

**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 4

г.о. Коломна 2025



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»	№ 4 2025	<i>Научно-практический журнал</i> «ВЕСТНИК МЕЛИОРАТИВНОЙ НАУКИ»
--	-------------	---

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.
Капустина Т.А., Гарголина К. В. Динамика развития орошаемого земледелия в Южном федеральном округе России: анализ и перспективы	4
Костоварова И.А., Банникова А.И. Оценка качества орошения широкозахватными дождевальными машинами	14
Чембарисов Э.И., Баллиев А. И. Обзор некоторых технологий, предложенных учеными Узбекистана для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель	26
Лопатина И. Б., Петракова П. Д., Каблуков О.В. Мероприятия и технические средства искусственного засева облаков для увеличения осадков на засушливых территориях	38
Муравьев А.В., Лебедев Д.А., Медведева А.А. Типовой вариант конструктивно-строительного исполнения водоприемного берегового колодца для многоагрегатных оросительных насосных станций на основе вертикальных насосов с трансмиссионным валом	49
Угрюмова А.А., Замаховский М. П., Паутова Л. Е. Интенсивные факторы потенциала конкурентоспособности эксплуатирующих организаций мелиоративной отрасли АПК России	65
Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Смирнов А.И., Антипов А.О. Оптимизация параметров устройства для заравнивания колеи от тележек дождевальной машины кругового действия	78
Соколов А. А., Травкина А. Р. Сравнительная оценка современных технологий выращивания рассады овощных культур в защищенном грунте	92
Беденко А. Е., Миронов Д.С. Оценка эффективности орошения посевов кукурузы на основе анализа временных серий вегетационного индекса NDVI (на примере Ростовской области)	102
Гжибовский С.А., Грушин А.В. Обоснование применения комбинированной системы орошения косточкового сада в условиях центральной части Нечернозёмной зоны России	112
Девяткина Ю. П. Экономическая стоимость земель сельскохозяйственного назначения	124
Коломеец А. В., Каблуков О. В. Проблема водообеспечения и водосбережения в России	135
Мищенко Н.А., Козлова Л.К. Совмещение технологий мостового земледелия и No-Till как перспективное направление повышения эффективности сельского хозяйства России	147
Муравьев А.В., Лебедев Д.А. Выбор рациональной компоновки на единой силовой раме основных элементов оросительной насосной станции на основе вертикальных насосов с трансмиссионным валом	157

Динамика развития орошаемого земледелия в Южном федеральном округе России: анализ и перспективы

Капустина Татьяна Алексеевна¹
Гарголина Кристина Витальевна^{1,2}

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

²Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова, г. Новочеркасск

Аннотация. Статья посвящена всестороннему исследованию динамики развития орошаемого земледелия в Южном федеральном округе России за период с 2015 по 2024 годы. В рамках данного исследования был проведён комплексный анализ текущего состояния и перспектив развития орошаемого земледелия, что позволило выделить ключевые факторы, оказывающие влияние на эффективность его функционирования. Основные выводы исследования включают выявление значительного потенциала для увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур путем внедрения современных технологий полива, таких как капельное орошение и системы автоматического контроля, которые позволяют значительно снизить потери воды и обеспечить более равномерное распределение влаги. Важным аспектом данного анализа является использование статистического анализа данных, а также методов сравнительного анализа и моделирования, что позволило глубже понять текущие тенденции. Это дало возможность детально оценить динамику изменения площадей орошаемых земель, структуры посевных площадей, уровня урожайности основных сельскохозяйственных культур, таких как пшеница, кукуруза и овощи, а также объемов водопотребления. Например, на основе собранных данных можно проследить, как внедрение новых технологий орошения в некоторых хозяйствах привело к увеличению урожайности на 20–30%. Такие результаты являются ярким свидетельством эффективности современных методов и подчеркивают необходимость их широкого применения в аграрном секторе региона. В итоге результаты данного исследования могут стать основой для разработки рекомендаций по оптимизации процессов орошения, что, в свою очередь, будет способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства в Южном федеральном округе.

Ключевые слова: орошаемые сельскохозяйственные угодия, продовольственная безопасность, водные ресурсы, эффективность использования водных ресурсов, урожайность

Research article

Dynamics of Irrigated Farming Development in the South Federal District in Russia: Analysis and Perspectives

Kapustina Tatiana Alekseevna¹
Gargolina Kristina Vitalievna^{1,2}

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

Annotation. The article deals with all-directional study of irrigated farming development dynamics in the South Federal District in Russia for the period from 2015 to 2024. In this study framework was provided a complex analysis of temporary condition and future perspectives of irrigated farming development that enabled to stress some key factors influencing its functional efficiency. The main results of this investigation include revealing of a sound potential for farming crops productivity increasing by some modern irrigation methods application such as drip irrigation and automatic control, which make it possible to decrease water losses significantly and to provide more uniform moisture distribution. The important aspect of the given analysis is using of statistical data analysis, as well as matching analysis and modelling, that enabled more deep understanding of today trends. It created a possibility to evaluate precisely the changes in the dynamic of irrigated lands areas, sowing lands structure, main farming crops yield levels, such as corn, sweet corn and vegetables, as well as water consumption volumes. For example, on the base of collected data we can see how modern irrigation methods application on some farms caused yield growth in 20-30%. Such results are clear demonstration of modern methods efficiency and stress need of their wide implementation in the agricultural regional segment. To close the issue, the results of presented investigation may be the base for some instructions on irrigation optimization development, which in their turn will lead to the farming in the South Federal District stable development.

Keywords: irrigated farming lands, food security, water resources, water resource use efficiency, yield.

Введение. Орошаемое земледелие является ключевым элементом для обеспечения продовольственной безопасности и стимулирования экономического роста, особенно в условиях глобального изменения климата и нехватки водных ресурсов, на которые в последние годы обращается все большее внимание. Оно способствует значительному повышению урожайности сельскохозяйственных культур, снижает зависимость от погодных условий и обеспечивает стабильное производство продуктов питания, что особенно важно для стран с неблагоприятными климатическими условиями [1-4]. Во многих странах, включая Россию, орошение стало приоритетом в аграрной политике, поскольку оно позволяет улучшить качество жизни сельского населения и повысить конкурентоспособность аграрного сектора [5-6].

Большие потенциальные возможности орошения, его роль в управлении продуктивностью агробиоценозов, повышении эффективности земледелия и сохранении плодородия почв обуславливают необходимость точного нормирования водопотребления и регулирования водного и пищевого режимов почвы, прогноза эффективности различных уровней влагообеспеченности агробиоценозов [7].

Поэтому важной задачей в области орошаемого земледелия является повышение эффективности управления использованием водных ресурсов на основе разработки механизмов рационального водопотребления в отраслях АПК.

Анализ развития орошаемого земледелия в данном регионе выявляет как положительные тенденции, так и проблемы, с которыми сталкиваются сельхозпроизводители, а также направления для оптимизации управления водными ресурсами и повышения их эффективности [9-11].

Цель работы заключается в детальном анализе текущего состояния и тенденций орошаемого земледелия в Южном федеральном округе России, выявлении факторов, влияющих на его эффективность, и разработке предложений по управлению водно-ресурсным потенциалом.

Материалы и методы исследования основаны на современных комплексных подходах для анализа орошаемого земледелия, что включает в себя как традиционные, так и инновационные технологии, позволяющие оптимизировать процессы орошения. Для анализа мелиоративного комплекса ЮФО использовались унифицированные методы статистической обработки многолетних данных и методики интегральной оценки технико-эксплуатационных показателей гидромелиоративных систем, и экологического состояния орошаемых земель, размещенных в базах данных на информационном портале ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [8].

Результаты исследования и их обсуждение. Агроклиматический потенциал юга России — это благоприятные климатические условия, позволяющие развивать сельское хозяйство и садоводство. Регион обладает значительными ресурсами пресной воды, однако существуют проблемы с обеспечением водой некоторых районов вследствие дефицита поверхностных водоемов и недостаточной развитостью инфраструктуры водоснабжения.

Анализируя климатические показатели 2015–2024 годов в условиях степных районах европейской части России, можно отметить повышающийся тренд значений температуры, осадков за наблюдаемый период, понижающий тренд относительной влажности за период с мая по сентябрь

Анализ динамики изменения значений климатических показателей с 2015–2024 годы, позволяют утверждать о тенденции трендов температуры и осадков изменяться в определенной степени в вегетационный период, оказывая значимое воздействие на продуктивность сельскохозяйственных культур.

В результате исследований определены периоды с минимальными значениями осадков (май, июнь, август) и максимальными значениями температуры (июнь и август), что создает экстремальные условия для продуктивности агроландшафтов и приводит к

снижению водообеспеченности и дефициту водопотребления сельскохозяйственных культур (рисунок 1).

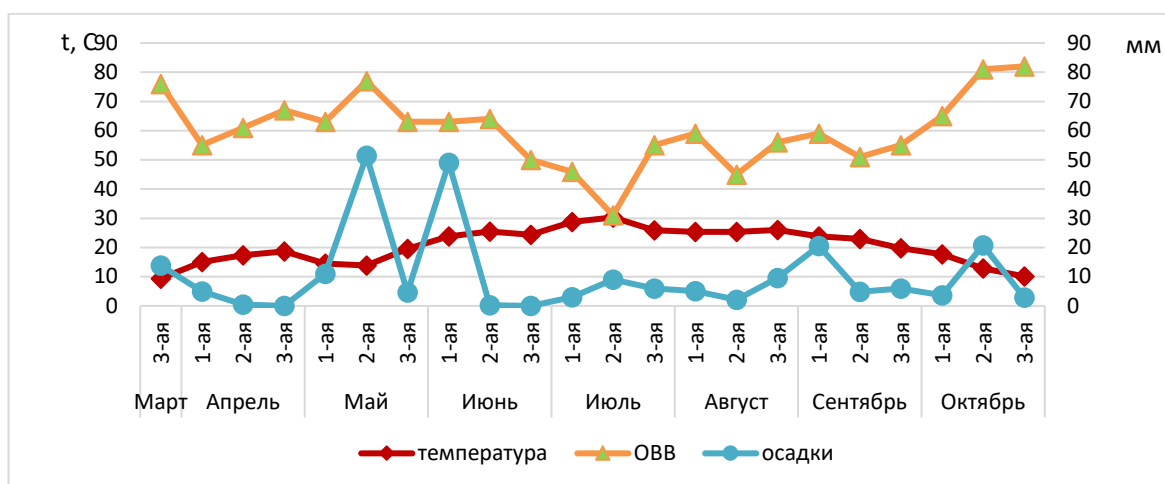


Рисунок 1 - Динамика среднееголетних значений климатических показателей (суммы температур, суммы осадков, относительной влажности воздуха) за вегетационный период 2024г (95% обеспеченности) по метеостанции Краснодар

Устойчивая тенденция снижения природной водообеспеченности прослеживается на территории Краснодарского края в последние годы, что создает критическую ситуацию для орошаемого земледелия и продуктивности растений, в связи с дефицитом доступных водных ресурсов в фазы вегетации и снижения водности в водохранилищах и других источниках.

Циклический и стохастический характер изменчивости агрометеорологических условий, приводит к циклическому и неустойчивому развитию агробиоценозов, изменению темпов роста и развития сельскохозяйственных растений и оптимальных сроков реализации аграрных технологий, изменению динамики водно-пищевого режима и требований к режимам орошения, требует минимизации негативного влияния дефицита влагообеспеченности и значительных затрат интегральных ресурсов.

Анализ и оценка площадей орошаемых земель в Южном федеральном округе показал устойчивый рост в период с 2015 по 2024 годы. Общая площадь увеличилась почти вдвое, с 694,5 тыс. гектаров 1523,8 тыс. гектаров. Это свидетельствует о значительных инвестициях государства и бизнеса в развитие агропромышленного комплекса региона, повышение эффективности сельскохозяйственного производства и улучшение продовольственной безопасности страны (рисунок 2).

Наиболее заметный рост наблюдается в Астраханской области, Республике Калмыкия, Краснодарском крае, где площади увеличились соответственно в 6, 12 и 1,3 раза соответственно.

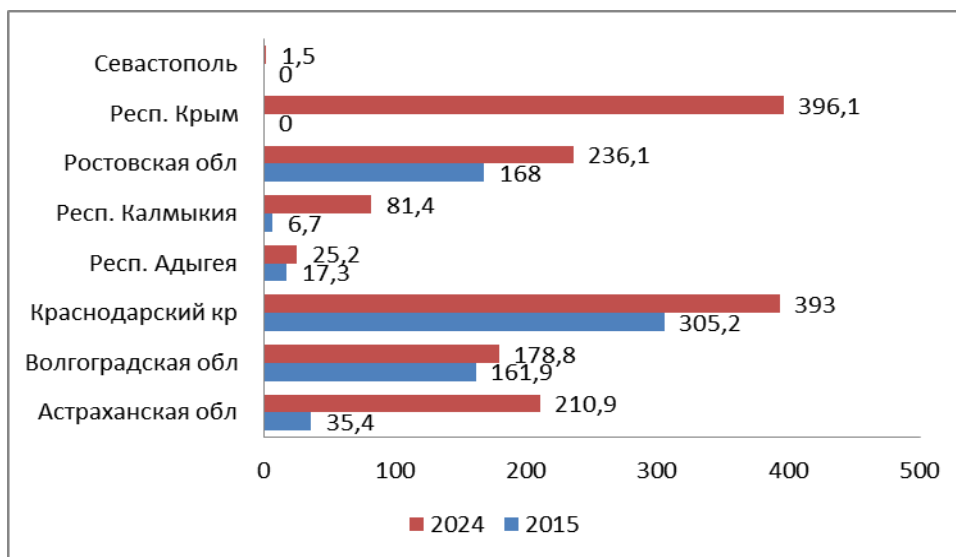


Рисунок 2 - Динамика площадей орошаемых земель ЮФО в период за 2015 и 2024 годы

Оценка мелиоративного состояния орошаемых земель в ЮФО в период с 2015 по 2024 годы показывает значительные колебания в разных регионах. В общем по региону состояние орошаемых земель с хорошим мелиоративным состоянием за период с 2015 по 2024 годы уменьшилось на 16,6 тыс. га, удовлетворительного качества увеличилось на 34,6 тыс. га, неудовлетворительного качества увеличилось на 48,5 тыс.га.

Наиболее заметные положительные сдвиги в эколого-мелиоративном состоянии орошаемых сельхозугодий наблюдаются в Республике Калмыкии, где показатель "хорошее" мелиоративное состояние земель значительно улучшился, увеличившись с 1,5 тыс. га до 41,2 тыс. га. Аналогичные позитивные тенденции установлены в Краснодарском крае, где показатель «удовлетворительное» вырос с 54 тыс. га до 289 тыс. га, что свидетельствует о стабильном развитии региона (рисунок 3 а,б).

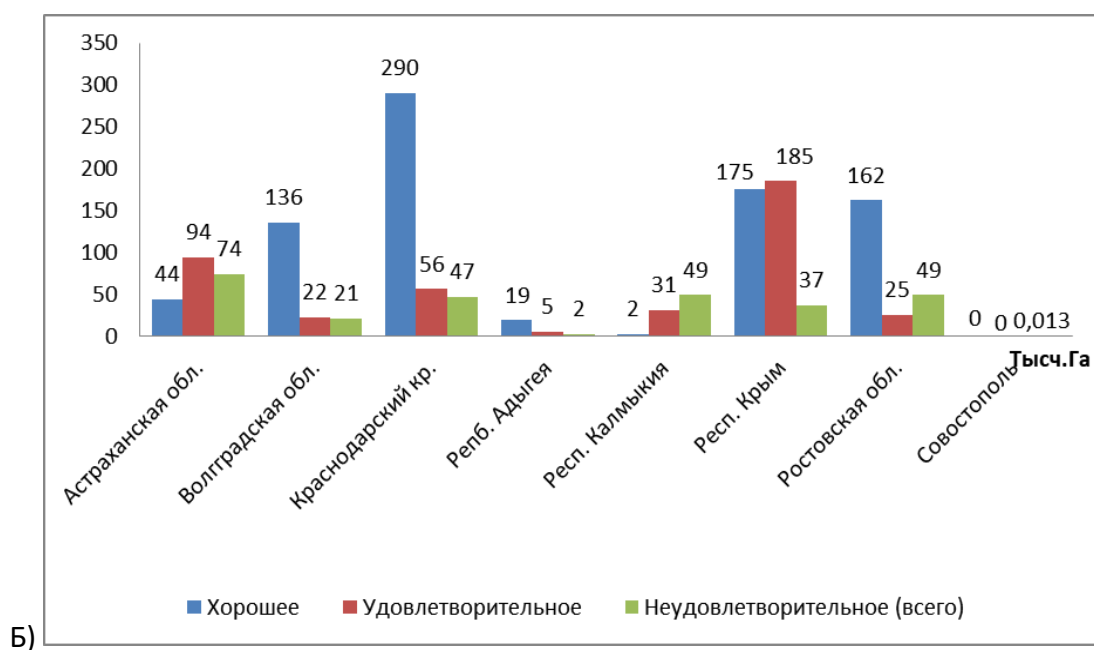
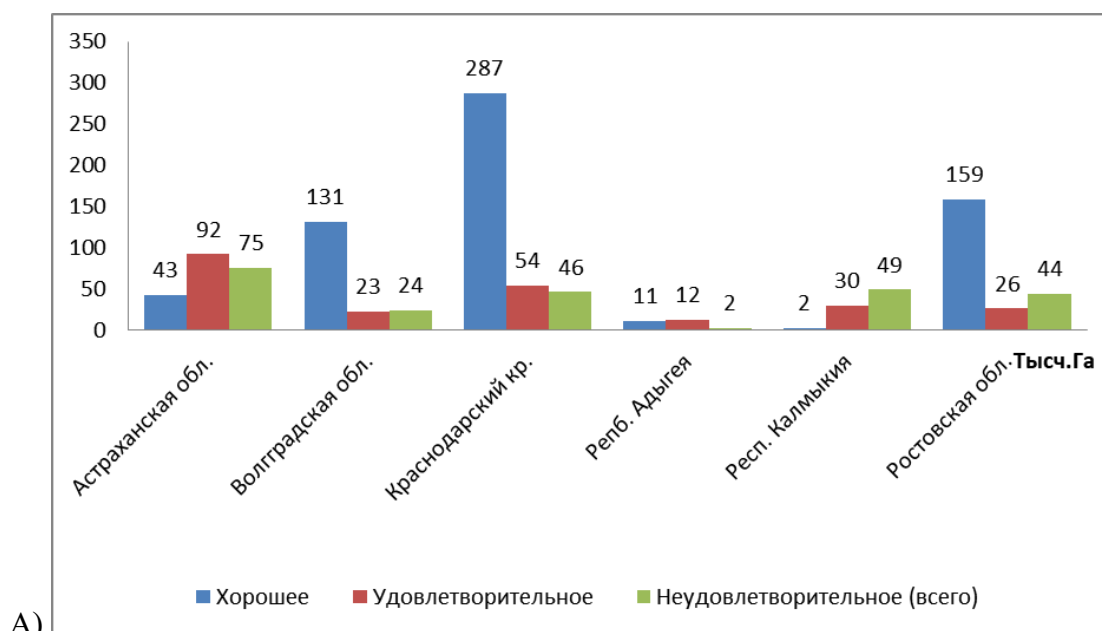


Рисунок 3 - Динамика мелиоративного состояния орошаемых угодий в разрезе субъектов ЮФО (в тыс. га): а – 2015 год; б – 2024 год

Наиболее выраженный прирост наблюдался в категории «удовлетворительно»: общее число увеличилось в 1,2 раза, что свидетельствует о переходе многих орошаемых земель в регионах из разряда «хороших» по мелиоративному состоянию в разряд «удовлетворительных».

Однако существуют значительные проблемы с использованием имеющихся площадей: Площадь неиспользуемого орошаемого фонда сократилась в 1.2 раза с 735 тыс. га до 646 тыс. га за период с 2015 по 2024 годы, но остается значительной. Это связано

преимущественно с недостатком водных ресурсов и техническим состоянием ирригационных сетей (рисунок 4).

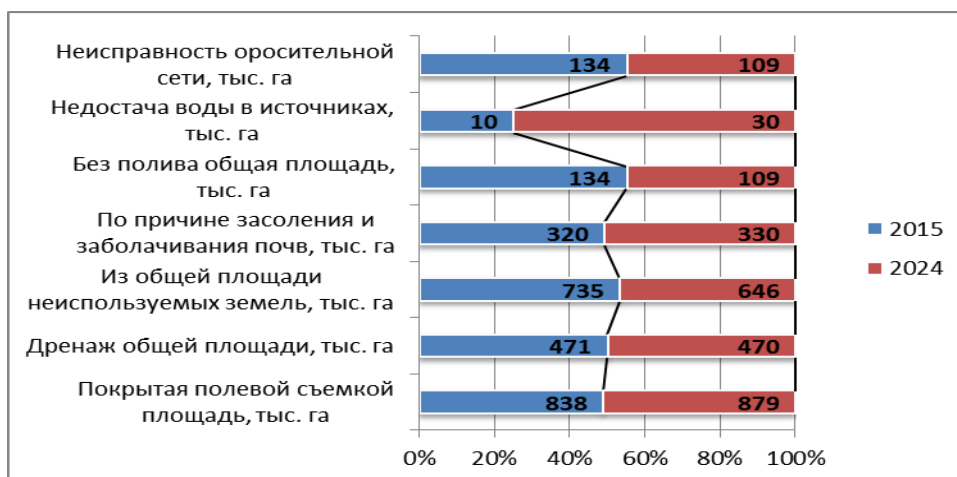


Рисунок 4- Показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем по состоянию ЮФО на конец 2015–2024 года

Засоление и заболачивание почвы остаются ключевыми проблемами: несмотря на незначительное увеличение орошаемых земель, пораженной этими процессами, доля засоленных и заболоченных участков остаётся значимой 330 тыс. га. Значительная изношенность дренажных системам приводит к потере плодородных земель вследствие вторичного засоления и заболачивания.

Анализируя полученные результаты анализа, можно предложить ряд мер для стимулирования увеличения площадей орошаемых земель и улучшения продуктивности аграрного сектора ЮФО:

- поддержка инноваций и внедрения передовых технологий, внедрение ресурсосберегающих технологий и техники орошения;
- инвестиции в изучение и внедрение новых сортов растений, адаптированных к местным условиям, устойчивых к засухе и болезням;
- мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель;
- модернизация инженерной инфраструктуры;
- развитие современной сети водопроводов и каналов;
- разработать новые механизмы компенсации затрат фермерам и крупным производителям на приобретение техники и материалов для орошения;

- создание образовательных центров подготовки специалистов в сфере мелиорации и водного хозяйства, организация стажировки в зарубежных странах с успешным опытом организации эффективного орошения.

Заключение

Орошение земледелия Южного федерального округа России несёт большую значимость для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого экономического роста региона, что особенно актуально в условиях глобальных изменений климата и растущего населения. Важно отметить, что за период с 2015 по 2024 гг. наблюдался существенный рост площадей орошаемых земель практически во всех субъектах округа, что свидетельствует о внимании государства и бизнеса к мелиорационным мероприятиям, направленным на улучшение аграрного сектора. Например, в Астраханской области, где аграрный бизнес активно внедряет современные технологии, отмечено наиболее значительное увеличение площадей орошения, что положительно сказывается на урожайности и разнообразии культур. Аналогичные успехи можно наблюдать и в Республике Калмыкия и Республике Крым, где также реализуются проекты по увеличению орошаемых земель.

Несмотря на достигнутые успехи, сохраняется ряд проблем, таких как неравномерность регионального развития, дефицит водных ресурсов и недостаточная техническая оснащённость, что может ставить под угрозу устойчивость сельскохозяйственного производства. Например, в некоторых районах наблюдается серьёзный дефицит пресной воды, который ограничивает возможность орошения и, следовательно, ведёт к снижению продуктивности агроценозов. Для решения этих вопросов предлагаются меры по поддержке инноваций, модернизации инфраструктуры, государственному регулированию и повышению квалификации кадров, что, в свою очередь, поможет создать более эффективную и конкурентоспособную аграрную экономику. Реализация предложенных рекомендаций позволит ускорить формирование рациональной структуры орошаемых земель, повысить устойчивость сельскохозяйственного производства и снизить риски потери урожая из-за неблагоприятных погодных условий, таких как засухи или внезапные заморозки, которые могут иметь катастрофические последствия для фермеров и всей экономики региона.

Библиографический список

1. Орлов, А.Ф., Соловьёв, И.Р. ЮФО» Аграрная наука и образование, «Повышение устойчивости №2, 2016, сс. 20-25. сельскохозяйственного производства в

2. Жуков, Н.А. «Орошаемое земледелие в Южном Федеральном округе России» Москва: Агропресс, 2020.
3. Демидов, А.И., Кириченко, С.В. «Перспективы развития орошаемого земледелия в ЮФО» Сельское хозяйство и экономика, №3, 2013, сс. 25-30.
4. Smith, J.K., Johnson, M.L. «Irrigation Efficiency and Water Management in the South Federal District of Russia». International Journal of Agricultural Science, Vol. 15, No. 2, pp. 105-115, 2010.
5. Сидоров, К.К., Смирнов, Д.В. «Факторы, влияющие на эффективность орошаемого земледелия в ЮФО» Научные труды ФГБНУ ВНИИ Радуга, №4, 2022, сс. 35-40.
6. Иванов, А.А., Петров, Б.Б. «Динамика развития орошаемого земледелия в Южном федеральном округе России», Вестник сельскохозяйственной науки, №3, 2023, сс. 15-20.
7. Ольгаренко Г.В., Капустина Т.А., Цекоева Ф.К. Расчет режимов орошения сельскохозяйственных культур и проектных норм водопотребности: Методические рекомендации / под общ. ред. Г.В.Ольгаренко. – Коломна: ФГБНУ ВНИИ «Радуга», Инлайт. – 2012
8. Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга» <https://inform-raduga.ru/about>. Дата обращения 25.10.2025 г.
9. Brown, L.R., Flavin, C. «The Future of Irrigation in Southern Russia» Worldwatch Institute Report, Washington DC, USA, 2005.
10. Тихонов, В.И., Краснополский, П.А. «Методы повышения производительности орошаемых земель в ЮФО». Практикум агрария, №3, 2008, сс. 40-45.
11. Никитин, В.Г., Троицкий, А.И. «Технические средства и оборудование для орошения». Механизация и автоматизация сельского хозяйства, №1, 2006, сс. 35-40.

References in roman script

1. Orlov, A.F., Solov'ev, I.R. «Povyshenie ustoychivosti sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva v YuFO» Agrarnaya nauka i obrazovanie, №2, 2016, ss. 20-25.
2. Zhukov, N.A. «Oroshaemoe zemledelie v Yuzhnom Federal'nom okruge Rossii» Moskva: Agropress, 2020.
3. Demidov, A.I., Kirichenko, S.V. «Perspektivy razvitiya oroshaemogo zemledeliya v YuFO» Sel'skoe khozyaystvo i ekonomika, №3, 2013, ss. 25-30.
4. Smith, J.K., Johnson, M.L. «Irrigation Efficiency and Water Management in the South Federal District of Russia». International Journal of Agricultural Science, Vol. 15, No. 2, pp. 105-115, 2010.
5. Sidorov, K.K., Smirnov, D.V. «Faktory, vliyayushchie na effektivnost' oroshaemogo zemledeliya v YuFO» Nauchnye trudy FGBNU VNII Raduga, №4, 2022, ss. 35-40.
6. Ivanov, A.A., Petrov, B.B. «Dinamika razvitiya oroshaemogo zemledeliya v Yuzhnom federal'nom okruge Rossii», Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki, №3, 2023, ss. 15-20.
7. Ol'garenko G.V., Kapustina T.A., Tsekoeva F.K. Raschet rezhimov orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i proektnykh norm vodopotrebnosti: Metodicheskie rekomendatsii / pod obshch. red, G.V.Ol'garenko. – Kolomna: FGBNU VNII «Raduga», Inlayt. – 2012
8. Informatsionnyy portal FGBNU VNII «Raduga» <https://inform-raduga.ru/about>. Data obrashcheniya 25.10.2025 g.
9. Brown, L.R., Flavin, C. «The Future of Irrigation in Southern Russia» Worldwatch Institute Report, Washington DC, USA, 2005.
10. Tikhonov, V.I., Krasnopol'skiy, P.A. «Metody povysheniya proizvoditel'nosti oroshaemykh zemel' v YuFO». Praktikum agrariya, №3, 2008, ss. 40-45.
11. Nikitin, V.G., Troitskiy, A.I. «Tekhnicheskie sredstva i oborudovanie dlya orosheniya». Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya sel'skogo khozyaystva, №1, 2006, ss. 35-40.

Сведения об авторах

Капустина Татьяна Алексеевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, kapustina_tat@inbox.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

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 21.11.2025г.

Для цитирования: Капустина Т.А., Гарголина К. В. Динамика развития орошаемого земледелия в Южном федеральном округе России: анализ и перспективы // Вестник мелиоративной науки. 2025.№4. С. 4–13.

Information about the authors

Kapustina Tatiana Alekseevna¹, candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Acting Director, Federal State Budgetary Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga», Kolomna, Russia; kapustina_tat@inbox.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

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 21.11.2025.

For citations: Kapustina T.A., Gargolina K. V. Dynamics of Irrigated Farming Development in the South Federal District in Russia: Analysis and Perspectives// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. С. 4–13.

Оценка качества орошения широкозахватными дождевальными машинами

**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 данной статье представлены общие принципы оценки качества орошения дождевальной техники. Методология проведения работы базируется на изучении и анализе современных направлений по улучшению технико-эксплуатационных и агроэкологических характеристик, принципов работы и конструкций современных электрифицированных дождевальных машин кругового и фронтального перемещения ведущих зарубежных и отечественных производителей и оборудования к ним. В результате представлен алгоритм сравнительной оценки качества орошения дождевальных машин.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности использования водных ресурсов, снижения негативного воздействия на окружающую среду и обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства. Методология работы основана на комплексном изучении и анализе современных научных и практических разработок, направленных на улучшение технико-эксплуатационных и агроэкологических характеристик дождевальных машин. Особое внимание уделено принципам функционирования и конструктивным особенностям современных электрифицированных дождевальных установок кругового и фронтального перемещения, выпускаемых как ведущими зарубежными, так и отечественными производителями, а также сопутствующему оборудованию. В ходе исследования проанализированы ключевые параметры, влияющие на равномерность распределения воды, энергоэффективность, износостойкость и адаптацию техники к различным климатическим и почвенным условиям. На основе полученных данных разработан алгоритм сравнительной оценки качества орошения, который позволяет объективно сопоставлять различные модели дождевальных машин по совокупности технических, экономических и экологических показателей. Предложенный подход может быть использован при выборе оборудования, планировании режимов орошения и разработке рекомендаций по рациональному водопользованию в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: широкозахватные дождевальные машины кругового и фронтального перемещения, анализ, технические, экономические, экологические и эксплуатационные показатели качества орошения.

Research article

Quality Estimation of Irrigation with Wide-Range Machines

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. This article presents the main criteria of estimation of irrigation quality performed by technical means. Research method is based on study and analysis of modern trends in the area of technic and economic, agricultural and ecological characteristics improvement, working principles and design of modern electric center-pivots and frontal multi-towers produced by foreign and native companies and the supplemental equipment to them. As a result, there is presented an algorithm of relative estimation of watering with the irrigation machines.

This research is actually, because it is necessary to increase efficiency of water resources using, to cut down negative environment impacts and to ensure a stable progress in farming. Research method is based on the complex study and analysis of modern scientific and practical works, aimed for improvement of design and operational, agricultural and ecological characteristics of irrigation machines. The main attention was put on the operation principles and design peculiarities of modern electric center-pivots and frontal multi-tower irrigation machines produced by foreign and native companies and the additional equipment. During this research were analyzed the key parameters, that influence water spreading uniformity, energy consumption efficiency, durability and adopting of the technical means to different climatic and soil conditions. On the base of the obtained data was created algorithm of relative estimation of irrigation quality; it allows objective matching of different irrigation machine designs according to technical, economic and ecologic factors. Proposed approach may be used for equipment choosing, irrigation scheduling planning and working out the instructions for rational water use in farming.

Keywords: Wide-range irrigation machines center pivots and frontal multi-towers, analysis, technical, economic, ecologic and operation factors of irrigation quality.

Введение. Важнейшим направлением повышения конкурентоспособности современной отечественной дождевальной техники является широкое применение ресурсосберегающих технологий [1]. Ресурсосбережение при конструировании и эксплуатации широкозахватных дождевальных машин, а также обеспечение их эффективной и производительной работы в различных условиях представляет собой сложную техническую задачу по оптимизации всех параметров дождевальной техники и требует решения комплекса научных и практических задач касающихся водных, земельных, материальных, энергетических, трудовых, финансовых ресурсов и обеспечивается целым рядом методов и направлений исследований. Перспективные направления, задачи и способы реализации повышения эффективности и надежности широкозахватных дождевальных машин приведены на рисунке 1. В связи с этим актуальным является разработка и внедрение инновационных технических и технологических решений, направленных на повышение эффективности орошения, снижение энерго- и ресурсозатрат, а также обеспечение устойчивой и бесперебойной работы широкозахватных дождевальных машин в различных климатических и почвенных условиях [2].



Рисунок 1 – Современные направления по улучшению технико-эксплуатационных и агроэкологических характеристик широкозахватных дождевальных машин

Целью исследования является обоснование последовательности действий при оценке качества орошения широкозахватных дождевальных машин с учётом их технико-эксплуатационных, агроэкологических [3] и гидравлических характеристик. Исследование направлено на выявление ключевых параметров, определяющих качество орошения — оценка параметров дождя [4-5], почвенных характеристик, выбор сельскохозяйственных культур [6]. Достижение поставленной цели позволит повысить ресурсоэффективность оросительных систем, снизить негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить устойчивое водоснабжение сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы

Методология базируется на изучении и анализе современных направлений по улучшению технико-эксплуатационных и агроэкологических характеристик, принципов работы и конструкций современных электрифицированных дождевальных машин кругового и фронтального перемещения ведущих зарубежных и отечественных производителей и оборудования к ним. Обзор литературных источников выполнен с глубиной 20 лет.

Для оценки эффективности технологии или технического объекта применимы следующие группы критериев (таблица 1).

Таблица 1 – Ограничивающие значения критериев качества полива дождеванием

Показатели	Характеристики	Единицы измерения	Величина
1	2	3	4
Технико-эксплуатационные показатели	Расход воды	л/с	0,05-0,30
	Напор	МПа	0,01-0,30
	Удельная водоподача	л/с/м ²	0,05-0,50
	Радиус захвата	м	1-10

Продолжение таблицы 1

	Средняя интенсивность	мм/мин	0,1-0,3
	Мгновенная интенсивность	мм/мин	0,25
	Коэффициенты радиальной и окружной неравномерности	-	0,1
	Трудоемкость орошения	чел-ч/га	0,3
	Срок службы аппарата	лет	8-10
	Коэффициент эффективного полива	-	0,8
	Коэффициент равномерности по Кристиансену	-	0,9
	Удельная металлоемкость	кг/га	10-15
	Коэффициент ремонтпригодности	-	0,95
	Коэффициент надежности	-	0,95
	Коэффициент готовности	-	0,95
Энергетические	Затраты энергии при $M_{op}=200$ мм на единицу площади	МВтч/га	<2-4
	Затраты энергии на единицу объема водоподачи	кВтч/м ³	<1-2
	КПД распыливания	-	0,1
	КПД гидравлический	-	0,6
Экологические	Среднекубический диаметр капель	мм	1,0-1,5
	Частотное распределение числа капель по диаметрам: <0,5 мм 0,5-1,0 мм >1,0 мм.	%	20-30 40-50 10-20
	Сила удара капель дождя	Н	0,05
	Удельная мощность дождя по среднему диаметру капель	Вт/м ²	0,25

Результаты и обсуждения

Проектируемые в настоящее время дождевальные машины не могут считаться универсальными, пригодными для всего разнообразия почвенно-климатических условий, культур и рельефов (Таблица 2). Конструктивно-технологические особенности дождевальной машины должны выбираться из предполагаемых условий эксплуатации, организационно-хозяйственных условий, структуры севооборотов, естественной увлажненности территории, экологического состояния земель, обеспеченности энергетическими и трудовыми ресурсами, на основе наиболее значимых, первостепенных требований [7-9]. Тем не менее, необходимо выделить комплекс показателей технического уровня качества дождевальных машин и агроэкологический показателей, согласно которым применимость сравниваемых видов дождевальных машин для конкретных природно-хозяйственных условий будет научно обоснована [10].

Таблица 2 - Техничко-эксплуатационные параметры модификаций дождевальной машины «Кубань-ЛК1» для спокойного рельефа

Обозначение модификации машины	Количество опорных тележек, шт.	Длина машины, м	Рабочая длина захвата (радиус полива), м	Расход воды при нулевом общем уклоне,	Давление воды на входе в машину, МПа	Производительность за час (при норме 600 м ³ /га)		Средняя интенсивность дождя при нормальном расходе воды, мм/мин	Орошаемая площадь, га	Минимальное время одного оборота машины,
						основного времени	эксплуатационного времени			
МДЭК-589-90	13	589	595	90	0,43	0,54	0,50	0,66	111,2	32,4
МДЭК-551-82	12	551	554	82	0,39	0,49	0,46	0,72	96,4	30,5
МДЭК-512-75	11	512	516	75	0,36	0,45	0,42	0,70	83,6	28,2
МДЭК-474-70	10	474	479	70	0,35	0,42	0,39	0,63	72,1	26,0
МДЭК-435-65	9	435	441	65	0,33	0,39	0,36	0,64	61,1	23,7
МДЭК-397-55	8	397	400	55	0,31	0,33	0,31	0,70	50,3	21,5
МДЭК-358-45	7	358	362	45	0,28	0,29	0,27	0,63	41,2	19,2
МДЭК-309-35	6	309	314	35	0,26	0,23	0,21	0,60	31,0	16,4
МДЭК-260-25	5	260	265	25	0,25	0,17	0,15	0,50	22,1	13,5
МДЭК-212-20	4	212	217	20	0,24	0,13	0,12	0,47	14,8	10,8

Одним из основных показателей качества полива, является равномерность полива дождевальной техники, которая показывает, насколько одинаковый слой осадков подается во все точки орошаемого участка [11-13]. Равномерность полива дождевальной машины и ирригационного оборудования определяется равномерностью полива насадок и аппаратов и величиной перекрытия струй, на которые значительное влияние оказывает скорость ветра и его направление [14-15], а также средний диаметр капель.

Существует множество производителей дождевальной техники, каждый из которых предлагает свои уникальные решения и технологии [16]. Сравнительный анализ дождевальной техники проводится для выявления наиболее перспективных образцов.

Основная задача поиска и отбора информации для анализа из общедоступных источников по теме исследования состоит в установлении современных тенденций развития исследуемого объекта, а именно, широкозахватных дождевальных машин. Анализ полученных сведений — это этап, который идёт следом за сбором информации. Недостаточно просто найти нужный материал, нужно ещё и тщательно проанализировать его, проверить на логичность, достоверность и актуальность. Этот метод представляет

собой целенаправленное и внимательное восприятие изучаемого явления с последующем сбором информации. После окончательного подбора вариантов дождевальной техники для сравнения собирается вся доступная имеющаяся информация по ней: технические условия, паспортные данные, справочные данные, экспериментальные данные, карты распределения интенсивности дождя, карты распределения площадей недостаточного, избыточного и эффективного полива. Параметры дождя устанавливаются по значениям из каталогов дождевальной техники или по результатам их непосредственного испытания с учетом требований согласно ГОСТ ИСО 11545–2004 (рисунок 2).

