
8. Патент № 2851089 С1 Российская Федерация, МПК А01G 25/09, А01G 25/16. Устройство для регулирования скорости движения электрифицированной дождевальной машины кругового действия при поливе склоновых площадей: заявл. 29.04.2025; опубл. 18.11.2025 / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга". – EDN AGQUNK.
9. Повышение опорных свойств многоопорной машины "Кубань-ЛК1" / А. И. Рязанцев, А. Н. Зазуля, Е. Ю. Евсеев [и др.]

др.] // Наука в центральной России. – 2022. – № 6(60). – С. 35-41. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-6-35-41. – EDN AFIZJD.

10. Рязанцев, А. И. Особенности работы дождевальной машины «Кубань - ЛК1» на склоновых площадях / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов // Экология и строительство. – 2021. – № 3. – С. 22-29. – DOI 10.35688/2413-8452-2021-03-002. – EDN COQOTS.

11. Соловьев Д.А. Организация участка орошения для эффективной эксплуатации дождевальной машины «Каскад 65Т» / Соловьев Д.А., Горюнов Д.Г., Грепечук Ю.Н., Загоруйко М.Г., Кузнецов Р.Е. // Природообустройство. 2023. № 1. С. 28-32.

12. СТО АИСТ 11.1 – 2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей / ФГБНУ «Росинформагротех». – М., 2012. – 54 с.

13. Технические решения по повышению производительности многофункциональной машины кругового действия на склоновых участках / Е. Ю. Евсеев, А. И. Рязанцев, Г. К. Рембалович [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 2. – С. 119-124. – DOI 10.36508/RSATU.2023.72.87.016. – EDN ZMYSJF.

14. Reducing Energy Costs in Sprinkler Machine Operation / A. Ryazantsev, A. Smirnov, E. Evseev [et al.] // Innovations in Sustainable Agricultural Systems, Agriculture 4.0 and Precision Agriculture. Volume 1: Conference Proceedings, Stavropol, Russia Samarkand, Uzbekistan, 05–06 марта 2025 года. – Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2026. – P. 59-68. – DOI 10.1007/978-3-031-94098-9\_5. – EDN WLMHJ.

15. Technological Features of Irrigation and Assessment Indicators of Multibasic Irrigation Machines Running Systems Efficiency (on the Example of IM Kuban-LK1) / A. I. Ryazantsev, A. O. Antipov, A. I. Smirnov [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – Vol. 8, No. 8 S3. – P. 404-406. – EDN GLITFM.

## References in roman script

1. Andreyeva. E. V. Povysheniye tyagovostsepykh svoystv khodovykh sistem shirokozakhvatnykh dozhdevalnykh mashin krugovogo deystviya "Fregat" / E. V. Andreyeva // Inzhenerno-tekhnicheskoye obespecheniye APK. Referativnyy zhurnal. – 2010. – № 4. – S. 1056. – EDN MWIGPB.

2. Evseyev. E. Yu. Povysheniye effektivnosti primeneniya mnogofunktionalnoy mashiny na sklonovykh ploshchadyakh / E. Yu. Evseyev // Niva Povolzhia. – 2023. – № 2(66). – DOI 10.36461/NP.2023.66.2.005. – EDN JDPPNM.

3. Zhuravleva L.A. Sovershenstvovaniye konstruktivnykh parametrov shirokozakhvatnykh dozhdevalnykh mashin krugovogo deystviya / Zhuravleva L.A.. Nguyen V.T. // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2021. № 8. S. 90-94.

4. Zhuravleva. L. A. Snizheniye vozdeystviya khodovykh sistem dozhdevalnykh mashin na pochvu / L. A. Zhuravleva // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2020. – № 5. – S. 82-87. – DOI 10.28983/asj.y2020i5pp82-87. – EDN ZMJYFU.

5. Marin. M. P. Ustroystvo avtomaticheskogo regulirovaniya ravnomernosti poliva dozhdevalnoy mashiny "Fregat" reversivnogo peredvizheniya / M. P. Marin // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 9(83). – S. 85-87. – EDN OBFBDP.

6. Obosnovaniye parametrov po sovershenstvovaniyu regulatora raskhoda dozhdevalnykh apparatov mashiny "Kuban-LK1" / A. I. Ryazantsev. M. Yu. Kostenko. A. O. Antipov [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2020. – № 4(48). – S. 107-113. – DOI 10.36508/RSATU.2020.48.4.015. – EDN JECIZH.