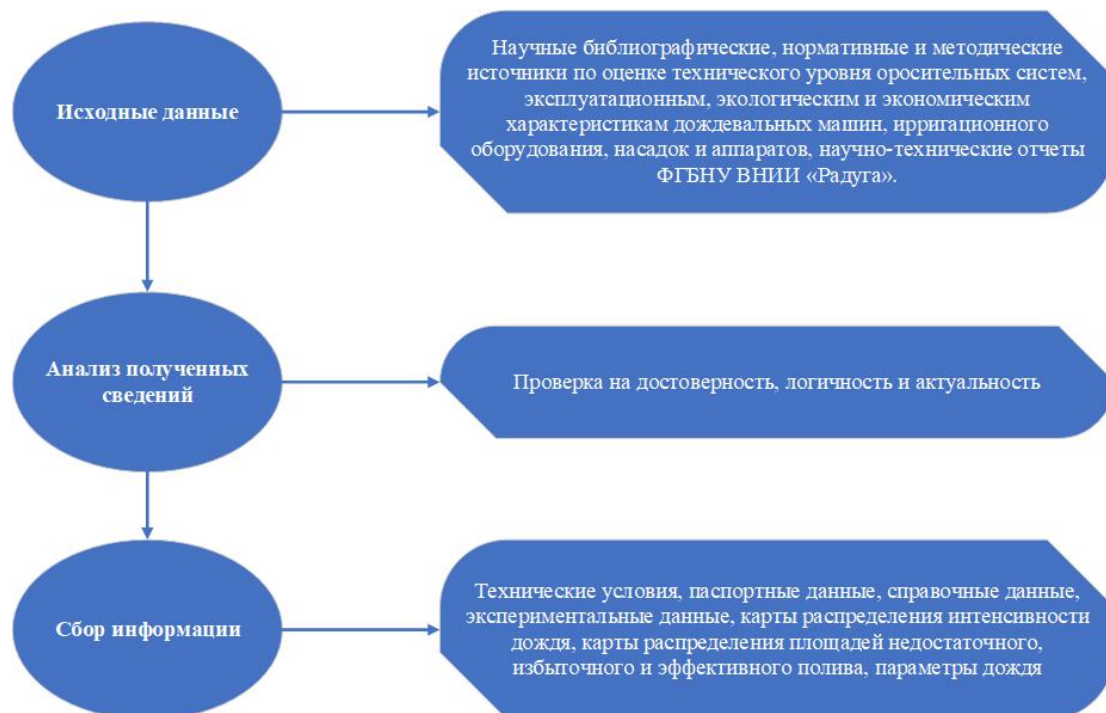


Рисунок 2 - Этапы анализа дождевальной техники перед проведением сравнительной оценки

Исходные данные (характеристики) или показатели машин кругового и фронтального действия, зависящие от параметров искусственного дождя, для расчетов технико-эксплуатационных параметров дождеобразующих устройств с учетом технологической схемы размещения на дождевом поясе включают следующие величины [17]:

- тип перемещения, по кругу или фронтально;
- общая поливная площадь (сезонная);
- рабочая длина захвата;
- средний диаметр капель дождя, мм.
- средняя интенсивность дождя, мм/мин;
- слой осадков за один проход (высота), мм.

К настоящему времени создано достаточно большое число конструкций дождевальных аппаратов и насадок, применяемых на дождевых поясах машин, обладающих широким спектром технических характеристик. Степень их применимости определяется способностью соответствовать водно-физическим свойствам орошаемой почвы и особенностям роста произрастающих на ней сельскохозяйственных культур, а эффективность дождевания определяется, прежде всего, агротехническими показателями применяемой дождевальной техники, которые зависят в первую очередь от параметров дождя, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур, эрозию почв и создание микроклимата. Технология работы дождевальной техники не влияет на агроэкологическое качество дождя, которое зависит от совокупных характеристик дождеобразующих устройств в зависимости принципа работы дождевальной машины.

Конструктивные и технологические особенности дождевальной машины выбираются из предполагаемых условий эксплуатации, организационно-хозяйственных условий, структуры севооборотов, естественной увлажненности территории, экологического состояния земель, обеспеченности энергетическими и трудовыми ресурсами, на основе наиболее значимых, первостепенных требований и определяются комплексом показателей технического уровня [18].

Показателями агроэкологического качества дождевальных машин являются : слой осадков на один оборот (мм), средний диаметр капель дождя (мм), время (мин) и норма $\text{м}^3/\text{га}$ полива до стока, повреждаемость растений, ширина и глубина колеи (м), плотность верхнего слоя почвы ($\text{г}/\text{см}^3$), средняя интенсивность дождя (мм/мин), распределение интенсивности вдоль радиуса захвата (мм/мин), распределение дождя вдоль радиуса полива (мм/мин), средняя мощность дождя ($\text{Вт}/\text{м}^2$), коэффициенты эффективного, недостаточного и избыточного полива, потери воды на испарение и сброс (%), радиус полива дождевателями (м), норма полива ($\text{м}^3/\text{га}$).

В общем виде алгоритм сравнительной оценки качества орошения дождевальных машин представлен на рисунке 3.

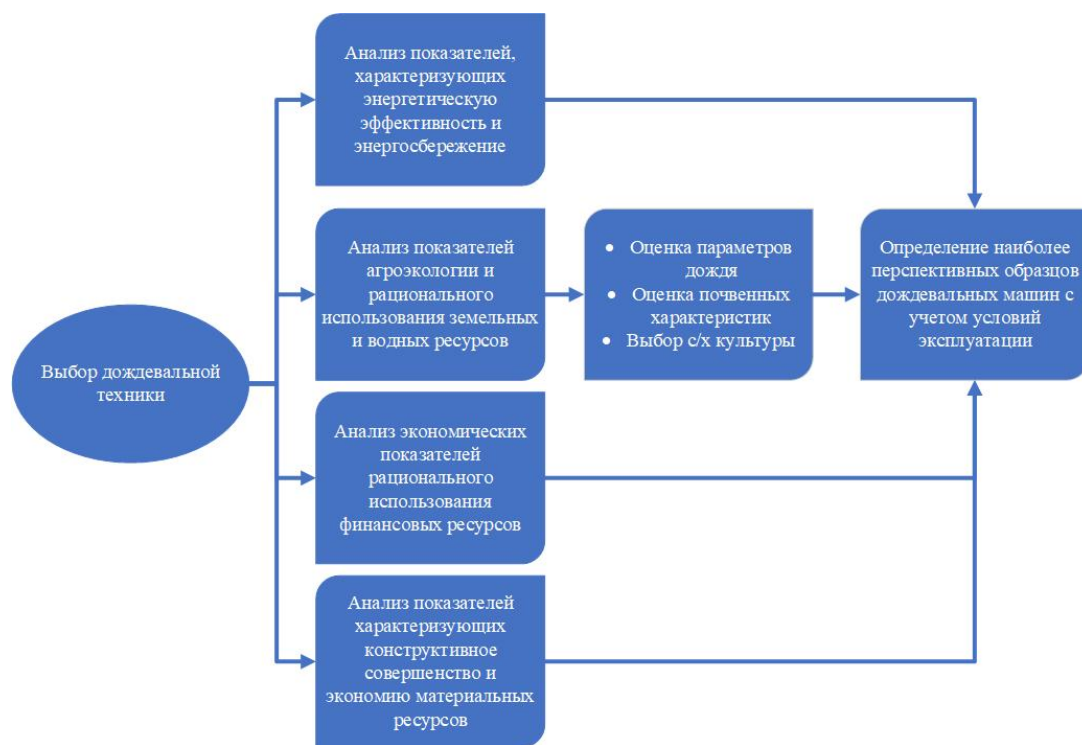


Рисунок 3 - Алгоритм сравнительной оценки качества орошения дождевальных машин.

Для полной оценки эффективности дождевальной техники необходимо оценить: влияние размещения дождевальных аппаратов и насадок на показатели качества полива; влияние структуры дождя на силу его эрозионного воздействия; влияние качества полива на урожайность различными дождевальными машинами (рисунок 4).



Рисунок 4 – Оценка эффективности работы дождевальной техники

Заключение

Широкозахватные дождевальные машины - эффективная и перспективная техника для современного рационального орошения, при условии грамотного проектирования, эксплуатации и постоянного мониторинга качества полива.

При сравнительной оценке качества орошения дождевальных машин необходимо обратить внимание на следующие критерии, как анализ показателей, характеризующих энергетическую эффективность и энергосбережение, анализ показателей агроэкологии и

рационального использования земельных и водных ресурсов, анализ экономических показателей рационального использования финансовых ресурсов, анализ показателей, характеризующих конструктивное совершенство и экономию материальных ресурсов.

Библиографический список

1. Турапин С.С., Костоварова И.А. Современные задачи и перспективные пути повышения эффективности и надежности широкозахватных дождевальных машин // Экология и строительство. 2018. №3. С. 17–26. doi: 10.24411/2413-8452-2018-10011.

2. Турапин С.С., Костоварова И.А. Аналитический обзор, ретроспектива, география поставок и актуальная оценка потребности на Российском рынке шланго-барабанных дождевальных машин // Экология и строительство. 2021. № 1. С. 30–38. doi: 10.35688/2413-8452-2021-01-004

3. Методическое руководство по агроэкологической оценке земель, проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий [Текст]: под ред. академика РАСХН В.И. Кирюшина и академика РАСХН А.Л. Иванова. - М: Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2005. - 763 с.

4. Обумахов Д.Л. Допустимые технологические параметры искусственного дождя при орошении дождеванием сельскохозяйственных угодий [Текст] / Д.Л. Обумахов и др. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2016, - № 1(21), - С. 1-15.

5. Васильев, С. М. Дождевание: Учебное пособие / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, 2016. – 352 с. – ISBN 978-5-9907461-3-8. – EDN WCALMH.

6. Семененко С.Я. Экологическая оптимизация полива дождеванием кормовых культур аридной зоны: монография / Семененко, С.Я. –

Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 208 с.

7. Ольгаренко Г.В., Турапин С.С. Аналитические исследования перспектив развития техники орошения в России: Информационно-аналитическое издание. –М: Коломна: ИП Лавренов А.В., 2020. – 128 с.

8. Системы и сооружения мелиоративные. Машины самоходные дождевальные. Общие требования [Текст]: ГОСТ Р 58331.2-2019. - Введ. 2019-07-01. - М.: Стандартиформ, 2019. - 37 с.

9. Дружинин Н.И., Гордон Б.С. Основы расчета параметров искусственного дождя дождевальной техники. // Доклады ВАСХНИЛ. 1985. № 5. С. 36-38.

10. Носенко В.Ф., Балабан Е.И., Ландес В.Г. Аспекты агробиологической и экологической оценки технологий орошения с различной интенсивностью водоподачи // Мелиорация и водное хозяйство: Обзорн. информ. М., ЦБНТИ Госконцерн «Водстрой», 1991. С. 68 с.

11. Ольгаренко, Д.Г. Система показателей для оценки качества полива сельскохозяйственных культур дождеванием/Д.Г. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 23–27.

12. Ольгаренко, Г.В. Параметры дождя дождевальных машин и показатели распределения слоя осадков / Г.В. Ольгаренко, Б.С. Гордон // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – № 3. – С. 68–72.

13. Ольгаренко Г.В., Брыль С.В., Зверьков М.С. Касательные напряжения в почве при ударе о нее капли искусственного дождя // Экология и строительство. 2017. № 4. С. 27–36. doi: 10.24411/2413-8452-2017-00018.

14. De Oliveira, Henrique F.E.; Colombo, Alberto; Faria, Lessandro C. Effects of wind speed and direction on water application uniformity of traveler irrigation systems // *Engenhariaagricola* – Т. 32. – Вып. 4. – 2012. – Р. 669–678.

15. Molle, B; Le Gat, Y. Model of water application under pivot sprinkler. II: Calibration and results // *Journal of irrigation and drainage engineering* – Т. 126. – Вып. 6. – 2000. – Р. 348–354. LIST OF SOURCES.

16. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: Справочник / Г. В. Ольгаренко, В. И. Городничев, А. А. Алдошкин [и др.]. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2015. – 264 с. – ISBN 978-5-7367-1119-2. – EDN YSVGCX.

17. Городничев В. И. Методы и средства измерения характеристик дождя / В. И. Городничев; М-во сельского хоз-ва Рос. Федерации. — Москва: Росинформагротех, 2009. — 150 с. ил.; 20. — ISBN 978-5-7367-0720-1.

18. Комиссаров, М. А. Эрозия агрочерноземов при орошении дождеванием и моделировании осадков в южной лесостепи Башкирского Предуралья / М. А. Комиссаров, И. М. Габбасова // *Почвоведение*. 2017. № 2. С. 264-272. DOI 10.7868/S0032180X17020071.

References in roman script

1. Turapin S.S., Kostovarova I.A. Sovremennye zadachi i perspektivnye puti povysheniya effektivnosti i nadezhnosti shirokoyakhvatnykh dozhdeval'nykh mashin // *Ekologiya i stroitel'stvo*. 2018. №3. С. 17–26. doi: 10.24411/2413-8452-2018-10011.

2. Turapin S.S., Kostovarova I.A. Analiticheskiy obzor, retrospektiva, geografiya postavok i aktual'naya otsenka potrebnosti na Rossiyskom rynke shlango-

barabannykh dozhdeval'nykh mashin // *Ekologiya i stroitel'stvo*. 2021. № 1. С. 30–38. doi: 10.35688/2413-8452-2021-01-004

3. Metodicheskoe rukovodstvo po agroekologicheskoy otsenke zemel', proektirovaniyu adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologiy [Tekst]: pod red. akademika RASKhN V.I. Kiryushina i akademika RASKhN A.L. Ivanova. – М: Moskovskaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya im. K.A. Timiryazeva, 2005. – 763 s.

4. Obumakhov D.L. Dopusimye tekhnologicheskie parametry iskusstvennogo dozhdyia pri oroshenii dozhdevaniem sel'skokhozyaystvennykh ugodiy [Tekst] / D.L. Obumakhov i dr. // *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, 2016, - № 1(21), - S. 1-15.

5. Vasil'ev, S. M. Dozhdevanie: Uchebnoe posobie / S. M. Vasil'ev, V. N. Shkura. – Novochoerkassk: Rossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut problem melioratsii, 2016. – 352 s. – ISBN 978-5-9907461-3-8. – EDN WCALMH.

6. Semenenko S.Ya. Ekologicheskaya optimizatsiya poliva dozhdevaniem kormovykh kul'tur aridnoy zony: monografiya / Semenenko, S.Ya. – Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskiy GAU, 2012. – 208 s.

7. Ol'garenko G.V., Turapin S.S. Analiticheskie issledovaniya perspektiv razvitiya tekhniki orosheniya v Rossii: Informatsionno-analiticheskoe izdanie. –М: Kolomna.: IP Lavrenov A.V., 2020. – 128 s.

8. Sistemy i sooruzheniya meliorativnye. Mashiny samokhodnye dozhdeval'nye. Obshchie trebovaniya [Tekst]: GOST R 58331.2-2019. - Vved. 2019-07-01. - М.: Standartinform, 2019. - 37 s.

9. Druzhinin N.I., Gordon B.S. Osnovy rascheta parametrov iskusstvennogo dozhdyia dozhdeval'noy tekhniki. // *Doklady VASKhNIL*. 1985. № 5. S. 36-38.

10. Nosenko V.F., Balaban E.I., Landes V.G. Aspekty agrobiologicheskoy i ekologicheskoy otsenki tekhnologiy orosheniya s razlichnoy intensivnost'yu vodopodachi // *Melioratsiya i vodnoe*

khozyaystvo: Obzorn. inform. M., TsBNTI Goskontserna «Vodstroy», 1991. S. 68 s.

11. Ol'garenko, D.G. Sistema pokazateley dlya otsenki kachestva poliva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur dozhdevaniem/D.G. Ol'garenko // Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. – 2014. – № 2. – S. 23–27.

12. Ol'garenko, G.V. Parametry dozhdya dozhdeval'nykh mashin i pokazateli raspredeleniya sloya osadkov / G.V. Ol'garenko, B.S. Gordon // Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki. – 2019. – № 3. – S. 68–72.

13. Ol'garenko G.V., Bryl' S.V., Zver'kov M.S. Kasatel'nye napryazheniya v pochve pri udare o nee kapli iskusstvennogo dozhdya // Ekologiya i stroitel'stvo. 2017. № 4. S. 27–36. doi: 10.24411/2413-8452-2017-00018.

14. De Oliveira, Henrique F.E.; Colombo, Alberto; Faria, Lessandro C. Effects of wind speed and direction on water application uniformity of traveler irrigation systems // Engenhariaagricola – T. 32. – Vyp. 4. – 2012. – R. 669–678.

15. Molle, B; Le Gat, Y. Model of water application under pivot sprinkler. II: Calibration and results // Journal of irrigation and drainage engineering – T. 126. – Vyp. 6. – 2000. – R. 348–354. LIST OF SOURCES.

16. Resursosberegayushchie energoeffektivnye ekologicheski bezopasnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva orosheniya: Spravochnik / G. V. Ol'garenko, V. I. Gorodnichev, A. A. Aldoshkin [i dr.]. – Moskva: Rossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut informatsii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovaniy po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu agropromyshlennogo kompleksa, 2015. – 264 s. – ISBN 978-5-7367-1119-2. – EDN YSVGCX.

17. Gorodnichev V. I. Metody i sredstva izmereniya kharakteristik dozhdya / V. I. Gorodnichev; M-vo sel'skogo khoz-va Ros. Federatsii. — Moskva: Rosinformagrotekh, 2009. — 150 s. il.; 20. — ISBN 978-5-7367-0720-1.

18. Komissarov, M. A. Eroziya agrochernozemov pri oroshenii dozhdevaniem i modelirovanii osadkov v yuzhnoy lesostepi Bashkirskogo Predural'ya / M. A. Komissarov, I. M. Gabbasova // Pochvovedenie. 2017. № 2. S. 264-272. DOI 10.7868/S0032180X17020071

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

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 19.11.2025г.

Для цитирования: Костоварова И.А., Банникова А.И. Оценка качества орошения широкозахватными дождевальными машинами// Вестник мелиоративной науки. 2025.№ 4. С. 14-25.

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

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

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 19.11.2025.

For citations: Kostovarova I. A., Bannikova A. I. Quality Estimation of Irrigation with Wide-Range Machines // Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. С. 14-25.

Обзор некоторых технологий, предложенных учеными Узбекистана для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель

**Чембарисов Эльмир Исмаилович¹,
Баллиев Ажинияз Ибрагимович²**

¹*Узбекистан, научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, г. Ташкент;*

²*Международный центр стратегических разработок исследований в области продовольствия и сельского хозяйства при Министерстве сельского хозяйства Республики Узбекистан I-SCAD*

Аннотация: В мире одной из важными задачами являются улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель и совершенствование методов рационального управления водными ресурсами. В связи с этим, рациональное управление водными ресурсами методы оптимального распределения воды, совершенствование технологии промывок засоленных почв имеет особое значение. В этом направлении, во многих странах, таких как США, Китай, Германия, Индия, Швеция и др. также особое внимание уделяется эффективному использованию и усовершенствованию методов управления водой в условиях дефицита воды.

В мире проведение научно-исследовательских работ, направленных на улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, совершенствование технологии эффективного использования земельно-водных ресурсов имеет особое значение. В этой связи одной из важнейших задач является проведение научно-исследовательских работ, направленных на совершенствование методов улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель эффективного управления распределения водных ресурсов в орошаемом земледелии.

Учитывая вышеизложенное, в данной статье приведен обзор некоторых технологий, предложенных учеными Узбекистана для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель за 2018-2025 гг. Кратко описаны технологические подходы по улучшению мелиоративного состояния, орошаемого земель следующих ученых: Р.М. Кошекoва, Д.А. Кувватова, Г.Ш. Хамзаева и О.У. Мурадова, Э.И. Чембарисова и др., С.С. Ходжаева, Д.М. Акбарова, М.А. Маликовой, А. Фатхуллоева, Д. Абдураимовой, М. Отахoнова, Д. Аллаёрова, Р.А. Кулматова, Ж.А. Мирзаева, С.А.Одилова, А.Х.Алимова, З.А. Индаминовой, Ш.А. Усманова, Э.Ж. Махмудова, А.Б. Уразкелдиева и др., Г. А. Хожамбергенова и Д.У. Утамбетова, Ю.И. Широковой, Г.К. Палуашовой, Ф.Ф. Садиева и Д.Т. Кодирова. На основе анализа рассмотренного материала авторами статьи предложены практические рекомендации по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель.

Ключевые слова: Республика Узбекистан, орошаемое земледелие, мелиоративное состояние, технологии его улучшения, предложения учёных Узбекистана, обзор предложений.

Research article

Review of Some Methods Proposed by Uzbekistan Scientists to Improve Melioration Condition of Irrigated Lands

**Chembarisov Elmir Ismailovich¹
Balliev Azhiniyaz Ibragimovich²**

¹*Uzbekistan, Scientific and Research Institution on Irrigation and Water Issues, Tashkent;*

²*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. The improving of irrigated lands melioration conditions is one of the main problems in the world as well as developing the better methods of water resource management. In connection with it, rational water resource management, optimal water distribution methods, improving of salted soil washing, have a special meaning. In this direction, many countries such as: USA, China, Germany, India, Sweden and others pay a great attention to effective using and improving of water management under water deficit conditions.

In the world, performance of scientific and investigation works, aimed to improvement of irrigated lands melioration condition, and the search of the best methods of water management have a special meaning. In connection with this trend, one of the most important aims is providing of scientific and investigation activities in the field of perfection methods for improvement of irrigated lands melioration conditions and development of effective water resource management in irrigated farming.

There is presented a review of some methods, proposed by Uzbekistan scientists for improvement of melioration conditions of irrigated lands in 2018-2025. There are shortly observed technological trends to improvement of melioration conditions on irrigated lands proposed by these authors:

P.M.Koshekov, D.A. Kuvvatov, G.Sh. Hamzaev and O.U.Muradov, E.I Chembarisov and oth., S.S. Hodzhaev, D.M. Akbarov, M.A. Malikova, A. Fathulloev, D. Abduraimova, M.Otahonov, D.Allaerov, R.A.Kulmatov, Zh.A. Mirzaev, S.A.Odilov, A.H.Alimov, Z.A. Indaminova, Sh.A. Usmanov, E.Zh. Mahmudov, A.B. Urazkeldiev and oth., G.A. Hozhambergenov, D.U.Utambetov, Yu. I. Shirokova, G.K.Palushova, F.F. Sadiev and D.T.Kodirov.

After study of presented materials the authors propose some practical recommendations on improvement of melioration conditions of irrigated lands.

Keywords: the Republic of Uzbekistan, irrigated agriculture, melioration condition, its improvement methods, offerings of Uzbekistan scientists, offerings review.

Введение. В равнинной территории Узбекистана, в том числе и в Каракалпакстане, где отрасли сельского хозяйства базируются на искусственном орошении, реализуются широкомасштабные мероприятия по обеспечению устойчивого развития и совершенствования методов эффективного водопользования всех отраслей аграрного сектора. В этом направлении, учитывая негативные последствия, сложившиеся на протяжении последних 50 лет в нижнем течении реки Амударья, важными являются необходимость улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель и совершенствование методов эффективного использования водой. В стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы «Обеспечение рационального и эффективного использования природных ресурсов в устойчивом развитии сельского хозяйства»¹, направленное на снижение негативных последствий нерационального использования природных ресурсов для окружающей среды и климата, а

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-5853 от 23.10.2019 г. «Об утверждении Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020 — 2030 годы»

также охрана окружающей среды определены как основная цель данного приоритетного направления [1-12].

Актуальность темы исследования: учитывая содержание текста, изложенного в аннотации и во введении, считаем, что данная проблема является актуальной и полезной для различных специалистов и научных работников данного региона.

Цель исследования: является в обзор некоторых технологий, предложенных учеными Узбекистана для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель, а также кратко описаны технологические подходы по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель, перечисленных в аннотации ученых.

При этом в качестве отдельных аспектов рассмотрено: а) обзор некоторых технологий, предложенных учеными Узбекистана для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель; б) также кратко описаны технологические подходы по улучшению мелиоративного состояния, орошаемого земель перечисленных в аннотации ученых.

Обзор некоторых имеющихся публикаций, с учетом технологических рекомендаций.

В 2018 г. Р.М. Кошекков подробно разработал организационные и технологические основы сельскохозяйственного водопользования в условиях дефицита воды на примере орошаемых массивов Каракалпакстана. При этом опытами была установлена возможность существенного повышения продуктивности воды и поливного гектара при применении современных технологий подготовки поля (нулевая обработка почвы, лазерная планировка поля), посева заданной нормой (точного высева) семян пшеницы, рассады риса, возделываемых по интенсивной схеме чередования зернокультур, создание благоприятных условий выращивания основных культур севооборота

Автором также было отмечено, что для повышения эффективности эксплуатационных промывок в Республике Каракалпакстан необходимо совершенствование технологий их проведения, обеспечивающей дифференцированную водоподачу (с учетом степени засоления), равномерное опреснение почв с учетом малых уклонов и близкого залегания грунтовых вод, повышение степени дренированности орошаемых земель [2;56 с].

В 2019 г. Д.А. Кувватов оценил формирование мелиоративного режима на орошаемых землях на примере Кашкадарьинской области, в результате проведенных исследований были рассчитаны коэффициенты повышения поливной нормы при использовании дренажных вод на орошение для сохранения мелиоративного состояния почв с помощью модели, основанной на решении уравнений водно-солевого баланса. Как

показывают результаты разновариантных расчётов, установлены значения рациональных коэффициентов отношений, которые должны быть в следующих пределах на поле: отношение общей оросительной нормы к дренажному стоку $\Sigma(O_p+O_c)/D_p=0,34$; отношение общей оросительной нормы к испарению $\Sigma(O_p+O_c)/E_{Tn}=1,20-1,29$ [3; 45 с.]

В 2019 г. Г.Ш. Хамзаев и О.У. Мурадов в статье «Улучшение мелиоративного состояния орошаемых засоленных почв в районах Республики Каракалпакстан» приводятся расчеты величины промывной нормы подаваемые на засоленные почвы в два этапа: на первом этапе подсчет объёма воды, необходимого для доведения влажности расчётного слоя почвы до предельно -полевой влагоёмкости, на втором этапе – объёма воды, расходуемого для вытеснения растворенных солей из корнеобитаемого слоя и число промывок, а также порядок подачи разовой промывной нормы на промываемых орошаемых землях районов Республики Каракалпакстан.

При этом вода подается в два этапа в чеки, созданные для промывки солей. На первом этапе подается вода для насыщения влажности почвы до предельной полевой влагоёмкости. В этом случае режим откладывается на несколько суток, пока подаваемая вода полностью не растворит соли. Этот период составляет 1-2 дня для легких почв, 2-3 дня для средних почв и 3-5 дней для тяжелых почв. На втором этапе вода подается дважды для вытеснения солевого раствора из почвенного слоя ($N_{x1}=23000 \text{ м}^3/\text{га}$ и $N_{x2}=2207 \text{ м}^3/\text{га}$). После завершения промывки грунтовые воды должны располагаться ниже 0,5 м от поверхности земли, а при начале полевых работ - на глубине 1,5-2,0 м [8; 53 с.].

В 2022 г. Э.И. Чембарисовым и др. была опубликована монография «Особенности гидрологического и мелиоративного мониторинга орошаемой территории Республики Каракалпакстан», в которой освещена роль коллекторно-дренажного стока при решении водохозяйственных проблем, приведены предложения по-современному и перспективному использованию коллекторно-дренажных вод при решении продовольственной задачи региона [11; 176 с].

В 2022 г. С.С. Ходжаев, Д.М. Акбаров, М.А. Маликова в своей статье «Комплекс мероприятий по реабилитации водо-подводящих и распределительных сетей с интенсификацией внедрения некапиталоёмких и капиталоёмких водосберегающих технологий в условиях изменения климата» рассмотрели комплекс мероприятий по снижению потерь в водопроводящих и распределительных системах, на внутрихозяйственной оросительной сети АВП и полях орошения, исследованиями авторов рекомендуется эти мероприятия проводить одновременно – поэтапно. До 2025–2030 годов рекомендуется интенсифицировать внедрение некапиталоёмких водосберегающих технологий, доведя их площади орошения до 1 млн. га, против сегодняшних – 500 тыс. га.

Исследованиями также рекомендуется продолжить внедрение принципов ИУВР, в первую очередь, достигнутые показатели проекта «ИУВР – Фергана» распространить на всю орошаемую площадь (1688,7 тыс. га) Ташкентской, Самаркандской, Наманганской, Андижанской и Ферганской областей, где за счёт снижения потерь во всех системах КПД может возрасти до 0,8–0,85 и более [9; С.18-24].

В 2022 г. А. Фатхуллоев, Д. Абдураимова, М.Отахонов, Д.Аллаёров в своей статье «Оценка нагрузки на коллекторно-дренажные системы в районах применения водосберегающих технологий» отмечают, что при проектировании коллекторно-дренажных систем на орошаемых территориях необходимо оценить нагрузку, создаваемую процессом орошения и промывки земель. В статье представлены результаты исследований коллекторно-дренажной нагрузки на территориях, где применяются системы капельного орошения. Освещены результаты исследований, проведенных на площади 241 га, где применялись системы капельного орошения кластером «Фергана глобал текстиль» в Коштепинском районе Ферганской области [7; С. 18-23].

В 2023 г. Р.А. Кулматов, Ж.А. Мирзаев, С.А. Одилов, А.Х. Алимов, З.А. Индаминова в своей статье «Определение и оценка уровня и минерализации грунтовых вод на орошаемых землях с помощью Гис-технологий (на примере Ходжейлийского района Республики Каракалпакстан). На сегодняшний день повышение уровня грунтовых вод и увеличение их минерализации на орошаемых сельскохозяйственных землях оказывает негативное влияние на устойчивое использование земельных ресурсов и приводит к засолению почвенного слоя. В результате процесса засоления на орошаемых площадях почвенный слой теряет свои плодородные свойства, резко снижается урожайность сельскохозяйственных культур, что в итоге вызывает проблемы нехватки продовольствия для стран. Интенсивное орошение, высокий уровень грунтовых вод и высокие показатели испарения приводят к увеличению количества солей в верхних слоях орошаемых земель. В последней четверти прошлого века увеличение площади орошаемых земель для выращивания хлопка только в Узбекистане с 3,5 млн. га до 8,5 млн. га привело к ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель в районах, расположенных вблизи Аральского моря, повышению уровня грунтовых вод и их минерализации, что в свою очередь стало причиной увеличения площади засоленных орошаемых земель. Это, соответственно, требует проведения научных исследований в этих регионах. Основная цель нашей исследовательской работы заключается в определении и оценке динамики изменения уровня и минерализации грунтовых вод в период с 2011 по 2022 год с использованием традиционных методов исследования и ГИС-технологий на примере орошаемых земель Ходжейлийского района Республики Каракалпакстан [4; С.204-214].

В 2024 г. Ш.А. Усманов провёл исследования по совершенствованию методов расчета процессов водо-солеобмена в активной зоне под воздействием дренажной системы, в результате которых установил закономерности формирования активной толщи водо- и солеобмена в различных природно-хозяйственных условиях под влиянием совершенных типов дренажа, и разработал совершенные методы расчета научно-обоснованных мероприятий, по регулированию круговорота ионно-солевых масс на орошаемой территории, которые в конечном счете обеспечивают повышение продуктивности водно-земельных ресурсов [6; 45 с.].

В 2025 г. Э.Ж. Махмудов, А.Б. Уразкелдиев, Ш.А. Усманов, Ж.Кутлимуратов в своей статье. «Применение водосберегающих технологий орошения при поливе риса» Рис входит в тройку самых потребляемых зерновых культур в мире, уступая по объему производства только пшенице и кукурузе. Объем производства риса в Узбекистане составляет чуть более 297,6 тыс. тонн в год (по данным агентства, среднегодовая потребность населения страны в рисе составляет 333,2 тыс. тонн), что не превышает потребности страны в рисе, при этом импорт риса составляет 49-50 тыс. тонн в год.

Авторы отмечают, разработанная технология выращивания риса позволяет расширить посевные площади риса за счет его выращивания вне рисовых оросительных систем, а также исключает необходимость выполнения ежегодных плановых ремонтно-эксплуатационных работ в мелиоративной системе, таких как очистка дренажных канав, обрезка и восстановление борозд, выравнивание поверхности чеков, очистка оросительных и дренажных каналов, добавление валиков до проектных отметок, что обеспечивает снижение трудоемкости, антропогенной нагрузки и расхода ресурсов в процессе производства риса.

Рекомендуемый способ выращивания риса имеет гибкий подход, так как диаметр, высота эмиттера, толщина стенки, расстояние между рядами, а также подземное или поверхностное расположение капельной ленты при разработке технологической схемы разрабатываются отдельно для каждого фермерского хозяйства с учетом технико-экономических возможностей, мелиоративного состояния почв и материальных ресурсов хозяйства.

Важнейшим результатом использования технологии капельного орошения рисовых культур является разработка свода правил, выполнение которых позволяет работникам агропромышленного комплекса принимать своевременные управленческие решения по программированному выращиванию риса и соответствующих культур рисового севооборота без ухудшения агресурсного потенциала и экологического состояния почвы [5; С.652-658].

В 2025 г. Г. А. Хожамбергенов и Д.У. Утамбетов в своей статье «Разработка технологии посева риса рассадным способом в Каракалпакстане» рассмотрели разработку водосберегающей технологии выращивания риса рассадным способом в качестве повторной культуры после озимой пшеницы. Предлагаемый метод позволяет эффективно использовать ирригационные ресурсы, повысить урожайность и улучшить качество продукции. Научная и практическая ценность работы заключается в оптимизации агротехнических приёмов, сокращении расхода воды и внедрении устойчивой модели рисоводства в условиях дефицита водных ресурсов.

Авторы отмечают, при выращивании риса рассадным способом на территории Каракалпакстана вегетационный период составляет 90–100 дней, всхожесть в полевых условиях 49-52%, а к концу вегетационного периода сохраняется 63-71% растений. Это подтверждает, что сверхскороспелые сорта риса «Гулистан» и длинный сорт «Алмаз» являются удобными и перспективными для подготовки рассады [10; С.236-243]

В 2025 г. Ю.И. Широкова, Г.К. Палуашова, Ф.Ф. Садиев и Д.Т. Кодиров в своей статье «Технологии мелиорации засоленных земель в условиях ограниченных водных ресурсов (*обзорно-аналитическая статья*)» рассмотрели зарубежные подходы к оценке соленакопления и регулирования засоленности почвы. Предложенная учёными интегрированная система управления засолением почв, включает: промывки почвы /выщелачивание солей, при обеспеченном дренировании; агротехнические приёмы; химические и биологические методы мелиорации. Авторы статьи также приводят краткий анализ отечественной практики промывки засоленных земель и результаты собственных исследований по инновационным подходам к технологии рассоления почв в условиях дефицита водных ресурсов [12; С.763-773].

В постановлении правительства №ПП-144 от 1-марта 2022 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве» указано, что в последние годы в стране уделяется особое внимание повышению эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения, в том числе с применением водосберегающих технологий.

В результате приведения механизмов государственной поддержки в соответствии с современными требованиями только в 2021 г. водосберегающие технологии были внедрены на площади 433 тысячи гектаров и общий показатель их внедрения составил 17 % орошаемых площадей.

В этом же постановлении была приведена таблица о прогнозных показателях внедрения водосберегающих технологий в Республике в 2022 г. (таблица.1).

Таблица 1 - Прогнозные показатели внедрения водосберегающих технологий в 2022 г.

Наименование регионов	Всего по плану, га	В том числе:										лазерное выравнивание земли, га
		капельное орошение, га	из них				дождевальное орошение, га	из них			дискретное орошение, га	
			хлопковые площади, га	сады, га	виноградники, га	другие, га		зерновые, га	овощебахчевые, га	кормовые культуры, га		
Республика Каракалпакстан	17 422	15 418	12 200	1 500	1 300	418	1 904	1 904			100	29 500
Андижанская область	19 010	16 824	13 000	2 000	1 300	524	1 986	1 986			200	11 000
Бухарская область	21 839	19 227	13 250	3 100	2 400	477	2 612	2 612				14 900
Джизакская область	21 447	18 981	13 850	3 400	1 500	231	2 266	1 706	260	300	200	10 000
Кашкадарьинская область	23 681	20 958	12 800	4 100	3 500	558	2 723	2 400	60	263		12 400
Навоийская область	16 403	14 517	10 700	2 000	1 200	617	1 886	1 730	30	126		11 800
Наманганская область	20 544	18 181	11 500	3 700	2 500	481	2 000	2 000			363	10 600
Самаркандская область	21 328	18 875	11 800	3 900	2 900	275	2 453	2 453				15 200
Сурхандарьинская область	19 187	16 980	12 300	2 500	1 800	380	2 207	2 207				15 800
Сырдарьинская область	17 736	15 696	12 100	1 900	1 400	296	1 360	1 360			680	19 500
Ташкентская область	20 788	18 397	12 200	3 800	2 200	197	2 191	1 200	680	311	200	19 000
Ферганская область	21 377	18 919	11 100	4 100	3 500	219	2 280	1 442	838		178	17 800
Хорезмская область	19 238	17 026	13 200	2 000	1 500	326	2 132	2 000	132		80	30 500
ВСЕГО	260 000	230 000	160 000	38 000	27 000	5 000	28 000	25 000	2 000	1 000	2 000	218 000

Практические рекомендации по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель.

Для обеспечения устойчивого земледелия необходимы:

- рациональное использование оросительно-дренажных вод;
- внедрение технологий капельного и дождевального орошения;
- системный мониторинг гидрохимических показателей;
- адаптация мелиоративных мероприятий к климатическим изменениям;
- применение цифровых технологий управления состоянием засоленных почв;
- обработка базы данных путем сопоставления измеренных дистанционными методами значений технического состояния мелиоративного объекта с показателями надлежащего (нормативного) технического и мелиоративного состояния мелиоративного объекта, приведенными в паспорте мелиоративного объекта, и/или с эталонными дешифровочными признаками, соответствующими группам технического состояния мелиоративного объекта;
- выявление рисков, связанных с техническими состояниями ГМС (в том числе возникающих за ее пределами) в результате эксплуатации мелиоративного объекта, развития чрезвычайных и аварийных ситуаций техногенного и природного характера;
- подготовка предварительных предложений по повышению технического и улучшению мелиоративного состояния, предупреждению или устранению рисков и последствий развития чрезвычайных и аварийных ситуаций техногенного и природного характера;
- информационное обеспечение эксплуатационных организаций о технических состояниях эксплуатируемых ими мелиоративных объектов;
- повысить КПД оросительных систем путем проведения антифильтрационных мероприятий как на межхозяйственных, так и внутрихозяйственных ирригационных системах.

Заключение

- приведен обзор некоторых технологий, предложенных учеными Узбекистана для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель в 2018-2025 гг.;
- также кратко описаны технологические подходы по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель, перечисленных в аннотации ученых;
- предложены практические рекомендации по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель в Узбекистане.

Библиографический список

1. Указ Президента Республики Узбекистан «Об утверждении Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» от 23 октября 2019 г., №УП-5853.
2. Кошекков Р.М. «Сув танкислиги шароитида кишлок хўжалигида сувдан фойдаланишнинг ташкилий-технологик асосларини ишлаб чиқиш» Автореферат диссертации доктора (DSc) по техническим наукам. Ташкент: ТИИМСХ, 2018. -56 с.
3. Кувватов Д.А. «Суғориладиган ерлар мелиоратив тартиботининг шаклланишини баҳолаш (Қашқадарё вилояти мисолида)» Автореферат диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам. Ташкент: ТИИМСХ, 2019. -45 с.
4. Кулматов Р.А., Мирзаев Ж.А., Одилов С.А., Алимов А.Х., Индаминова З. А. Sug'oriladigan maydonlarda yer osti sizot suvlari sathi va minerallashuvini gat texnologiyalari yordamida aniqlash va baholash (qoraqalpog'iston respublikasi xo'jayli tumani misolida) *Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences JOURNAL* (E)ISSN:2181-1784 3(7), July, - 2023. -P. 204-214.
5. Махмудов Э.Ж., Уразкелдиев А.Б., Усманов Ш.А., Кутлимуратов Ж. Применение водосберегающих технологий орошения при поливе риса / "Markaziy Osiyoning global ekologik va suv muammolarini hal qilishda ilmiy yondashuvlar" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallar to'plami. TOSHKENT, 2025. -С.652-658.
6. Усманов Ш.А. «Дренаж тармоқлари таъсирида фаол қатламдаги сув-туз алмашинуви жараёнларини ҳисоблаш усулини такомиллаштириш» Автореферат диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам. Ташкент: НИИИВП, 2024. -45 с.
7. Фатхуллоев А. Абдураимова Д. Отахонов М. Аллаёров Д. Сув тежовчи технологиялар қўлланилган майдонларда

- коллектор-дренаж тизимларига бўладиган юкклани баҳолаш «Irrigatsiya va melioratsiya» jurnali №3-4(29-30).2022. - С.18-23.
8. Хамзаев Г.Ш., Мурадов О.У. «Улучшение мелиоративного состояния орошаемых засоленных почв в районах Республики Каракалпакстан» журнал Агро процессинг №4 2019. -С.49-53.
 9. Ходжаев С.С., Акбаров Д.М., Маликова М.А. Комплекс мероприятий по реабилитации водоподводящих и распределительных сетей с интенсификацией внедрения некапиталоёмких и капиталаёмких водосберегающих технологий в условиях изменения климата «Irrigatsiya va melioratsiya» jurnali №2(28).2022. -С.18-24.
 10. Хожамбергенов Г.А. Утамбетов Д.У. Разработка технологии посева риса рассадным способом в Каракалпакстане // Марказий Осиёнинг глобал экологик ва сув муаммоларини ҳал қилишда илмий ёндашувлар" мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллар тўплами. Тошкент, 2025. -С.236-243.
 11. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т., Садиев У.А., Баллиев А.И., Реймова Г.Б. Особенности гидрологического и мелиоративного мониторинга орошаемой территории Республики Каракалпакстан(монография). -Ташкент: «Lesson press» 2022. -176 с.
 12. Широкова Ю.И., Палуашова Г.К., Садиев Ф.Ф., Кодиров Д.Т. Технологии мелиорации засоленных земель в условиях ограниченных водных ресурсов (обзорно-аналитическая статья) // Марказий Осиёнинг глобал экологик ва сув муаммоларини ҳал қилишда илмий ёндашувлар" мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция материаллар тўплами. Тошкент, 2025. -С.763-773.

References in roman script

1. Ukaz Prezidenta Respubliki Uzbekistan «Ob utverzhdanii Strategii razvitiya sel'skogo khozyaystva Respubliki

- Uzbekistan na 2020-2030 gody» ot 23 oktyabrya 2019 g., №UP-5853.
2. Koshekov R.M. «Suv tankisligi sharoitida kishlok khÿzhaligida suvdan foydalanishning tashkiliy-tehnologik asoslarini ishlab chikish» Avtoreferat dissertatsii doktora (DSc) po tekhnicheskim naukam. Tashkent: TIIMSKh, 2018. -56 s.
 3. Kuvvatov D.A. «Suforiladigan erlar meliorativ tartibotining shakllanishini baxolash (Kashkadare viloyati misolida) Avtoreferat dissertatsii doktora filosofii (PhD) po tekhnicheskim naukam. Tashkent: TIIMSKh, 2019. -45 s.
 4. Kulmatov R.A., Mirzaev Zh.A., Odilov S.A., Alimov A.Kh., Indaminova Z. A..Sug'oriladigan maydonlarda yer osti sizot suvlari sathi va minerallashuvini gat texnologiyalari yordamida aniqlash va baholash (qoraqalpog'iston respublikasi xo'jayli tumani misolida) Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences JOURNAL (E)ISSN:2181-1784 3(7), July, - 2023. -R. 204-214.
 5. Makhmudov E.Zh., Urazkeldiev A.B., Usmanov Sh.A., Kutlimuratov Zh. Primenenie vodosberegayushchikh tekhnologiy orosheniya pri polive risa / «Markaziy Osiyoning global ekologik va suv muammolarini hal qilishda ilmiy yondashuvlar» mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallar to'plami. TOSHKENT, 2025. -S.652-658.
 6. Usmanov Sh.A. «Drenazh tarmoqlari ta'sirida faol qatlamdagi suv-tuz almashinuvi zharaenlarini xisoblash usulini takomillashtirish» Avtoreferat dissertatsii doktora filosofii (PhD) po tekhnicheskim naukam. Tashkent: NIIIVP, 2024. -45 s.
 7. Fatkhulloev A. Abduraimova D. Otakhonov M. Allaerov D.Cuv tezhovchi tekhnologiyalar kÿllanilgan maydonlarda kollektor-drenazh tizimlariga bÿladigan yuklamani baxolash «Irrigatsiya va melioratsiya» jurnali №3-4(29-30).2022. -S.18-23.
 8. Khamzaev G.Sh., Muradov O.U. «Uluchshenie meliorativnogo sostoyaniya oroshaemykh zasolennykh pochv v rayonakh Respubliki Karakalpakstan» zhurnal Agro protsessing №4 2019. -S.49-53.
 9. Khodzhaev S.S., Akbarov D.M., Malikova M.A. Kompleks meropriyatiy po reabilitatsii vodopodvodyashchikh i raspreditel'nykh setey s intensivatsiey vnedreniya nekapitaloemkikh i kapitalaemkikh vodosberegayushchikh tekhnologiy v usloviyakh izmeneniya klimata «Irrigatsiya va melioratsiya» jurnali №2(28).2022. -S.18-24.
 10. Khozhambergenov G.A. Utambetov D.U. Razrabotka tekhnologii poseva risa rassadnym sposobom v Karakalpakstane // Markaziy Osiening global ekologik va suv muammolarini xal qilishda ilmiy endashuvlar" mavzusidagi khalkaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallar tÿplami.Toshkent , 2025. -S.236-243.
 11. Chembarisov E.I., Khozhamuratova R.T., Sadiev U.A., Balliev A.I., Reymova G.B. Osobnosti gidrologicheskogo i meliorativnogo monitoringa oroshaemoy territorii Respubliki Karakalpakstan(monografiya). -Tashkent: «Lesson press» 2022. -176 s.
 12. Shirokova Yu.I., Paluashova G.K., Sadiev F.F., Kodirov D.T. Tekhnologii melioratsii zasolennykh zemel' v usloviyakh ogranichennykh vodnykh resursov (obzorno-analiticheskaya stat'ya) // Markaziy Osiening global ekologik va suv muammolarini xal qilishda ilmiy endashuvlar" mavzusidagi khalkaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallar tÿplami.Toshkent, 2025. -S.763-773

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

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 08.11.2025г.

Для цитирования: Чембарисов Э.И., Баллиев А. И. Обзор некоторых технологий, предложенных учеными Узбекистана для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель// Вестник мелиоративной науки. 2025.№4. С. 26-37.

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

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

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 08.11.2025.

For citations: Chembarisov E.I., Balliev A.I. Review of Some Methods Proposed by Uzbekistan Scientists to Improve Melioration Condition of Irrigated Lands // Bulletin of Meliorative Science. 2025.№2. С. 26-37.

Мероприятия и технические средства искусственного засева облаков для увеличения осадков на засушливых территориях

Лопатина Ирина Борисовна, Петракова Полина Дмитриевна
Научный руководитель - **Каблуков Олег Викторович**

*Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова,
Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19*

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема дефицита водных ресурсов в засушливых регионах. Проанализированы физические основы, методы и технические средства искусственного вызывания осадков (активных воздействий на облака). Приведены характеристики и классификация реагентов (кристаллизующие и гигроскопические), способы их доставки (авиационные, наземные, ракетные) и дана оценка их эффективности. Проанализированы методики расчета норм распыления реагентов и управлению процессом осадкообразования. Выявлены экологические, правовые и экономические аспекты технологии, а также определены перспективы развития, связанные с использованием БПЛА, спутникового мониторинга и биоразлагаемых реагентов. Проведен критический анализ критериев эффективности технологий на примере реализованных проектов (Китай, ОАЭ, Россия), который показал возможность увеличения осадков на 10–20% в оптимальных условиях. Выявлены и систематизированы ключевые риски, связанные с экологическими последствиями, правовыми коллизиями и экономической целесообразностью. В заключении обоснованы перспективные направления развития отрасли, такие как использование БПЛА, создание биоразлагаемых реагентов и интеграция с системами спутникового мониторинга и искусственного интеллекта. Кроме того, подчеркивается необходимость разработки международных стандартов и нормативных актов, регулирующих проведение геоинженерных мероприятий во избежание трансграничных конфликтов. Особое внимание уделяется комплексному подходу, сочетающему активные воздействия с традиционными методами управления водными ресурсами. Авторы приходят к выводу, что хотя технология и не является панацеей, она представляет собой ценный инструмент для адаптации к изменению климата и смягчения последствий засух в рамках интегрированного управления водным бассейном. Дальнейшие исследования должны быть сфокусированы на повышении предсказуемости результата и минимизации экологического следа за счет прецизионного внесения реагентов с применением машинного обучения для анализа больших данных атмосферных моделей.

Ключевые слова: искусственное вызывание дождя, засев облаков, йодистое серебро, гигроскопические реагенты, активные воздействия на погоду, засуха, водные ресурсы.

Review article

Activities and Technical Means Used in Artificial Cloud Seeding Aimed for Precipitation Rate Increasing in Dry Climate Areas

Lopatina Irina Borisovna, Petrakova Polina Dmitrievna

Annotation. The article presents a revision of water resources problem in dry areas. Revision includes analysis of physical bases, methods and technical means producing artificial precipitation (active influence on the clouds). There are also presented characteristics and classification of the reagents (crystallizing and hygroscopic), means for their supply (by crafts, on land, by rockets) and their efficiency is given. There are also analyzed methods of reagents application norms calculation and managing of precipitation creation process. The ecologic, legal and economic aspects of presented method were also revealed, as well as future progress perspectives, connected with using of remotely piloted aircrafts, satellite monitoring and bio-erodible reagents. The critical analysis of different methods efficiency was performed, taking for example some realized projects (China, ARE, Russia), that showed a possibility to increase the precipitation rate in 10-20% under optimal conditions. The key risks caused by ecologic consequences, legal conflicts and economic practicability were reviled and systemized. In the summary are presented some perspectives of this trend progress, as follows: using UAV (drones), creation of bio-erodible reagents and integration in satellite and artificial intellect monitoring systems. Even more, the necessity of international standards and norms working out, regulating geological and engineering activities to exclude trans-border conflicts is stressed. A complex approach, matching active impact with traditional methods of water resources managing has the greatest importance. The authors went to conclusion that though this method is not a panacea it is a precious instrument for adaptation under the climate changes and can mild the drought consequences in the framework of water basin integrated management. Further investigations must be focused on the result predictability on and minimizing of ecologic impact caused by precision reagents application with computer training for atmospheric model large data analysis.

Keywords: artificial precipitation making, cloud seeding, silver iodine, hygroscopic reagents, active weather impact, draught, water resources.

Введение. Глобальный дефицит водных ресурсов, усугубляемый изменением климата, приводит к серьезным социально-экономическим последствиям для сельского хозяйства, энергетики и населения засушливых регионов [1, 2, 3, 4]. В этом контексте искусственное вызывание осадков (Active Fog and Cloud Modification) в виде дождя представляет собой перспективный метод управления водными ресурсами на засушливых территориях. Данная технология направлена на модификацию физических процессов в облаках с целью увеличения количества и интенсивности осадков в тех локациях, где наблюдается устойчивый дефицит влажности на землях сельскохозяйственного назначения [4, 5, 6].

Цель исследования: проанализировать существующие методы и технические средства искусственного вызывания дождя, оценить их эффективность, риски и перспективы применения в экстремальных условиях засушливых территорий.

Методы исследования: В работе применялись методы системного анализа и обобщения научной информации. Исследование базируется на анализе

специализированной литературы, включая публикации Всемирной метеорологической организации (ВМО), научные монографии и статьи в рецензируемых журналах. Для анализа эффективности и расчета доз реагентов рассматривались физико-математические модели, основанные на ключевых параметрах облачной среды (объем, температура, влажность).

Обсуждение. Естественное образование дождя требует наличия ядер конденсации (гигроскопических частиц) и ядер кристаллизации (для переохлажденных капель в облаках с температурой ниже 0°C). Принцип искусственного вмешательства заключается во введении в облачную систему реагентов, которые выполняют роль дополнительных ядер, ускоряя процессы коалесценции (слияния капель) и роста ледяных кристаллов [7]. Важно подчеркнуть, что метод не создает облака «из ничего», а лишь модифицирует существующие, при наличии достаточной влажности и вертикальной протяженности [8].

Существует классификации методов и какие реагенты используются. В данной статье рассмотрены основные способы и виды реализации технологии искусственного вызывания дождя.

Засев реагентами-кристаллизаторами: наиболее распространенным реагентом является йодистое серебро (AgI), кристаллическая решетка которого аналогична решетке природного льда, что делает его высокоэффективным ядром кристаллизации при температурах ниже -5°C [7, 9]. К его достоинствам относят высокую эффективность и малый расход, а к недостаткам — споры о потенциальном экологическом воздействии, хотя современные исследования показывают его безопасность в используемых концентрациях [1,10].

Альтернативой служат твердая углекислота («сухой лед») и жидкий азот, которые создают зоны сверхнизких температур, вызывая мгновенную кристаллизацию. Их главное преимущество — экологическая безопасность, а недостаток — кратковременный и локальный эффект [8,11].

Засев гигроскопическими реагентами: для теплой части облака используются гигроскопические реагенты, такие как хлорид натрия (NaCl), хлорид калия (KCl) и нитрат аммония. Их частицы поглощают влагу, становясь центрами конденсации для крупных капель, которые затем сливаются и выпадают в виде дождя. Этот метод особенно эффективен в тропических и субтропических регионах [6, 12].

Технические средства и управление процессом представлены в следующей последовательности.

Средства доставки реагентов

Авиационные средства: специально оборудованные самолеты (Ан-26, Cessna) с генераторами AgI и пиропатронами. Преимущества — мобильность и точечное воздействие; недостатки — высокая стоимость и зависимость от погодных условий [8,13]. Наземные генераторы аэрозоля (ГЭА): устанавливаются на возвышенностях. Преимущества — дешевизна и круглосуточная работа; недостатки — меньшая управляемость и зависимость от ветра [9,14]. Ракетные и артиллерийские системы: применяются в Китае и на Ближнем Востоке для быстрого реагирования. Недостатки — проблемы безопасности и ограниченный радиус действия [1,15].

Управление интенсивностью и локализацией

Современные подходы позволяют влиять на интенсивность и место выпадения осадков.

Интенсивность регулируется дозировкой реагента: малые дозы вызывают умеренный дождь, а большие — ливень, с риском «перезасева» [16].

Локализация достигается методом упреждающего засева (Upwind Seeding), когда реагент вносится с наветренной стороны от целевой зоны с учетом скорости и направления ветра [16]. Ключевую роль играют средства метеорологической разведки: доплеровские радиолокаторы, метеозонды, спутники и компьютерные модели (например, WRF - Weather Research and Forecasting Model), которые позволяют прогнозировать облачные системы и рассчитывать оптимальные параметры воздействия [16,17]. В оптимальных условиях одна операция может привести к выпадению дополнительных сотен тысяч кубометров воды [18]. Места для рассеивания реагентов определяются на основе комплексного анализа данных радиолокации, спутниковых снимков и мезомасштабных моделей прогноза погоды, которые идентифицируют наиболее перспективные для засева облачные образования с достаточной влажностью и прогнозируемой траекторией над целевой зоной [17, 19].

Определение мест для рассеивания реагентов - Это ядро метода.

Место рассеивания определяется расчетным путем. Ключевые формулы и принципы расчета:

Основная формула расстояния переноса (Downwind Drift):

$S = V \times t$, где S (Distance) — расчетное расстояние от точки засева до точки выпадения осадков. Это и есть искомая точка для работы. V (Wind Velocity) — средняя горизонтальная скорость ветра на уровне засева (м/с или км/ч). Важно: используется не приземный ветер, а ветер в слое облака.

t (Time) — "Время развития" время от внесения реагента до выпадения осадков.

Определяется эмпирически:

- Для ледообразующих реагентов (йодистое серебро): 20-50 минут.
- Для гигроскопических реагентов (соли): 10-30 минут.

Пример: Ветер на уровне облака 36 км/ч (10 м/с), время развития 30 мин.

$S = 36 \text{ км/ч} \times 0.5 \text{ ч} = 18 \text{ км}$. Засев ведется за 18 км до цели.

Учет вертикального падения частиц: более точная формула, учитывающая траекторию частицы.

$S = V \times (H / V_p)$, где H — высота засева относительно основания облака (м). V_p — средняя скорость падения частиц (м/с). Зависит от типа осадков: Капли дождя ($D=2\text{мм}$): $\sim 6.5 \text{ м/с}$

Пример: Высота засева 3000 м, ветер 10 м/с, скорость падения капель 1.5 м/с.

$S = 10 \text{ м/с} \times (3000 \text{ м} / 1.5 \text{ м/с}) = 20 \text{ км}$.

Как это работает на практике:

- Метеорологическая разведка: Самолет-лаборатория или метеозонд измеряют V и H .
- Выбор типа реагента: определяет t и V_p .
- Расчет точки S : Пилотам даются координаты для засева.
- Коррекция в реальном времени: Данные с метеорадаров позволяют отслеживать развитие облака и корректировать точку засева.

Объемы продуцируемой массы воды: Этот параметр показывает эффективность воздействия и зависит от потенциала самого облака.

Водность облака: Количество воды в единице объема облака (г/м^3). Крупное кучево-дождевое облако может содержать от 500 000 до 2 000 000 тонн воды.

Естественная эффективность осадкообразования: без воздействия лишь 10–30% этой воды выпадает в виде осадков.

Цель способа «упреждающего засева» - повысить этот коэффициент извлечения.

Добавочный объем осадков: Успешное воздействие позволяет извлечь дополнительно 10–25% от естественного объема.

Пример расчета: Облако массой 1 000 000 т.

Естественные осадки: 20% = 200 000 т.

Задача воздействия: добавить +15% = 150 000 т.

Общий возможный объем осадков: 350 000 т.

От чего зависит объем:

- Исходная водность облака (главный фактор).

- Площадь и продолжительность воздействия.
- Своевременность воздействия (на стадии роста облака).
- Точность технологии (правильный реагент, доза, точка вноса).

Расчет норм распыления реагентов.

Эффективность воздействия напрямую зависит от точности расчета доз реагентов.

Для реагентов-кристаллизаторов (AgI) расчет основан на создании оптимальной концентрации искусственных ядер кристаллизации ($N_{optimal}$), которая обычно составляет от 0.1 до 10 ядер на литр [17].

Упрощенная формула расчета требуемой массы AgI имеет вид:
 $M_{AgI} = (V_{cloud} * (N_{optimal} - N_{natural})) / E$, где:

- V_{cloud} — объем облачной зоны (m^3),
- $N_{natural}$ — фоновая концентрация ядер (шт/ m^3),
- E — эффективность генератора (количество активных ядер/грамм AgI) [12].

Например, для объема зоны 100 км³ при целевой концентрации 1000 ядер/ m^3 и эффективности реагента 5×10^{13} ядер/г потребуется около 1.9 кг AgI [17]. Для гигроскопических реагентов расчет включает эмпирические зависимости и в практическом применении составляет десятки килограмм на километр пролета самолета [16].

Обеспечение целевой локализации дождя

Для того чтобы дождь выпал именно над целевой территорией, а не был потерян впустую, применяется комплекс стратегий:

Метод упреждающего засева (Upwind Seeding): это основной тактический прием. Реагенты вносятся не над самой целевой зоной, а с наветренной стороны, на расстоянии, которое облако пройдет за время развития осадков (от 20 до 60 минут). Траектория и скорость переноса воздушных масс прогнозируются с помощью доплеровских радаров и метеомоделей.

Формула упреждения: $L = V * t$, где L — расстояние упреждения до цели, V — средняя скорость переноса облака ветром, t — расчетное время от засева до выпадения осадков [16,19].

Селекция облачных мишеней: Воздействию подвергаются не все облака подряд, а только те, чья прогнозируемая траектория гарантированно проходит над целевой зоной. Это требует точного прогноза траектории на 1–3 часа вперед [17, 20]. В таблице 1 представлены проблемы и пути их решения

Таблица 1 - Проблемы и пути решения при засеве облаков

Проблема	Суть проблемы	Пути решения
Перезасев	Чрезмерная концентрация ядер приводит к конкуренции за влагу и подавлению образования крупных осаждающихся частиц.	Уточнение моделей расчета доз, адаптивное управление на основе радиолокационного контроля, отказ от засева маловодных облаков.
Экологические перцепции	Общественность опасается загрязнения среды ионами серебра или другими реагентами.	Переход к более "зеленым" реагентам (например, на основе гигроскопических солей), открытая публикация данных мониторинга, разъяснительная работа о ничтожно малых применяемых дозах.
Высокая стоимость	Затраты на авиацию, реагенты и метеобеспечение.	Внедрение беспилотных авиационных систем (БАС) для доставки реагентов, оптимизация логистики, развитие более эффективных и дешевых реагентов.
Неточная локализация	Осадки выпадают мимо цели из-за ошибок в прогнозе ветра или времени развития процесса.	Использование более точных мезомасштабных моделей (WRF), интеграция данных с сетей доплеровских radar и БПЛА-зондов в реальном времени.

Анализ эффективности, риски и перспективы

Эффективность технологий сложно поддается статистическому подтверждению, однако большинство программ заявляют об увеличении осадков на 10–20% в оптимальных условиях [1,21]. Примерами успешного применения являются масштабные программы в Китае, ОАЭ, Саудовской Аравии и России [1, 3, 8, 9, 22].

Риски включают:

1. Экологические: потенциальное загрязнение почв и вод реагентами, а также недостаточно изученное влияние на региональный климат [1, 2, 7, 10].
2. Правовые: возможные конфликты между регионами или странами из-за «перехвата» осадков при отсутствии единой международной правовой базы [1, 23].
3. Экономические: высокая стоимость мероприятий и необходимость постоянного мониторинга [6, 24].

Перспективы развития связаны с созданием биоразлагаемых реагентов, применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для снижения затрат, а также

интеграцией систем спутникового мониторинга и искусственного интеллекта для повышения точности прогнозирования и воздействия [1, 5, 16].

Заключение

Искусственное вызывание осадков не является панацеей от засухи, но представляет собой эффективный инструмент в комплексе мелиоративных мероприятий. Наиболее отработанной технологией остается засев переохлажденных облаков йодистым серебром с помощью авиации. Дальнейший прогресс в этой области зависит от минимизации экологических рисков, снижения стоимости и повышения точности прогнозирования результатов за счет внедрения цифровых технологий и углубленного изучения физики облаков. В будущем нужно рассмотреть такие проблемы, как: 1) проблема экологических рисков и накопления реагентов; 2) проблема оптимизации управления и автоматизации; 3) проблема экономической эффективности и целесообразности.

Библиографический список

1. World Meteorological Organization (WMO). (2018). *Statement on Weather Modification*. WMO-No. 1233.
2. Гидромелиорация земель: Учебник / Н.Н. Дубенок, О.В. Каблуков, В.В. Пчелкин, К.С. Семенова.: под ред. В.В. Пчелкина. - М.: Проспект, 2024. - 336 с.
3. Каблуков, О.В. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений. - М.: Спутник+, 2019, 285 с.
4. Каблуков О.В. Ленд-девелопмент - новый профиль и направление природообустройства // Природообустройство. 2015. № 2. С. 24-27. EDN: UFEXEN .
5. Каблуков О.В. Эксплуатация природоохранных систем и сооружений. М.: МГУП – 2014.-398с.
6. Dennis, A. S. (1980). *Weather Modification by Cloud Seeding*. Academic Press.
7. Абрамян Г.С., Красовская Н.В. (2009). *Активные воздействия на гидрометеорологические процессы*. Л.: Гидрометеиздат.
8. Brintjes, R. T. (1999). A Review of Cloud Seeding Experiments to Enhance Precipitation and Some New Prospects. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(5), 805–820.
9. Silverman, B. A. (2003). A Critical Assessment of Glaciogenic Seeding of Convective Clouds for Rainfall Enhancement. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84(9), 1219–1230.
10. Flossmann, A. I., Manton, M., Abshaev, A., et al. (2019). Review of advances in precipitation enhancement research. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(8), 1465–1480.
11. Алябьев, С.М., Безуглая, Г.А. (2015). Современные методы активных воздействий на метеорологические процессы. *Метеорология и гидрология*, (10), 5-18.
12. Cotton, W. R., & Pielke, R. A. (2007). *Human Impacts on Weather and Climate*. Cambridge University Press.
13. French, J. R., Friedrich, K., Tessorf, S. A., et al. (2018). Precipitation Formation from Orographic Cloud Seeding. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(6), 1168–1173.
14. Сухов, Ю.И., Астафьева, М.В. (2012). *Технические средства и технологии активных воздействий на облака*. СПб.: РГГМУ.
15. Qiu, J., & Xue, L. (2019). The Science of Cloud Seeding in

China. *Advances in Atmospheric Sciences*, 36(9), 961–974.

16. Тарасов, А.С., & Каблук, О.В. (2020). *Методы регулирования интенсивности и локализации осадков при искусственном воздействии на облака*. Водное хозяйство России, (4), 45–59.

17. Хренов, Л.Г., & Петров, В.В. (2017). *Принципы и методы расчетов норм распыления реагентов для активных воздействий на облака*. Труды ГГО, вып. 587, 112–125.

18. Rosenfeld, D., & Woodley, W. L. (2000). Deep Convective Clouds with Sustained Supercooled Liquid Water Down to -37.5°C. *Nature*, 405(6785), 440–442.

19. Xue, L., Tessendorf, S. A., Nelson, E., et al. (2013). A Comprehensive Approach to the Design and Evaluation of a Winter Orographic Cloud Seeding Program. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52(8), 1794–1821.

20. Воробьев, В.Л., & Гайсин, А.С. (2018). Использование данных спутникового мониторинга и численных моделей для целей активных воздействий. *Исследование Земли из космоса*, (2), 34–45.

21. National Research Council. (2003). *Critical Issues in Weather Modification Research*. The National Academies Press.

22. Al Hosari, T., Al Mandous, A., Wehbe, Y., et al. (2021). The UAE Cloud Seeding Program: A Statistical and Physical Evaluation. *Atmosphere*, 12(8), 1013.

23. Григорьев, А.А. (2011). Правовые аспекты активных воздействий на погоду в международном и национальном праве. *Экологическое право*, (5), 25–31.

24. Rickard, L. J. (2019). *The Economics of Weather Modification*. In: D. Randall (Ed.), *The Oxford Handbook of Economic Geography*. Oxford University Press.

References in roman script

1. World Meteorological Organization (WMO). (2018). Statement on Weather Modification. WMO-No. 1233.

2. *Gidromelioratsiya zemel'*: Uchebnik / N.N. Dubenok, O.V. Kablukov, V.V. Pchelkin, K.S. Semenova.: pod red. V.V. Pchelkina. - M.: Prospekt, 2024. - 336 s.

3. Kablukov, O.V. *Ekspluatatsiya i monitoring sistem i sooruzheniy*. - M.: Sputnik+, 2019, 285 s.

4. Kablukov O.V. *Lend-development - novyy profil' i napravlenie prirodoobustroystva // Prirodoobustroystvo*. 2015. № 2. S. 24–27. EDN: UFEXEN .

5. Kablukov O.V. *Ekspluatatsiya prirodookhrannykh sistem i sooruzheniy*. M.: MGUP – 2014.-398s.

6. Dennis, A. S. (1980). *Weather Modification by Cloud Seeding*. Academic Press.

7. Abramyan G.S., Krasovskaya N.V. (2009). *Aktivnye vozdeystviya na gidrometeorolo-gicheskie protsessy*. L.: *Gidrometeoizdat*.

8. Brintjes, R. T. (1999). A Review of Cloud Seeding Experiments to Enhance Precipitation and Some New Prospects. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(5), 805–820.

9. Silverman, B. A. (2003). A Critical Assessment of Glaciogenic Seeding of Convective Clouds for Rainfall Enhancement. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84(9), 1219–1230.

10. Flossmann, A. I., Manton, M., Abshaev, A., et al. (2019). Review of advances in precipitation enhancement research. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(8), 1465–1480.

11. Alyab'ev, S.M., Bezuglaya, G.A. (2015). *Sovremennye metody aktivnykh vozdeystviy na meteorologicheskie protsessy*. *Meteorologiya i gidrologiya*, (10), 5–18.

12. Cotton, W. R., & Pielke, R. A. (2007). *Human Impacts on Weather and Climate*. Cambridge University Press.

13. French, J. R., Friedrich, K., Tessendorf, S. A., et al. (2018). *Precipitation Formation from Orographic Cloud Seeding*.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(6), 1168–1173.

14. Sukhov, Yu.I., Astafeva, M.V. (2012). Tekhnicheskie sredstva i tekhnologii aktivnykh vozdeystviy na oblaka. SPb.: RGGMU.

15. Qiu, J., & Xue, L. (2019). The Science of Cloud Seeding in China. *Advances in Atmospheric Sciences*, 36(9), 961–974.

16. Tarasov, A.S., & Kablukov, O.V. (2020). Metody regulirovaniya intensivnosti i lokalizatsii osadkov pri iskusstvennom vozdeystvii na oblaka. *Vodnoe khozyaystvo Rossii*, (4), 45-59.

17. Khrenov, L.G., & Petrov, V.V. (2017). Printsipy i metody raschetov norm raspyle-niya reagentov dlya aktivnykh vozdeystviy na oblaka. *Trudy GGO*, vyp. 587, 112-125.

18. Rosenfeld, D., & Woodley, W. L. (2000). Deep Convective Clouds with Sustained Supercooled Liquid Water Down to -37.5°C. *Nature*, 405(6785), 440–442.

19. Xue, L., Tessendorf, S. A., Nelson, E., et al. (2013). A Comprehensive Approach

to the Design and Evaluation of a Winter Orographic Cloud Seeding Program. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52(8), 1794–1821.

20. Vorob'ev, V.L., & Gaysin, A.S. (2018). Ispol'zovanie dannykh sputnikovogo monitoringa i chislennykh modeley dlya tseley aktivnykh vozdeystviy. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, (2), 34-45.

21. National Research Council. (2003). *Critical Issues in Weather Modification Research*. The National Academies Press.

22. Al Hosari, T., Al Mandous, A., Wehbe, Y., et al. (2021). The UAE Cloud Seeding Program: A Statistical and Physical Evaluation. *Atmosphere*, 12(8), 1013.

23. Grigor'ev, A.A. (2011). Pravovye aspekty aktivnykh vozdeystviy na pogodu v mezhdunarodnom i natsional'nom prave. *Ekologicheskoe pravo*, (5), 25-31.

24. Rickard, L. J. (2019). The Economics of Weather Modification. In: D. Randall (Ed.), *The Oxford Handbook of Economic Geography*. Oxford University Press.

Сведения об авторах

Лопатина Ирина Борисовна, студент 1 курса магистратуры ИМВХС им. А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: Lopa200489@yandex.ru

Петракова Полина Дмитриевна, студент 1 курса магистратуры ИМВХС им. А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: polina.petrakova.2020@mail.ru

Каблуков Олег Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, ID: 807381, ORCID: 0000-0002-8022-7904, o.kablukov@rgau-msha.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 19.11.2025г.

Для цитирования: Лопатина И. Б., Петракова П. Д., Каблуков О.В. Мероприятия и технические средства искусственного засева облаков для увеличения осадков на засушливых территориях// Вестник мелиоративной науки. 2025.№4. С. 38-48.

Information about the authors

Lopatina Irina Borisovna, 1rd year student of the A. N.Kostyakov Moscow Agricultural Academy, K. A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy, e-mail: Lopa200489@yandex.ru

Petrakova Polina Dmitrievna, 1rd year student of the A. N.Kostyakov Moscow Agricultural Academy, K. A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy, e-mail: polina.petrakova.2020@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 authors.

The article was received in the editorial office on 19.11.2025.

For citations: Kachmasheva V. M., Kablukov O. V. Activities and Technical Means Used in Artificial Cloud Seeding Aimed for Precipitation Rate Increasing in Dry Climate Areas// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. C. 38-4

Типовой вариант конструктивно-строительного исполнения водоприемного берегового колодца для многоагрегатных оросительных насосных станций на основе вертикальных насосов с трансмиссионным валом

**Муравьев Александр Викторович, Лебедев Денис Андреевич,
Медведева Анна Александровна**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г. Коломна, Россия

Аннотация. Настоящее исследование посвящено обоснованию конструктивных решений, а также методов монтажа водоприемного берегового колодца и сопряженных сооружений при их использовании в полнокомплектной оросительной насосной станции (ПКНС) на базе вертикальных насосов с трансмиссионным валом (ВНТВ). Актуальность работы обусловлена необходимостью обеспечения надежной работы насосных агрегатов данной ПКНС в условиях высокой геометрической высоты всасывания, превышающей 7–8 метров, при которой традиционные центробежные насосы подвержены кавитационным явлениям и не могут стабильно функционировать. Ключевым преимуществом применения насосов типа ВНТВ является расположение их всасывающей части ниже уровня воды в источнике, что исключает необходимость использования систем принудительного залива всасывающих линий, упрощает автоматизацию и повышает общую надежность насосной станции.

В рамках работы проведен сравнительный анализ вариантов исполнения водоприемного берегового колодца (ВПБК) – ключевого элемента подземной части ПКНС. Для типовой насосной станции с тремя насосными агрегатами доказана целесообразность применения цилиндрической конструкции, обеспечивающей минимизацию габаритов и объемов земляных работ, а также потенциально меньшие эксплуатационные затраты. Особое внимание уделено выбору материала колодца: проанализированы преимущества и недостатки железобетона и стеклопластика. Несмотря на более высокую механическую прочность железобетона, обоснован выбор стеклопластика, поскольку его абсолютная герметичность, химическая стойкость, гладкая внутренняя поверхность и малый вес обеспечивают защиту оборудования от абразивного износа, предотвращают проникновение загрязнений и облегчают монтаж.

Представленное комплексное технико-технологическое решение, включающее обоснованный выбор материалов, технологию строительства водозаборного сооружения и прокладки самотечного водовода из поверхностного водоемного источника (например, реки), формирует практическую основу для проектирования такого вида водозаборных сооружений при создании эффективных и надежных полнокомплектных насосных станций водоподдачи, особенно в случае их строительства на высоком берегу реки.

Разработка ориентирована на широкое внедрение в мелиоративной практике, в частности для систем сельскохозяйственного орошения, и характеризуется повышенной заводской готовностью, компактностью и адаптацией к сложным условиям водозабора.

Ключевые слова: полнокомплектная насосная станция, вертикальный центробежный насос с трансмиссионным валом, закрытая оросительная система, береговой водоприемный колодец, речное водозаборное сооружение, промышленный полив сельскохозяйственных культур.

Research article

A Typical Design and Construction Version of Water Suction Bank Well for Multi-Aggregate Irrigation Power Stations with Transmission Shaft

**Muravjev Aleksandr Viktorovich, Lebedev Denis Andreevich
Medvedeva Anna Alekseevna**

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

Annotation. Presented research work is aimed to approving of some power station design versions, as well as water sunk bank well construction methods and connected structures used in fully equipped irrigation power station (PKNS) based on vertical pumps with transmission shaft (VTNV). This research is actual, because it is necessary to provide a stable operation of pump aggregates in the given power station (PKNS) under conditions of high geometric suction level that is more 7-8 meters, when traditional centrifugal pumps have cavitation and can't work properly. The key advantage of VTNV pumps is the location of their suction part below water level in the water source this feature excludes necessity of buster pump use in the suction line, makes automation easy and increases the total power station stability.

In the frame of research was performed a matching analysis of some versions of water suction bank well (VPBK) – the key component of underground part of power station (PKNC). For typical power station with three pumping aggregates was proved desirability of cylindrical design, that ensures minimal size and ground works rate, as well as less operation costs. The main attention was paid to the choosing of proper material used for the well construction: the advantages and disadvantages of reinforced concrete and fiberglass plastic were analyzed. Though reinforced concrete is more mechanically durable, we chose fiberglass plastic, because it is absolute hermetic, has resistance to chemicals, flat inside surface and low weight, these features ensure equipment security from abrasive wear, resist to pollutant penetration and make assembling easier.

Presented complex technical and technological version, including proved material choose, suction structure construction method and gravity water intake line from surface water source (e.g. a river), creates a practical base for such suction structures designing, when building effective and stable fully equipped water supply power stations, especially if they are built on a high river bank.

This design version is intended to wide application in practical melioration, especially in farming irrigation systems it has high industrial readiness, is compact and is adapted to hard water intake conditions.

Keywords: fully equipped power station, vertical centrifugal pump with transmission shaft, closed irrigation system, bank water intake well, river water supply structure, industrial irrigation of farming crops.

Введение. Статья посвящена некоторым итогам работы авторов в рамках выполнения НИОКР по проектированию экспериментального образца электроприводной 3-х агрегатной полнокомплектной насосной станции (ПКНС) на основе вертикальных насосов с трансмиссионным валом (ВНТВ) для закрытых оросительных систем [1]. Водозабор по условиям технического задания должен производиться из поверхностного водоисточника (река, оросительный канал, озеро, пруд, копань-накопитель и т.п.).

Как известно, центробежные насосы типа ВНТВ обладают ключевым преимуществом перед традиционными насосами типа К, ЦНС и Д при условии большой высоты всасывания (более 7–8 метров) в месте водозабора. В этом случае обычные способы обеспечения безаварийной и длительной эксплуатации вышеуказанных типов традиционно используемых в мелиорации насосов – принудительное заполнение всасывающей линии насоса перекачиваемой водой – не смогут обеспечить их работоспособность из-за кавитационных процессов на всасывании, так как их NPSH обычно не превышает 4-5 метров [2].

Практически это означает, что для правильной организации водозабора при большой высоте всасывания из открытого водоисточника нужно либо опускать место расположения насосной станции на более низкую площадку над уровнем водозабора, если она фактически уже имеется, либо выкапывать новую площадку на береговом возвышении (например, реки), уменьшая тем самым высоту всасывания до допустимых значений [3]. В случае, если эти решения по какой-то причине невозможны или не являются рациональными, одним из самых распространенных способов решения этой проблемы в мировой практике водоснабжения и мелиорации является использование насосов типа ВНТВ, которые имеют всасывающую часть, опущенную ниже уровня поверхностного водоисточника [4, 5]. Тем самым для этих насосов не требуется никакой дополнительной системы предварительного залива всасывающих полостей НС, что значительно упрощает автоматизацию работы НС и повышает ее безотказность [6].

Материалы и методы. Учитывая вышеуказанные преимущества насосов ВНТВ при проектировании экспериментального образца ПКНС считаем целесообразным доопределить показатель высоты всасывания таким образом, чтобы конкурентные преимущества проектируемой насосной станции были наиболее очевидны. В рамках настоящего обзорного исследования высота всасывания проектируемой ПКНС принята равной 8 м.

На рисунке 1 показана конструктивная схема проектируемого образца ПКНС на основе полупогружных насосов ВНТВ.

Как видно из рисунка 1, насосная станция типа ПКНС на основе ВНТВ при береговом водозаборе из открытых водоисточников состоит из наземной и подземной частей. В рамках данного исследования проводится обоснование конструктивных решений подземной части ПКНС, а именно – водоприемного берегового колодца (ВПБК).

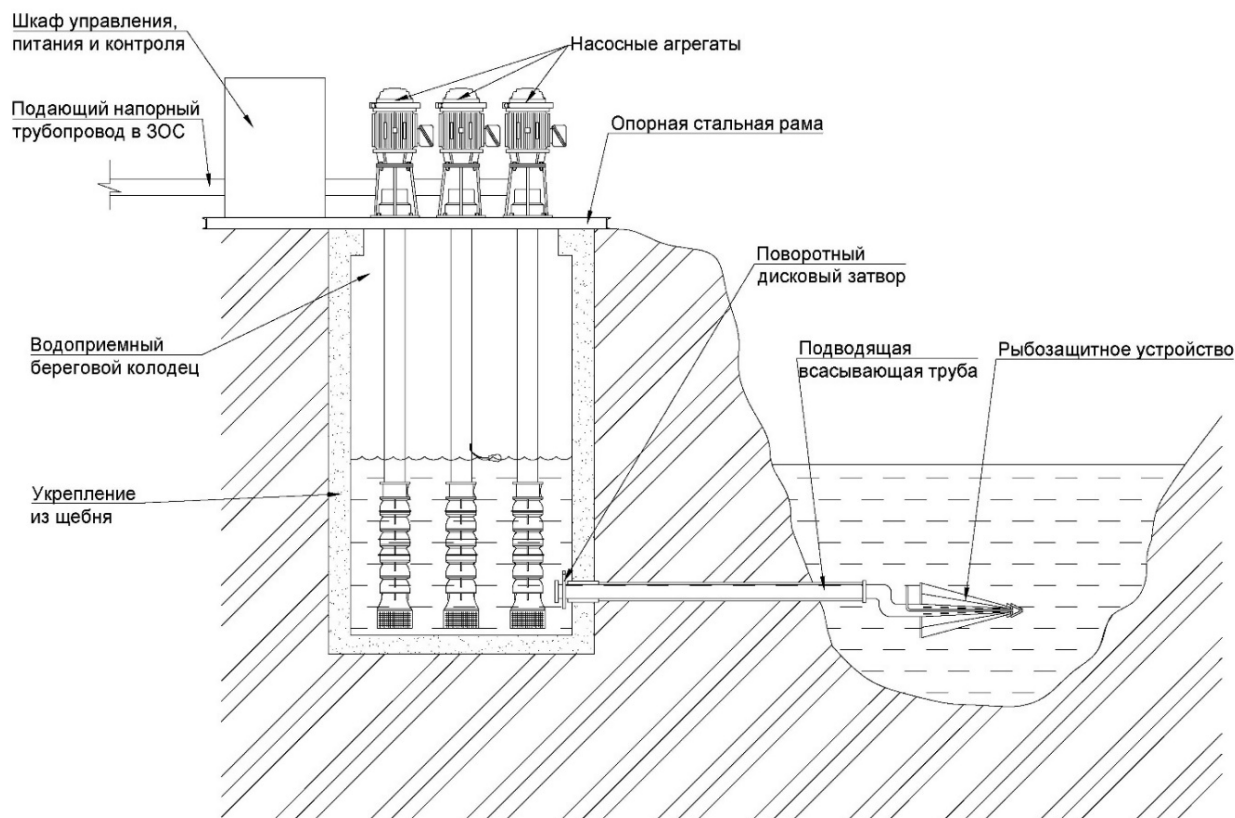


Рисунок 1 - Конструктивная схема ПКНС с насосами ВНТВ при береговом водозаборе из поверхностного водоисточника

Результаты и обсуждение. В рамках исследований были рассмотрены возможные варианты конструктивного исполнения ВПБК для насосных станций с насосами типа ВНТВ. Было отмечено, что существует коробчатая и цилиндрическая конструкция таких колодцев. В случае, если насосная станция проходит этап модернизации и здание с водозаборным сооружением уже существует, выбор обычно делается в пользу коробчатой конструкции, которая как правило уже существует [7,8]. Если же насосная станция строится впервые и Техническое задание на ее проектирование предусматривает минимизацию ее габаритных размеров и размеров ее водозаборного сооружения, то предпочтительно выбрать цилиндрическую конструкцию ВПБК.