7. Patent № 2770811 C1 Rossiyskaya Federatsiya. MPK A01G 25/09. Mnogoopornaya dozhdevalnaya mashina krugovogo deystviya : № 2020144291 : zayavl. 29.12.2020 : opubl. 22.04.2022 / A. I. Ryazantsev. E. Yu. Evseyev. A. O. Antipov [i dr.] ; zayavitel Federalnoye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatelnoye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya «Ryazanskiy

gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet imeni P.A. Kostycheva». – EDN TGXCWZ.

8. Patent № 2851089 C1 Rossiyskaya Federatsiya. MPK A01G 25/09. A01G 25/16. Ustroystvo dlya regulirovaniya skorosti dvizheniya elektrifitsirovannoy dozhdevalnoy mashiny krugovogo deystviya pri polive sklonovykh ploshchadey : zayavl. 29.04.2025 : opubl. 18.11.2025 / A. I. Ryazantsev. E. Yu. Evseyev ; zayavitel Federalnoye gosudarstvennoye byudzhethnoye nauchnoye uchrezhdeniye «Vserossiyskii nauchno-issledovatel'skiy institut sistem orosheniya i selkhozvodostsnabzheniya «Raduga». – EDN AGQUNK.

9. Povysheniye opornykh svoystv mnogoopornoy mashiny «Kuban-LK1» / A. I. Ryazantsev. A. N. Zazulya. E. Yu. Evseyev [i dr.] // Nauka v tsentralnoy Rossii. – 2022. – № 6(60). – S. 35-41. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-6-35-41. – EDN AFIZJD.

10. Ryazantsev. A. I. Osobennosti raboty dozhdevalnoy mashiny «Kuban - LK1» na sklonovykh ploshchadyakh / A. I. Ryazantsev. E. Yu. Evseyev. A. O. Antipov // Ekologiya i stroitelstvo. – 2021. – № 3. – S. 22-29. – DOI 10.35688/2413-8452-2021-03-002. – EDN COQOTC.

11. Solovyev D.A. Organizatsiya uchastka orosheniya dlya effektivnoy ekspluatatsii dozhdevalnoy mashiny «Kaskad 65T» / Solovyev D.A.. Goryunov D.G.. Grepechuk Yu.N.. Zagoruyko M.G.. Kuznetsov R.E. // Prirodoobustroystvo. 2023. № 1. S. 28-32.

12. STO AIST 11.1 – 2010. Ispytaniya selskokhozyaystvennoy tekhniki. Mashiny i ustanovki dozhdevalnyye. Metody otsenki funktsionalnykh pokazateley / FGBNU «Rosinformagrotekh». – M., 2012. – 54 s.

13. Tekhnicheskiye resheniya po povysheniyu proizvoditelnosti mnogofunktsionalnoy mashiny krugovogo deystviya na sklonovykh uchastkakh / E. Yu. Evseyev. A. I. Ryazantsev. G. K. Rembalovich [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2023. – T. 15. № 2. – S. 119-124. – DOI 10.36508/RSATU.2023.72.87.016. – EDN ZMYSJF.

14. Reducing Energy Costs in Sprinkler Machine Operation / A. Ryazantsev. A. Smirnov. E. Evseev [et al.] // Innovations in Sustainable Agricultural Systems. Agriculture 4.0 and Precision Agriculture. Volume 1 : Conference Proceedings. Stavropol. Russia Samarkand. Uzbekistan. 05–06 marta 2025 goda. – Cham. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG. 2026. – P. 59-68. – DOI 10.1007/978-3-031-94098-9\_5. – EDN WLMHUI.

15. Technological Features of Irrigation and Assessment Indicators of Multibasic Irrigation Machines Running Systems Efficiency (on the Example of IM Kuban-LK1) / A. I. Ryazantsev. A. O. Antipov. A. I. Smirnov [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – Vol. 8. No. 8 S3. – P. 404-406. – EDN GLITFM.

## Сведения об авторах

**Рязанцев Анатолий Иванович**, доктор технических наук, профессор; главный научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»; ORCID: 0000-0002-9829-8196; РИНЦ ID: 425594; [ryazantsev.41@mail.ru](mailto:ryazantsev.41@mail.ru)

**Евсеев Евгений Юрьевич**, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»; ORCID: 0000-0002-6133-2661; РИНЦ ID: 976796; WOS Research ID: KQU-9843-2024; [evseev.evgeniy.1995@mail.ru](mailto:evseev.evgeniy.1995@mail.ru)

**Смирнов Алексей Игоревич**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технических систем, теории и методики образовательных процессов ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет»; ORCID: 0009-0000-6880-2147; [aigsm@mail.ru](mailto:aigsm@mail.ru)

**Антипов Алексей Олегович**, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»; ORCID: 0000-0002-4374-163X; РИНЦ ID: 666704; WOS Research ID: HKN-2657-2023; Scopus Author ID: 57208570335; [Antipov.aleksei2010@yandex.ru](mailto:Antipov.aleksei2010@yandex.ru).