Кроме того, при выборе того или иного технического решения по форме водоприемного берегового колодца, важное значение имеет количество основных насосов типа ВНТВ в проектируемой насосной станции. При количестве таких насосов 2–3 шт. наиболее рационально располагать их в цилиндрическом колодце. Если количество насосов составляет 4, то возможно использование как цилиндрической, так и коробчатой конструкции ВПБК. При большем количестве насосных агрегатов (4–6 шт.) самым правильным решением будет использование коробчатой конструкции ВПБК.

Учитывая, что проектируемый образец ПКНС разрабатывается не под конкретный существующий водозаборный узел, а как некое типовое конструктивное решение для последующего многократного использования, а также заданное количество насосных агрегатов в ПКНС – 3 шт., наиболее целесообразно выполнить ВПБК именно в виде цилиндрической конструкции. Это позволит сократить габаритные размеры и затраты на строительство самого колодца, а также даст возможность уменьшить габариты, массу и стоимость проектируемой насосной станции [9,10].

Водоприемный береговой колодец для насосной станции с вертикальными насосами и трансмиссионным валом представляет собой ответственное сооружение, от качества и надежности которого напрямую зависит бесперебойная работа всего технологического комплекса оросительной системы [11]. Водозаборное сооружение в виде цилиндрического ВПБК, выполняется либо из сборных железобетонных колец, либо из стеклопластика. Вода поступает в колодец по самотечному водоводу из водозаборного оголовка, оборудованного системой грубой фильтрации и рыбозащитным устройством (рис. 1) [12].

Конкретный выбор материала для ВПБК — железобетона или стеклопластика — требует комплексного анализа, учитывающего не только стоимость, но и долгосрочные эксплуатационные характеристики, условия на площадке и специфические требования к чистоте воды и герметичности.

Железобетон исторически является классическим материалом для подобных конструкций [13,14]. Его ключевые преимущества — это высокая механическая прочность на сжатие и проверенная долговечность. Для насосной станции, где внутри колодца размещается тяжелое оборудование — насосы с трансмиссионным валом, — способность стенок выдерживать значительные статические нагрузки является важным аргументом. Кроме того, в условиях неустойчивых грунтов или при значительной глубине заложения железобетонные кольца демонстрируют высокую устойчивость к давлению грунта. Немаловажен и экономический аспект: стоимость самих железобетонных колец зачастую ниже, чем их стеклопластиковых аналогов, а технология монтажа хорошо отработана и знакома большинству строительных организаций.

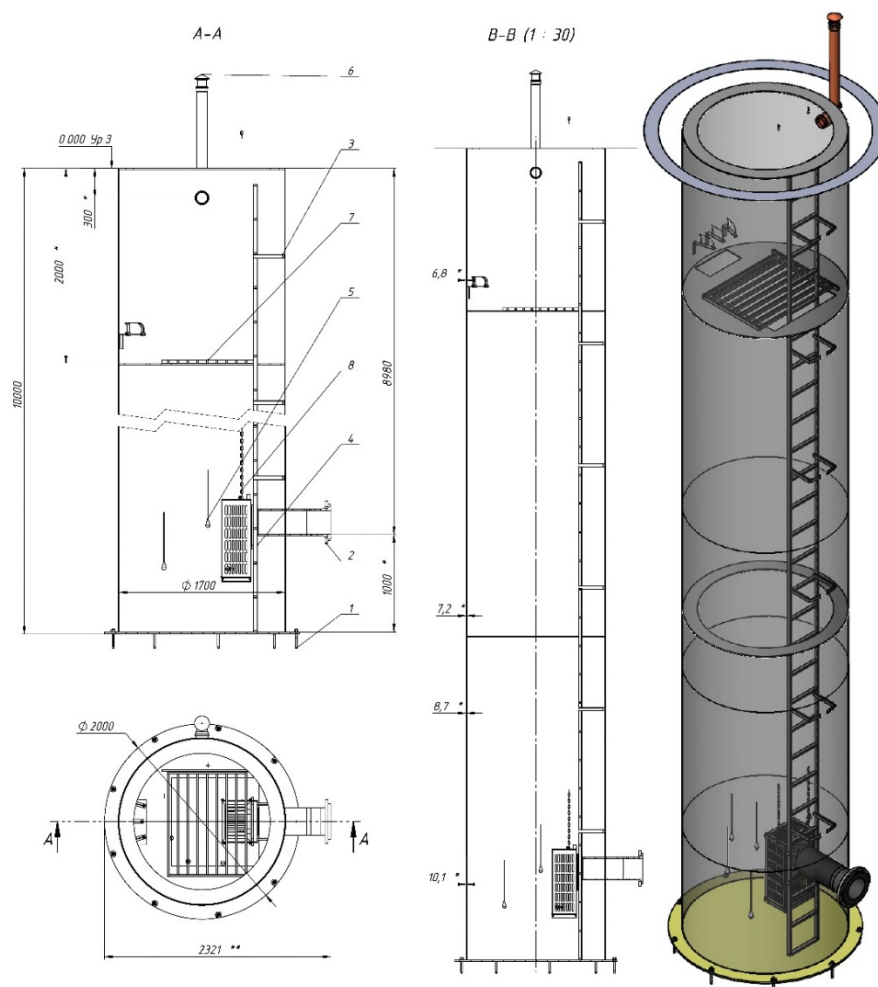


Рисунок 2 – Конструктивное исполнение цилиндрического водоприемного берегового колодца (ВПК) из стеклопластика для НС с насосами типа ВНТВ (1 – корпус стеклопластиковый, 2 – патрубок подводящий, 3 – лестница, 4 – корзина сороулавливающая, 5 – датчик уровня поплавковый, 6 – вентиляция угловая, 7 – площадка обслуживающая откидная, 8 – цепь из нержавеющей стали, 9 – кронштейн для поплавкового датчика уровня)

Однако при использовании железобетона возникает ряд серьезных технологических проблем. Наиболее критичным является вопрос герметичности. Стыки между кольцами, даже при использовании современных уплотнителей и герметиков, остаются потенциально слабым местом. Со временем материалы в швах могут деградировать, что создает риск проникновения в колодец неочищенных грунтовых вод, несущих с собой механические взвеси и возможные химические загрязнения [15]. Для насосного оборудования, особенно с чувствительными элементами, такими как опорные подшипники вала, присутствие абразивных частиц в воде может привести к ускоренному износу и выходу из строя. Дополнительным фактором риска является сам материал — бетон является микропористым веществом и может медленно пропускать влагу, что в долгосрочной перспективе способствует загрязнению воды продуктами коррозии арматуры [16]. Еще одним существенным недостатком становится большой вес колец,

требующий привлечения тяжелой грузоподъемной техники для доставки и монтажа, что увеличивает общую стоимость проекта и создает дополнительные организационные сложности.

В этом контексте стеклопластик представляет собой современную альтернативу. Его главным достоинством является абсолютная герметичность конструкции, полностью исключая проникновение загрязнений извне. Это гарантирует стабильно высокое качество воды, что критически важно для обеспечения длительного срока службы дорогостоящего насосного оборудования [17].

Стеклопластик химически инертен, не подвержен коррозии и не выделяет в воду никаких веществ, что дополнительно защищает как механизмы, так и саму воду. Внутренняя гладкая поверхность препятствует образованию бактериальных обрастаний и отложений, облегчая техническое обслуживание и чистку колодца. Существенным операционным преимуществом является малый вес секций, что может существенно снизить затраты и упростить логистику на объекте. Для организации водозабора производители предлагают готовые фильтровые секции с перфорацией и геотекстильной обмоткой, что является оптимальным решением для эффективного отбора инфильтрованной воды без дополнительных трудозатрат.

Безусловно, у стеклопластика есть и ограничения. Его механическая прочность, хотя и достаточна для большинства грунтовых условий, уступает железобетону при точечных ударных нагрузках, что требует аккуратности при монтаже. Кроме того, не все строительные бригады имеют достаточный опыт работы с этим материалом, что требует более тщательного подбора подрядчика.

Таким образом, обоснование выбора материала для ВПБК сводится к приоритету ключевых параметров проекта. Если основными критериями являются максимальная механическая прочность в сложных грунтовых условиях и минимизация первоначальных затрат на материалы, а вопросы потенциального незначительного просачивания воды не являются критичными для технологического процесса, то железобетон остается работоспособным и проверенным вариантом. Однако все-таки для насосной станции с вертикальными насосами, где чистота перекачиваемой среды напрямую влияет на ресурс и надежность работы оборудования, где важна простота и скорость монтажа, а также исключительная долговечность и стабильность среды, выбор в пользу стеклопластика выглядит более обоснованным и современным. Его преимущества по герметичности, коррозионной стойкости и удобству монтажа перевешивают более высокую закупочную стоимость, обеспечивая значительную экономию на эксплуатационных расходах и

минимизируют риски простоев при ремонтах течение всего жизненного цикла сооружения.

Водоприемный береговой колодец (ВПБК), изображенный на рисунке 2, представляет собой монолитную цилиндрическую конструкцию из коррозионностойкого стеклопластика (1). Данный материал обеспечивает долговечность, водонепроницаемость и устойчивость к агрессивным средам. Ключевыми функциональными элементами являются патрубок из полиэтилена ПЭ100 с фланцем из нержавеющей стали (2) для подвода воды из водоисточника и сороулавливающая корзина с откидным дном (4) для задержания мусора и последующей удобной очистки.

Для безопасной эксплуатации и обслуживания колодец оснащен рядом дополнительных компонентов. Спуск персонала обеспечивает лестница из нержавеющей стали (3), а для работы внутри шахты предусмотрена откидная обслуживающая площадка (7). Мониторинг уровня жидкости осуществляется с помощью поплавкового датчика (5), закрепленного на специальном кронштейне (9). Естественная вентиляция поддерживается через угловой патрубок ПВХ DN110 (6), а цепь из нержавеющей стали с карабинами (8) служит для спуска оборудования или может быть использована для страховки.

Алгоритм монтажных работ по строительству цилиндрического водоприемного берегового колодца из стеклопластика представляет собой последовательный технологический процесс, начинающийся с подготовительного этапа. На этой стадии осуществляется подготовка строительной площадки, включая планировку территории, обеспечение подъездных путей, а также доставка и складирование необходимых материалов, конструкций и инструментов. Особое внимание уделяется приемке поступающих на объект стеклопластиковых изделий, проверке их целостности, геометрических параметров и комплектности в соответствии с проектной документацией. Последующие операции по транспортировке, погрузочно-разгрузочным работам и временному складированию элементов на площадке должны выполняться с применением исправного оборудования и строгим соблюдением мер предосторожности для исключения механических повреждений конструкций [18].

На рисунке 3 представлен стандартный алгоритм монтажных работ по строительству цилиндрического водоприемного берегового колодца (ВПБК) из стеклопластика.

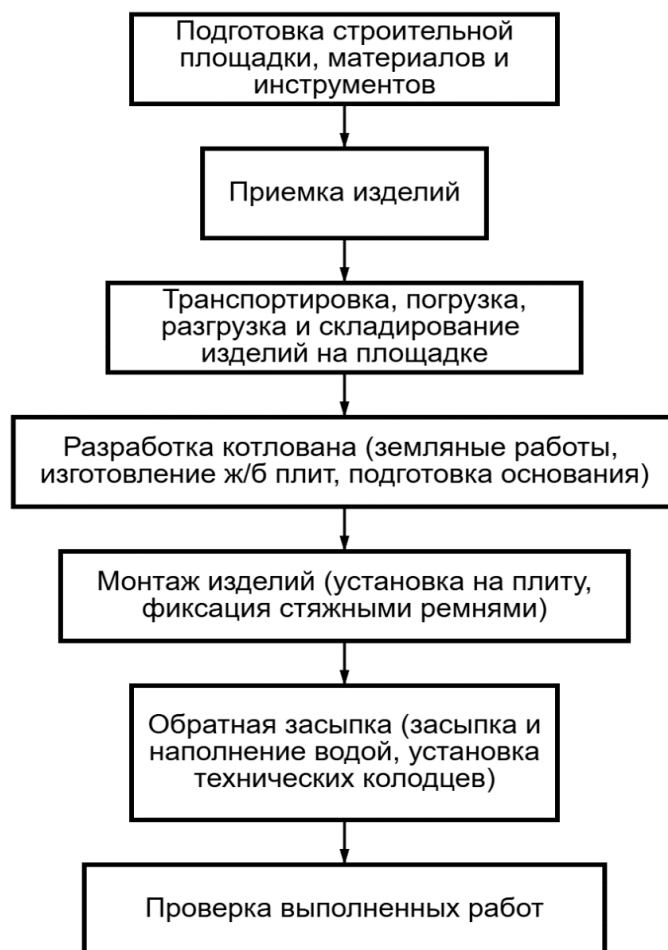


Рисунок 3 – Стандартный алгоритм монтажных работ по строительству цилиндрического водоприемного берегового колодца (ВПБК) из стеклопластика

Основной производственный цикл включает разработку котлована, в рамках которой производятся земляные работы, тщательная подготовка основания и изготовление по месту железобетонной фундаментной плиты в основании водоприемного колодца. Непосредственный монтаж цилиндрической стеклопластиковой конструкции ВПК заключается в ее установке на спроектированное основание с последующей надежной фиксацией этой конструкции при помощи стяжных ремней для обеспечения стабильного положения. Завершающим этапом сборки является производство обратной засыпки пазух котлована с одновременным наполнением колодца водой для контроля устойчивости и компенсации внешнего давления грунта, а также установка предусмотренных технических колодцев. Финальной стадией технологического процесса является комплексная проверка качества выполненных монтажных работ, включающая визуальный осмотр, контроль соответствия проектным отметкам и при необходимости проведение испытаний на герметичность.

Учитывая обоснованный выбор в пользу цилиндрического водоприемного берегового колодца из стеклопластика, логическим продолжением является рассмотрение этапов монтажа ключевых сопряженных сооружений, а именно: строительства

водозаборного оголовка и прокладки самотечной стальной водоводной линии, соединяющей оголовки с колодцем.

Возведение водозаборного оголовка представляет собой комплексный процесс, базирующийся на данных гидрологических и геологических изысканий. На основании этих данных определяется тип сооружения — береговой, русловой или плавучий — его местоположение и конкретные конструктивные решения. Подготовительные работы включают создание строительной площадки, которая для берегового оголовка формируется путем отсыпки дамбы или устройства котлована, а для руслового — нередко требует сооружения временной перемычки для осушения зоны производства работ. Критически важным является подготовка основания, заключающаяся в выравнивании дна водоема и устройстве при необходимости песчано-гравийной подушки или бетонной подготовки.

При сооружении руслового (затопленного) оголовка сборка стальной или железобетонной конструкции, часто имеющей форму цилиндра, куба или решетчатой структуры, производится на береговой территории. Последующая транспортировка к месту установки осуществляется с применением плавучих кранов или понтонов, после чего конструкция точно позиционируется на подготовленное основание. Фиксация от всплытия и сдвига обеспечивается анкерными креплениями ко дну или балластировкой бетонными массивами либо каменной засыпкой. В случае берегового оголовка первоочередной операцией является устройство шпунтового ограждения по периметру будущего сооружения для создания водонепроницаемого контура. После откачки воды из образовавшегося котлована в осушенных условиях выполняются бетонные работы по возведению стен и днища, осуществляется монтаж арматуры и закладных деталей, а также устанавливаются водоприемные окна, оснащенные решетками. Завершающей стадией строительства является оснащение оголовка технологическим оборудованием, включающим сороудерживающие решетки для задержания крупных взвесей, водозаборные клапаны и задвижки для регулирования расхода, а в ряде случаев — системы промывки или воздушно-импульсной очистки решеток.

Прокладка самотечной стальной водоводной линии, предназначенной для транспортировки воды от оголовка к береговым сооружениям, начинается с подготовки трассы. Данный этап включает геодезическую разбивку, планировку грунта и разработку траншеи, параметры которой определяются диаметром трубопровода, условиями защиты от промерзания и динамических нагрузок. На подводном участке применяются специализированные методы, такие как гидронамыв или подводная разработка земснарядами, в то время как на наземном участке работы ведутся с использованием

экскаваторной техники. Подготовка труб заключается в нанесении на их внутреннюю и внешнюю поверхность антикоррозионного изоляционного покрытия на битумной, эпоксидной или полиуретановой основе и предварительной сборке отдельных отрезков в более протяженные секции — плети — посредством сварки

Монтаж трубопровода осуществляется путем укладки плетей в подготовленную траншею с применением кранового оборудования или трубоукладчиков с обязательным устройством и уплотнением песчаной подушки под трубой. Последующая сварка стыков между плетями формирует непрерывную линию, при этом качество сварных швов контролируется методами неразрушающего контроля. В точках изменения направления трассы монтируются массивные железобетонные упоры, воспринимающие усилия от гидростатического давления и предотвращающие смещение трубопровода. Заключительной фазой являются испытания и ввод в эксплуатацию, включающие гидравлические испытания на прочность и герметичность при давлении, превышающем рабочее, а также промывку и дезинфекцию трубопровода хлорсодержащими реагентами перед его сдачей в постоянную эксплуатацию после получения соответствующих разрешений надзорных органов [19].

Заключение

В рамках проведенного исследования предложено и обосновано конструктивно-строительное решение водоприемного берегового колодца для 3-х агрегатной ПКНС с насосами типа ВНТВ и с водозабором из поверхностного водоисточника (например, реки) с крутым берегом.

Для подземной части ПКНС – водоприемного берегового колодца – проведен сравнительный анализ возможных материалов, из которых может быть выполнен этот колодец. Обоснован выбор цилиндрической конструкции из стеклопластика, обеспечивающей герметичность, коррозионную стойкость, простоту монтажа и оптимизацию занимаемой площади по сравнению с железобетонными кольцами, несмотря на их более высокую механическую прочность [20]. Рассмотренные технологические процессы строительства сопряженных сооружений — водозаборного оголовка и самотечного стального водовода — подтверждают реализуемость предлагаемого конструктивно-строительного исполнения.

Предложенное техническое решение по исполнению ВПБК в виде стеклопластикового цилиндрического стакана может являться типовым для оросительных насосных станций с насосами ВНТВ при перепаде высот 7-10 метров между уровнем установки насосной станции и уровнем воды в водоисточнике, позволяющим обеспечить

длительную безаварийную эксплуатацию насосного оборудования и снизить затраты на его обслуживание и ремонт.

Библиографический список

1. Отчет о НИОКР по теме 2.2.2 «Разработка эскизного проекта на экспериментальный образец трех-агрегатной полнокомплектной насосной станции ПКНС «Радуга-ТВ» 240/60 на базе вертикальных насосов с трансмиссионным валом (ВНТВ) для закрытых оросительных систем (промежуточный за 2024 год), 2024.
2. Кирпиченко, Н. А. Эксплуатационные проблемы на водозаборах из поверхностных водоисточников / Н. А. Кирпиченко // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: Сборник статей XX Международной научно-практической конференции, Пенза, 19–20 апреля 2018 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – С. 52-55. – EDN XMKFJB.
3. Насосные станции для орошения: справочное пособие / Г. В. Ольгаренко [и др.]. – Коломна: [б. и.], 2007. – 304 с. – EDN QKZCLF.
4. Муравьев, А. В. Особенности применения вертикальных насосов с трансмиссионным валом в оросительных системах / А. В. Муравьев, Д. А. Лебедев // Вестник мелиоративной науки. – 2024. – № 2. – С. 68-73. – EDN JLRSBI.
5. Муравьев, А. В. Преимущества и недостатки вертикальных насосов с трансмиссионным валом по сравнению с другими центробежными насосами / А. В. Муравьев, Д. А. Лебедев // Вестник мелиоративной науки. – 2024. – № 2. – С. 29-35. – EDN VDNHVB.
6. Водовозов, А. М. Оптимизация системы управления насосной станции / А. М. Водовозов, Н. Н. Черняева // Южно-Сибирский научный вестник. – 2018. – № 2(22). – С. 10-15. – EDN XUNOTB.
7. Рыльцева, Ю. А. Обзор новых конструктивных решений водозаборных сооружений / Ю. А. Рыльцева // Строительство: наука и образование. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 60-76. – DOI 10.22227/2305-5502.2023.3.4. – EDN TYTDTJ.
8. Образовский А.С., Ереснов Н.В., Казанский Е.А., Ереснов В.Н. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. — М.: Стройиздат, 1976.
9. Отчёт о НИР по теме 2.1.8 "Совершенствование системы автоматического управления (САУ) 3-х агрегатной модульной насосной установки (МНУ) с частотно-дрессельным групповым управлением для закрытых оросительных систем". - г. Коломна. ФГБНУ ВНИИ "Радуга", 2017.
10. Отчёт о НИР по теме 2.2.2 "Разработка типовых рядов модульных насосных установок (МНУ) для систем орошения с-х культур". Коломна: ФГБНУ ВНИИ "Радуга", 2015-2016.
11. Дубенок, Н. Н. Гидротехнические сельскохозяйственные мелиорации: учебное пособие и практикум / Н. Н. Дубенок, К. Б. Шумакова. – 2-е издание. – Москва: Издательство Проспект, 2016. – 336 с. – ISBN 978-5-392-19880-1. – EDN ZVTDZL.
12. Овчинников А.С., Пантюшина Т.В., Мануйленко И.А., Бочарникова О.В., Большаков И.А., Бочарников В.С.: Уч. пособие по дисциплине "Насосы и насосные станции" // Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. - Волгоград / 2010. -76 с.
13. Водозаборно-очистные сооружения и устройства: Учебное пособие / М. Г. Журба, Ю. И. Вдовин, Ж. М. Говорова, И. А. Лушкин. – Москва: Издательство "Астрель", 2003. – 569 с. – ISBN 5-271-06096-9. – EDN UODNYP.

14. Водозаборы из поверхностных источников: состояние, проблемы, тенденции совершенствования / Ю. И. Вдовин, И. А. Лушкин, Р. К. Халиков, Е. Д. Хецуриани // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2011. – № 2. – С. 55-61. – DOI 10.17673/Vestnik.2011.02.15. – EDN RDPBOJ.

15. Шевченко, А. В. Водозабор из поверхностного водного источника для рыбоводно-мелиоративных комплексов / А. В. Шевченко, Г. Н. Пурас // Экология и водное хозяйство. – 2021. – Т. 3, № 3. – С. 89-102. – DOI 10.31774/2658-7890-2021-3-3-89-102. – EDN RDGOYL.

16. Колодцы, скважины, водопроводные сети: [системы водоснабжения и канализации, колодцы и водозаборные скважины, очистка сточных вод, септики / В. С. Самойлов и др. – Москва: Аделант, 2007. – 351 с. – (Своими руками). – ISBN 978-5-903253-01-2. – EDN QNMRNN.

17. Ветров, Е. П. Исследование энергоэффективности работы насосных станций в системах водоснабжения и водоотведения / Е. П. Ветров // Вода и экология: проблемы и решения. – 2010. – № 1-2(42-43). – С. 40-47. – EDN PLSIWP.

18. Фимин, А. С. Монтаж берегового водозаборного колодца из стеклопластика / А. С. Фимин // Организационно-экономические и инновационно-технологические проблемы модернизации экономики России: Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 14–15 июня 2018 года / Под редакцией В.Н. Лазарева, Б.Я. Татарских. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – С. 123-127. – EDN XVNBJJ.

19. СНиП 2.04.02-84 Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. -Введ. 01.01.86. -Москва: Стройиздат, 1985. -132 с.

20. Лашко, А. В. О возможности изготовления емкостей из стеклопластика с внутренним покрытием

из кашированного полиэтилена/полипропилена для хранения питьевой воды / А. В. Лашко // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: Сборник статей, Пенза, 19–20 января 2017 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017. – С. 43-46. – EDN YQHGFV.

References in roman script

1. Otchet o NIOKR po teme 2.2.2 «Razrabotka eskiznogo proekta na eksperimental'nyy obrazets trekh-agregatnoy polnokomplektnoy nasosnoy stantsii PKNS «Raduga-TV» 240/60 na baze vertikal'nykh nasosov s transmissionnym valom (VNTV) dlya zakrytykh orositel'nykh sistem (promezhutochnyy za 2024 god), 2024.

2. Kirpichenko, N. A. Ekspluatatsionnye problemy na vodozaborakh iz poverkhnostnykh vodoistochnikov / N. A. Kirpichenko // Goroda Rossii: problemy stroitel'stva, inzhenernogo obespecheniya, blagoustroystva i ekologii: Sbornik statey XX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Penza, 19–20 aprelya 2018 goda. – Penza: Penzenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2018. – S. 52-55. – EDN XMKFJB.

3. Nasosnye stantsii dlya orosheniya: spravochnoe posobie / G. V. Ol'garenko [i dr.]. – Kolomna: [b. i.], 2007. – 304 s. – EDN QKZCLF.

4. Murav'ev, A. V. Osobennosti primeneniya vertikal'nykh nasosov s transmissionnym valom v orositel'nykh sistemakh / A. V. Murav'ev, D. A. Lebedev // Vestnik meliorativnoy nauki. – 2024. – № 2. – S. 68-73. – EDN JLRSBI.

5. Murav'ev, A. V. Preimushchestva i nedostatki vertikal'nykh nasosov s transmissionnym valom po sravneniyu s drugimi tsentrobezhnyimi nasosami / A. V. Murav'ev, D. A. Lebedev // Vestnik

- meliorativnoy nauki. – 2024. – № 2. – S. 29-35. – EDN BDHBBB.
6. Vodovozov, A. M. Optimizatsiya sistemy upravleniya nasosnoy stantsii / A. M. Vodovozov, N. N. Chernyaeva // Yuzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik. – 2018. – № 2(22). – S. 10-15. – EDN XUNOTB.
 7. Ryl'tseva, Yu. A. Obzor novykh konstruktivnykh resheniy vodozabornykh sooruzheniy / Yu. A. Ryl'tseva // Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie. – 2023. – T. 13, № 3. – S. 60-76. – DOI 10.22227/2305-5502.2023.3.4. – EDN TYTDTJ.
 8. Obrazovskiy A.S., Eresnov N.V., Kazanskiy E.A., Eresnov V.N. Vodozabornye sooruzheniya dlya vodosnabzheniya iz poverkhnostnykh istochnikov. — M.: Stroyizdat, 1976.
 9. Otchet o NIR po teme 2.1.8 "Sovershenstvovanie sistemy avtomaticheskogo upravleniya (SAU) 3-kh agregatnoy modul'noy nasosnoy ustanovki (MNU) s chastotno-drossel'nym gruppovym upravleniem dlya zakrytykh orositel'nykh sistem". - g. Kolomna. FGBNU VNII "Raduga", 2017.
 10. Otchet o NIR po teme 2.2.2 "Razrabotka tipovykh ryadov modul'nykh nasosnykh ustanovok (MNU) dlya sistem orosheniya s-kh kul'tur". Kolomna: FGBNU VNII "Raduga", 2015-2016.
 11. Dubenok, N. N. Gidrotekhnicheskie sel'skokhozyaystvennye melioratsii: uchebnoe posobie i praktikum / N. N. Dubenok, K. B. Shumakova. – 2-e izdanie. – Moskva: Izdatel'stvo Prospekt, 2016. – 336 s. – ISBN 978-5-392-19880-1. – EDN ZVTDZL.
 12. Ovchinnikov A.S., Pantyushina T.V., Manuylenko I.A., Bocharnikova O.V., Bol'shakov I.A., Bocharnikov V.S.: Uch. posobie po distsipline "Nasosy i nasosnye stantsii" // Volgogradskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya. - Volgograd / 2010. -76 s.
 13. Vodozaborno-ochistnye sooruzheniya i ustroystva: Uchebnoe posobie / M. G. Zhurba, Yu. I. Vdovin, Zh. M. Govorova, I. A. Lushkin. – Moskva: Izdatel'stvo "Astrel", 2003. – 569 s. – ISBN 5-271-06096-9. – EDN UODNYP.
 14. Vodozabory iz poverkhnostnykh istochnikov: sostoyanie, problemy, tendentsii sovershenstvovaniya / Yu. I. Vdovin, I. A. Lushkin, R. K. Khalikov, E. D. Khetsuriani // Vestnik SGASU. Gradostroitel'stvo i arkhitektura. – 2011. – № 2. – S. 55-61. – DOI 10.17673/Vestnik.2011.02.15. – EDN RDPBOJ.
 15. Shevchenko, A. V. Vodozabor iz poverkhnostnogo vodnogo istochnika dlya rybovodno-meliorativnykh kompleksov / A. V. Shevchenko, G. N. Puras // Ekologiya i vodnoe khozyaystvo. – 2021. – T. 3, № 3. – S. 89-102. – DOI 10.31774/2658-7890-2021-3-3-89-102. – EDN RDGOYL.
 16. Kolodtsy, skvazhiny, vodoprovodnye seti: [sistemy vodosnabzheniya i kanalizatsii, kolodtsy i vodozabornye skvazhiny, ochistka stochnykh vod, septiki / V. S. Samoylov i dr. – Moskva: Adelant, 2007. – 351 s. – (Svoimi rukami). – ISBN 978-5-903253-01-2. – EDN QNMRNN.
 17. Vetrov, E. P. Issledovanie energoeffektivnosti raboty nasosnykh stantsiy v sistemakh vodosnabzheniya i vodootvedeniya / E. P. Vetrov // Voda i ekologiya: problemy i resheniya. – 2010. – № 1-2(42-43). – S. 40-47. – EDN PLSIWP.
 18. Fimin, A. S. Montazh beregovogo vodozabornogo kolodtsa iz stekloplastika / A. S. Fimin // Organizatsionno-ekonomicheskie i innovatsionno-tekhnologicheskie problemy modernizatsii ekonomiki Rossii: Sbornik statey VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Penza, 14–15 iyunya 2018

года / Pod redaktsiey V.N. Lazareva, B.Ya. Tatarskikh. – Penza: Penzenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2018. – S. 123-127. – EDN XVNBJJ.

19. SNiP 2.04.02-84 Stroitel'nye normy i pravila. Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya. -Vved. 01.01.86. -Moskva: Sroyizdat, 1985. -132 s.

20. Lashko, A. V. O vozmozhnosti izgotovleniya emkostey iz stekloplastika s

vnutrennim pokrytiem iz kashirovannogo polietilena/polipropilena dlya khraneniya pit'evoy vody / A. V. Lashko // Prirodnoresursnyy potentsial, ekologiya i ustoychivoe razvitie regionov Rossii: Sbornik statey, Penza, 19–20 yanvarya 2017 goda. – Penza: Penzenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2017. – S. 43-46. – EDN YQHGFV.

Сведения об авторах

Муравьев Александр Викторович, научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», E-mail: awm1@mail.ru.

Лебедев Денис Андреевич, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», E-mail: denislebedev992@gmail.com, ORCID: 0009-0004-0983-1318.

Медведева Анна Александровна, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», E-mail: maa.vniiraduga@yandex.ru, ORCID: 0009-0004-1458-8535.

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 21.11.2025г.

Для цитирования: Муравьев А.В., Лебедев Д.А., Медведева А.А. Типовой вариант конструктивно-строительного исполнения водоприемного берегового колодца для многоагрегатных оросительных насосных станций на основе вертикальных насосов с трансмиссионным валом// Вестник мелиоративной науки. 2025.№4. С. 49-64.

Information about the authors

Muravjev Aleksandr Viktorovich, scientific researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny, e-mail: awm1@mail.ru

Lebedev Denis Andreevich, assistant researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny, e-mail: denislebedev992@gmail.com, ORCID: 0009-0004-0983-1318.

Medvedeva Anna Alekseevna, assistant researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny, e-mail: maa.vniiraduga@yandex.ru, ORCID: 0009-0004-1458-8535.

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 21.11.2025.

For citations: Muravjev A. V., Lebedev D. A., Medvedeva A. A. A Typical Design and Construction Version of Water Suction Bank Well for Multi-Aggregate Irrigation Power Stations with Transmission Shaft// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. C. 49-64.

Интенсивные факторы потенциала конкурентоспособности эксплуатирующих организаций мелиоративной отрасли АПК России

**Угрюмова Александра Анатольевна¹, Замаховский Михаил Петрович²,
Паутова Людмила Евгеньевна³**

^{1,2,3}*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, Россия;*

¹*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», г. Москва, Россия*

Аннотация. Целью проведенного исследования стало выявление и обоснование интенсивных факторов потенциала конкурентоспособности эксплуатирующих организаций мелиоративной отрасли АПК России. В качестве материалов подготовленной авторами НИР были использованы результаты деятельности эксплуатирующих организаций - федеральных государственных бюджетных учреждений «Управления «Мелиоводхоз» (далее ФГБУ) Департамента мелиорации Министерства сельского хозяйства (далее МСХ) России. В процессе работы были использованы такие методы, как: системный, логический, статистический, экономический, сравнительный, корреляционный анализы и индикативно-рейтинговая оценка полученных результатов исследования. Сравнительный анализ деятельности ФГБУ по составляющим интенсивного потенциала КСП основного капитала, оборотного капитала и рабочей силы за период за 2020г. и 2022г. позволил сделать следующие выводы: средние индексы коэффициента годности активной части основных фондов по ФО РФ за 2022г. по сравнению с 2020г. повысились только по двум ФО (СЗФО и ПФО), а по остальным ФО была отмечена тенденция снижения (ухудшения качества основного капитала), аналогичная закономерность была выявлена по индикатору среднего удельного веса мелиорируемых земель в хорошем состоянии по ФО РФ за 2022 г. по сравнению с 2020г. и положительный прирост базовых индикаторов интенсивного потенциала основного капитала ФГБУ наблюдался в 2022г. только у 2 ФГБУ из 64; 35 ФГБУ из 62 в 2022 г. не имели привлеченных внебюджетных средств или демонстрировали снижение понижающийся тренд; убывающее и неизменное состояние по рабочей силе на основе оценки индикатора «Индекс удельного веса работников с профильным образованием» было выявлено только в 55,36% ФГБУ.

Полученные данные свидетельствуют о негативной тенденции прироста интенсивного потенциала КСП ФГБУ по всем видам капитала мелиорации, что подтверждает тенденцию уменьшения интенсивного потенциала КСП отрасли.

Ключевые слова: отраслевая конкурентоспособность, мелиоративная отрасль, интенсивные факторы, основной капитал, оборотный капитал, рабочая сила, мелиорируемые угодья, федеральные округа, федеральные субсидии, внебюджетные средства.

Research article

Intensive Factors of Operating Organizations Potential Competitive Ability in Agricultural and Industrial Complex of Melioration Branch of Russia

**Ugryumova Aleksandra Anatolievna¹, Zamahovskij Mihail Petrovich²,
Pautova Lyudmila Evgenievna³**

^{1,2,3}Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny.

¹Federal State Budgetary Training Institution of High Education «Russian Academy of National Economy and State Service at the President of Russian Federation», Moscow, Russia

Annotation. The performed research was aimed to reveal and to approve some intensive factors of competitive ability of operating organizations acting in meliorative branch of agricultural and industrial complex (APK) of Russia. As materials for prepared research and development work (NIR), the authors used the results of operating organizations work- the federal state budgetary institutions, manager bodies, named in Russian «Upravleniya «Meliovodhoz» (FGBU) of the Melioration Department in the Ministry of Agriculture, further named as (MSH) of Russia. In the process of work the following investigation methods were used: systematic, logical, statistical, economic, comparison, correlation analysis and indication and rating evaluation of the resulting investigation data. Comparison analysis of FGBU activity was based on intensive potential KSP parts – main capital, circulating capital and manpower for the period from 2020 up to 2022 enabled to make the following conclusions: the mean index of validity of the active part of main funds across the Federal District (FO) RF in 2022 in comparison with 2020 increased on in two Federal Districts (FO) – in (SZFO) and in (PFO); and in the rest Federal Districts the index validity decreased (main capital quality got worse); the same regularity was found for coefficient of mean proportion of meliorated lands in a good condition across RF Federal Districts in 2022 in comparison with 2020, and positive growth of base indicators of intensive potential of main FGBU capital was observed in 2022, only in 2 FGBU from 64; 35 FGBU from 62 in 2022; these organizations didn't have invested not-budgetary capital or demonstrated decreasing trend; manpower factor value was getting down permanently; it was evaluated by indicator “Index of workers with profile training” and was only in 55,36% of FGBU.

The obtained data show the negative trend in growth of intensive potential KSP of FGBU for all kinds of capital for melioration that approves the trend to decreasing of intensive potential KSP in the branch.

Keywords: branch competitive ability, branch of melioration, intensive factors, main capital, circulating capital, manpower, meliorated lands, federal districts, federal subsidies, not-budgetary capital.

Введение. Исследование интенсивных факторов обеспечивает формирование потенциала конкурентоспособности (далее по тексту КСП) эксплуатирующие организации - федеральных государственных бюджетных учреждений «Управления «Мелиоводхоз» (ФГБУ) Департамента мелиорации (далее МСХ) России, способствует реализации стратегических направлений отраслевого [1-4], экономического [5-6] развития и становлению методологии [7-11] оценки потенциала КСП мелиоративной отрасли АПК России.

Объект исследования – эксплуатирующие организации Департамента мелиорации МСХ России – федеральные государственные бюджетные учреждения «Управления «Мелиоводхоз» (ФГБУ).

Предмет исследования: интенсивные факторы формирования потенциала КСП ФГБУ Департамента мелиорации МСХ России.

Практическая значимость исследования заключается в:

- формировании информационной базы данных индикаторов интенсивных факторов потенциала КСП мелиорации в АПК России по федеральным округам;
- выявлении и оценке интенсивных факторов КСП ФГБУ мелиоративной отрасли по основному, оборотному капиталу и рабочей силе по федеральным округам;
- анализе динамики интенсивных факторов формирования потенциала КСП ФГБУ мелиоративной отрасли.

Методы и материалы.

Для оценки интенсивных факторов потенциала КСП ФГБУ по основному капиталу использованы данные, полученные от 64-х ФГБУ Департамента мелиорации МСХ России за период 2020г. и 2022 г.

В процессе разработки методологии [9-10] исследования были выбраны и обоснованы следующие базовые индикаторы оценки интенсивных факторов потенциала КСП ФГБУ по основному капиталу:

- индекс коэффициента годности активной части основных фондов на 1 га мелиорируемых земель ФГБУ в хорошем состоянии (далее индекс коэффициента годности активной части основных фондов);
- удельный вес площадей мелиорируемых земель ФГБУ в хорошем состоянии, %.

По оборотному капиталу:

- индекс привлеченных внебюджетных средств на 1га мелиорируемых земель ФГБУ в хорошем состоянии (в дальнейшем индекс привлеченных внебюджетных средств);
- индекс годовых федеральных субсидий на 1га мелиорируемых земель ФГБУ в хорошем состоянии (в дальнейшем индекс годовых федеральных субсидий).

По рабочей силе:

- индекс удельного веса работников ФГБУ с профильным образованием на 1га мелиорируемых земель в хорошем состоянии (в дальнейшем индекс удельного веса работников ФГБУ с профильным образованием);
- индекс удельного веса работников ФГБУ со стажем от 5 лет на 1га мелиорируемых земель в хорошем состоянии (в дальнейшем индекс удельного веса работников ФГБУ со стажем от 5 лет).

Методы исследования: системный, логический, статистический, экономический, сравнительный и корреляционный анализ, индикативно-рейтинговая оценка.

Результаты и обсуждения.

Анализ состояния интенсивных факторов формирования потенциала конкурентоспособности ФГБУ мелиоративной отрасли Российской Федерации по основному капиталу продемонстрировал снижение средних индексов коэффициента годности активной части основных фондов по ФО РФ за 2020 и 2022 гг. и в среднем по РФ. На рисунке 1 наглядно представлены средние индексы коэффициента годности активной части основных фондов по ФО и в среднем по РФ за 2020 и 2022 гг.

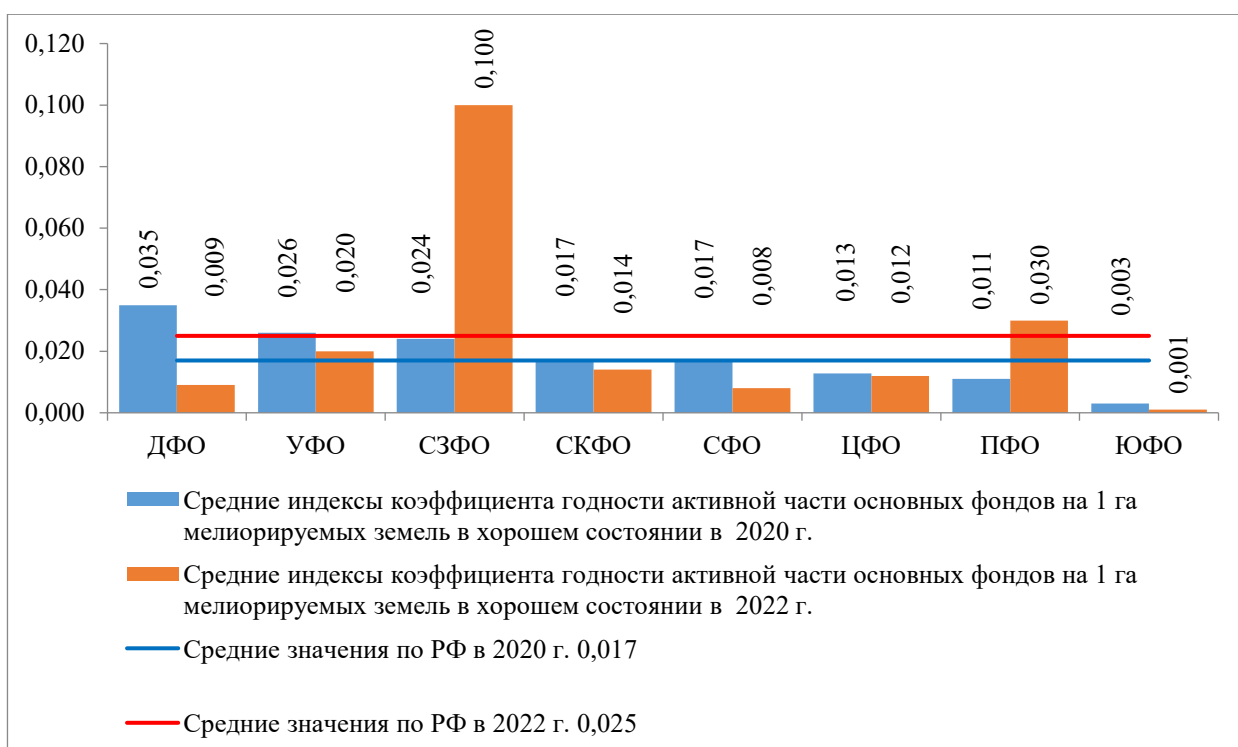


Рисунок 1 – Средние индексы коэффициента годности активной части основных фондов по ФО РФ за 2020 и 2022 гг. и среднем по РФ

Источник: построен авторами на основании данных от ФГБУ Департамента мелиорации

На основе результатов данного анализа рисунка 1 необходимо сделать вывод о негативном влиянии состояния основного капитала на тенденцию производительности мелиорируемых угодий.

Сложившаяся негативная тенденция по группам основного капитала «Машины и оборудование» и «Транспортные средства» во многом связана с введенными западными странами санкциями, направленными против РФ.

Наибольший прирост среднего индекса коэффициента годности активной части основных фондов за 2022г. наблюдался в ФГБУ по СЗФО, в большинстве остальных ФО, прирост данного индекса за указанный период был отрицательным.

На рисунке 2 наглядно представлены средние удельные веса мелиорируемых земель ФГБУ по федеральным округам и в среднем по РФ в 2020 и 2022 гг.

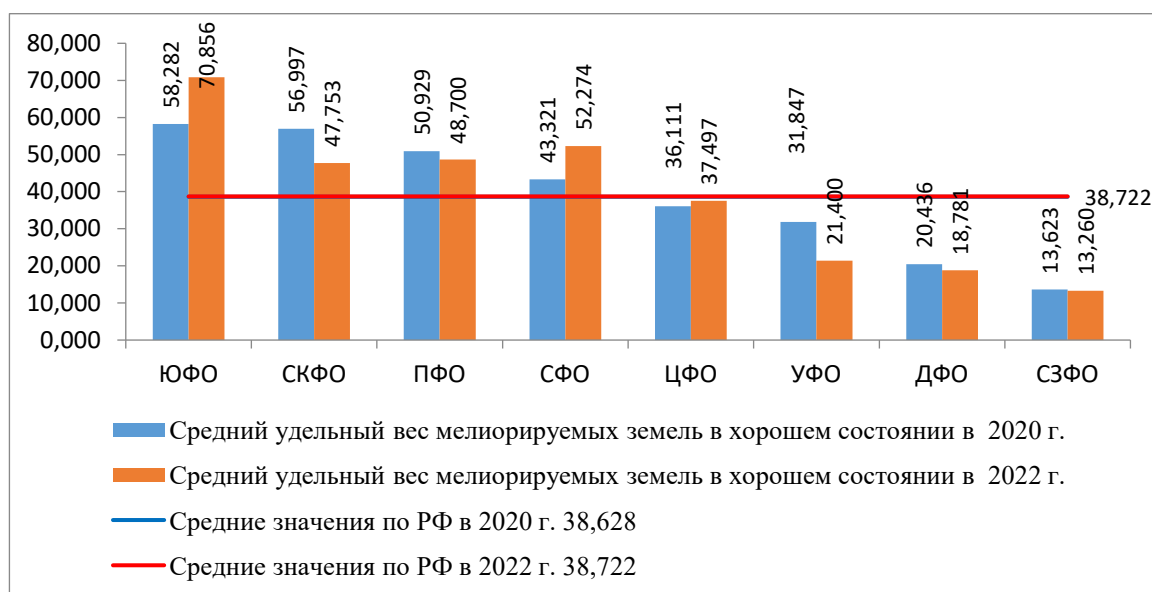


Рисунок 2 – Средние удельные веса мелиорируемых земель в хорошем состоянии по ФО РФ за 2020 и 2022 гг.

Источник: построено авторами на основании данных от ФГБУ Департамента мелиорации

Из рисунка 2 следует, что в ЮФО, СКФО, ПФО и СФО средние удельные веса мелиорируемых земель ФГБУ в хорошем состоянии в 2022 г. превышали среднероссийские, в остальных округах средние удельные веса мелиорируемых земель ФГБУ в хорошем состоянии в 2022 г. оказались ниже среднероссийских.

В результате расчёта коэффициентов корреляции между каждым базовым индикатором и коэффициентом ПКСП по основному капиталу ФГБУ всех федеральных округов, и в целом по РФ было выявлено:

- сильное влияние индикатора «Индекс коэффициента годности активной части основных фондов» на коэффициент интенсивного потенциала КСП наблюдалось в 2020г. в УФО;

- сильное или очень сильное влияние индикатора «Удельный вес площадей мелиорируемых земель ФГБУ в хорошем состоянии» на коэффициент интенсивного потенциала КСП за 2022 г. в ЮФО, СФО и ДФО.

Современное состояние индикаторов интенсивных факторов потенциала КСП ФГБУ Департамента мелиорации по основному капиталу свидетельствует о недостаточном уровне сформированности интенсивных факторов потенциала КСП, что связано с высоким уровнем износа активной части основного капитала, и снижением удельного веса мелиорируемых земель в хорошем состоянии.

Результаты исследования ПКСП ФГБУ по основному капиталу позволяют сделать вывод, что положительный прирост двух базовых индикаторов интенсивного потенциала КСП ФГБУ наблюдался в 2022г. только у 2 ФГБУ из 64 (ФГБУ «Управление «Севосетинмелиоводхоз», Пензенский филиал ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз»), что свидетельствует о негативной тенденции прироста интенсивного потенциала КСП ФГБУ по основному капиталу.

В целом, формирование интенсивных факторов потенциала КСП ФГБУ по основному капиталу в федеральных округах Российской Федерации в 2020г. и 2022г. имел противоречивые тенденции: убывающий тренд наблюдался в ЦФО, СЗФО, СКФО; возрастающий тренд в ЮФО, СФО и ДФО; неизменное состояние основного капитала сохранилось в ПФО и УФО.

Выявленные особенности основного капитала позволяют проанализировать их связь с интенсивными факторами потенциала КСП ФГБУ по *оборотному капиталу*.

Проведенный анализ показал, что основным источником изменения ПКСП оборотного капитала ФГБУ были федеральные субсидии, а распределение внебюджетного финансирования осуществлялось по стране крайне неравномерно. Наглядно представим средние индексы привлеченных внебюджетных средств на 1 га мелиорируемых земель в хорошем состоянии в 2020 и 2022 гг. на рис.3.

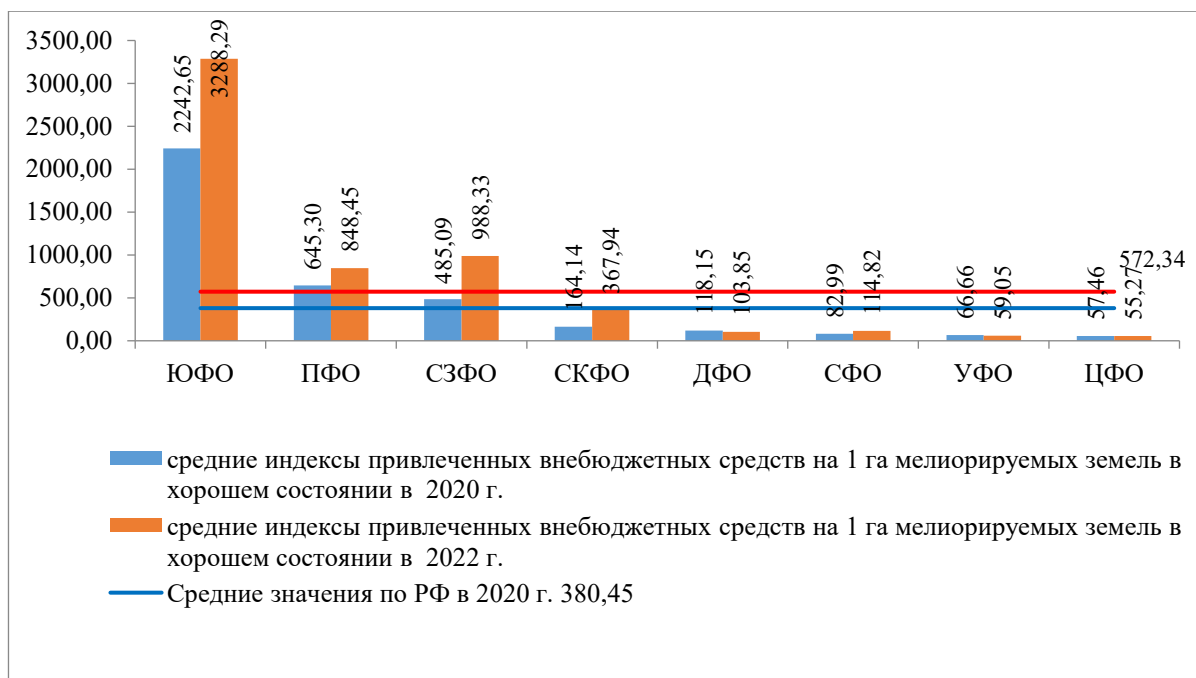


Рисунок 3 – Средние индексы привлеченных внебюджетных средств на 1 га мелиорируемых земель в хорошем состоянии в 2020 и 2022 гг.

Источник: построено авторами на основании данных от ФГБУ Департамента мелиорации

На рисунке 3 видно, что в 2020 г. средние индексы привлеченных внебюджетных средств оказались больше среднего общероссийского значения в ЮФО и ПФО и меньше в

остальных федеральных округах, а в 2022г. – больше среднего общероссийского значения в СКФО, ЮФО и СЗФО и меньше в остальных федеральных округах.

Минимальное значение индекса привлеченных ФГБУ внебюджетных средств увеличилось в ЮФО и ПФО, не изменилось в остальных ФО в целом по РФ, при этом наибольшее увеличение наблюдалось в ЮФО, а наименьшее – в ПФО.

Максимальное значение индекса привлеченных ФГБУ внебюджетных средств увеличилось во всех федеральных округах и в целом по РФ, при этом наибольшее увеличение наблюдалось в СЗФО, а наименьшее – в УФО.

Размах индекса привлеченных ФГБУ внебюджетных средств увеличился во всех федеральных округах и в целом по РФ, при этом наибольшее увеличение наблюдалось в СЗФО, а наименьшее – в УФО.

Следовательно, во всех федеральных округах и в целом по РФ увеличилось расслоение между ФГБУ по индексу привлеченных ФГБУ внебюджетных средств.

В результате расчёта коэффициентов корреляции между каждым базовым индикатором и коэффициентом интенсивного потенциала КСП по оборотному капиталу для ФГБУ, расположенных в федеральных округах, и в целом по РФ выявлено:

- сильное или очень сильное влияние индикатора «Индекс годовых федеральных субсидий» на коэффициент интенсивного потенциала КСП наблюдалось в 2020 г. в СКФО, ЮФО, ПФО, УФО, а 2022 г. такая же взаимосвязь наблюдалась в СКФО, ЮФО, ПФО, УФО и ДФО;

- сильное или очень сильное влияние базового индикатора «Индекс привлеченных внебюджетных субсидий» на коэффициент интенсивного потенциала КСП наблюдалось в 2020 г. в ЦФО, СКФО, ЮФО, ПФО, СФО и УФО, а в 2022 г. во всех федеральных округах, кроме ДФО.

Результаты проведенного анализа интенсивных факторов ПКСП ФГБУ по оборотному капиталу позволяют определить, что подавляющее большинство (12 из 17) ФГБУ в ЦФО сохранили коэффициент интенсивного потенциала КСП. Это, с одной стороны, свидетельствует о консервации интенсивного потенциала ФГБУ по оборотному капиталу, а с другой стороны отражает отсутствие значимого притока финансов в мелиорируемое земледелие, при этом интервальная оценка не изменилась в 16 ФГБУ, а в одном ФГБУ она снизилась.

Обобщая результаты анализа интенсивных факторов потенциала КСП ФГБУ по оборотному капиталу по федеральным округам, можно утверждать, что интенсивный потенциал КСП ФГБУ по оборотному капиталу являлся:

- в ЦФО неоднородным, но достаточно стабильным в своем развитии;

- в СЗФО противоречивым;
- в СКФО неоднородным;
- в ЮФО средним;
- в ПФО и УФО стабильным;
- в СФО стабильным и достаточный (за исключением ФГБУ («Управление «Иркутскмелиоводхоз» и Горно-Алтайский филиал ФГБУ «Управление «Алтаймелиоводхоз», которые продемонстрировали стабильный, но «низкий» уровень интенсивного потенциала КСП ФГБУ по оборотному капиталу);
- в ДФО противоречивым и недостаточным.

Результаты расчета коэффициентов корреляции между каждым базовым индикатором и коэффициентом ПКСП ФГБУ по рабочей силе позволили оценить влияние каждого базового индикатора на коэффициент потенциала ПКСП ФГБУ по рабочей силе (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние базовых индикаторов потенциала КСП ФГБУ по рабочей силе на коэффициент потенциала

ФО	Базовый индикатор «Индекс удельного веса работников с профильным образованием»		Базовый индикатор «Индекс удельного веса работников со стажем от 5 лет»	
	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.
ЦФО	Заметное (0,5)	Заметное (0,6)	Заметное (0,5)	Заметное (0,6)
СЗФО	Сильное (0,8)	Очень сильное (0,9)	Сильное (0,8)	Очень сильное (0,9)
СКФО	Заметное (0,5)	Сильное (0,7)	Сильное (0,7)	Заметное (0,6)
ЮФО	Заметное (0,5)	Заметное (0,5)	Заметное (0,6)	Сильное (0,7)
ПФО	Сильное (0,8)	Очень сильное (0,9)	Очень сильное (0,9)	Очень сильное (0,9)
УФО	Сильное (0,8)	Очень сильное (0,9)	Очень сильное (1)	Очень сильное (0,9)
СФО	Сильное (0,8)	(Сильное 0,7)	Заметное (0,5)	Сильное (0,8)
ДФО	Сильное (0,9)	Очень сильное (0,9)	Очень сильное (0,9)	Очень сильное (0,9)
В целом по РФ	Сильное (0,8)	Сильное (0,8)	Сильное (0,8)	(Сильное 0,8)

Источник: таблица составлена авторами

Анализ данных в таблице 1 позволяют определить, что:

– сильное или очень сильное влияние индикатора «Индекс удельного веса работников с профильным образованием» на коэффициент потенциала КСП ФГБУ наблюдалось в 2020 г. во всех ФО и в целом по РФ, кроме ЦФО, СКФО и ЮФО, а в 2022 г. – во всех ФО и в целом по РФ, кроме ЦФО и ЮФО;

– заметное влияние наблюдалось в 2020 г. в ЦФО, СКФО и ЮФО, а в 2022 г. – в ЦФО и ЮФО;

– сильное или очень сильное влияние индикатора «Индекс удельного веса работников со стажем от 5 лет» на коэффициент потенциала КСП ФГБУ наблюдалось в 2020 г. во всех ФО и в целом по РФ, кроме ЦФО, ЮФО и СФО, а в 2022 г. во всех ФО и в целом по РФ, кроме ЦФО и СКФО;

– заметное влияние наблюдалось в 2020 г. в ЦФО, ЮФО и СФО, а в 2022 г. – в ЦФО и СКФО.

Выводы

Выявленные тенденции изменения интенсивных факторов потенциала КСП по основному капиталу эксплуатирующих организаций Департамента мелиорации отражают состояние двух его активных частей («Машины и оборудование» и «Транспортные средства»), которые в большей степени пострадали от введенных западными странами санкций, направленных против РФ.

По представленным результатам исследования интенсивных факторов ПКСП основного капитала необходимо обратить особое внимание на ухудшение состояния активной части основного капитала в ФГБУ Департамента мелиорации в ЦФО, СЗФО, СКФО, так как эти федеральные округа вносят существенный вклад в производство сельскохозяйственной продукции РФ.

Важнейшей задачей интенсификации использования активной части основного капитала ФГБУ является ее перевооружение на базе лучших из созданных отечественных образцов мелиоративной техники (с ориентацией на создание образцов с полностью российскими комплектующими). Одновременно, в целях покрытия дефицита в использовании высокопроизводительной мелиоративной техники, необходимо расширить закупки аналоговых моделей, поставляемых из дружественных стран.

Выделяемые на мелиоративные организации государственные субсидии не являются вытесняющим инструментом для привлекаемых внебюджетных финансов, так как в виду высокой финансовой емкости мелиоративного оборудования и технологий, частный (особенно мелкий и средний) бизнес не может на равных конкурировать с государственными вложениями в процессе финансирования мелиоративной деятельности.

В этой связи, особое место занимают инструменты и механизмы расширения внебюджетного финансирования мелиоративной отрасли, поиск путей и способов повышения интереса бизнеса к инвестированию в мелиоративные технологии, расширению мелиорируемых земель в хорошем состоянии.

Анализ интенсивных факторов потенциала КСП ФГБУ по рабочей силе выявил, что в 55,36% ФГБУ индикатор «Индекс удельного веса работников с профильным образованием» имел невозрастающий тренд, что свидетельствует о снижении численности работников в ФГБУ с профильным образованием и не способствует формированию потенциала КСП ФГБУ по рабочей силе. В 58,93% ФГБУ индикатор «Индекс удельного веса работников со стажем от 5 лет» имел убывающий тренд, что свидетельствует о текучести кадров, снижающей потенциал КСП ФГБУ по рабочей силе. Следовательно, зафиксированный убывающий тренд двух исследованных индикаторов по рабочей силе отрасли негативно отражается на формировании потенциала КСП ФГБУ.

Таким образом, проведенное исследование интенсивных факторов потенциала КСП эксплуатирующих организаций мелиоративной отрасли АПК РФ подтверждает тесную взаимосвязь составляющих КСП мелиоративной отрасли – основного капитала, оборотного капитала и рабочей силы, что позволяет говорить о синергетическом эффекте данного взаимодействия, усиливающего выявленные как отрицательные, так и положительные тренды развития потенциала конкурентоспособности отрасли.

Благодарности. Авторы выражают слова благодарности руководству Департамента мелиорации Минсельхоза России и ФГБУ ВНИИ «Радуга» за организацию и поддержку научно-исследовательской работы в рамках Государственного задания на 2025г.

Библиографический список

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утв. Постановлением Правительства РФ от 14.07.12 г. № 717 (с изм. на 16.09.25 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70210644/> (дата обращения: 10.11.25 г.)

2. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, утв. Постановлением Правительства РФ от

14.05.21 г. № 731 (с изм. на 16.05.25 г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://base.garant.ru/400773886/> (дата обращения: 10.11.25 г.)

3. Государственная программа Российской Федерации «Научно технологическое развитие Российской Федерации», утв. Постановлением Правительства РФ от 29 марта 2019г. № 377 (с изм. на 15.05.25г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://base.garant.ru/72216664/> (дата обращения: 10.11.25 г.)

4. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года, утв. Распоряжением Правительства

РФ № 2567-р от 08.09.2022 г. (с изм. от 23.11.23 г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405172287/> (дата обращения: 10.11.25 г.).

5. Данкер К.А. Конкурентоспособность рабочей силы России. Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2013;4(36). <https://eee-region.ru/article/3602/> (дата обращения: 03.03.2025).

6. Мазилкина Е.И., Паничкина Г.Г. Основы управления конкурентоспособностью. [https://dl.libcats.org/genesis/336000/f872df5adcff5c95cda1d7562f4a424b/_as/\[Mazilkina_E.I.,_Galina_Panichkina_G.G.\]_Upravleni\(libcats.org\).pdf](https://dl.libcats.org/genesis/336000/f872df5adcff5c95cda1d7562f4a424b/_as/[Mazilkina_E.I.,_Galina_Panichkina_G.G.]_Upravleni(libcats.org).pdf) (дата обращения: 03.04.2025).

7. Нардина С.А. Факторы, определяющие конкурентоспособность рабочих кадров сельскохозяйственного профиля на рынке аграрного труда. http://science-bsea.narod.ru/2009/ekonom_2009/nardina_faktor.htm (дата обращения: 20.02.2025).

8. Николаев Н.А., Полещук М.Н. Методический подход к определению и оценке конкурентоспособности персонала. Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2021;15(1):93–109. DOI: 10.14529/em210110

9. Угрюмова А.А., Замаховский М.П., Капустина Т.А. [и др.]. Выявление актуальных точек развития мелиоративной отрасли Российской Федерации: монография. Москва: РУСАЙНС; 2023. 70 с.

10. Угрюмова А.А., Гришаева О.Ю., Замаховский М.П., Паутова Л.Е. Потенциал конкурентоспособности мелиоративной отрасли АПК РФ: монография. Москва: РУСАЙНС; 2024. 112 с.

11. Краснощеков В.Н., Ольгаренко Д.Г., Медведев А.С., Мищенко И.Д. Методика оценки эффективности деятельности федеральных государственных учреждений по

мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению. Коломна: ВНИИ «Радуга»; 2020. 34 с.

References in roman script

1. Gosudarstvennaya programma razvitiya sel'skogo khozyaystva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyaystvennoy produktsii, syr'ya i prodovol'stviya, utv. Postanovleniem Pravitel'stva RF ot 14.07.12 g. № 717 (s izm. na 16.09.25 g. [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <https://base.garant.ru/70210644/> (data obrashcheniya: 10.11.25 g.)

2. Gosudarstvennaya programma effektivnogo вовлечения v оборот земель sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya i razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii, utv. Postanovleniem Pravitel'stva RF ot 14.05.21 g. № 731 (s izm. na 16.05.25 g.) [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <https://base.garant.ru/400773886/> (data obrashcheniya: 10.11.25 g.)

3. Gosudarstvennaya programma Rossiyskoy Federatsii «Nauchno tekhnologicheskoe razvitie Rossiyskoy Federatsii», utv. Postanovleniem Pravitel'stva RF ot 29 marta 2019g. № 377 (s izm. na 15.05.25g.) [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <https://base.garant.ru/72216664/> (data obrashcheniya: 10.11.25 g.)

4. Strategiya razvitiya agropromyshlennogo i rybokhozyaystvennogo kompleksov Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda, utv. Rasporyazheniem Pravitel'stva RF № 2567-r ot 08.09.2022 g. (s izm. ot 23.11.23 g.) [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405172287/>

c/405172287/ (data obrashcheniya: 10.11.25 g.).

5. Danker K.A. Konkurentosposobnost' rabochey sily Rossii. Regional'naya ekonomika i upravlenie: elektronnyy nauchnyy zhurnal. 2013;4(36). <https://eee-region.ru/article/3602/> (data obrashcheniya: 03.03.2025).

6. Mazilkina E.I., Panichkina G.G. Osnovy upravleniya konkurentosposobnost'yu. [https://dl.libcats.org/genesis/336000/f872df5adcff5c95cda1d7562f4a424b/_as/\[Mazilkina_E.I.,_Galina_Panichkina_G.G.\]_Upravleni\(libcats.org\).pdf](https://dl.libcats.org/genesis/336000/f872df5adcff5c95cda1d7562f4a424b/_as/[Mazilkina_E.I.,_Galina_Panichkina_G.G.]_Upravleni(libcats.org).pdf) (data obrashcheniya: 03.04.2025).

7. Nardina S.A. Faktory, opredelyayushchie konkurentosposobnost' rabochikh kadrov sel'skokhozyaystvennogo profilya na rynke agrarnogo truda. http://science-bsea.narod.ru/2009/ekonom_2009/nardina_faktor.htm (data obrashcheniya: 20.02.2025).

8. Nikolaev N.A., Poleshchuk M.N. Metodicheskiy podkhod k opredeleniyu i otsenke konkurentosposobnosti personala. Vestnik YuUrGU. Seriya «Ekonomika i menedzhment». 2021;15(1):93–109. DOI: 10.14529/em210110

9. Ugryumova A.A., Zamakhovskiy M.P., Kapustina T.A. [i dr.]. Vyyavlenie aktual'nykh toчек razvitiya meliorativnoy otrasli Rossiyskoy Federatsii: monografiya. Moskva: RUSAYNS; 2023. 70 s.

10. Ugryumova A.A., Grishaeva O.Yu., Zamakhovskiy M.P., Pautova L.E. Potentsial konkurentosposobnosti meliorativnoy otrasli APK RF: monografiya. Moskva: RUSAYNS; 2024. 112 s.

11. Krasnoshchekov V.N., Ol'garenko D.G., Medvedev A.S., Mishchenko I.D. Metodika otsenki effektivnosti deyatel'nosti federal'nykh gosudarstvennykh uchrezhdeniy po melioratsii zemel' i sel'skokhozyaystvennomu vodosnabzheniyu. Kolomna: VNI «Raduga»; 2020. 34 s.

Сведения об авторах

Угрюмова Александра Анатольевна, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт «Радуга», ведущий научный сотрудник РАНХиГС, e-mail: feminaa@mail.ru, [https:// orcid.org/0000-0002-4549-0117](https://orcid.org/0000-0002-4549-0117).

Замаховский Михаил Петрович, кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник Всероссийский научно-исследовательский институт «Радуга», e-mail: zamakhovskii@mail.ru, [https:// orcid.org/0000-0003-1062-6552](https://orcid.org/0000-0003-1062-6552).

Паутова Людмила Евгеньевна, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, руководитель УМЦ ДПО, Всероссийский научно-исследовательский институт «Радуга», e-mail: cosidanie35@yandex.ru, [https:// orcid.org/0000-0001-8879-0585](https://orcid.org/0000-0001-8879-0585)

Авторы заявляет об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 11.11.2025г.

Для цитирования: Угрюмова А.А., Замаховский М. П., Паутова Л. Е. Интенсивные факторы потенциала конкурентоспособности эксплуатирующих организаций мелиоративной отрасли АПК России// Вестник мелиоративной науки. 2025.№ 4. С. 65-77.

Information about the authors

Ugryumova Alexandra Anatolyevna, Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher, Raduga All-Russian Research Institute, Leading Researcher at RANEPA, e-mail: feminaa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4549-0117>.

Zamakhovsky Mikhail Petrovich, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute «Raduga», e-mail: zamakhovskii@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1062-6552>.

Pautova Lyudmila Evgenievna, Candidate of Psychological Sciences, Senior Researcher, Head of UMTS DPO, All-Russian Scientific Research Institute «Raduga», e-mail: cosidanie35@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8879-0585>

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 11.11.2025.

For citations: Ugryumova A. A., Zamakhovsky M. P., Pautova L.E. Intensive Factors of Operating Organizations Potential Competitive Ability in Agricultural and Industrial Complex of Melioration Branch of Russia// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. C. 65-77.

Оптимизация параметров устройства для заравнивания колеи от тележек дождевальной машины кругового действия

**Рязанцев Анатолий Иванович¹, Евсеев Евгений Юрьевич¹,
Смирнов Алексей Игоревич², Антипов Алексей Олегович¹**

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

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

Аннотация. Статья посвящена решению проблемы образования глубокой колеи при эксплуатации дождевальной машины «Кубань-ЛК1», обусловленной её значительной массой. Проанализированы недостатки существующих конструкций заравнивающих устройств, неприменимых для данной модели из-за особенностей её ходовой системы.

В качестве решения предложена новая методика расчета угла атаки дисковых рабочих органов, основанная на регрессионной зависимости от расстояния до центра вращения машины. Экспериментально доказано, что применение переменного угла атаки обеспечивает стабильно высокое качество заравнивания по всей длине машины.

Практическая значимость исследования заключается в возможности существенного снижения негативного воздействия на почву, уменьшения энергозатрат и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Результаты работы могут быть использованы при модернизации существующих и проектировании новых дождевальных машин кругового действия.

Ключевые слова: дождевальная машина «Кубань-ЛК1», образование колеи, заравнивающее устройство, дисковой рабочий орган, угол атаки, качество заравнивания, сопротивление качению, плодородие почв, энергозатраты, сельскохозяйственная техника.

Research article

Optimization of Parameters of Device Used for Leveling of Wheel Tracks Left after Center Pivot Towers Pass

**Ryazantsev Anatolij Ivanovich¹, Evseev Evgenij Yurievich¹
Smirnov Aleksey Igorevich², Antipov Alekcej Olegovich¹**

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

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

Annotation. The article is dedicated to the problem of deep wheel track formation during operation of Center Pivot “Kuban-LK1”, because of its significant mass.

The disadvantages of existing designs of wheel track levelers, that can't be used with this model, because of its moving system peculiarities are analyzed.

As a solution is proposed a new of calculation of attack angle for disc working devices, based on regressive dependency from the space to the machine center pivot. The experiments show that using of a variable angle of attack ensures a stable and high quality leveling along all machine length.

The practical importance of this study is a possibility to significant decrease of negative impact on soil, minimizing energy consumption and farming crops yield rising. This study results may be used for modernizing of existing center pivots and for designing of the new ones.

Keywords: center Pivot «Kuban-ЛК1», wheel track formation, track leveler, disc working device, angle of attack, leveling quality, rolling resistance, soil fertility, energy consumption, farming machines.

Введение. Широко распространенная в отечественном сельском хозяйстве дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1» (рисунок 1), несмотря на свои высокие производительные характеристики, обладает существенным конструктивным недостатком – чрезмерно большой массой. Эта особенность вынуждает оснащать её ходовые части специальными пневматическими колесами с увеличенным профилем, предназначенными для снижения удельного давления на грунт [5, 13]. Однако даже эти меры не позволяют полностью избежать формирования глубокой и широкой колеи при многократных проходах в течение всего поливного сезона [3, 8].



1 – дождевальная насадка; 2 – тележка; 3 – водопроводящий пояс.

Рисунок 1 – Дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1»

Материалы и методы. Возникающая колея (рисунок 2) оказывает комплексное негативное влияние на последующие агротехнические операции. Прежде всего, она серьезно затрудняет работу уборочной техники, приводя к значительному возрастанию коэффициента сопротивления качению и, как следствие, к перерасходу топлива [7, 14]. Кроме того, деформация почвенного покрова и повреждение корневой системы

становятся причинами угнетения роста сельскохозяйственных культур и существенного снижения их конечной урожайности [2, 10].



Рисунок 2 – Общий вид колеи от ДМ «Кубань-ЛК1»

В связи с этим, задача поиска эффективных решений для минимизации данного негативного воздействия приобретает первостепенную важность. Её успешное решение требует комплексного подхода, включающего разработку и внедрение инновационных технических и технологических мероприятий [17]. К числу таких мероприятий можно отнести модернизацию ходовых систем для более равномерного распределения нагрузки, использование новых облегченных и прочных материалов в конструкции машин, а также применение точных агротехнологий, позволяющих оптимизировать маршруты движения техники [16].

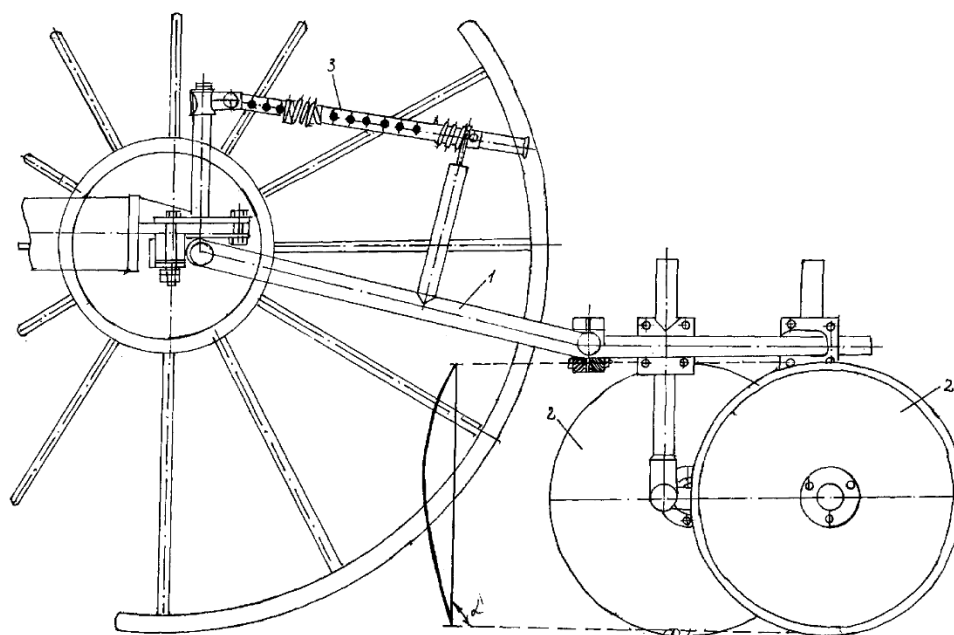
Реализация этих направлений позволит не только снизить прямые энергетические затраты, но и значительно повысить несущую способность орошаемых площадей. В конечном итоге, это приведет к созданию более устойчивой и рентабельной сельскохозяйственной системы, минимизирующей материальные потери и способствующей сохранению плодородия почв.

Анализ научных трудов ведущих специалистов в области мелиорации и сельскохозяйственного машиностроения, таких как Гаврилица А.А., Рязанцев А. И., Салдаев А.М. и Цымбаленко С.В., позволяет выявить ключевую проблему [9, 11, 12]. Проведенные ими исследования демонстрируют, что в процессе эксплуатации дождевальная машина «Кубань-ЛК1», независимо от конструктивных особенностей ее движителей, неизбежно образует глубокая колея. Ее глубина может достигать 0,30

метра и более, что оказывает комплексное негативное воздействие на технологический процесс [4, 6].

Данный эффект проявляется не просто в росте энергопотребления дождевальной машины и ухудшении его сцепления с грунтом, но также запускает активную эрозию почвы. Формирующийся вдоль пути движения опорных тележек водяной поток постепенно размывает плодородный слой, вызывает неравномерное распределение влаги и в перспективе способствует деградации орошаемых территорий. Наиболее действенным методом для уменьшения этого негативного воздействия считается монтаж на ходовые системы машин специальных дисковых устройств для заравнивания колеи. Дальнейшая работа должна включать комплексные лабораторные и полевые испытания, направленные на оценку плотности грунта, заполнившего колею, с учетом повторяющихся проходов техники за сезон и циклов высыхания поверхности почвы между оросительными циклами.

Известно немало количество конструкций заравнивающих устройств, так, например, для дождевальной машины «Фрегат» применялось устройство, включающее раму с Г-образным кронштейном, на которой установлены диски (патент РФ на полезную модель №15446) (рисунок 3) [1].

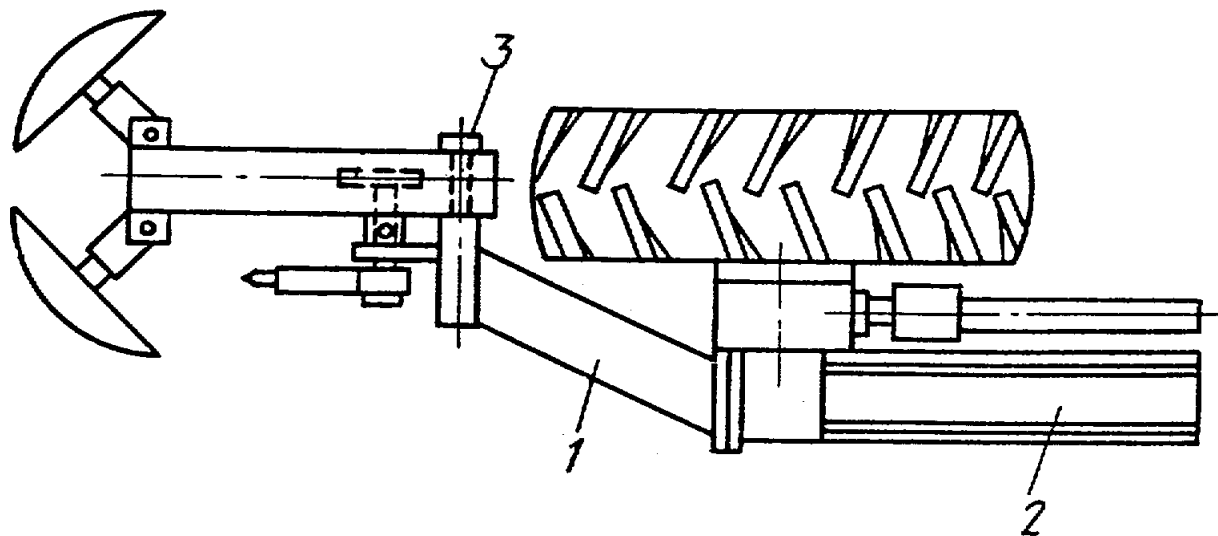


1 – Г-образный кронштейн; 2 – сферические диски; 3 – подпружиненный поводок;

Рисунок 3 – Устройство для заравнивания колеи

Недостатком данной конструкции является то, что оно не применимо для дождевальной машины «Кубань-ЛК1», вследствие увеличенной ширины профиля пневматических колес её тележек.

Также, в 1990 году была запатентована конструкция заравнивающего устройства для ДМ «Кубань-ЛК1» содержащая, шарнирно установленный на опорном кронштейне, брус со сферическими дисками (рисунок 4) (авт. свид. №1542441 SU) [15].



а – схема заравнивателя колеи;

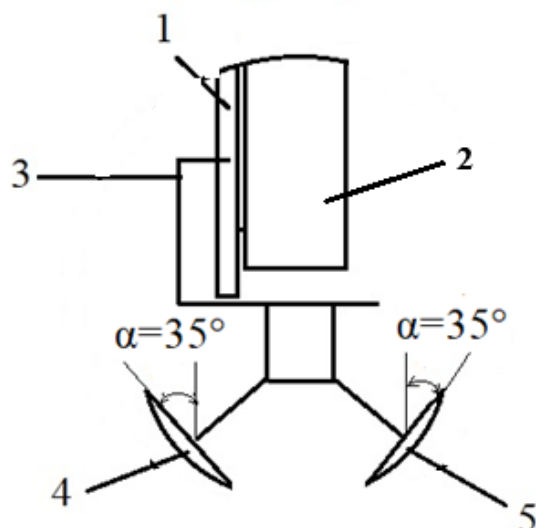


б – заравниватель на тележке ДМ

1 – кронштейн; 2 – опора; 3 – горизонтальный шарнир

Рисунок 4 – Заравниватель колеи ДМ «Кубань-ЛК1»

Недостатком данного устройства является то, что удаление тележки ДМ от центра вращения сопровождается изменением геометрических размеров почвенных призм колеи, вследствие чего диски заравнивающих устройств при углах атаки, как для первой тележке $\alpha = 35^\circ$ (рисунок 5) не обеспечивают качественного срезания почвенных образований при заравнивании колеи [1].



1 – рама тележки; 2 – пневматическое колесо; 3 – опорный кронштейн; 4, 5 – брус со сферическими дисками;

Рисунок 5 – Установка рабочих органов заравнивающего устройства

Исходя из этого, поставлена цель данной работы – повышение качества заравнивания колеи заравнивающим устройством от всех тележек дождевальная машины кругового действия.