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 13.02.2026г.

Для цитирования: Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Смирнов А.И., Антипов А.О. К вопросу ресурсосбережения при поливе широкозахватными дождевальными машинами// Вестник мелиоративной науки. 2026.№1. С. 76-85.

### **Information about the authors**

**Ryazantsev Anatolij Ivanovich**, doctor of technical sciences, Professor, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny, ORCID: 0000-0002-9829-8196; РИНЦ ID: 425594; [ryazantsev.41@mail.ru](mailto:ryazantsev.41@mail.ru)

**Evseev Evgenij Yurievich**, candidate of technical sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny, [evseev.evgeniy.1995@mail.ru](mailto:evseev.evgeniy.1995@mail.ru)

**Smirnov Aleksey Igorevich**, Candidate of Technical Sciences, State Educational Institution of High Education of Moscow Region «State Social and Humanitarian University», Moscow Region, Kolomna town territory, [aigsm@mail.ru](mailto:aigsm@mail.ru)

**Antipov Aleksey Olegovich**, candidate of technical sciences, docent, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny, [Antipov.aleksei2010@yandex.ru](mailto:Antipov.aleksei2010@yandex.ru).

The author declare that there is no conflict of interest.  
Editorial opinion may not coincide with the opinion of the author.

The article was received in the editorial office on 13.02.2026.

For citations: Ryazantsev A.I., Evseev E.Y., Smirnov A.I., Antipov A.O. Resource-Saving Irrigation with Wide-Range Sprinkler Machines // Bulletin of Meliorative Science. 2026.№1. С. 76-85.

## **Изменение некоторых характеристик мелиоративного состояния орошаемых земель Ходжейлийского района Каракалпакстана за многолетний период**

**Чембарисов Эльмир Исмаилович<sup>1</sup>**  
**Реймова Гулжамал Батырбаевна<sup>1</sup>**  
**Баллиев Ажинияз Ибрагимович<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Узбекистан, научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем г. Ташкент;

<sup>2</sup>Международный центр стратегических разработок исследований в области продовольствия и сельского хозяйства при Министерстве сельского хозяйства Республики Узбекистан I-SCAD

**Аннотация.** данная статья посвящена комплексному анализу мелиоративного состояния орошаемых земель Ходжейлийского района Республики Каракалпакстан в период с 2001 по 2024 годы. Исследование актуально в связи со сложной экологической обстановкой в зоне Аральского кризиса, характеризующейся дефицитом поливной воды и прогрессирующим вторичным засолением почв.

В статье на основе многолетнего мониторинга детально рассматривается динамика водно-солевого баланса орошаемых земель. Установлено, что за 24 года суммарный вынос солей из почвенного профиля дренажно-сбросными водами (около 12,75 млн.тн) превысил их поступление с оросительной водой (9,36 млн.тн). Общий отрицательный баланс за рассматриваемый период в размере 3,39 млн тонн свидетельствует об эффективности работы коллекторно-дренажной сети и регулярных промывных поливов.

Анализ структуры земельного фонда показал качественное улучшение состояния почв: доля незасоленных земель выросла с 20,9% в 2010 г. до 37,4% в 2024 г., в то время как площадь сильнозасоленных участков сократилась почти в пять раз. Несмотря на положительную динамику, сохраняется высокая минерализация дренажного стока (в среднем 4,03 г/л), что создает риски повторного засоления. Авторами подчеркивается необходимость дальнейшей эксплуатации дренажных систем, внедрения водосберегающих технологий (капельное орошение, лазерная планировка) и государственного стимулирования дехканских хозяйств для обеспечения продовольственной безопасности региона в условиях меняющегося климата.

**Ключевые слова:** Ходжейлийский район, Каракалпакстан, водно-солевой баланс, минерализация, орошаемые земли, вторичное засоление, дренажный сток, мелиорация, Аральский кризис, водосберегающие технологии.

Research article

## **Changes in Some Melioration Condition Characteristics of Irrigated Lands in Karakalpakstan Hodzhejliskij District for Multiannual Period**

**Chembarisov Elmir Ismailovich<sup>1</sup>**  
**Rejмова Gulzhamal Batyrbaevna<sup>1</sup>**  
**Balliev Azhiniyaz Ibragimovich<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Scientific and Research Institute for Irrigation and Water Issues (NIIIVP) Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>International Center of Strategy Development for Investigations in the Field of Food Products and Farming at the Farming Ministry of Uzbekistan Republic I-SCAD

**Annotation.** This article deals with the complex analysis of melioration conditions of the irrigated lands in Karakalpakstan Hodzhejliskij District in the period of 2001-2024. This study is actual because of the serious ecological issues in Aral crisis zone, where are observed a lack of irrigation water and progressive secondary soil salination.