Результаты и обсуждение. Принцип работы заравнивающего устройства основан на активном воздействии на деформированный грунт в процессе движения дождевальная машины. Основным рабочим элементом конструкции являются дисковые заравниватели, установленные на всех тележках. Эффективность их функционирования определяется корректным расчетом угла атаки, представляющего собой острый угол между плоскостью вращения диска и вектором направления движения.

Для достижения равномерного выравнивания почвы по всей длине машины применяется регрессионная зависимость угла атаки от расстояния до неподвижной опоры, выражаемая формулой (1):

$$\alpha = 35 - 0,02 \times L \quad (1)$$

где L – расстояние от неподвижной опоры, м.

Начальное значение в 35 градусов обеспечивает интенсивную обработку грунта первой тележкой, которая испытывает максимальную нагрузку и формирует первоначальный профиль колеи. Последующее линейное уменьшение угла атаки позволяет адаптировать агрессивность работы дисков к возрастающей линейной скорости тележек, находящихся дальше от центра вращения (рисунок 6).

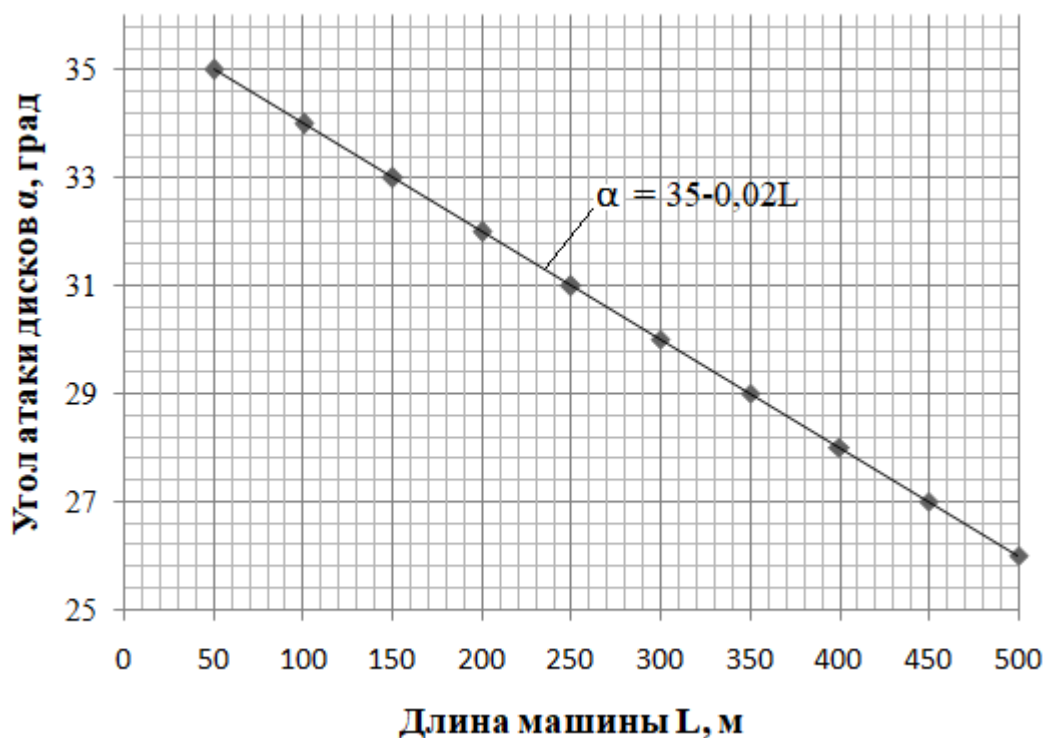
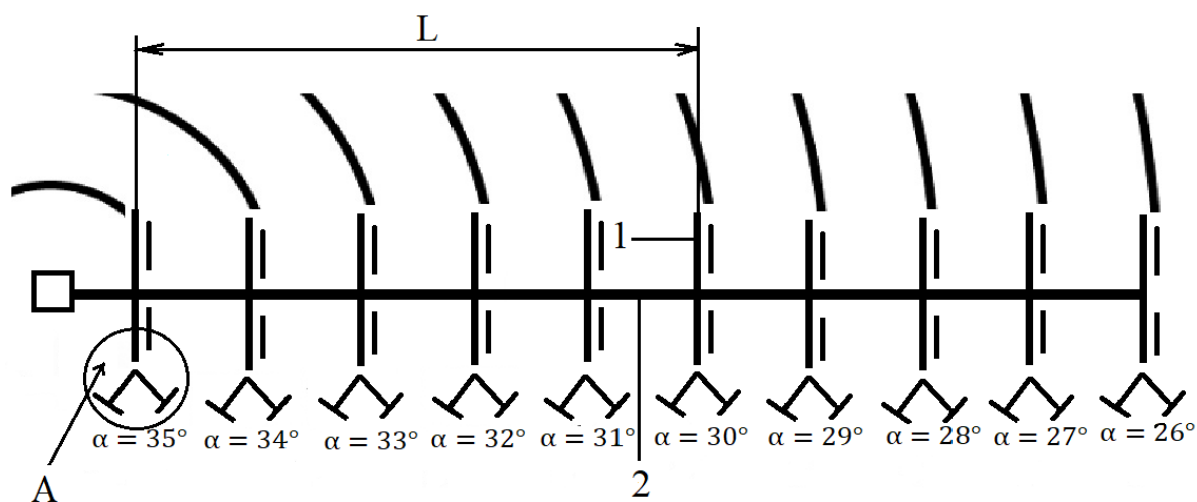


Рисунок 6 – График изменения угла атаки дисков α от длины машины

Такой подход дает возможность осуществлять выравнивание предварительно обработанной почвы при одновременном снижении общего тягового сопротивления машины. Пропорциональное распределение углов обеспечивает синхронизированную работу всех заравнивающих элементов вдоль траектории движения, что гарантирует полное устранение колеи и качественное восстановление поверхности поля (рисунок 7) (таблица 1).



L – расстояние от неподвижной опоры; 2 – дождевальная машина.

Рисунок 7 – Устройство для заравнивания колеи от тележек дождевальной машины кругового действия

Таблица 1 - Углы установки рабочих органов заравнивателя колеи по длине дождевальной машины

Порядковый номер тележки ДМ	Расстояние от первой тележки до следующих L , м	Значение высоты боковых почвенных призм колеи, м до заравнивания колеи	Значение высоты неровности почвы в заполненной колее, м при угле атаки α дисков по тележкам ДМ				Значение коэффициента $k = \frac{\alpha}{L}$, град/м
			Постоянный угол атаки α , град	После заравнивания	Переменный угол атаки α , град	После заравнивания	
1	—	0,15 – 0,20	35,0	0,03 – 0,05	35,0	0,03 – 0,05	—
2	50	0,14 – 0,18	35,0	0,04 – 0,06	34,0	0,03 – 0,05	0,02
3	100	0,12 – 0,16	35,0	0,04 – 0,06	33,0	0,03 – 0,05	0,02
4	150	0,10 – 0,14	35,0	0,05 – 0,07	32,0	0,03 – 0,05	0,02
5	200	0,09 – 0,12	35,0	0,06 – 0,08	31,0	0,03 – 0,05	0,02
6	250	0,08 – 0,11	35,0	0,06 – 0,08	30,0	0,03 – 0,04	0,02
7	300	0,07 – 0,10	35,0	0,06 – 0,08	29,0	0,03 – 0,05	0,02
8	350	0,06 – 0,09	35,0	0,07 – 0,09	28,0	0,03 – 0,04	0,02
9	400	0,05 – 0,07	35,0	0,07 – 0,09	27,0	0,03 – 0,04	0,02
10	450	0,05 – 0,07	35,0	0,08 – 0,10	26,0	0,03 – 0,04	0,02

Анализ, представленных в таблице, данных позволяет выявить существенные преимущества системы с переменным углом атаки перед системой с постоянным углом.

Исходная высота почвенных призм в колее последовательно уменьшается по мере удаления от первой тележки - с 0,15 – 0,20 м до 0,05 – 0,07 м для десятой тележки. Это свидетельствует о неравномерном распределении нагрузки по длине машины.

При использовании постоянного угла атаки 35° на всех тележках наблюдается прогрессирующее ухудшение качества выравнивания. Если после первых трех тележек высота неровностей составляет 0,04 – 0,06 м, то к десятой тележке этот показатель возрастает до 0,08 – 0,10 м. Это указывает на недостаточную эффективность постоянного угла для тележек, находящихся на большом расстоянии от центра вращения.

В отличие от этого, система с переменным углом атаки, рассчитываемым по формуле $\alpha = 35 - 0,02 \times L$, демонстрирует стабильно высокое качество работы на всех позициях. Высота колеи после обработки сохраняется в узком диапазоне 0,03 – 0,05 м независимо от номера тележки. Коэффициент $k = 0,02$ град/м оптимизирует работу дисковых заравнивателей, обеспечивая адаптацию к изменяющимся условиям по длине машины.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило актуальность проблемы образования глубокой колеи при эксплуатации дождевальной машины «Кубань-ЛК1», обусловленной ее значительной массой. Анализ существующих конструктивных решений показал их недостаточную эффективность для данной модификации машины, что обусловило необходимость разработки нового подхода.

Предложенная методика расчета переменного угла атаки дисковых заравнивающих устройств, основанная на регрессионной зависимости $\alpha = 35 - 0,02 \times L$, продемонстрировала новые результаты. Экспериментальные данные свидетельствуют о достижении стабильно высокого качества выравнивания по всей длине машины с высотой колеи 0,03 – 0,05 м, независимо от положения тележки.

Внедрение разработанного устройства обеспечит не только устранение негативного воздействия на почву, но и значительный экономический эффект за счет снижения энергозатрат, сохранения плодородия земель и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Полученные результаты открывают перспективы для дальнейшего совершенствования широкозахватной дождевальной техники и могут быть применены при проектировании новых моделей машин кругового действия.

Библиографический список

1. Патент на полезную модель № 15446 U1 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Заравниватель колеи дождевальной машины : № 2000107888/20 : заявл. 03.04.2000 : опубл. 20.10.2000 / А. И. Рязанцев, Ю. Н. Егоров ; заявитель Коломенский институт переподготовки и

повышения квалификации руководящих кадров и специалистов Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ. – EDN TMNEXP.

2. Рязанцев, А. И. Способ повышения опорной проходимости многоопорной дождевальной машины кругового действия на выровненном рельефе / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, А. И. Смирнов

- // Инновационное развитие аграрной науки: традиции и перспективы, Рязань, 22 ноября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 125-130. – EDN XAVRGI.
3. К проблеме уплотнения почвы ходовыми системами многоопорной дождевальной машины «Кубань-ЛК1» / А. И. Смирнов, А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов // Всероссийская научно-практическая конференция, посвящённая 85-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007) «Инженерные решения для АПК», Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 13 ноября 2024 года. – Рязань, 2024. – С. 46-50. – EDN WSSSKO.
4. Технологические особенности полива и показатели оценки эффективности ходовой системы дождевальной машины «Кубань-ЛК1» / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, А. И. Смирнов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 4(44). – С. 110-113. – DOI 10.36508/RSATU.2019.10.48.019. – EDN ATAGWG.
5. Обоснование требований на ходовые системы многоопорных дождевальных машин / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, С. А. Шленов [и др.] // Вестник мелиоративной науки. – 2020. – № 3. – С. 47-52. – EDN YUOWIU.
6. Направления совершенствования регулирующих устройств для многоопорных дождевальных машин кругового действия типа «Кубань-ЛК1» / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, Е. Ю. Евсеев, А. И. Смирнов // Современное состояние, приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях : Материалы международной научно-практической конференции, Тверь, 25 сентября 2020 года. Том Часть 2. – Тверь: Тверской государственный университет, 2020. – С. 155-159. – EDN FTKPLE.
7. Некоторые пути снижения сопротивления качению многоопорных электрифицированных дождевальных машин / А. И. Смирнов, А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев [и др.] // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Бышова, Рязань, 23 ноября 2021 года. Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 271-274. – EDN DOOSJR.
8. Оценка показателей технологического процесса полива ДМ «Кубань - ЛК1» на склоновых землях / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов [и др.] // Вестник мелиоративной науки. – 2021. – № 2. – С. 40-43. – EDN EOANDW.
9. Усовершенствование заравнивателя колеи дождевальной машины «Кубань-ЛК1» / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, Е. Ю. Евсеев, А. И. Смирнов // Вестник мелиоративной науки. – 2022. – № 3. – С. 33-39. – EDN HDIQAF.
10. К вопросу уменьшения колееобразования многоопорными дождевальными машинами кругового действия / А. И. Смирнов, А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, Е. Ю. Евсеев // Проблемы эффективного использования мелиорированных земель и управление плодородием почв нечерноземной зоны в условиях изменяющегося климата в рамках мероприятий года науки и технологий : Материалы международной научно-практической конференции, Тверь, 30 сентября 2021 года. – Тверь: Тверской государственный университет, 2021. – С. 276-279. – EDN VIFERM.
11. 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.
12. Журавлева Л.А. Экспериментально-теоретические исследования системы

«норма полива - почва - дождевальная машина» / Журавлева Л.А., Попков И.А., Магомедов М.С. //Аграрный научный журнал. 2022. № 9. С. 96-103.

13. Кравченко В.А. Аналитическое обоснование параметров внутреннего строения шин движителей мобильных энергетических средств тягового класса 1,4 / Кравченко В.А., Кравченко Л.В. // Вестник аграрной науки Дона. 2023. Т. 16. № 1 (61). С. 17-28.

14. Кравченко В.А. Эффективность сдвливания колёс тракторов тягового класса 5 / Кравченко В.А., Кравченко Л.В., Меликов И.М. / Вестник аграрной науки Дона. 2021. – № 1 (53) – С. 4-12.

15. Авторское свидетельство № 1542441 А1 СССР, МПК А01В 63/08, А01В 37/00. Устройство для заравнивания колеи : № 4424674 : заявл. 13.05.1988 : опубл. 15.02.1990 / И. А. Сандалов, В. М. Афанасьев, Н. И. Гречихин [и др.] ; заявитель Всесоюзное научно-производственное объединение по механизации орошения "Радуга". – EDN VKKUZZL.

16. Патент на изобретение № 2751838 С1, А01G 25/09 Способ определения оптимального угла разворота колес тележки в горизонтальной плоскости для дождевальной машины кругового действия / Соловьев Д.А., Кузнецов Р.Е., Колганов Д.А., Камышова Г.Н., Лонькин А.П. – 2020133119, заявлено 08.10.2020, опубл. 19.07.2021. Бюл. №20. – 11 с.

17. 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 Special Issue 3. – P. 404-406. – EDN XJMGHB.

References in roman script

1. Patent na poleznuyu model' № 15446 U1 Rossiyskaya Federatsiya, МПК А01G 25/09. Zaravnivatel' kolei dozhdeval'noy mashiny :

№ 2000107888/20 : zayavl. 03.04.2000 : opubl. 20.10.2000 / A. I. Ryazantsev, Yu. N. Egorov ; zayavitel' Kolomenskiy institut perepodgotovki i povysheniya kvalifikatsii rukovodyashchikh kadrov i spetsialistov Ministerstva sel'skogo khozyaystva i prodovol'stviya RF. – EDN TMNEXP.

2. Ryazantsev, A. I. Sposob povysheniya opornoy prokhodimosti mnogoopornoy dozhdeval'noy mashiny krugovogo deystviya na vyrovnennom rel'efe / A. I. Ryazantsev, E. Yu. Evseev, A. I. Smirnov // Innovatsionnoe razvitie agrarnoy nauki: traditsii i perspektivy, Ryazan', 22 noyabrya 2024 goda. – Ryazan': Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskiy universitet im. P.A. Kostycheva, 2024. – S. 125-130. – EDN XAVRGI.

3. K probleme uplotneniya pochvy khodovymi sistemami mnogoopornoy dozhdeval'noy mashiny "Kuban'-LK1" / A. I. Smirnov, A. I. Ryazantsev, E. Yu. Evseev, A. O. Antipov // Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 85-letiyu so dnya rozhdeniya professora Anatoliya Mikhaylovicha Lopatina (1939-2007) "Inzhenernye resheniya dlya APK", Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskiy universitet im. P.A. Kostycheva, 13 noyabrya 2024 goda. – Ryazan', 2024. – S. 46-50. – EDN WSSSKO.

4. Tekhnologicheskie osobennosti poliva i pokazateli otsenki effektivnosti khodovoy sistemy dozhdeval'noy mashiny "Kuban'-LK1" / A. I. Ryazantsev, A. O. Antipov, A. I. Smirnov [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2019. – № 4(44). – S. 110-113. – DOI 10.36508/RSATU.2019.10.48.019. – EDN ATAGWG.

5. Obosnovanie trebovaniy na khodovye sistemy mnogoopornykh dozhdeval'nykh

- mashin / A. I. Ryazantsev, S. S. Turapin, S. A. Shlenov [i dr.] // Vestnik meliorativnoy nauki. – 2020. – № 3. – S. 47-52. – EDN YUOWIU.
6. Napravleniya sovershenstvovaniya reguliruyushchikh ustroystv dlya mnogoopornykh dozhdeval'nykh mashin krugovogo deystviya tipa "Kuban'-LK1" / A. I. Ryazantsev, A. O. Antipov, E. Yu. Evseev, A. I. Smirnov // Sovremennoe sostoyanie, prioritetye zadachi i perspektivy razvitiya agrarnoy nauki na meliorovannykh zemlyakh : Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Tver', 25 sentyabrya 2020 goda. Tom Chast' 2. – Tver': Tverskoy gosudarstvennyy universitet, 2020. – S. 155-159. – EDN FTKPLE.
7. Nekotorye puti snizheniya soprotivleniya kacheniyu mnogoopornykh elektrifitsirovannykh dozhdeval'nykh mashin / A. I. Smirnov, A. I. Ryazantsev, E. Yu. Evseev [i dr.] // Razvitie nauchno-resursnogo potentsiala agrarnogo proizvodstva: prioritye i tekhnologii : Materialy I Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy pamyati doktora tekhnicheskikh nauk, professora Nikolaya Vladimirovicha Byshova, Ryazan', 23 noyabrya 2021 goda. Tom Chast' I. – Ryazan': Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskyy universitet im. P.A. Kostycheva, 2021. – S. 271-274. – EDN DOOSJR.
8. Otsenka pokazateley tekhnologicheskogo protsessa poliva DM "Kuban' - LK1" na sklonovykh zemlyakh / A. I. Ryazantsev, E. Yu. Evseev, A. O. Antipov [i dr.] // Vestnik meliorativnoy nauki. – 2021. – № 2. – S. 40-43. – EDN EOANDW.
9. Usovershenstvovanie zaravnivatelya kolei dozhdeval'noy mashiny "Kuban'-LK1" / A. I. Ryazantsev, S. S. Turapin, E. Yu. Evseev, A. I. Smirnov // Vestnik meliorativnoy nauki. – 2022. – № 3. – S. 33-39. – EDN HDIQAF.
10. K voprosu umen'sheniya koleeobrazovaniya mnogoopornymi dozhdeval'nymi mashinami krugovogo deystviya / A. I. Smirnov, A. I. Ryazantsev, A. O. Antipov, E. Yu. Evseev // Problemy effektivnogo ispol'zovaniya meliorovannykh zemel' i upravlenie plodorodiem pochv nechernozemnoy zony v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata v ramkakh meropriyatiy goda nauki i tekhnologiy : Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Tver', 30 sentyabrya 2021 goda. – Tver': Tverskoy gosudarstvennyy universitet, 2021. – S. 276-279. – EDN VIFERM.
11. Zhuravleva L.A. Sovershenstvovanie konstruktivnykh parametrov shirokzakhvatnykh dozhdeval'nykh mashin krugovogo deystviya / Zhuravleva L.A., Nguen V.T. // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2021. № 8. S. 90-94.
12. Zhuravleva L.A. Eksperimental'no-teoreticheskie issledovaniya sistemy «norma poliva - pochva - dozhdeval'naya mashina» / Zhuravleva L.A., Popkov I.A., Magomedov M.S. // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2022. № 9. S. 96-103.
13. Kravchenko V.A. Analiticheskoe obosnovanie parametrov vnutrennego stroeniya shin dvizhiteley mobil'nykh energeticheskikh sredstv tyagovogo klassa 1,4 / Kravchenko V.A., Kravchenko L.V. // Vestnik agrarnoy nauki Dona. 2023. T. 16. № 1 (61). S. 17-28.
14. Kravchenko V.A. Effektivnost' sdavlivaniya koles traktorov tyagovogo klassa 5 / Kravchenko V.A., Kravchenko L.V., Melikov I.M. / Vestnik agrarnoy nauki Dona. 2021. – № 1 (53) – S. 4-12.
15. Avtorskoe svidetel'stvo № 1542441 A1 SSSR, MPK A01B 63/08, A01B 37/00. Ustroystvo dlya zaravnivaniya kolei : №

4424674 : zayavl. 13.05.1988 : opubl. 15.02.1990 / I. A. Sandalov, V. M. Afanas'ev, N. I. Grechikhin [i dr.] ; zayavitel' vsesoyuznoe nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie po mekhanizatsii orosheniya «Raduga». – EDN VKKUZL.

16. Patent na izobretenie № 2751838 C1, A01G 25/09 Sposob opredeleniya optimal'nogo ugla razvorota koles telezhki v gorizontallyy ploskosti dlya dozhdeval'noy mashiny krugovogo deystviya / Solov'ev D.A., Kuznetsov R.E., Kolganov D.A.,

Kamyshova G.N., Lon'kin A.P. – 2020133119, zayavleno 08.10.2020, opubl. 19.07.2021. Byul. №20. – 11 s.

17. 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 Special Issue 3. – P. 404-406. – EDN XJMGHB.

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

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

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

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.

Авторы заявляет об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 20.11.2025г.

Для цитирования: Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Смирнов А.И., Антипов А.О. Оптимизация параметров устройства для заравнивания колеи от тележек дождевальной машины кругового действия// Вестник мелиоративной науки. 2025.№4. С. 78-91.

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

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

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

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.

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 20.11.2025.

For citations: Ryazantsev A.I., Evseev E.Y., Smirnov A.I., Antipov A.O. Optimization of Parameters of Device Used for Leveling of Wheel Tracks Left after Center Pivot Towers Pass // Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. C. 78-91.

Сравнительная оценка современных технологий выращивания рассады овощных культур в защищенном грунте

Соколов Андрей Андреевич¹, Травкина Алина Рафиковна^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» г. Рязань;

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г. Коломна, Россия

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ трёх основных технологий выращивания рассады овощных культур в условиях защищённого грунта: традиционного безгоршечного (грунтового) метода, более прогрессивного горшечного способа и современной кассетной технологии. Целью исследования является определение наиболее эффективного и рентабельного способа производства рассады овощных культур в защищенном грунте.

Проведённое исследование демонстрирует, что кассетный способ выращивания рассады является наиболее предпочтительным для интенсивного овощеводства. Его ключевое преимущество – максимально эффективное использование пространства. Данный метод позволяет разместить до 900 растений на квадратном метре, что в 3 - 4 раза превышает показатели безгоршечного метода. Высокая степень стандартизации (однотипные размеры ячеек) и компактность кассет открывают широкие возможности для автоматизации технологических процессов: посева, полива, подкормок и контроля микроклимата, что приводит к значительному снижению трудозатрат. Важнейшим агрономическим преимуществом является формирование у сеянцев развитой и неповреждённой корневой системы внутри индивидуальной ячейки, что обеспечивает высокую приживаемость рассады после высадки в открытый грунт и её устойчивость к заболеваниям.

Известно, что внедрение кассетной технологии требует существенных капиталовложений в специализированное оборудование и систему орошения, что может быть преградой для мелких хозяйств. Однако для крупных товарных производителей этот метод демонстрирует исключительную экономическую эффективность, где высокие стартовые инвестиции быстро окупаются за счёт увеличения выхода продукции, сокращения эксплуатационных расходов и получения более раннего урожая. Таким образом, кассетная технология является оптимальным выбором для сельхозпредприятий, ориентированных на промышленные масштабы производства и устойчивую прибыль.

В связи с вышеизложенным, актуальность текущей работы не вызывает сомнений, так как проведение сравнительного анализа с последующим выявлением наиболее эффективного способа выращивания рассады овощей в закрытом грунте будет формировать научный интерес к исследованиям в этом направлении, кроме того, работа позволит сельхозтоваропроизводителям выбирать более рентабельные методы для индивидуальных условий хозяйствования, что несомненно подтверждает ее практическую значимость.

Ключевые слова: выращивание рассады, овощные культуры, защищенный грунт, кассетная технология, горшечный способ, безгоршечный способ, плотность посадки.

Comparison Evaluation of Modern Methods of Vegetable Seedlings Growing in the Protected Ground

Sokolov Andrej Andreevich¹, Travkina Alina Rafikovna^{1,2}

¹PGATY named after P.A. Kostychev (П.А. Костычева) Ryazan., E-mail: falcon-agro@mail.ru

^{1,2} Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny.

Annotation. The article presents comparison analysis of three main methods of vegetable seedlings growing in the protected ground conditions: traditional one, without pots (ground) method, more progressive pot method and a modern cassette method. The study aim is specifying of the most effective and profit-making method of vegetable seedlings production in the protected ground.

The performed study demonstrates that the cassette method of seedlings growing is the most preferable for intensive vegetable production. Its key advantage is maximal effective space using. This method tables to put up to 900 plants on one m², that is in 3-4 times more in comparison with the method without pots. High standard rate (cells of one size) and compact cassettes open wide possibilities to optimization of technological processes: sowing, watering, fertilizing and microclimate control, it leads to significant labor costs decrease. The main agronomic advantage is forming well developed and not injured plant root system inside individual cell, ensuring high seedlings living ability after planting into the open ground and its resistance to illnesses.

It is known that cassette method application demands significant capital investments, special equipment and irrigation system, that may be an obstacle for small farms. Nevertheless for big industrial growers this method presents unique economic efficiency, when high start investments are soon paid because of increasing production output, operation costs decrease and getting yield more early. So cassette method is the optimal choice for farming enterprises, aimed to industrial output production and stable profit.

As it was said before, without any doubt, presented study is very actually, because comparison analysis providing with revealing the most effective method of vegetable seedlings growing in the closed ground will form scientific interest to this trend in investigations, and besides, this study will enable farmers to choose more profitable methods under individual conditions of farm keeping, that clearly approves its practical value.

Keywords: seedlings growing, vegetables, closed ground, cassette method, pot method, growing without pots, planting density.

Введение. В последние годы производство овощей в России демонстрирует устойчивую положительную динамику. По данным Минсельхоза России, за последние десять лет объемы сбора овощной продукции увеличились на 18–22% [1,2].

В настоящее время используется два способа выращивания овощных культур: безрассадный, при котором семена высеваются непосредственно в открытый грунт и рассадный, предполагающий предварительное выращивание молодых растений в теплицах с последующей пересадкой в открытый грунт [3,4].

Рассадный метод дает более ранний урожай, экономит семена, позволяет отбирать сильные растения и компактно размещать их в теплицах. Однако технологические аспекты выращивания рассады остаются недостаточно изученными. Такая ситуация сложилась во многом из-за сокращения объемов сельскохозяйственных исследований в 90-годах [5,6].

В этой связи **целью** нашего исследования стало определение наиболее эффективного способа выращивания рассады овощных культур в условиях защищенного грунта. Для достижения поставленной цели необходимо было решить несколько **задач**. Прежде всего, требовалось провести сравнительный анализ современных технологий выращивания рассады. Затем - обосновать наиболее эффективный метод выращивания овощной рассады в защищенном грунте.

Обсуждение. Безгоршечный (грунтовый) способ применяют для посева семян и выращивания рассады на грядках или на ровной поверхности в условиях защищенного грунта (парниках, теплицах и т.д.). Грядки накрывают пленкой или нетканым материалом и закрепляют. Сверху насыпают приготовленную заранее питательную почвосмесь, слегка утрамбовывают и проделывают бороздки для семян, которые необходимо увлажнить и обеззаразить [7]. Далее сеют семена и присыпают почвосмесью, поливают и накрывают плёнкой. После всхода семян, пленку убирают. Когда минует опасность заморозков, молодые растения пересаживают в открытый грунт. Для этого их аккуратно с комом земли пересаживают на новое место в подготовленные лунки. При таком способе важно поддерживать оптимальный температурный режим и высокую влажность [8,9].

Такой подход способствует развитию мощной корневой системы, но процесс пересадки данного способа весьма трудоемкий, а плотность посадки всего 200-250 растений на квадратный метр.

Более прогрессивный горшечный способ предусматривает использование индивидуальных емкостей. Это могут быть пластиковые или торфяные горшки бумажные, пластиковые стаканчики, торфоперегнойные кубики, специальные торфяные таблетки и т.д. Технология выращивания проста, сначала емкости заполняют почвогрунтом, обеззараживают и высевают семена [10,11].

Преимуществом данного метода является то, что при пересадке в открытый грунт наблюдается высокая приживаемость растений, так как корневая система полностью сохраняется. Благодаря этому урожай можно получать на 7-10 дней раньше по сравнению с традиционным безгоршечным методом. Плотность посадки при этом увеличивается до 550-600 растений на квадратный метр [12]. Однако следует отметить, что этот метод все

еще требует значительных трудозатрат, особенно на этапах заполнения емкостей субстратом и ухода за растениями.

Наиболее эффективной признана кассетная технология выращивания рассады. Она предусматривает использование специальных кассет с ячейками стандартных размеров (50×50×50мм; 30×30×30мм), которые заполняются специально подготовленным субстратом. После увлажнения субстрата осуществляется посев дезинфицированных и обработанных стимуляторами роста семян. После посева семена засыпают сухим почвогрунтом [13,14]. Оптимальное время для пересадки кассетной рассады - когда у растения появилось 2 - 3 листочка, схема технологического процесса выращивания кассетной рассады (на примере капусты) представлена на рисунке 1.

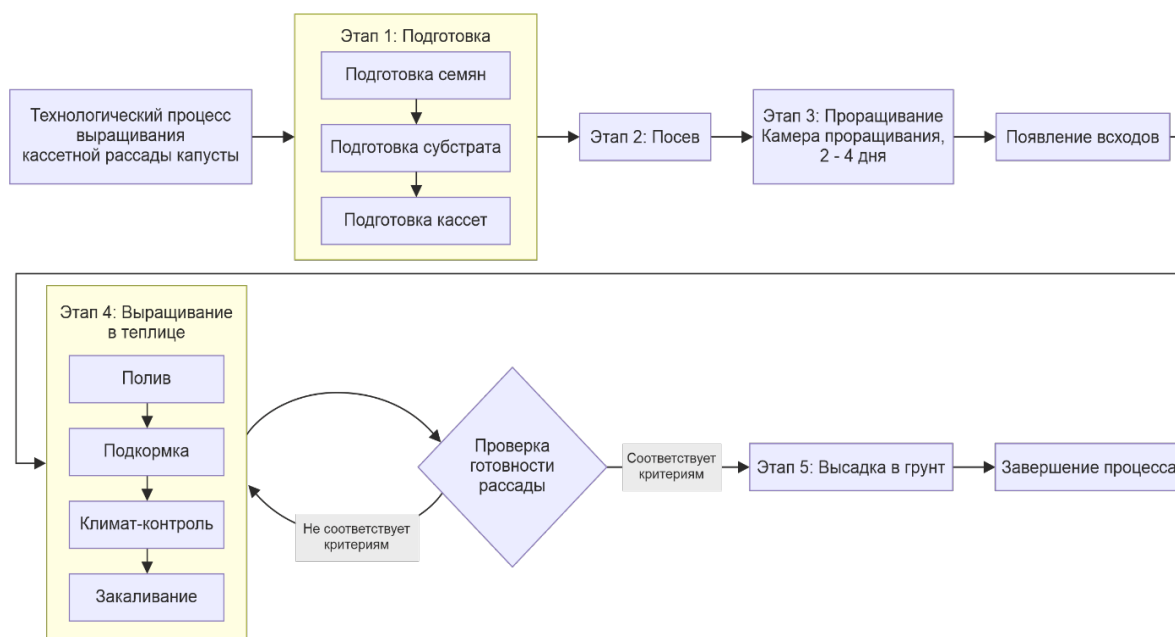


Рисунок 1 – Блок-схема технологического процесса выращивания кассетной рассады капусты

Особое внимание уделяется поддержанию оптимальных условий выращивания - температуры, влажности и освещенности. Полив, как правило, осуществляется методом дождевания, что обеспечивает равномерное увлажнение всех растений [15,16].

Исследования показали, что при кассетном способе выращивания рассады выход продукции с единицы площади в разы выше по сравнению с горшечной продукцией (до 900 растений на квадратный метр). Кроме того, кассетная рассада лучше приживается в поле и редко подвержена болезням [17,18]. При выращивании рассады кассетным способом есть возможность автоматизации процессов. Машины используют на самых разных стадиях процесса: они готовят почвенную смесь, высевают семена, мульчируют посадки, обеспечивают полив, высадку рассады и прочие работ [19].

В сравнении с другими методами выращивания рассады, кассетная технология требует больших капиталовложений и более частого полива, так как в кассетах грунт пересыхает быстрее, чем в других емкостях [20]. Сравнительная характеристика технологий выращивания рассады овощных культур в защищённом грунте приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика технологий выращивания рассады овощных культур в защищённом грунте

Критерий сравнения	Безгоршечный (грунтовый) способ	Горшечный способ	Кассетная технология
Плотность посадки, растений/м²	200–250	550–600	до 900
Сохранность корневой системы	Низкая (повреждение при выборке)	Высокая (ком земли)	Очень высокая (замкнутый объем ячейки)
Возможность автоматизации	Низкая	Средняя (частичная)	Высокая (посев, полив, подкормка, микроклимат)
Трудоёмкость	Высокая	Средняя	Низкая
Капитальные затраты	Низкие	Средние	Высокие
Сроки получения урожая, сут.	35-40	30-35	25-30
Устойчивость к заболеваниям	Средняя	Выше средней	Высокая (изоляция, контроль)

Заключение

Проведенный анализ показывает, что кассетный способ выращивания рассады является наиболее эффективным для современного сельскохозяйственного производства. Он не только позволяет оптимально использовать тепличные площади, но и значительно снижает трудозатраты. Важно отметить, что эта технология обеспечивает стабильно высокие показатели урожайности при сравнительно небольших производственных затратах. Все эти преимущества делают кассетную технологию особенно перспективной для промышленного выращивания овощных культур в условиях защищенного грунта.

В заключение следует подчеркнуть, что дальнейшее совершенствование технологий выращивания рассады будет способствовать увеличению объемов производства овощной продукции и повышению ее качества. Это особенно важно в условиях растущего спроса на свежие овощи как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Библиографический список

1. Экономическая эффективность применения шлангового дождевателя при поливе овощной рассады в защищенном грунте / А. И. Рязанцев, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев [и др.] // Московский экономический журнал. – 2025. – Т. 10, № 6. – С. 319-336. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_6_169. – EDN HSIBGD.
2. Шахматов, В. П. Разработка элементов промышленной технологии выращивания рассады овощных культур с использованием дражированных семян : специальность 06.01.06 "Луговое хозяйство и лекарственные, эфирно-масличные культуры" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Шахматов Валерий Павлович. – Москва, 1983. – 18 с. – EDN QGLZWT.
3. Оценка почвосохранной технологии шланговым дождевателем при поливе кассетной рассады в защищенном грунте / А. И. Рязанцев, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев, А. Р. Травкина // International Agricultural Journal. – 2025. – Т. 68, № 2. – DOI 10.55186/25880209_2025_9_2_2. – EDN LZAKBK.
4. Немтинов, В. И. Пути снижения энергозатрат при производстве товарных овощей и рассады в защищенном грунте / В. И. Немтинов. – Симферополь : Таврия, 2004. – 104 с. – ISBN 966-572-611-0. – EDN YRAERK.
5. Оценка технологии полива рассады овощных культур шланговым дождевателем в условиях защищенного грунта / А. И. Рязанцев, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев [и др.] // International Agricultural Journal. – 2025. – Т. 68, № 3. – DOI 10.55186/25880209_2025_9_3_16. – EDN SNNCWU
6. Петров, М. В. Перспектива интенсификации овощеводства защищенного грунта в России / М. В. Петров, В. Ф. Трошин // Вестник строительства и архитектуры : Сборник трудов конференции, Орел, 13 апреля 2018 года / Редакционная коллегия: И.С. Мысишин, Н.В. Куканова. Том Выпуск 7. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2018. – С. 28-33. – EDN YWWFVR.
7. Лебедев, Д. А. Совершенствование агротехники выращивания перца при капельном орошении в условиях Юга Московской области / Д. А. Лебедев, В. С. Травкин // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева : Сборник статей, Москва, 05–07 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 90-93. – EDN UQOMYV.
8. Басарыгина, Е. М. Перспективы цифровизации отрасли тепличного растениеводства / Е. М. Басарыгина, А. В. Шершнева // АПК России. – 2018. – Т. 25, № 4. – С. 530-534. – EDN YPSWXZ.
9. Gómez, C. Plant production in closed ecosystems / C. Gómez, R. C. Morrow // Lighting up plant growth: Applications of LED lighting in Controlled Environment Agriculture. – 2019. – P. 123-139.
10. Габибова, Е. Н. Овощные культуурообороты в теплицах / Е. Н. Габибова // Совершенствование науки и образования в области естественных и технических исследований : Материалы XXXVI Всероссийской научно-практической конференции, Ставрополь, 21 декабря 2023 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "Ставропольское издательство "Параграф", 2023. – С. 128-129. – EDN GZFAOB.
11. Baudoin, W. Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: Principles for Mediterranean climate areas / W. Baudoin, R. Nono-Womdim, N. Litaladio // FAO Plant Production and Protection Paper. – 2013. – No. 217. – P. 1-450.
12. Сельмен, В. Н. Рассада овощей под искусственным освещением / В. Н. Сельмен, Е. В. Сельмен // Экологическое

состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий, Рязань, 06 апреля 2023 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 383-387. – EDN DRJZZA.

13. Патент на полезную модель № 237708 U1 Российская Федерация, МПК A01G 25/09. Дождевальная установка для теплиц : заявл. 22.08.2025 : опубл. 02.10.2025 / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, Е. Ю. Евсеев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга". – EDN VXWDFa.

14. Патент на полезную модель № 229619 U1 Российская Федерация, МПК A01G 9/24, A01G 25/00. Дождевальная установка для теплиц с кассетной рассадой : № 2024126181 : заявл. 05.09.2024 : опубл. 16.10.2024 / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга». – EDN KEAXNG.

15. Совершенствование шлангового дождевателя при поливе рассады овощных культур, выращиваемых кассетным способом в закрытом грунте / А. И. Рязанцев, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев, О. В. Ануфриева // Природообустройство. – 2025. – № 2. – С. 24-32. – DOI 10.26897/1997-6011-2025-2-24-32. – EDN LYUHMU.

16. Нино, Т. П. 14. РД-АПК 1. 10. 09. 01-14. Методические рекомендации по технологическому проектированию теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады: РД-АПК

1. 10. 09. 01-14/ Виноградов П.Н.-Москва: Росинформагротех, 2014.-III, 103 С.- (система рекомендательных документов агропромышленного комплекса Министерства сельского хозяйства Российской Федерации). Шифр *Росинформагротех / Т. П. Нино // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2015. – № 1. – С. 14. – EDN TJAAMT.

17. Рязанцев, А. И. Повышение качества полива дождевальной установкой для орошения рассады овощных культур / А. И. Рязанцев, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев // Вестник мелиоративной науки. – 2024. – № 2. – С. 56-60. – EDN DALNSL.

18. Savvas, D. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry: A review / D. Savvas, N. Gruda // European Journal of Horticultural Science. – 2018. – Vol. 83. – No. 5. – P. 280-293.

19. Андреев, Ю. М. Качественная рассада овощных культур - гарантия высокого урожая / Ю. М. Андреев // Вестник овощевода. – 2009. – № 1. – С. 14-19. – EDN KBEQEJ.

20. Толмачева, О. А. К вопросу о выращивании качественной рассады / О. А. Толмачева // Гавриш. – 2005. – № 6. – С. 18-20. – EDN PFUTCN.

References in roman script

1. Ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya shlangovogo dozhdevatelya pri polive ovoshchnoy rassady v zashchishchennom grunte / А. И. Ryazantsev, V. S. Travkin, E. Yu. Evseev [i dr.] // Moskovskiy ekonomicheskii zhurnal. – 2025. – Т. 10, № 6. – S. 319-336. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_6_169. – EDN HSIBGD.