The multiannual monitoring data on water and salt balance dynamics on the irrigated lands is observed in details. It is stated that for 24 years total salt withdrawn from the soil profile with drainage and run-off waters (about 12.75 mln.t.) was higher than salt volume brought with irrigation water (9.36 mln.t.) The total negative balance for the observed period – 3.39 million tons shows the effective operation of collector and drainage system, as well as regular washing irrigation positive effect.

The analysis of farming land structure showed the rising quality of soil condition: the share of non-salinized lands increased from 20.9% in 1010 to 37.4% in 2024, when the area of badly salinized lands decreased in nearly 5 times. In spite positive dynamics, there is still preserved high mineralization of the drainage run-off waters (in average 4.03 g/l), that creates secondary salinization risks. The authors stress the necessity of further operation of drainage systems, water-saving irrigation methods application (drip irrigation, laser planning) as well as State encouragement of small farms for ensuring of food security in the region under climate changing conditions.

**Keywords:** Hodzhejliskij Region, Karakalpakstan, water and salt balance, mineralization, irrigated lands, secondary salinization, drainage run-off, melioration, Aral crisis, water-saving technologies.

**Введение.** Потепление климата, наблюдающееся во многих странах, оказывает негативное влияние на природную среду, особенно на количество и качество водных ресурсов территории. Особенно сильно это проявляется в низовьях трансграничных рек, которые на своем протяжении принимают различные загрязненные стоки, особенно со сбросом коллекторно-дренажных вод с орошаемых территорий. Все это в конечном итоге отражается на гидрохимическом состоянии речных вод, а в итоге на здоровье населения, используемого эти воды для питья, в различных сферах народного хозяйства и для хозяйственно-бытовых нужд. Особенно эта проблема актуальна для Республики Каракалпакстан, территория которой охватывает низовья реки Амударья.

Одной из важных проблем региона также является засоления орошаемых земель, в связи этим исследование динамики площадей засоленных земель является актуальным, эта проблема рассмотрена на примере в различной степени засоленных земель Ходжейлийского района [1-14].

**Актуальность темы исследования:** учитывая, что степень засоления почв влияют на мелиоративное состояние орошаемых полей и их водно-солевой баланс, считаем, что данная проблема является актуальной и полезной для специалистов водного хозяйства данного региона.

**Цель исследования:** является обобщение данных по состоянию водно-солевого баланса орошаемой территории и её степени засоления в Ходжейлийском районе и анализ их динамики за 2001-2024 гг.

**В основные задачи** входило составление обобщенных таблиц многолетнего изменения водно-солевого баланса орошаемой территории и её степени засоления в Ходжейлийском районе и анализ их динамики.

**Краткие сведения о районе.** По климатическим условиям территория Республики Каракалпакстан разделяется на две зоны: южную и северную. Южная часть характеризуется более высокими температурами воздуха и длительными безморозными периодами. В северной зоне среднегодовая температура примерно на 3 – 4 °С ниже и безморозный период на 12 – 16 дней короче, чем в южной зоне. Среднегодовая температура воздуха дельты изменяется сравнительно мало от + 10 °С до + 12 °С. Летом среднемесячная температура выше 20 °С, максимальная температура доходит до плюс 43 – 44 °С, а зимой минимальная до минус 25 – 30 °С. Безморозный период длится 200 – 230 дней, а сумма положительных температур составляет 4000 оС. Количество осадков – незначительное - 80 – 100 мм в год. Осадки выпадают преимущественно зимой (29 %) и весной (42 %).

Максимальное количество наблюдается в марте и апреле. Снежный покров неустойчив. Среднегодовая скорость ветра 3.4 – 5.4 м/с. Сильными ветрами отличается весна, частично осень. Максимальная скорость ветра превышает 20 м/сек. Относительная влажность воздуха возрастает с юга на север.

Природные условия и экология. Ходжейлийский район расположен в Республике Каракалпакстан (Узбекистан) на северо-западе страны. Его административный центр - г. Ходжейли, который находится в 10 км к западу от столицы Каракалпакстана - г. Нукуса, с которым соединен автомобильным мостом через реку Амударья. Район граничит с Амударьей и является важным промышленным центром [5-10].

Район расположен на аллювиально-дельтовой равнине левого берега Амударьи. Рельеф преимущественно плоский, что способствует застаиванию грунтовых вод (рисунок.1).