2. Shakhmatov, V. P. Razrabotka elementov promyshlennoy tekhnologii vyrashchivaniya rassady ovoshchnykh kul'tur s ispol'zovaniem drazhированныkh semyan : spetsial'nost' 06.01.06 "Lugovodstvo i lekarstvennyye, efirnomaslichnyye kul'tury" : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata

- sel'skokhozyaystvennykh nauk / Shakhmatov Valeriy Pavlovich. – Moskva, 1983. – 18 s. – EDN QGLZWT.
3. Otsenka pochvosokhrannoy tekhnologii shlangovym dozhdevatelem pri polive kasetnoy rassady v zashchishchennom grunte / A. I. Ryazantsev, V. S. Travkin, E. Yu. Evseev, A. R. Travkina // International Agricultural Journal. – 2025. – T. 68, № 2. – DOI 10.55186/25880209_2025_9_2_2. – EDN LZAKBK.
 4. Nemtinov, V. I. Puti snizheniya energozatrat pri proizvodstve tovarnykh ovoshchey i rassady v zashchishchennom grunte / V. I. Nemtinov. – Simferopol' : Tavriya, 2004. – 104 s. – ISBN 966-572-611-0. – EDN YRAERK.
 5. Otsenka tekhnologii poliva rassady ovoshchnykh kul'tur shlangovym dozhdevatelem v usloviyakh zashchishchennogo grunta / A. I. Ryazantsev, V. S. Travkin, E. Yu. Evseev [i dr.] // International Agricultural Journal. – 2025. – T. 68, № 3. – DOI 10.55186/25880209_2025_9_3_16. – EDN SNNCWU
 6. Petrov, M. V. Perspektiva intensivatsii ovoshchevodstva zashchishchennogo grunta v Rossii / M. V. Petrov, V. F. Troshin // Vestnik stroitel'stva i arkhitektury : Sbornik trudov konferentsii, Orel, 13 aprelya 2018 goda / Redaktsionnaya kollegiya: I.S. Mysishin, N.V. Kukanova. Tom Vypusk 7. – Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni N.V. Parakhina, 2018. – S. 28-33. – EDN YWWFVR.
 7. Lebedev, D. A. Sovershenstvovanie agrotekhniki vyrashchivaniya pertsy pri kapel'nom oroshenii v usloviyakh Yuga Moskovskoy oblasti / D. A. Lebedev, V. S. Travkin // Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennaya 180-letiyu so dnya rozhdeniya K.A. Timiryazeva : Sbornik statey, Moskva, 05–07 iyunya 2023 goda. – Moskva: Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet - MSKhA im. K.A. Timiryazeva, 2023. – S. 90-93. – EDN UQOMYV.
 8. Basarygina, E. M. Perspektivy tsifrovizatsii otrasli teplichnogo rastenievodstva / E. M. Basarygina, A. V. Shershnev // APK Rossii. – 2018. – T. 25, № 4. – S. 530-534. – EDN YPSWXZ.
 9. Gómez, C. Plant production in closed ecosystems / C. Gómez, R. C. Morrow // Lighting up plant growth: Applications of LED lighting in Controlled Environment Agriculture. – 2019. – P. 123-139.
 10. Gabibova, E. N. Ovoshchnye kul'turooboroty v teplitsakh / E. N. Gabibova // Sovershenstvovanie nauki i obrazovaniya v oblasti estestvennykh i tekhnicheskikh issledovaniy : Materialy XXXVI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Stavropol', 21 dekabrya 2023 goda. – Stavropol': Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu "Stavropol'skoe izdatel'stvo "Paragraf", 2023. – S. 128-129. – EDN GZFAOB.
 11. Baudoin, W. Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: Principles for Mediterranean climate areas / W. Baudoin, R. Nono-Womdim, N. Litaladio // FAO Plant Production and Protection Paper. – 2013. – No. 217. – P. 1-450.
 12. Sel'men, V. N. Rassada ovoshchey pod iskusstvennym osveshcheniem / V. N. Sel'men, E. V. Sel'men // Ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty sovremennykh agrotekhnologiy, Ryazan', 06 aprelya 2023 goda / Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet imeni P.A. Kostycheva». – Ryazan': Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva, 2023. – S. 383-387. – EDN DRJZZA.
 13. Patent na poleznuyu model' № 237708 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01G 25/09. Dozhdeval'naya ustanovka dlya teplits : zayavl. 22.08.2025 : opubl. 02.10.2025 / A. I. Ryazantsev, S. S. Turapin, E. Yu. Evseev [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe

uchrezhdenie "Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut sistem orosheniya i sel'khozvodosnabzheniya "Raduga". – EDN VXWDFa.

14. Patent na poleznuyu model' № 229619 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01G 9/24, A01G 25/00. Dozhdeval'naya ustanovka dlya teplits s kassetnoy rassadoy : № 2024126181 : zayavl. 05.09.2024 : opubl. 16.10.2024 / A. I. Ryazantsev, S. S. Turapin, V. S. Travkin, E. Yu. Evseev ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie "Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut sistem orosheniya i sel'khozvodosnabzheniya "Raduga". – EDN KEAXNG.

15. Sovershenstvovanie shlangovogo dozhdevatelya pri polive rassady ovoshchnykh kul'tur, vyrashchivaemykh kassetnym sposobom v zakrytom grunte / A. I. Ryazantsev, V. S. Travkin, E. Yu. Evseev, O. V. Anufrieva // Prirodoobustroystvo. – 2025. – № 2. – S. 24-32. – DOI 10.26897/1997-6011-2025-2-24-32. – EDN LYYHMY.

16. Nino, T. P. 14. RD-APK 1. 10. 09. 01-14. Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu teplits i teplichnykh kombinatov dlya vyrashchivaniya ovoshchey i rassady: RD-APK 1. 10. 09. 01-14/ Vinogradov P.N.-

Moskva: Rosinformagrotekh, 2014.-III, 103 S.-(sistema rekomendatel'nykh dokumentov agropromyshlennogo kompleksa Ministerstva sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii). Shifr *Rosinformagrotekh / T. P. Nino // Inzhenerno-tekhnicheskoe obespechenie APK. Referativnyy zhurnal. – 2015. – № 1. – S. 14. – EDN TJAAMT.

17. Ryazantsev, A. I. Povyshenie kachestva poliva dozhdeval'noy ustanovkoy dlya orosheniya rassady ovoshchnykh kul'tur / A. I. Ryazantsev, V. S. Travkin, E. Yu. Evseev // Vestnik meliorativnoy nauki. – 2024. – № 2. – S. 56-60. – EDN DALNSL.

18. Savvas, D. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry: A review / D. Savvas, N. Gruda // European Journal of Horticultural Science. – 2018. – Vol. 83. – No. 5. – P. 280-293.

19. Andreev, Yu. M. Kachestvennaya rassada ovoshchnykh kul'tur - garantiya vysokogo urozhaya / Yu. M. Andreev // Vestnik ovoshchevoda. – 2009. – № 1. – S. 14-19. – EDN KBEQEJ.

20. Tolmacheva, O. A. K voprosu o vyrashchivanii kachestvennoy rassady / O. A. Tolmacheva // Gavrish. – 2005. – № 6. – S. 18-20. – EDN PFUTCN.

Сведения об авторах

Соколов Андрей Андреевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии и защиты растений РГАТУ имени П.А. Костычева г. Рязань, E-mail: falcon-agro@mail.ru;

Травкина Алина Рафиковна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «ВНИИ систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», студентка 2 курса магистратуры, напр. «Агрономия», РГАТУ имени П.А. Костычева г. Рязань, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», E-mail: gimazova.a@bk.ru

Авторы заявляет об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 21.11.2025г.

Для цитирования: Соколов А. А., Травкина А. Р. Сравнительная оценка современных технологий выращивания рассады овощных культур в защищенном грунте// Вестник мелиоративной науки. 2025.№4. С. 92-101.

Information about the authors

Sokolov Andrej Andreevich, candidate of farming sciences, Docent in Agronomy and Plant Saving Department РГАТУ named after P.A. Kostychev (П.А. Костычева) Ryazan, e-mail: falcon-agro@mail.ru;

Travkina Alina Rafikovna, assistant researcher, 2nd year Student of Magistrature, theme «Agronomy», RGATU named after P.A. Kostychev, Ryazan, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny e-mail: gimazova.a@bk.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 21.11.2025.

For citations: Sokolov A. A., Travkina A. R. Comparison Evaluation of Modern Methods of Vegetable Seedlings Growing in the Protected Ground// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. С. 92-101.

Оценка эффективности орошения посевов кукурузы на основе анализа временных серий вегетационного индекса NDVI (на примере Ростовской области)

Беденко Алексей Евгеньевич, Миронов Дмитрий Сергеевич

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г. Коломна, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты оценки эффективности орошения посевов кукурузы в Ростовской области с использованием анализа временных серий вегетационного индекса NDVI. Исследование основано на обработке мультиспектральных снимков Landsat 8/9 уровня L2SP за вегетационный период апрель-сентябрь 2025 года. Обработка данных выполнялась в геоинформационной системе QGIS с использованием операторов «Калькулятор растров» и «Зональная статистика». Для восполнения пробелов в данных, вызванных облачностью, была применена методика взвешенной временной интерполяции статистических показателей. Ключевые результаты исследования выявили характерную для оптимально увлажненных посевов динамику NDVI. Наблюдалось плавное увеличение индекса с 0,24 в середине апреля до пиковых значений 0,83–0,85 в конце июня – июле, с последующим закономерным спадом к концу сентября. Особое значение имело поддержание значений NDVI на уровне выше 0,80 в течение всего июля, что соответствует критическим фазам цветения и налива зерна и свидетельствует о стабильном водном режиме. Достижение максимальных значений индекса до 0,89 подтвердило, что культура реализовала свой видовой потенциал. Пространственный анализ показал высокую однородность посевов, что визуально отражается на картах распределения NDVI и подтверждается низкими и стабильными значениями стандартного отклонения (0,03–0,09) в течение большей части вегетационного периода. Это указывает на равномерность распределения влаги по полю, обеспечиваемую работой круговой дождевальными машинами. Проведенное исследование демонстрирует высокую эффективность использования временных серий NDVI для оперативного контроля орошаемых земель. Предложенная методика позволяет объективно, своевременно и с минимальными трудозатратами оценивать как своевременность поливов, так и равномерность орошения по площади. Метод может быть рекомендован для внедрения в систему агромониторинга сельскохозяйственных предприятий для повышения обоснованности управленческих решений в области водопользования.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, NDVI, мониторинг орошения, QGIS, зональная статистика, вегетационные индексы, точное земледелие, мелиорация.

Research article

Evaluation of Irrigation Efficiency of Corn Sowing Based on Analysis of Time Series of Vegetative Coefficient NDVI (Rostov District case)

Belenko Alexey Evgenievich, Mironov Dmitry Sergeevich

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, settl. Raduzhny

Annotation. The investigation goal was searching for new trends of using modern computer systems for different information data processing sent from water and irrigated land reclamation projects. Nowadays neural networks are widely used to realize artificial intelligence, they are more and more applied in different areas of human activities due to their unique possibilities for high speed processing and analysis of large data massives. This work is reviving an issue of neural networks vicarious use possibility for testing and benchmarking study of data on water and land reclamation (irrigation farming) systems and water engineering structures, sent from federal state budgetary institutions on land reclamation and farming water management, subordinated to Russian Federation Ministry of Farming. These data are provided to FGBNU «RosNIIPM» during collection of data on water and land reclamation projects in frames of annual state monitoring of water projects and state water register in the form of previously prepared interrogatory tables in Excel format. Because of significant table data volume content, nowadays it is important to find new methods of its processing, aimed to operation increase and test correctness of the provided information. During investigation work with neural net Qwen 2.5 –Max was generated program code on the preliminary given program language, that was put in the code redactor window for certain Excel file Different variants of presentation of data, received during testing and benchmarking analysis were examined.

Investigation work was resulted in confirming of possibility to vicarious specific neural nets use for testing of provided data by using generated applicable computer programs.

Keywords: neural networks, water and land reclamation projects (farming irrigation systems), water engineering structures, data analysis, state water projects monitoring (GMVO), state water register (GVR).

Введение

Сельскохозяйственное производство в зонах рискованного земледелия, к которой относится значительная часть территории Ростовской области, в решающей степени зависит от эффективности управления водными ресурсами. В условиях нарастающей климатической изменчивости и учащения засушливых периодов проблема оптимизации орошения становится ключевым фактором обеспечения устойчивости аграрного сектора [1-2]. Кукуруза, являющаяся одной из важнейших кормовых и продовольственных культур региона, характеризуется повышенной чувствительностью к влагообеспеченности в критические фазы развития - от выметывания метелок до молочно-восковой спелости зерна [3]. Дефицит влаги в эти периоды приводит к необратимому снижению продуктивности, что обуславливает экономическую целесообразность применения оросительных систем.

Традиционные методы контроля проведения орошения, основанные на визуальных обследованиях и данных отчетности сельхозпроизводителей, обладают рядом системных ограничений. К ним относятся субъективность оценок, выборочный характер наблюдений, высокая трудоемкость и недостаточная оперативность получения информации [4-5]. Кроме того, отсутствует возможность ретроспективного анализа и верификации фактического проведения поливных мероприятий на значительных территориях. В этой связи актуальной научно-практической задачей является разработка объективных методов

мониторинга эффективности орошения, обеспечивающих пространственно-временную непрерывность наблюдений.

Современные технологии дистанционного зондирования Земли открывают новые возможности для решения задач агромониторинга. Многоспектральная спутниковая съемка обеспечивает регулярное получение данных о состоянии растительного покрова [6]. Среди множества спектральных индексов нормализованный вегетационный индекс (NDVI) зарекомендовал себя как наиболее эффективный индикатор для оценки фотосинтетической активности и биомассы сельскохозяйственных культур [7]. Чувствительность NDVI к изменениям водного статуса растений делает его перспективным инструментом для косвенной оценки эффективности оросительных мероприятий.

Анализ временных серий NDVI позволяет выявлять характерные паттерны, соответствующие различным сценариям водопользования. Для орошаемых посевов типичны плавная динамика вегетационного индекса, отсутствие резких спадов в засушливые периоды, высокая пространственная однородность и достижение значений, близких к видовому потенциалу культуры [8]. В отличие от этого, богарные посевы демонстрируют выраженную зависимость от естественного увлажнения, проявляющуюся в значительных колебаниях NDVI и снижении максимальных значений индекса.

Целью настоящего исследования является оценка эффективности орошения посевов кукурузы в условиях Ростовской области на основе анализа временных серий вегетационного индекса NDVI. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: оценка пространственно-временной динамики NDVI в течение вегетационного периода, анализ однородности состояния посевов, идентификация характерных признаков орошаемого земледелия в показателях вегетационной активности.

Материалы и методы

В исследовании использованы мультиспектральные снимки Landsat 8/9 уровня обработки L2SP (Surface Reflectance) за вегетационный период апрель-сентябрь 2025 года, охватывающие территорию мелиорируемого поля в Ростовской области, оборудованного круговой дождевальными машиной. Критериями отбора послужили минимальная облачность и полное покрытие исследуемой территории.

Обработка данных выполнялась в геоинформационной системе QGIS 3.28 с использованием оператора «Калькулятор растров». Значения спектральной отражательности преобразовывались из целочисленных данных (DN) файлов Surface Reflectance по формуле:

$$\rho = (DN * M\rho) + A\rho$$

где ρ – спектральная отражательность;

DN – целочисленное значение пикселя в файле Surface Reflectance;

$M\rho$ – множитель отражательности (REFLECTANCE_MULT_BAND_X), равный 0.0000275 для каналов 4 и 5 Landsat 8/9 Level-2;

$A\rho$ – слагаемое отражательности (REFLECTANCE_ADD_BAND_X), равное -0.2 для каналов 4 и 5 Landsat 8/9 Level-2.

Расчет вегетационного индекса NDVI проводился по стандартному алгоритму:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

где NIR – ближний инфракрасный канал (канал 5 для Landsat 8/9);

RED – красный канал (канал 4 для Landsat 8/9) [9].

Для количественной оценки пространственного распределения вегетационного индекса применялся оператор «Зональная статистика». Для каждого снимка рассчитывались статистические показатели: медиана, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значение, размах значений NDVI в пределах границ исследуемого поля.

Из 20 обработанных снимков 4 были полностью покрыты облаками (10, 18, 26 мая и 19 июня), снимок 5 июля был покрыт облаками частично; а снимок на 30 августа отсутствовал. Для указанных дат проводилась взвешенная временная интерполяция статистических показателей NDVI на основе ближайших достоверных измерений. Интерполяция выполнялась по формуле:

$$X = (x_1 * d_2 + x_2 * d_1) / (d_1 + d_2)$$

где X – статистический показатель NDVI с предыдущей чистой даты;

x_1 – показатель с предыдущей чистой даты;

x_2 – показатель с последующей чистой даты;

d_1 – количество дней от интерполируемой даты до предыдущей чистой даты;

d_2 – количество дней от интерполируемой даты до последующей чистой даты.

Стандартное отклонение для интерполированных дат рассчитывалось на основе интерполированных минимального и максимального значений по формуле:

$$\sigma = (\text{Max} - \text{Min}) / 4$$

где Max – интерполированное максимальное значение NDVI для даты;

Min – интерполированное минимальное значение NDVI для даты.

Данная формула основана на свойстве нормального распределения, в котором размах значений (Max - Min) приблизительно соответствует 4 стандартным отклонениям, что позволяет получить оценку вариативности данных в условиях отсутствия исходных растров для расчета статистики.

Визуализация пространственного распределения NDVI выполнялась средствами QGIS с использованием градуированной цветовой шкалы. Значениям индекса от -1.0 до 0.0 присваивались синие тона (вода/облака), значениям от 0,0 до 0,2 присваивались оттенки коричневого цвета (открытая почва), значениям от 0,2 до 0,5 – желто-зеленые тона (разреженная растительность), значениям 0,5 до 0,8 – зеленые цвета (густая растительность), а значениям выше 0,8 – темно-зеленые тона (очень густая растительность) [10]. Анализ временных серий NDVI включал построение графиков динамики медианных, максимальных и минимальных значений и оценку устойчивости индекса в течение вегетационного периода.

Результаты и обсуждение

Анализ временной динамики NDVI выявил характерные особенности развития посевов кукурузы в течение вегетационного периода 2025 года. Значения медианы NDVI демонстрировали плавное увеличение с 0,24 в середине апреля до пиковых значений 0,83-0,85 в конце июня – июле, с последующим закономерным снижением к концу сентября до 0,33 (Рисунок 1). Отсутствие резких спадов на графике динамики в течение июня и июля свидетельствует о стабильном водоснабжении посевов в критические фазы развития, обеспечиваемом работой круговой дождевальной машины.

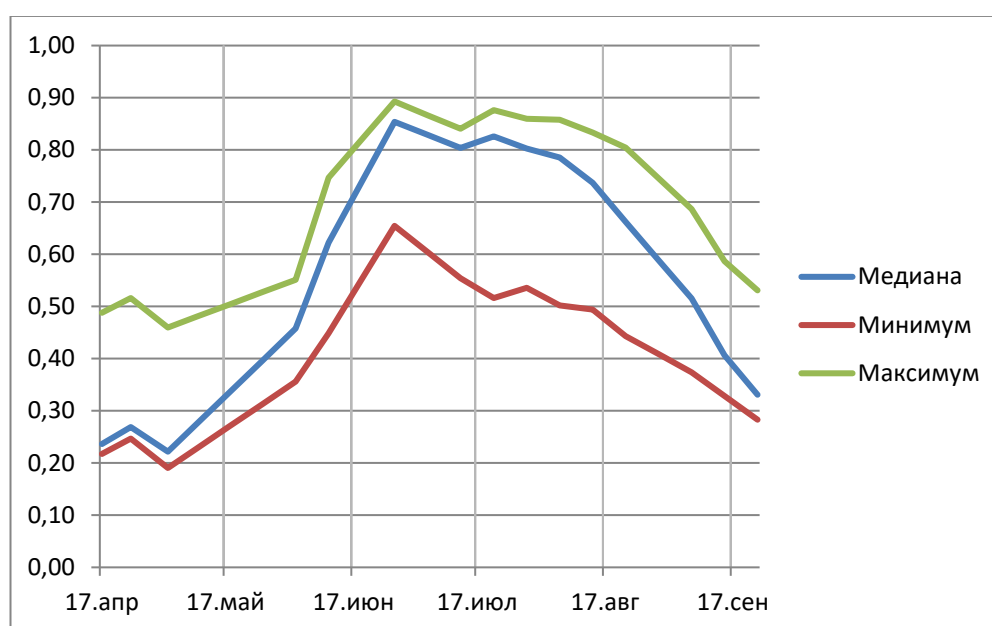


Рисунок 1 – Динамика значений NDVI посевов кукурузы за вегетационный период 2025 года

Максимальные значения индекса достигали 0,89, что соответствует референсным показателям для кукурузы в условиях оптимального увлажнения. Поддержание значений NDVI на уровне выше 0,80 в течение всего июля, в период от цветения до восковой спелости зерна, указывает на эффективное проведение оросительных мероприятий.

Пространственный анализ распределения NDVI выявил высокую однородность посевов (Рисунок 2). Визуальная оценка карт NDVI показала отсутствие выраженных зон угнетения растительности, что характерно для равномерного орошения по всей площади поля.

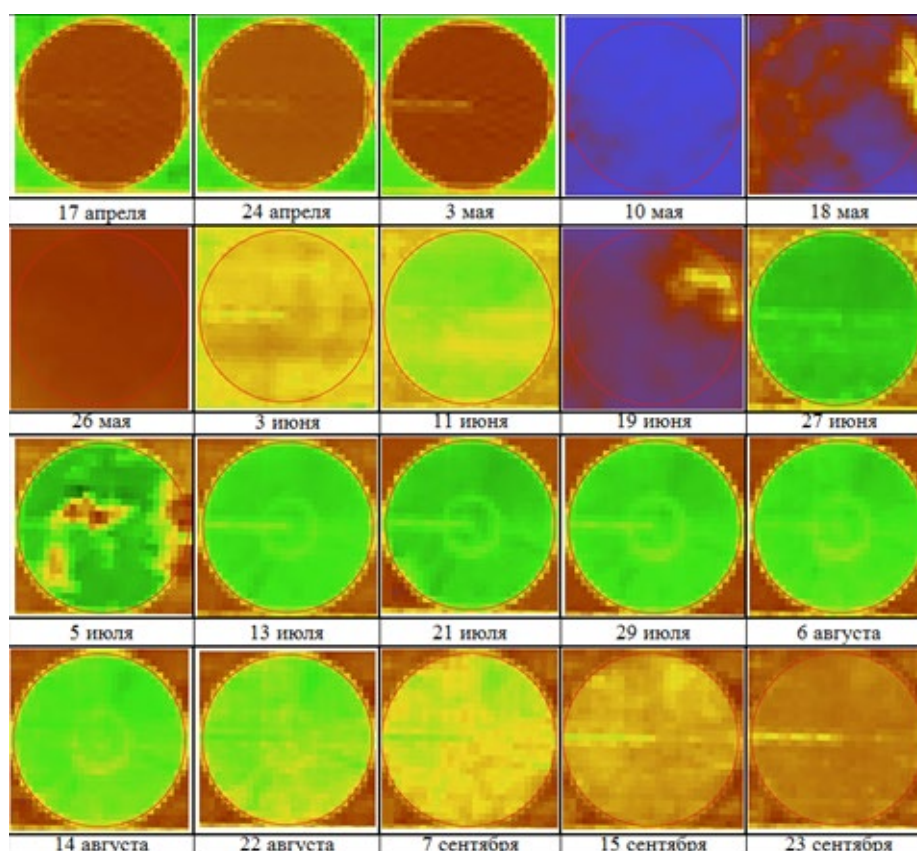


Рисунок 2 – Пространственное распределение NDVI (2025г.)

Статистический анализ подтвердил умеренную пространственную вариабельность значений NDVI в течение большей части вегетационного периода (Таблица 1).

Таблица 1 - Статистические показатели NDVI посевов кукурузы

Дата	Медиана	Стандартное отклонение	Минимум	Максимум	Размах
17.апр	0,24	0,04	0,22	0,49	0,27
24.апр	0,27	0,04	0,25	0,52	0,27
03.май	0,22	0,04	0,19	0,46	0,27
10.май	0,28	0,06	0,23	0,48	0,25
18.май	0,34	0,06	0,27	0,50	0,23
26.май	0,40	0,05	0,31	0,53	0,21

Продолжение таблицы 1

03.июн	0,46	0,04	0,36	0,55	0,20
11.июн	0,62	0,06	0,45	0,75	0,30
19.июн	0,74	0,07	0,55	0,82	0,27
27.июн	0,85	0,04	0,65	0,89	0,24

05.июл	0,83	0,07	0,60	0,87	0,26
13.июл	0,80	0,05	0,55	0,84	0,29
21.июл	0,83	0,05	0,52	0,88	0,36
29.июл	0,80	0,05	0,54	0,86	0,32
06.авг	0,79	0,05	0,50	0,86	0,36
14.авг	0,74	0,06	0,49	0,83	0,34
22.авг	0,66	0,06	0,44	0,80	0,36
30.авг	0,59	0,08	0,41	0,75	0,34
07.сен	0,52	0,06	0,37	0,69	0,31
15.сен	0,41	0,04	0,33	0,59	0,26
23.сен	0,33	0,03	0,28	0,53	0,25

Стандартное отклонение варьировало в диапазоне 0,03-0,07, а размах значений достигал максимума (0,36) в фазы активного роста и начала созревания, что свидетельствует о равномерном, но не идеально выровненном развитии растений по полю.

Полученная динамика NDVI и статистические показатели свидетельствуют об эффективной организации орошения, что позволило культуре реализовать свой потенциал продуктивности. Стабильно высокие значения индекса в критические фазы развития и плавный спад в период созревания подтверждают своевременность и достаточность поливных мероприятий на мелиорируемом поле.

Заключение

Проведенное исследование продемонстрировало эффективность использования временных серий вегетационного индекса NDVI для мониторинга орошаемых посевов кукурузы в условиях Ростовской области. Комплексный анализ данных дистанционного зондирования Landsat 8/9 за период апрель-сентябрь 2025 года позволил сделать следующие выводы:

1. Динамика вегетационного индекса NDVI характеризуется плавным ходом без резких спадов, что свидетельствует о стабильном водоснабжении посевов в течение вегетационного периода. Поддержание значений NDVI на уровне 0,80–0,85 в течение июня-июля соответствует оптимальному водному режиму в критические фазы развития кукурузы.

2. Пространственная однородность посевов, подтвержденная значениями стандартного отклонения в диапазоне 0,03–0,09 и размахом 0,21–0,36 свидетельствует о равномерном распределении орошения по полю. Отсутствие выраженных зон угнетения растительности на картах пространственного распределения NDVI дополнительно подтверждает эффективность работы круговой дождевальнoй машины.

3. Применение методики расчета NDVI в среде QGIS с использованием операторов «Калькулятор растров» и «Зональная статистика» показало свою эффективность для решения задач оперативного мониторинга орошения. Методика взвешенной интерполяции статистических показателей для облачных снимков позволила восстановить временные ряды данных без потери информативности.

4. Достижение максимальных значений NDVI на уровне 0,85–0,89 в фазу цветения и формирования початков соответствует референсным показателям для оптимально увлажненной культуры, что свидетельствует о высокой эффективности проводимых оросительных мероприятий.

5. Четкая фенологическая динамика индекса - от начальных значений 0,24–0,27 в фазе всходов до пиковых значений в июне-июле и плавного снижения до 0,33 к уборке - подтверждает соответствие развития культуры агротехническим нормативам.

Полученные результаты подтверждают перспективность использования методов дистанционного зондирования для мониторинга эффективности орошения в условиях южных регионов России. Предложенная методика может быть рекомендована для внедрения в систему агромониторинга сельскохозяйственных предприятий, использующих орошение.

Библиографический список

1. Поляков В. В. К вопросу о разработке стратегии повышения эффективности использования природных ресурсов в агросфере Ростовской области //Экономика и экология территориальных образований. – 2024. – Т. 8. – №. 1. – С. 6-12.
2. Дальченко Е. А., Безденежный А. С., Губачева Е. В. Современные тенденции и направления повышения эффективности государственного регулирования природопользования Ростовской области //Вестник Академии знаний. – 2025. – №. 2 (67). – С. 241-243.
3. Куприянова С. В., Власов М. В. Влияние погодных рисков на урожайность кукурузы на зерно в ростовской области //Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – №. 4. – С. 42-47.
4. Морозов А. В., Морозов В. В., Козленко Е. В. Совершенствование теоретико-методологического и информационного обеспечения мониторинга орошаемых земель //Интеграция науки, производства и образования в современном мире: Материалы меж. – 2023. – С. 122.
5. Ахметшин Р. Ф., Трофимов Н. В. Дистанционный мониторинг использования орошаемых земель на территории сельскохозяйственного предприятия //Актуальные вопросы использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования. – 2021. – С. 5-10.
6. Зверьков М. С. Совершенствование методики мониторинга состояния мелиоративных объектов в соответствии с целями цифровой мелиорации //International agricultural journal. – 2021. – №. 6. – С. 893-912.
7. Шаповалов Д. А. и др. Методы использования мультиспектральных снимков при экологическом мониторинге мелиорированных земель //Современные проблемы дистанционного зондирования

Земли из космоса. – 2023. – Т. 20. – №. 4. – С. 187-201.

8. Конг Ф. Ч., Мурашева А. А. Анализ корреляции основных факторов влияния на мелиорированные земли провинции контум (вьетнам) с использованием материалов мультиспектральных космических съемок //Московский экономический журнал. – 2024. – №. 10. – С. 159-179.

9. Ростом Г. Р. Использование спутниковых снимков в современных географических исследованиях (на примере расчета индекса ndvi для сельскохозяйственных культур) //VII Семеновские чтения: наследие ПП Семенова-Тян-Шанского и современная наука. – 2022. – С. 61-63.

10. Елькина Я. А., Фадеев А. Н. Анализ нормализованного относительного индекса вегетации NDVI сельскохозяйственных полей Оршанского района республики Марий Эл //Охрана биоразнообразия и экологические проблемы природопользования. – 2021. – С. 54-58.

References in roman script

1. Polyakov V. V. K voprosu o razrabotke strategii povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya prirodnykh resursov v agrosfere Rostovskoy oblasti //Ekonomika i ekologiya territorial'nykh obrazovaniy. – 2024. – Т. 8. – №. 1. – С. 6-12.

2. Dal'chenko E. A., Bezdenezhnyy A. S., Gubacheva E. V. Sovremennye tendentsii i napravleniya povysheniya effektivnosti gosudarstvennogo regulirovaniya prirodopol'zovaniya Rostovskoy oblasti //Vestnik Akademii znaniy. – 2025. – №. 2 (67). – С. 241-243.

3. Kupriyanova S. V., Vlasov M. V. Vliyanie pogodnykh riskov na urozhaynost' kukuruzy na zerno v rostovskoy oblasti //Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. – 2021. – №. 4. – С. 42-47.

4. Morozov A. V., Morozov V. V., Kozlenko E. V. Sovershenstvovanie

teoretiko–metodologicheskogo i informatsionnogo obespecheniya monitoringa oroshaemykh zemel' //Integratsiya nauki, proizvodstva i obrazovaniya v sovremennom mire: Materialy mezh. – 2023. – С. 122.

5. Akhmetshin R. F., Trofimov N. V. Distsionnyy monitoring ispol'zovaniya oroshaemykh zemel' na territorii sel'skokhozyaystvennogo predpriyatiya //Aktual'nye voprosy ispol'zovaniya zemel'nykh resursov, geodezii i prirodopol'zovaniya. – 2021. – С. 5-10.

6. Zver'kov M. S. Sovershenstvovanie metodiki monitoringa sostoyaniya meliorativnykh ob"ektov v sootvetstvii s tselyami tsifrovoy melioratsii //International agricultural journal. – 2021. – №. 6. – С. 893-912.

7. Shapovalov D. A. i dr. Metody ispol'zovaniya mul'tispektral'nykh snimkov pri ekologicheskom monitoringe meliorirovannykh zemel' //Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. – 2023. – Т. 20. – №. 4. – С. 187-201.

8. Kong F. Ch., Murasheva A. A. Analiz korrelyatsii osnovnykh faktorov vliyaniya na meliorirovannye zemli provintsii kontum (v'etnam) s ispol'zovaniem materialov mul'tispektral'nykh kosmicheskikh s"emok //Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal. – 2024. – №. 10. – С. 159-179.

9. Rostom G. R. Ispol'zovanie sputnikovykh snimkov v sovremennykh geograficheskikh issledovaniyakh (na primere rascheta indeksa ndvi dlya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur) //VII Semenovskie chteniya: nasledie PP Semenova-Tyan-Shanskogo i sovremennaya nauka. – 2022. – С. 61-63.

10. El'kina Ya. A., Fadeev A. N. Analiz normalizovannogo otnositel'nogo indeksa vegetatsii NDVI sel'skokhozyaystvennykh poley Orshanskogo rayona respubliki Mariy El //Okhrana bioraznoobraziya i ekologicheskie problemy prirodopol'zovaniya. – 2021. – С. 54-58.

Сведения об авторах

Беденко Алексей Евгеньевич, младший научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», bedenkoa@inbox.ru
Миронов Дмитрий Сергеевич, младший научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга».

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

Статья поступила в редакцию 21.11.2025г.

Для цитирования: Беденко А. Е., Миронов Д.С. Оценка эффективности орошения посевов кукурузы на основе анализа временных серий вегетационного индекса NDVI (на примере Ростовской области)// Вестник мелиоративной науки. 2025.№4. С. 102-111.

Information about the authors

Bedenko Alexey Evgenievich, junior Research Assistant, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny, e-mail: bedenkoa@inbox.ru
Mironov Dmitry Sergeevich, junior Research Assistant, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny.

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 21.11.2025.

For citations: Bedenko A.E., Mironov D. S. Evaluation of Irrigation Efficiency of Corn Sowing Based on Analysis of Time Series of Vegetative Coefficient NDVI (Rostov District case)// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. С. 102-111.

Научная статья
УДК 631.674.6

Обоснование применения комбинированной системы орошения косточкового сада в условиях центральной части Нечернозёмной зоны России

Гжибовский Сергей Александрович, Грушин Алексей Владимирович

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

Аннотация. Исследование посвящено оценке эффективности комбинированной системы орошения, объединяющей капельный полив и мелкодисперсное (аэрозольное) увлажнительное дождевание, для выращивания саженцев черешни в условиях центральной части Нечерноземной зоны России (Московская область). Актуальность работы обусловлена необходимостью внедрения водосберегающих технологий, обеспечивающих программируемый выход посадочного материала в условиях возрастающих температурных стрессов и дефицита водных ресурсов.

Целью исследований является формирование оптимального водного и температурного режимов для интенсивного роста саженцев. На опытном участке с дерново-подзолистыми почвами изучалось влияние различных режимов орошения (поддержание влажности почвы в диапазонах 60–80%, 70–90% и 80–100% НВ) в сочетании с мелкодисперсным увлажнением приземного слоя воздуха в периоды высоких температур (>25°C) и низкой влажности (<60%).

Результаты показали, что традиционное дождевание характеризуется периодическим водным стрессом растений — от переувлажнения в начале цикла до влагодефицита в его конце. Предложенный комбинированный режим (18 вегетационных капельных поливов нормой 40,0 м³/га и 42 цикла аэрозольного увлажнения нормой 0,3 м³/га) позволил дифференцированно регулировать условия среды: капельное орошение стабильно поддерживало влажность в корневой зоне, а увлажнительное дождевание эффективно снижало температурный стресс и повышало влажность воздуха.

Применение комбинированной системы способствовало увеличению биометрических показателей саженцев черешни по сравнению с контролем: диаметр штамба увеличился на 44%, листовая поверхность — на 34%, высота — на 25%. Выход посадочного материала с 1 гектара возрос на 30,5%. Таким образом, комбинированная система орошения доказала свою высокую эффективность для интенсификации производства саженцев черешни в регионе исследований.

Ключевые слова: садоводство, питомниководство, черешня, комбинированная система орошения, капельный полив, аэрозольное орошение.

Research article

Approving of Combined Irrigation System, Operating in the Stone-Fruit Orchard under Conditions of the Central Non-Black-Soil Zone of Russia

Gzhibovsky Sergey Aleksandrovich, Grushin Aleksey Vladimirovich

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. This study presents the combined system of drip and aerosol irrigation efficiency estimation used for black-cherry seedlings growing under the climate conditions of the Central part of Non-Black-Soil zone in Russia (Moscow Region). This work is actual, because there is a great need to implement water-save technologies ensuring a programmed approach to the plant material production in the growing temperature stress and water resource deficit.

The goal of study is an optimal water and temperature regime ensuring intensive seedlings growth formation. On the experimental plot with soddy podzolic soil was studied the impact of different irrigation regimes (soil moisture level keeping in the ranges of 60-80%, 70-90% and 80-100%) in coincidence with aerosol close-to the ground air level moistening in the high temperature periods (>250C) and low moisture content (<60%).

As the results showed, the use of tradition sprinkle irrigation causes periodical seedlings water stress – from over-moisture in the cycle beginning up to moisture deficit in its end. Proposed combined regime (18 vegetative drip irrigation cycles with the rate of 40,0 m³/ha and 42 cycles of aerosol irrigation with the rate of 0.3 m³/ha) had enabled a differential regulation of media conditions: drip irrigation maintained a stable moisture level in the root zone, and watering irrigation efficiently lowered temperature stress and raised an air moisture content.

Combined irrigation system implementation ensured a rise of black-cherry seedlings biometric coefficients in comparison with the control plot: a body diameter grew in 44%, leaf surface – in 34%, height – in 25%. Production of planting material from 1 hectare grew in 30, 5%. Thus, the combined irrigation system approved its high efficiency in intensive black-cherry seedlings production in research region.

Keywords: orchard growing, nursery planting, black-cherry, combined irrigation system, drip irrigation, aerosol irrigation.

Введение. Садоводство представляет собой одну из ключевых отраслей агропромышленного комплекса, продукция которой имеет важное значение для укрепления здоровья населения. Косточковые культуры являются значимым источником витаминов, минеральных веществ и биологически активных соединений, необходимых для формирования сбалансированного рациона питания. Их пищевая ценность позволяет отнести данную группу продуктов к категории стратегически важных, наряду с мясом, молоком, картофелем, овощами и зерновыми. Передовые технологии создают условия для получения программируемого урожая [1].

Орошение представляет собой ключевой фактор интенсификации сельскохозяйственного производства, обеспечивающий устойчивое повышение урожайности [2]. В условиях возрастающих температурных стрессов и колебаний водообеспеченности оно становится одним из наиболее эффективных видов мелиораций, направленных на сохранение высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Особую значимость приобретают водосберегающие технологии, к числу которых относятся капельное орошение и мелкодисперсное (аэрозольное) увлажнение. Перспективным направлением является их комбинированное применение, позволяющее дифференцированно регулировать водный режим с учетом биологических потребностей конкретных культур. Данный подход обеспечивает поддержание оптимальной влажности

как в корнеобитаемом слое почвы, так и в приземном слое атмосферы, что способствует рациональному использованию водных ресурсов и регулированию температурного фона [3, 4].

Капельное орошение, как составной элемент системы, минимизирует непродуктивные потери влаги и исключает риск локального переувлажнения или иссушения почвы. Это имеет первостепенное значение для регионов с дефицитом водных ресурсов. Таким образом, внедрение комбинированных систем орошения направлено на решение задачи повышения не только урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, но и ресурсоэффективности орошаемого земледелия [5].

В задачи исследований входило оценить эффективность применения комбинированной системы полива, включающую в себя капельное орошение и аэрозольное увлажнительное дождевание для формирования оптимального микроклимата в насаждениях косточкового сада в условиях центральной части Нечерноземной зоны России.

Объектом исследований является комбинированная система капельного орошения и мелкодисперсного увлажнительного дождевания при выращивании саженцев черешни.

В ходе многолетних исследований проводился мониторинг метеорологических условий, влияющих на рост и развитие плодово-ягодных культур. Для анализа использовались данные о количестве атмосферных осадков и среднемесячных температурах воздуха, представленные в таблице 1. Метеорологическая информация была получена с метеорологического поста, расположенного в непосредственной близости от опытного участка, что обеспечивает репрезентативность данных.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика вегетационного периода сада (май-сентябрь) со среднемноголетними показателями

Годы	Осадки		Температура воздуха	
	Сумма, мм	Обеспеченность, %	Ср. знач., °С	Обеспеченность, %
Среднемноголетний показатель (10 лет)	228,9	100	16,9	100
2021	331,4	144,8	15,0	88,8
2022	141,5	61,8	17,4	103,0
2023	269,0	117,5	16,2	95,87

Опытный участок площадью 1 га расположен на территории ООО «Коломенская ягода» в Коломенском районе Московской области. Участок находится в северной части района на расстоянии 15 км от города Коломна.

Климат района исследований характеризуется континентальными чертами с холодной зимой и тёплым летом. Среднемесячная температура января составляет -10,6°С,

июля +17,5°C при среднегодовой температуре воздуха 3,4°C. Безморозный период длится около 150 дней, начинается 25–29 мая и завершается 25–30 сентября.