Рисунок 1 -Территория Ходжейлийского района

Климат резко континентальный, характеризуется экстремальными перепадами температур и минимальным количеством осадков (около 100 мм в год). В последние годы наблюдается усиление засушливости и рост числа пыльных бурь.

Одной из главных проблем является **вторичное засоление** почв. Подъем уровня сильноминерализованных грунтовых вод (до 5 г/л и выше) приводит к накоплению солей в верхних слоях почвы, что угнетает посевы и разрушает фундаменты зданий.

В районе проводятся регулярные исследования минерализации подземных вод для создания схематических карт и планирования дренажных систем.

Сельское хозяйство является основой экономики района, при этом в структуре продукции Каракалпакстана животноводство традиционно превалирует над растениеводством (около 69% против 31% по региону).

В растениеводстве превалирует плодовоовощеводство, зерновые (пшеница, рис) и кормовые культуры.

Из-за изношенности ирригационных каналов потери воды при транспортировке достигают 40%, а до растений доходит лишь около 30% забранной воды.

Для восстановления плодородия применяются промывки почв речной водой, однако высокая минерализация коллекторно-дренажных вод ограничивает их повторное использование.

В настоящее время внедряются водосберегающие технологии (капельное орошение) и лазерная планировка полей для снижения расхода воды, а также действует государственная программа поддержки приусадебных земель и дехканских хозяйств для повышения продовольственной безопасности [6-11].

**Методологии исследования.** В статье проведен анализ данных по водно-солевому балансу орошаемых земель района за период с 2001 по 2024 гг, представленные в табличной форме. Таблицы содержат информацию о суммарном водозаборе на орошение, объеме дренажно-сбросных вод, их минерализации, выносе солей и изменении количества солей за год. Также предоставлены данные по общей орошаемой площади и распределению земель по степени засоленности (незасоленные, слабо-, средне-, сильно- и очень сильно засоленные) с 2010 по 2024 гг.

**Результаты и анализ.** Проведенный системный анализ водно-солевого баланса орошаемых земель позволяет выявить особенности водно-солевого режима мелиорируемых земель и обосновать необходимые мелиоративные мероприятия. Представленные данные показывают динамику поступления и выноса солей, а также изменение площадей засоленных земель во времени. Например, в 2003 г. поступление солей составило 434,09 тыс.тн, а вынос - 642,70 тыс.тн, что привело к уменьшению количества солей на 208,604 тыс.тн, в то время как в 2009 г. наблюдалось положительное изменение количества солей (накопление) на 201,144 тыс.тн (таблица.1).

Таблица 1 - Оценка водно-солевого баланса орошаемых земель Ходжейлийского района за 2001-2024 гг.

(составлена авторами по данным мелиоративной экспедиции)

ГОДЫ	Приходная часть		Поступления солей (тыс.тн)	Расходная часть		Вынос солей тыс.тн	Изменение кол/во солей тыс.тн
	суммар. водозабор на орошение	минерализация оросительной воды в гр/л		сток дренаж. сбросных вод млн.м3	минерализация дренажно-сбросных вод гр/л		
2001	174.8	1.423	248.74	47.0	4.407	207.13	41.611
2002	267.98	1.008	270.12	77.1	3.358	258.90	11.222
2003	359.05	1.209	434.09	173.00	3.715	642.70	-208.604
2004	394.45	1.046	412.59	136.6	4.280	584.65	-172.053
2005	540.75	0.983	531.56	140.2	3.855	540.47	-8.914
2006	464.05	1.086	503.96	136.7	4.308	588.90	-84.945
2007	404.96	1.204	487.57	118.2	4.553	538.16	-50.593
2008	224.94	1.279	287.70	74.6	4.939	368.45	-80.751
2009	563.68	1.038	585.10	92.9	4.133	383.96	201.144
2010	632.00	0.886	559.95	228.3	4.143	945.85	-385.895
2011	366.30	1.058	387.55	146.00	4.583	669.12	-281.573
2012	527.60	0.960	506.50	161.70	3.943	637.58	-131.087
2013	515.30	1.001	515.815	136.10	3.406	463.557	52.259
2014	465.10	1.007	468.356	153.30	4.530	694.449	-226.093
2015	390.47	0.930	363.137	164.60	3.584	589.926	-226.789
2016	353.50	0.996	352.086	157.30	4.131	649.806	-297.720
2017	389.24	1.000	389.240	183.18	3.910	716.234	-326.994
2018	355.60	1.100	391.160	133.10	4.442	591.230	-200.070
2019	312.04	0.933	291.1333	204.57	3.689	754.65873	-463.525
2020	277.36	1.085	300.9356	119.03	4.136	492.30808	-191.372
2021	251.47	1.137	285.9214	60.00	3.594	215.64	70.281
2022	260.70	0.962	250.793	69.50	4.283	297.669	-46.875
2023	269.16	0.963	259.147	134.43	3.907	525.237	-266.090
2024	256.083	0.963	246.6079	121.192	3.624	439.19981	-192.592

**Анализ** предоставленных данных демонстрирует, что водно-солевой баланс орошаемых земель является динамическим процессом, требующим постоянного мониторинга и управления. Методы оценки минерализации воды (гравиметрия, электропроводность) и засоления почв (водные вытяжки, кондуктометрия) позволяют количественно характеризовать эти процессы. Результаты анализа показывают на периоды эффективного вымывания солей (например, 2003 г.), так и на периоды их накопления (например, 2009 г., 2021 г.), что напрямую коррелирует с состоянием почвенного покрова и площадями засоленных земель.

На основе таблицы можно выделить три характерных периода:

- **Период интенсивного выноса солей (2003–2008, 2010–2012):** В эти годы наблюдается значительный отрицательный баланс (графа «Изменение кол/во солей»). Самый

активный вынос зафиксирован в 2010 г. (-385,3 тыс. тонн), что совпадает с максимальным объемом дренажного стока (228,3 млн м<sup>3</sup>). Это говорит о высокой эффективности работы дренажной системы в этот период.

- **Периоды соленакопления:** В 2001, 2002, 2009, 2013 и 2021 гг. баланс был положительным. Например, в 2009 г. накопилось +201,1 тыс. тонн солей. Это может быть связано с низким объемом дренажных вод по сравнению с объемом подаваемой на орошение воды. В настоящее время (2020–2024 гг.) наблюдается общая тенденция к снижению объемов как водозабора, так и дренажного стока. В 2024 г. баланс остается отрицательным (-192,6 тыс. тонн), что свидетельствует о продолжающемся процессе рассоления, хотя и менее интенсивном, чем в 2010-х годах.

#### Динамика состояния степени засоления орошаемых земель (2010–2024 гг.).

Если сравнить данные 2010 и 2024 гг., можно увидеть качественные изменения в мелиоративном состоянии земель (таблица.2):

Таблица 2 - Многолетняя динамика в различной степени засоленных площадей орошаемых земель Ходжейлийского района

ГОДЫ	Общая орошаемая площадь тыс. га	В том числе по степени засоленности га							
		незасоленные.		слабо засоленные.		среднезасоленные		сильно и очень сильно засоленные.	
		тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%
2010	35.52	7.44	20.95	14.57	41.02	12.06	33.95	1.45	4.08
2011	28.70	6.11	21.29	12.08	42.09	9.67	33.69	0.84	2.93
2012	28.70	6.11	21.29	12.08	42.09	9.67	33.69	0.84	2.93
2013	28.91	6.59	22.80	10.35	35.80	11.03	38.16	0.94	3.24
2014	28.91	6.59	22.80	10.35	35.80	11.03	38.16	0.94	3.24
2015	29.54	6.59	22.32	10.35	35.04	11.66	39.47	0.94	3.17
2016	29.53	7.41	25.09	11.78	39.89	9.67	32.75	0.67	2.26
2017	21.56	5.84	27.10	9.08	42.12	6.09	28.24	0.55	2.54
2018	21.54	5.84	27.12	9.08	42.15	6.07	28.18	0.55	2.54
2019	21.52	5.84	27.11	9.46	43.93	5.90	27.41	0.33	1.54
2020	21.52	5.84	27.11	9.46	43.93	5.90	27.41	0.33	1.54
2021	21.52	5.84	27.11	9.46	43.93	5.90	27.41	0.33	1.54
2022	21.53	8.04	37.36	9.63	44.75	3.54	16.46	0.31	1.43
2024	21.525	8.041	37.36	9.632	44.75	3.544	16.46	0.308	1.43

Несмотря на общее сокращение орошаемых площадей, площадь незасоленных земель в абсолютном выражении выросла (с 7.44 до 8.04 тыс. га), а их доля в структуре почв увеличилась с 20.9% до 37.4%. При этом площадь самых проблемных (сильнозасоленных) земель сократилась почти в 5 раз.

Приведены данные свидетельствуют о положительном мелиоративном эффекте за последние 15 лет. Суммарный вынос солей преобладает над их поступлением, что привело к существенному сокращению доли сильнозасоленных земель и увеличению площади чистых почв. Однако сохраняющаяся высокая минерализация дренажных вод (около 3,6-4,1 гр/л)

требует продолжения эксплуатации дренажных систем для предотвращения повторного засоления.

### **Прогноз изменения площадей на 5 лет (до 2029 г.)**

Анализ трендов за последние 15 лет (2010–2024 гг.) позволяет сделать следующий прогноз при сохранении текущего уровня эксплуатации дренажа:

- Незасоленные земли: наблюдается устойчивый рост (с 20,95 % в 2010 г. до 37,36% в 2024 г.). К 2029 году их доля может вырасти до 42–45%, что составит около 9.0–9.7 тыс. га (при сохранении общей площади около 21.5 тыс. га).
- Слабозасоленные земли: это самая стабильная и обширная категория (около 44 %). Существенных изменений не ожидается, прогнозируемый диапазон — 43–46%.
- Среднезасоленные земли: также имеют тенденцию к снижению (с 33,95 до 16,46 %). Прогноз к 2029 г., т. е. сокращение до 12–14%.
- Сильнозасоленные земли: демонстрируют самый быстрый темп сокращения (в 4.7 раза за 15 лет). К 2029 г. их площадь может снизиться до минимальных значений (менее 0.2 тыс. га) или около 0.8–1.0% от общей площади.

### **Выводы:**

- наблюдается положительная динамика трансформации среднезасоленных земель в слабозасоленные, а слабозасоленных — в незасоленные;
- эффективность рассоления орошаемых земель: отрицательное значение баланса (-3,39 млн тонн) свидетельствует о том, что за последние 24 года из почв вынесено на 36% больше солей, чем поступило. Это подтверждает эффективную работу дренажной системы и проведение промывных поливов;
- наиболее активная фаза очистки пришлась на 2010–2019 годы. В последние годы (2021–2024) темпы выноса замедлились из-за общего снижения объемов водоподачи и дренажного стока, но баланс по-прежнему остается преимущественно отрицательным (в пользу рассоления);
- общий объем вынесенных солей от накопленных солей в почвах составил почти 3.4 миллиона тонн. Это колоссальный объем, который позволил значительно улучшить мелиоративное состояние земель, что подтверждается ростом площади незасоленных почв во второй таблице.

### **Библиографический список**

1. Указ Президента Республики Узбекистан, от 10.07.2020 г. № УП-6024 «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы» <https://lex.uz/docs/4892953>

2. Постановление Президента Республики Узбекистан, от 15.12.2023 г. № ПП-391 «О дополнительных мерах по развитию системы семеноводства в хлопководстве и повышению урожайности хлопчатника» <https://lex.uz/docs/6694160>

3. Закон Республики Узбекистан, от 30.07.2025 г. № ЗРУ-1076 «Водный кодекс Республики Узбекистан» <https://lex.uz/uz/docs/7655343>
4. Наврузбаева Н.Ш. Картографирование уровней засоленности орошаемых земель в Республике Каракалпакстан по технологии ГИС // «Экономика и социум» №6(121)-1 2024. -С.1240-1246.
5. Наурызбаева З.Ш. Анализ деградированных почв в условиях Каракалпакстана// UNIVERSUM химия и биология №9(87) -М: 2021. -С.17-20.
6. Рахимбаев Ф.М. Мелиоративное состояние орошаемых земель (на примере низовьев Амударьи). - Ташкент.: «Узбекистан», 1979.- 104 с.
7. Файзуллаева А.Г. Изучение засоленности почв некоторых районов Каракалпакстана //Central Asian journal of theoretical and applied sciences, volume:02 Issue:09 Sep 2021 ISSN: 2660-5317 -PP. 15-20.
8. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т., Садиев У.А., Баллиев А.И., Реймова Г.Б. Особенности гидрологического и мелиоративного мониторинга орошаемой территории Республика Каракалпакстан. Монография. - Ташкент: «Lesson press», 2022. -176 с.
9. Чембарисов Э.И., Баллиев А.И. Общая характеристика залегания грунтовых вод орошаемой зоны Республики Каракалпакстан// Вестник мелиоративной науки №2 г.о. Коломна, 2025.- С.42-51.
10. <https://lex.uz/uz/>
11. <https://gov.uz/oz/agro>
12. <http://sic.icwc-aral.uz/>
13. <https://aral.uz/wp/>
14. <https://www.cawater-info.net/>
15. <https://glavagronom.ru/>

#### References in roman script

1. Ukaz Prezidenta Respubliki Uzbekistan. ot 10.07.2020 g. № UP-6024 «Ob utverzhdenii kontseptsii razvitiya vodnogo khozyaystva Respubliki Uzbekistan na 2020 — 2030 gody» <https://lex.uz/docs/4892953>

2. Postanovleniye Prezidenta Respubliki Uzbekistan. ot 15.12.2023 g. № PP-391 «O dopolnitelnykh merakh po razvitiyu sistemy semenovodstva v khlopkovodstve i povysheniyu urozhaynosti khlopchatnika» <https://lex.uz/docs/6694160>
3. Zakon Respubliki Uzbekistan. ot 30.07.2025 g. № ZRU-1076 «Vodnyy kodeks Respubliki Uzbekistan» <https://lex.uz/uz/docs/7655343>
4. Navruzbayeva N.Sh. Kartografirovaniye urovney zasolenosti oroshayemykh zemel v Respublike Karakalpakstan po tekhnologii GIs // Ekonomika i sotsium" №6(121)-1 2024. - S.1240-1246.
5. Nauryzbayeva Z.Sh. Analiz degradirovannykh pochv v usloviyakh Karakalpakstana// UNIVERSUM khimiya i biologiya №9(87) -М: 2021. -S.17-20.
6. Rakhimbayev F.M. Meliorativnoye sostoyaniye oroshayemykh zemel (na primere nizovyev Amudari). - Tashkent.: «Uzbekistan». 1979.- 104 s.
7. Fayzullayeva A.G. Izucheniye zasolenosti pochv nekotorykh rayonov Karakalpakstana //Central Asian journal of theoretical and applied sciences. volume:02 Issue:09 Sep 2021 ISSN: 2660-5317 -RR. 15-20.
8. Chembarisov E.I., Khozhamuratova R.T., Sadiyev U.A., Balliyev A.I., Reymova G.B. Osobennosti gidrologicheskogo i meliorativnogo monitoringa oroshayemoy territorii Respublika Karakalpakstan. Monografiya. - Tashkent: «Lesson press». 2022. -176 s.
9. Chembarisov E.I., Balliyev A.I. Obshchaya kharakteristika zaleganiya gruntovykh vod oroshayemoy zony Respubliki Karakalpakstan// Vestnik meliorativnoy nauki №2 g.o. Kolomna. 2025.- S.42-51.
10. <https://lex.uz/uz/>
11. <https://gov.uz/oz/agro>
12. <http://sic.icwc-aral.uz/>
13. <https://aral.uz/wp/>
14. <https://www.cawater-info.net/>
15. [https://glavagronom.ru](https://glavagronom.ru/)

## Сведения об авторах

**Чембарисов Эльмир Исмаилович**, главный научный сотрудник, доктор географических наук, профессор, Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, г. Ташкент, [chembar@mail.ru](mailto:chembar@mail.ru)

**Реймова Гулжамал Батырбаевна**, докторант философии (PhD), Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем (НИИИВП), г. Ташкент, Узбекистан, [guljamalreymova25@gmail.com](mailto:guljamalreymova25@gmail.com)

**Баллиев Ажинияз Ибрагимович**, старший научный сотрудник доктор географических наук (PhD) Международный центр стратегических разработки исследований в области Продовольствия и сельского хозяйства при Министерстве сельского хозяйства Республики Узбекистан I-SCAD. [ajok90@mail.ru](mailto:ajok90@mail.ru)

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 01.03.2026г.

Для цитирования: Чембарисов Э.И., Реймова Г.Б., Баллиев А. И. Изменение некоторых характеристик мелиоративного состояния орошаемых земель Ходжейлийского района Каракалпакстана за многолетний период // Вестник мелиоративной науки. 2026.№1. С.86-95.

## Information about the authors

**Chembarisov Elmir Ismailovich**, leading scientific researcher, Doctor of Geography, Professor. Uzbekistan, Scientific and Research Institution on Irrigation and Water Issues, Tashkent, [chembar@mail.ru](mailto:chembar@mail.ru)

**Rejmov G. Gulzhamal Batyrbaevna**, PhD Candidate in Philosophy, Scientific and Research Institute for Irrigation and Water Issues (NIIVP) Tashkent, Uzbekistan, [guljamalreymova25@gmail.com](mailto:guljamalreymova25@gmail.com)

**Balliev Azhiniyaz Ibragimovich**, leading scientific researcher, Doctor of Geography (PhD). International Center of Strategy Development for Investigations in the Field of Food Products and Farming at the Farming Ministry of Uzbekistan Republic I-SCAD, [ajok90@mail.ru](mailto:ajok90@mail.ru)

The authors declare that there is no conflict of interest.  
Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors.

The article was received in the editorial office on 01.03.2026.

For citations: Chembarisov E.I., Rejmov G. B., Balliev A.I. Changes in Some Melioration Condition Characteristics of Irrigated Lands in Karakalpakstan Hodzhejliskij District for Multiannual Period// Bulletin of Meliorative Science. 2026.№1. С. 86-95.

Главный редактор: Ольгаренко Геннадий Владимирович

Ответственные за выпуск: Банникова Алла Игоревна

ФГБНУ ВНИИ «Радуга»

Коломна

2026