Планирование и выбор способа орошения при длительных условиях базируется не только на метеорологических условиях участка, но и на учете водно-физических характеристик почвы. К наиболее значимым параметрам относятся гранулометрический состав, плотность сложения и водопроницаемость.

В ходе исследований применялся экспресс-метод определения наименьшей влагоёмкости (НВ). Отбор почвенных образцов проводился непосредственно на опытном участке послойно с различных генетических горизонтов с последующей транспортировкой в лабораторию для анализа.

Почвенные условия опытного участка характеризуются дерново-среднеподзолистыми почвами среднесуглинистого механического состава (табл. 2).

Таблица 2 - Описание механического состава профиля почвы на участке исследований

Генетический горизонт	Глубина, см	Фракции, мм						
		0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
		Фракции, %						
A _n	0-8	1,2	5,4	60,5	12,4	10,7	9,8	36,0
A _n B ₁	8-21	1,3	9,3	52,2	12,1	14,5	10,6	34,0
B ₁	21-35	1,1	9,1	48,8	11,8	10,6	18,6	30,0
B ₂	35-48	0,5	10,5	42,5	10,4	8,6	27,5	42,0
B ₂ C ₁	48-60	1,6	4,8	40,6	9,5	10,3	33,2	55,6
C ₁	60-82	2,6	2,3	44,2	6,1	12,5	32,3	58,1
C ₂	82-130	0	2,1	39,5	10,3	14,7	33,4	61,2

В ходе исследования были определены ключевые агрохимические и водно-физические свойства почвы опытного участка с применением апробированных стандартных методик, обеспечивающих достоверность результатов. Была проведена оценка водопроницаемости и влагоёмкости почвы для характеристики ее способности к влагоудержанию и обеспечению условий развития корневой системы растений.

Агрохимическая характеристика почв опытного участка представлена следующими показателями: содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 3,17%, что соответствует достаточному уровню обеспеченности, в нижележащем горизонте B₂ (35–48 см) наблюдается снижение данного показателя до 0,62%, свидетельствующее о низком содержании органического вещества в подпахотных слоях. Значение рН солевой вытяжки в пахотном горизонте находится в диапазоне 5,8–5,4 ед., что характеризует реакцию почвенной среды как близкую к нейтральной. В горизонте 48–60 см показатель рН КС1 соответствует слабокислой реакции.

Для проведения исследований была использована комбинированная система орошения (рисунок 1), включающая капельный полив и мелкодисперсное увлажнительное дождевание состоящая из следующих основных элементов: ёмкости для аккумуляции оросительной воды; насосного оборудования; фильтровальной станции; напорного трубопровода; запорной арматуры; соединительных элементов; капельной ленты с эмиттерного типа (шаг эмиттеров 0,7 м, расход воды 2,5 л/ч); поливных трубопроводов; мачтами на которых расположены распылительные насадками для мелкодисперсного (аэрозольного) увлажнения [6, 7].

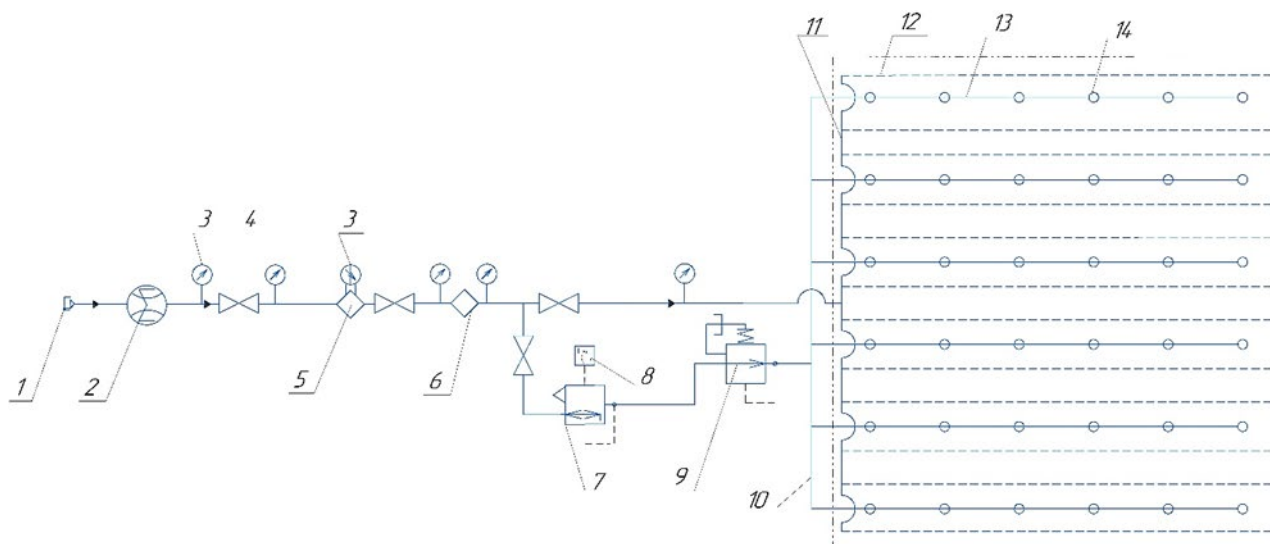
Мелкодисперсное увлажнительное дождевание в составе комбинированной системы орошения реализовано посредством поливных трубопроводов, оснащенных стойками высотой 2,0 м с тремя щелевыми насадками на каждой.

Управление комбинированной системой орошения осуществляется программируемым контроллером-таймером, который задает продолжительность полива (от 1 минуты до 12 часов) и интервалы между циклами включения отдельных линий (от 1 минуты). Контроллер автоматически управляет работой электромагнитного клапана согласно установленной программе, который формирует сигнал для работы шестиходового клапана- переключателя рабочих каналов поливного трубопровода

Работа системы мелкодисперсного дождевания осуществляется следующим образом:

- Цикл полива: вода из накопительных емкостей поступает через распределительный клапан в один из шести поливных трубопроводов, оснащенных стойками со щелевыми насадками. Формируемая аэрозоль распределяется воздушными потоками по площади орошаемой зоны.

- Режим паузы: при прекращении подачи воды давление в системе снижается. Подпружиненная мембрана распределительного клапана перемещается вверх, открывая все каналы. При возобновлении полива поток воды возвращает мембрану в исходное положение, обеспечивая последовательное переключение на следующую зону орошения.



1 – насосная станция, 2 – счётчик воды, 3 – манометр, 4 – кран; 5 – фильтр гравийно-песчаный, 6 – фильтр сетчатый, 7 – клапан электромагнитный, 8 – контроллер-таймер, 9 – распределительный клапан, 10 – трубопровод распределительный капельного полива, 11 – трубопровод распределительный аэрозольного увлажнителя, 12 – капельная лента, 13 – поливной трубопровод, 14 – стойка со щелевыми насадками.

Рисунок 1 – Схема принципиальная комбинированной системы капельного орошения с аэрозольным увлажнительным дождеванием

Режимные параметры системы: длительность цикла полива: 5–20 минут, продолжительность паузы: минимум 36 минут при 5-минутной водоподаче, время паузы корректируется с учетом метеоусловий (скорость ветра, температура, влажность приземного слоя воздуха) и должно соответствовать периоду полного испарения влаги с листовой поверхности. Продолжительность полива оптимизирована для обеспечения полного покрытия листовой поверхности растений мелкодисперсной влагой без достижения фазы стекания капель.

На опытном участке, с помощью капельного орошения, поддерживались следующие уровни влажности почвы: нижний порог от 60%НВ – верхний порог 100%НВ. А мелкодисперсное увлажнительное дождевание использовали при температуре воздуха более +25°С и пониженной относительной влажности менее 60%. Для этого подобраны различные режимы орошения, которые включали в себя как поливные нормы, так их частоту. В таблице 3 представлены данные о количестве поливов, поливных нормах и интервалах между ними за время проведения исследований на опытном участке.

Таблица 3 – Режим орошения комбинированной системы полива

Вариант опыта	Оросительная норма, м ³ /га	Поливная норма, м ³ /га	Количество поливов, шт.
60–80 % НВ	645,7	38,4	30
70–90% НВ	764,0	41,8	33
80–100% НВ	926,6	40,8	35

В ходе исследований постоянно осуществлялся и мониторинг среднесуточных температур и относительной влажности воздуха, являющихся важными факторами, влияющими на процессы фотосинтеза у растений, а также на режим работы мелкодисперсного увлажнительного дождевания (рисунок 2). Полученные данные были систематизированы и визуализированы в виде графических зависимостей, что обеспечивает наглядность динамики исследуемых параметров и способствует выявлению статистических закономерностей [8].

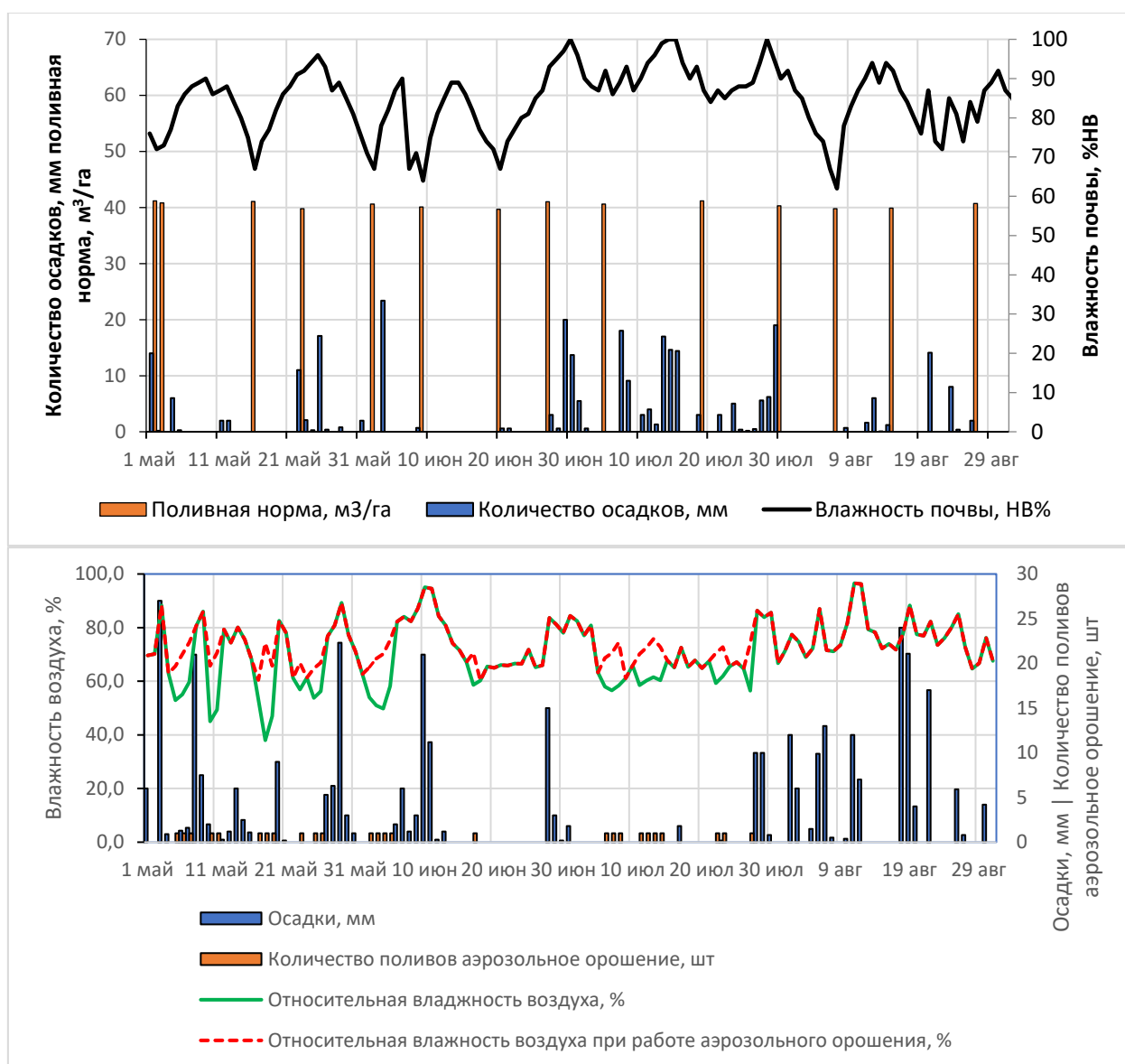


Рисунок 2 - Динамика влажности почвы и режим орошения комбинированной системы при поливе деревьев в косточковом саду

Выбор способа и режима орошения должен базироваться на учете видовой специфики растений и их потребности в воде. Эффективное управление водным режимом является критически важным фактором, оказывающим непосредственное влияние на биометрические показатели роста и качественные характеристики продукции, что в итоге определяет экономическую эффективность производства посадочного материала [9].

Наблюдения при традиционном способе полива дождеванием выявили характерную динамику водного стресса у косточковых культур в течение межполивного цикла. На начальном этапе растения подвергаются воздействию стрессовых условий, обусловленных переувлажнением (до 500 м³/га). В последующем, к концу межполивного периода, отмечается развитие влагодефицита, продолжительность которого в среднем составляет 30 суток.

Для нивелирования негативных последствий данной динамики был предложен комбинированный режим орошения, интегрирующий капельное орошение и аэрозольное увлажнение [10]. Рекомендуемый режим предусматривает проведение 18 вегетационных поливов со средней поливной нормой 40,0 м³/га и 42 полива мелкодисперсного увлажнения с нормой 0,3 м³/га.

Предложенный комплексный подход обеспечивает раздельное регулирование ключевых параметров среды:

1. Капельное орошение (норма 40,0 м³/га) поддерживает оптимальную влажность в корнеобитаемом слое почвы, гарантируя непрерывное бесстрессовое водообеспечение.

2. Мелкодисперсное увлажнительное дождевание (норма 0,3 м³/га) позволяет осуществлять оперативный контроль параметров микроклимата (температуры и относительной влажности воздуха) в приземном слое и зоне кроны, способствуя исключению моментов депрессии фотосинтеза при высоких температурах

Комбинированный результат от применения данной технологии способствует значительной интенсификации ростовых процессов, что выражается в достоверном увеличении биометрических показателей саженцев черешни и создании благоприятных условий для развития их ассимиляционного аппарата, особенно в периоды термического стресса [11].

Получены следующие биометрические показатели по сравнению с контролем:

- увеличение диаметра штамба до 44,0%;
- увеличение листовой поверхности до 34,0%;
- увеличение высоты саженцев до 25,0%
- увеличение выхода саженцев с 1 га до 30,0%.

Полученные данные показывают обоснованность применения комбинированной системы орошения при выращивании саженцев черешни в Нечерноземной зоне России.

Библиографический список

1. Гжибовский, С. А. Капельное орошение – один из способов повышения эффективности возделывания сельскохозяйственных культур / С. А. Гжибовский, А. А. Терпигорев, А. В. Грушин // Вопросы мелиорации. – 2014. – № 3. – С. 46-56. – EDN XRUYTZ.
2. Ясониди, О. Е. Капельное орошение яблоневого сада / О. Е. Ясониди, В. Д. Калинин, Е. О. Ясониди // Садоводство и виноградарство. – 2005. – № 6. – С. 8-10. – EDN PCUMTB.
3. Гжибовский, С. А. Новые композиционные материалы для систем микроорошения в начале XXI в / С. А. Гжибовский, А. А. Терпигорев, А. В. Грушин // Государственная власть и крестьянство в XIX - начале XXI века : сборник статей, Коломна, 26–28 октября 2017 года / Ответственный редактор А.И. Шевельков. – Коломна: Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области "Государственный социально-гуманитарный университет", 2018. – С. 341-348. – EDN UWYNSI.
4. Сторчоус, В. Н. Капельное орошение - резерв эффективности использования земли, воды и энергии / В. Н. Сторчоус // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5(55). – С. 30-33. – EDN SWOSRI.
5. Гжибовский, С. А. Капельное орошение овощных культур и саженцев / С. А. Гжибовский, Д. В. Булгаков, Д. А. Лебедев // Актуальные вопросы современной науки и инноватики: Сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции, Уфа, 16 июня 2023 года. Том Часть 1. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2023. – С. 63-72. – EDN HXQSEI.
6. Дубенок, Н. Н. Исследование и режим работы комбинированной системы капельного орошения с аэрозольным увлажнением для возделывания черешневого сада / Н. Н. Дубенок, С. А. Гжибовский, А. В. Гемонов // Овощи России. – 2024. – № 6. – С. 128-136. – DOI 10.18619/2072-9146-2024-6-128-136. – EDN UXAOVC.
7. Гжибовский, С. А. Научно-обоснованный режим орошения саженцев черешни при комбинированном поливе в условиях дерново-подзолистых почв / С. А. Гжибовский // МЕЛИОРАЦИЯ БУДУЩЕГО: тренды, инновации и технологии в сельском хозяйстве : материалы Международного Форума молодых ученых, посвященного 100-летию образования ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, Москва, 28–29 марта 2024 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, 2024. – С. 127-133. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.68.30.020. – EDN RZIGWQ.
8. Актуализированные программные методы расчёта водопотребления и проектных норм орошения в рамках современных требований, с учетом биоклиматического потенциала сельскохозяйственных культур, наилучших доступных аграрных технологий и пространственно-временной изменчивости почвенно-климатических условий : Методические рекомендации / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин, Т. А. Капустина [и др.]. – Коломна : ИП "Лавренов А.В.", 2020. – 112 с. – ISBN 978-5-6045282-4-2. – EDN QKUDDF.
9. Шкура, В. Н. Компонентные решения модулей оросительной сети капельно орошаемых древесно-плодовых растений, культивируемых в садовых насаждениях / В. Н. Шкура, А. С. Штанько //

Мелиорация и гидротехника. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 157-173. – DOI 10.31774/2712-9357-2021-11-4-157-173. – EDN UCLTIU.

10. Терпигорев, А. А. Мелкодисперсное дождевание как способ регулирования микроклимата / А. А. Терпигорев, А. В. Грушин, С. А. Гжибовский // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия - основа эффективного использования мелиорированных земель : Материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ, Тверь, 27 сентября 2017 года / Федеральное агентство научных организаций; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель»; ответственные за выпуск: О.Н. Анциферова, Т.Н. Пантелеева. Том Книга 2. – Тверь: Тверской государственный университет, 2017. – С. 141-149. – EDN XTMRRP.

11. Бабинцева, Н. А. Факторы, оказывающие влияние на формирование продуктивности и распределение нагрузки урожаем в кронах деревьев яблони в интенсивном саду / Н. А. Бабинцева, В. С. Кириченко // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2024. – Т. 26, № 1(127). – С. 39-44. – DOI 10.34919/ИМ.2024.40.79.006. – EDN JOQKXK.

References in roman script

1. Gzhibovskiy, S. A. Kapel'noe oroshenie – odin iz sposobov povysheniya effektivnosti vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur / S. A. Gzhibovskiy, A. A. Terpigorev, A. V. Grushin // Voprosy melioratsii. – 2014. – № 3. – S. 46-56. – EDN XRUYTZ.

2. Yasonidi, O. E. Kapel'noe oroshenie yablonevogo sada / O. E. Yasonidi, V. D. Kalinin, E. O. Yasonidi // Sadovodstvo i vinogradarstvo. – 2005. – № 6. – S. 8-10. – EDN PCUMTB.

3. Gzhibovskiy, S. A. Novye kompozitsionnye materialy dlya sistem mikroorosheniya v nachale XXI v / S. A.

Gzhibovskiy, A. A. Terpigorev, A. V. Grushin // Gosudarstvennaya vlast' i krest'yanstvo v KhIKh - nachale KhIKh veka : sbornik statey, Kolomna, 26–28 oktyabrya 2017 goda / Otvetstvennyy redaktor A.I. Shevel'kov. – Kolomna: Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya Moskovskoy oblasti "Gosudarstvennyy sotsial'no-gumanitarnyy universitet", 2018. – S. 341-348. – EDN UWYNSI.

4. Storchous, V. N. Kapel'noe oroshenie - rezerv effektivnosti ispol'zovaniya zemli, vody i energii / V. N. Storchous // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 5(55). – S. 30-33. – EDN SWOSRI.

5. Gzhibovskiy, S. A. Kapel'noe oroshenie ovoshchnykh kul'tur i sazhentsev / S. A. Gzhibovskiy, D. V. Bulgakov, D. A. Lebedev // Aktual'nye voprosy sovremennoy nauki i innovatiki: Sbornik nauchnykh statey po materialam II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ufa, 16 iyunya 2023 goda. Tom Chast' 1. – Ufa: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu "Nauchno-izdatel'skiy tsentr "Vestnik nauki", 2023. – S. 63-72. – EDN HXQSEI.

6. Dubenok, N. N. Issledovanie i rezhim raboty kombinirovannoy sistemy kapel'nogo orosheniya s aerazol'nyim uvlazhneniem dlya vozdeleyvaniya cherezhnevogo sada / N. N. Dubenok, S. A. Gzhibovskiy, A. V. Gemonov // Ovoshchi Rossii. – 2024. – № 6. – S. 128-136. – DOI 10.18619/2072-9146-2024-6-128-136. – EDN UXAOVC.

7. Gzhibovskiy, S. A. Nauchno-obosnovannyy rezhim orosheniya sazhentsev cherezhni pri kombinirovannom polive v usloviyakh dernovo-podzolistykh pochv / S. A. Gzhibovskiy // MELIORATsIYA BUDUSHchEGO: trendy, innovatsii i tekhnologii v sel'skom khozyaystve : materialy Mezhdunarodnogo Forumy molodykh uchenykh, posvyashchennogo 100-letiyu obrazovaniya VNIIGiM im. A.N. Kostyakova, Moskva, 28–29 marta 2024 goda. – Moskva: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy

институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, 2024. – С. 127-133. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.68.30.020. – EDN RZIGWQ.

8. Aktualizirovannye programmnye metody rascheta vodopotrebleniya i proektnykh norm orosheniya v ramkakh sovremennykh trebovaniy, s uchetom bioklimaticheskogo potentsiala sel'skokhozyaystvennykh kul'tur, nailuchshikh dostupnykh agrarnykh tekhnologiy i prostranstvenno-vremennoy izmenchivosti pochvenno-klimaticheskikh usloviy : Metodicheskie rekomendatsii / G. V. Ol'garenko, S. S. Turapin, T. A. Kapustina [i dr.]. – Kolomna : IP "Lavrenov A.V.", 2020. – 112 s. – ISBN 978-5-6045282-4-2. – EDN QKUDDF.

9. Shkura, V. N. Komponovochnye resheniya moduley orositel'noy seti kapel'no oroshaemykh drevesno-plodovykh rasteniy, kul'tiviruemykh v sadovykh nasazhdeniyakh / V. N. Shkura, A. S. Shtan'ko // Melioratsiya i gidrotekhnika. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 157-173. – DOI 10.31774/2712-9357-2021-11-4-157-173. – EDN UCLTIU.

10. Terpigorev, A. A. Melkodispersnoe dozhdevanie kak sposob regulirovaniya mikroklimata / A. A. Terpigorev, A. V. Grushin, S. A. Gzhibovskiy // Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya - osnova effektivnogo ispol'zovaniya meliorirovannykh zemel' : Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ, Tver', 27 sentyabrya 2017 goda / Federal'noe agentstvo nauchnykh organizatsiy; Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie «Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut meliorirovannykh zemel'»; otvetstvennye za vypusk: O.N. Antsiferova, T.N. Panteleeva. Tom Kniga 2. – Tver': Tverskoy gosudarstvennyy universitet, 2017. – С. 141-149. – EDN XTMRRP.

11. Babintseva, N. A. Faktory, okazyvayushchie vliyanie na formirovanie produktivnosti i raspredelenie nagruzki urozhaem v kronakh derev'ev yabloni v intensivnom sadu / N. A. Babintseva, V. S. Kirichenko // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. – 2024. – Т. 26, № 1(127). – С. 39-44. – DOI 10.34919/IM.2024.40.79.006. – EDN JOQKXK.

Сведения об авторах

Гжибовский Сергей Александрович, старший научный сотрудник, Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская область, посёлок Радужный, SPIN-код: 4219-9236, AuthorID: 549400, ORCID: 0000-0001-6742-2417, gzhibowsky@ya.ru

Грушин Алексей Владимирович, и.о. заведующего научно-исследовательского отдела, Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская область, посёлок Радужный, gav.vniiraduga@yande.ru, AuthorID: 914880

Авторы заявляет об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Статья поступила в редакцию 21.11.2025г.

Для цитирования: Гжибовский С.А., Грушин А.В. Обоснование применения комбинированной системы орошения косточкового сада в условиях центральной части Нечернозёмной зоны России//Вестник мелиоративной науки. 2025.№4. С. 112-123.

Information about the author

Gzhibovsky Sergey Aleksandrovich, the leading researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny, gzhibowsky@ya.ru

Grushin Aleksey Vladimirovich, acting Head of Scientific and Research Laboratory, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhny

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 21.11.2025.

For citations Gzhibovsky S. A., Grushin A.V. Approving of Combined Irrigation System, Operating in the Stone-Fruit Orchard under Conditions of the Central Non-Black-Soil Zone of Russia// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. C. 112-123.

Экономическая стоимость земель сельскохозяйственного назначения

Девяткина Юлия Петровна

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

Аннотация. В статье представлен анализ экономической стоимости земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации, раскрыты цели экономической оценки земель, которые служат основой для налогообложения, арендной платы и принятия управленческих решений. Рассматривается понятие земли как природного объекта и актива, генерирующего доход. Описаны правовые и методические основы оценочной деятельности, включая актуальную нормативную базу (Федеральные законы № 135-ФЗ, 237-ФЗ, Земельный кодекс РФ) и их влияние на определение кадастровой и рыночной стоимости. Особое внимание уделено проблеме расхождения между кадастровой и рыночной стоимостью, а также роли экономической оценки в решении практических задач. В работе проанализированы ключевые подходы к оценке — доходный и затратный, с выделением специфики их применения к сельскохозяйственным угодьям.

Статья посвящена комплексному анализу экономической стоимости земель, рассматривая её в дуалистической парадигме: как уникального природного объекта и как актива, генерирующего доход. Подчеркивается многофункциональность земли, выполняющей продовольственную, ресурсную, экологическую и пространственно-территориальную роли.

Отмечается принцип наилучшего и наиболее эффективного использования. Подробно разбираются факторы, влияющие на стоимость, такие как плодородие, местоположение и мелиоративное состояние, а также подход к оценке ущерба от деградации почв, в частности эрозии.

Статья представляет собой систематизированный обзор методов и целей экономической оценки земель. Результаты оценки являются критически важными для решения практических задач.

В заключении обосновывается необходимость учета продуктивности и местоположения земельных участков для формирования адаптивных систем землепользования и справедливого изъятия земельной ренты.

Ключевые слова: земли сельскохозяйственного назначения, экономическая оценка, кадастровая стоимость, рыночная стоимость, земельная рента, нормативно-правовая база, плодородие, эффективное использование.

Review article

Economic Value of Farming Lands

Devyatkina Julia Petrovna

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 is dedicated to the analysis of economic value of farming lands in Russian Federation and reveals the goals of their economic value evaluation that is used as the base for taxation and for managerial decisions taking. There is also presented a notion of land as natural object and active, generating revenue. The legal and methodic foundations for valuation activities are described, including actual statutory framework (Federal laws # 135FZ, 237FZ, Land Codex RF) and their impact on the kadastral value estimation. The most attention is taken to the problem of divergence between kadastral and market value, as well as the role of the economic evaluation in the practical issues solution. The key approaches to the evaluation – a gainful and cost-based one are analyzed, specifying their application for farming lands.

The article is dedicated to the complex analysis of economic evaluation of land, looking at it in a dualistic paradigm: as uncial nature object and as an active generating income. The multi-functional nature of land, performing food, resource, ecologic and space-territorial functions is stressed.

The principle of the best and the most effective use is stressed. The factors influencing the value of the land such as fertility, location and meliorative conditions are studied circumstantially, as well as an approach to soil harm evaluation - its degradation rates, including in particular erosion rate.

The article is presenting a systematic review of economic land evaluation methods and goals. The evaluation results are strictly important for practical tasks solutions.

In the conclusion is specified necessity of land productivity and location registration it is important in forming of adaptive systems of land use and just taking of rent payments.

Keywords: farming lands, economic evaluation, kadastral value, land rent, norm and law base, fertility, effective use.

Введение. В системе «человек-природа» земля является критически важным компонентом, выполняющим продовольственную, ресурсную и пространственно-территориальную функции, так же является основой для агропроизводства, предоставляет минеральные и биотические ресурсы, а также формирует физическую основу для размещения населенных пунктов и инфраструктуры. Она служит не только пространственным базисом для размещения объектов производственной, коммерческой и жилищной инфраструктуры, но и выступает в качестве главного средства производства в аграрном и лесохозяйственном комплексах, обеспечивая продовольственную безопасность и ресурсную базу.

Помимо социально-экономических функций, земля является неотъемлемым структурным элементом биосферы, выполняющим средообразующую и экологическую роль. Она представляет собой аккумулятор и локатор природных ресурсов, тесно интегрированных с почвенным покровом.

Таким образом, земля синтезирует в себе функции жизненного пространства, системы жизнеобеспечения, среды обитания и сложной природно-антропогенной системы. Её ключевым атрибутивным свойством является биопродукционный потенциал — способность с другими факторами природной среды, продуцировать фитомассу, включая агрокультуры.

В теории оценки стоимости земля базируется на дуалистическом подходе. С одной стороны, земля воспринимается как природный объект, обладающий комплексом атрибутов (пространственным положением, рельефом, почвенным покровом, биоценозами), что обуславливает её ценность с экологической и социальной точек зрения, вне зависимости от способности генерировать доход. С другой стороны, земля анализируется как актив (объект недвижимости), где её стоимость определяется принципами полезности и наилучшего и наиболее эффективного использования, ориентированного на извлечение экономических выгод [1].

Оценочная деятельность в отношении земель сельскохозяйственного назначения в России имеет большую историю. Она развивалась в рамках создания земельного кадастра и была нацелена на получение интегральных показателей, отражающих дифференциацию земель по их качеству. Задачей кадастровой оценки являлось обеспечение базы для сопоставления результатов хозяйственной деятельности с учётом свойств земли и методов её эксплуатации, а так же: формирование земельного налогообложения и арендной платы; используется для расчета госпошлин с земельных участков; обеспечивает прозрачный и объективный механизм оценки разрешенного землепользования, согласно Приказу Росреестра от 04.08.2021 N П/0336 (ред. от 11.09.2024) [2].

Современная правовая база для определения кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации формируется в соответствии с [3]:

- Федеральный закон от 29.07.1998г. № 135-ФЗ «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» [4];
- Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ [5];
- Федеральный закон от 22.07.2010г. № 167 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [6];
- Федеральный закон от 03.07.2016 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке» [7].

Стоит отметить важность оценки стоимости сельскохозяйственных земель во многих ситуациях: при их покупке или продаже, использовании в качестве залога для кредита, передаче в уставный капитал бизнеса. Также оценка нужна, если земле нанесен ущерб, при постановке ее на учет предприятия и для определения кадастровой стоимости.

Стоимость земли на рынке в первую очередь определяется тем, насколько эффективно ее можно использовать. При этом «наиболее эффективное» использование —

это не просто абстрактная идея, а конкретный вариант, который является реальным, законным, финансово оправданным и приносит самую высокую отдачу.

Определение наиболее эффективного использования — это профессиональное суждение оценщика, основанное на анализе текущей рыночной конъюнктуры. Цель такого анализа — выявить вариант использования земли, который будет не только доходным и конкурентоспособным, но и обеспечит максимальную рыночную стоимость объекта. Чтобы сформировать первоначальное мнение о наиболее эффективном использовании, оценщик анализирует способы эксплуатации земли, которые являются законными и распространёнными в окружающей её территории, что позволяет сделать выводы с минимальными трудозатратами.

Следует сказать, что в основе рыночной и кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения лежит их потребительская ценность. Иными словами, стоимость зависит от той пользы, которую собственник извлекает из владения землей, и тех экономических выгод, которые она ему обеспечивает. Итоговая стоимость объекта складывается из оценки этой полезности и понесенных на его создание или приобретение затрат.

Кадастровая стоимость формально позиционируется как публичный эквивалент рыночной стоимости объекта недвижимости. Однако методология массовой оценки, применяемая для ее определения, не учитывает индивидуальные характеристики конкретных земельных участков, что приводит к расхождению с реальной рыночной ценой. В большинстве случаев итогом является существенное завышение кадастровой стоимости, что в целом делает продажу конкретного участка земли невозможным.

Согласно Земельному кодексу РФ [5], использование земли осуществляется на платной основе, что реализуется через земельный налог и арендную плату. В целях налогообложения и в предусмотренных законом ситуациях используется кадастровая стоимость земельного участка. Как установлено статьей 66 Земельного Кодекса РФ [5], её определение происходит в рамках государственной кадастровой оценки, если для участка не установлена рыночная стоимость.

Кадастровая оценка применяется государством как замещающий метод в условиях, когда проведение своевременной рыночной оценки обширного массива объектов нецелесообразно или невозможно. Причины этого — значительное количество объектов, а также недостаток актуальной рыночной информации для некоторых категорий участков вследствие неразвитости рынка или иных факторов.

Каждый участок земли обладает уникальным набором природных свойств, которые подлежат оценке по установленным критериям. Эти свойства варьируются в зависимости

от целевого назначения земли — например, для выращивания лесов требуются одни параметры, а для растениеводства другие. Следовательно, и методики оценки должны адаптироваться под конкретные цели использования земель [2]. На рисунке 1 приведена схема комплексной системы оценки земельных участков, включающая различные методы.

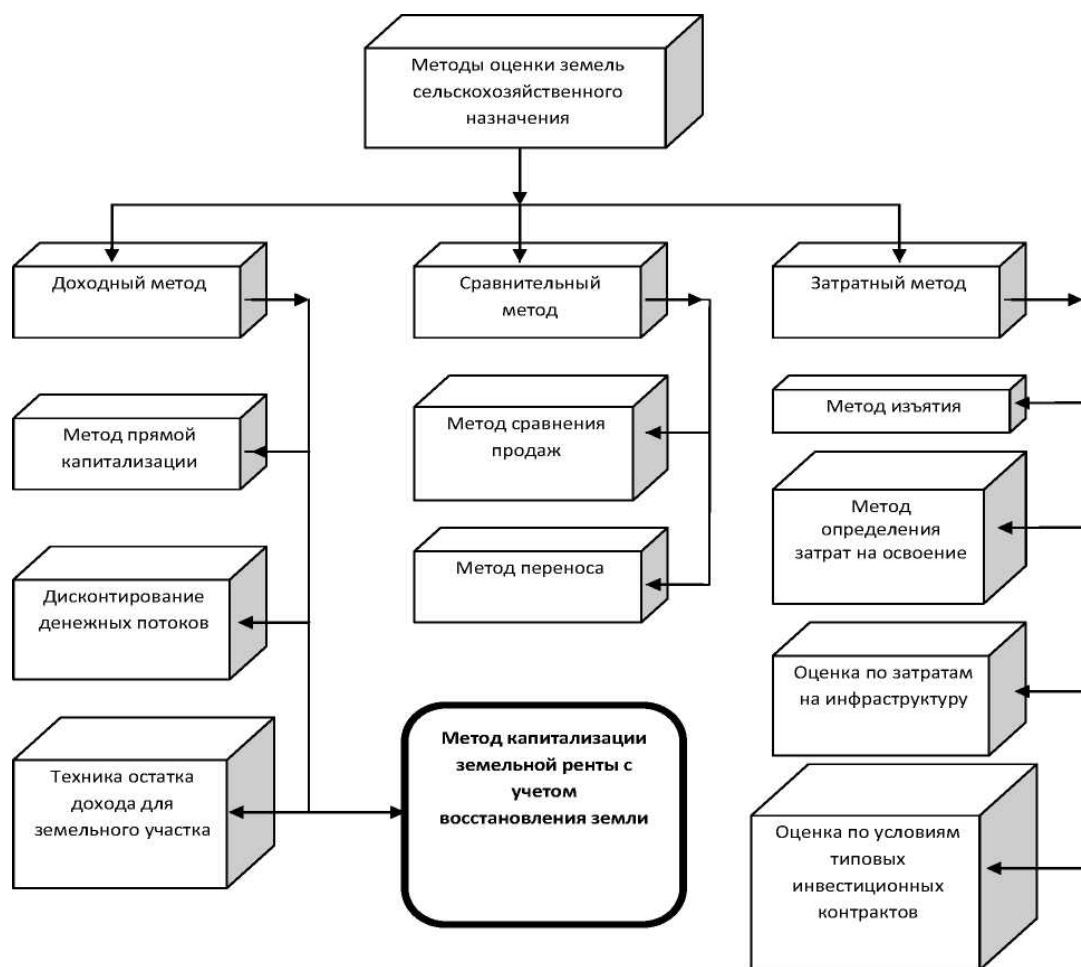


Рисунок 1 - Комплексная система оценки земельных участков [8]

Оценка рыночной стоимости сельскохозяйственных угодий формируется на стандартных принципах и методах, применяемых к объектам недвижимости, однако адаптируется с учётом отраслевой специфики. Ключевые отличия проявляются в следующих аспектах: расчёт доходов и расходов; принцип наилучшего использования; специфика выбора элементов сравнения, критериев градации и отбора объектов-аналогов.

Формирование рыночной стоимости земель преимущественно опирается на сравнительный и доходный методы. При этом в регионах с неразвитым рынком и недостатком данных о сделках доходный подход часто становится единственно применимым методом для оценки сельскохозяйственных угодий [9]. Его можно рассчитать по формуле:

$$PC_{зу} = \frac{ЗР}{C_k}, \quad (1)$$

где РСзу - рыночная стоимость земельного участка; ЗР - земельная рента, рассчитанная как чистый операционный доход, получаемый при выращивании основной сельскохозяйственной культуры в регионе; Ск - ставка дисконтирования (капитализации) [8].

Затратный подход не используется для оценки самой земли, поскольку она, как невозпроизводимый природный ресурс, не имеет стоимости создания. То есть, как природный ресурс, земля не является продуктом человеческого труда и не подлежит искусственному воспроизводству. Однако этот метод применяется не к земле, а к тому, что на нее «добавил» человек: постройкам, дренажным системам, садам и другим улучшениям [9].

На стоимость участков сельскохозяйственного назначения влияют также различные факторы, характеризующие состояние земель. Для мелиоративной отрасли АПК важное значение имеют показатели мелиоративного состояния: близость к поверхности уровня грунтовых вод, степень заболоченности, засоленности почв, эродированность почвенного покрова и др., а также показатели культуртехнического состояния, в том числе залесенность, каменистость участка и др. В ФГБНУ ВНИИ «Радуга» разработан подход оценки эколого-экономических ущербов, связанных с деградацией почвенного покрова, который рекомендуется учитывать при оценке стоимости земельного участка. Для эрозии используется следующая зависимость:

$$C = \Sigma C_{\text{on-site}} + \Sigma C_{\text{off-site}}, \quad (2)$$

где C – сумма эколого-экономических ущербов всех возникших последствий эрозии; $\Sigma C_{\text{on-site}}$ – то же для локальных эффектов; $\Sigma C_{\text{off-site}}$ – то же для внешних эффектов [10, 11, 12].

Подводя итог выше сказанному, стало понятно, что определение итоговой величины рыночной стоимости осуществляется на основе синтеза результатов, полученных методами в рамках допустимых подходов. Применение всего спектра подходов не представляет собой обязательного условия. Оценщик в праве выбрать и обосновать использование тех методов и подходов, которые являются наиболее адекватными и проверяемыми в условиях конкретной оценочной задачи, исходя из характеристик актива и доступной информационной базы [9].

Ключевой целью экономической оценки земель является комплексное определение для каждого сельскохозяйственного предприятия:

1. Продуктивности земель и экономической эффективности их использования, рассчитываемых с учетом как природного потенциала, так и объективных экономических условий.

2. Производительности общественного труда при эксплуатации земельных участков различного качества.

Результаты экономической оценки земель служат информационной основой для решения ключевых задач таких, как: анализ эффективности деятельности собственников, землевладельцев, землепользователей и арендаторов; обеспечение стабильного функционирования и развития рынка земли; подготовка и обоснование решений о предоставлении и изъятии земельных участков; определение размеров земельного налога, арендной платы и нормативной цены земли; расчет компенсационных выплат в соответствии с законодательством Российской Федерации; формирование и регулирование земельного фонда различных форм собственности (государственной, муниципальной, частной) [13].

Заключение

Почва представляет собой уникальную природную систему, способную в течение длительного времени выполнять свои глобальные функции, включая роль основного средства сельскохозяйственного производства. Ключевым условием для этого является эффективное и рациональное использование, основанное на учете специфики протекающих в ней биогеохимических процессов.

Человек в результате направленной мелиоративной и почвозащитной деятельности способствует улучшению агрофизических и биохимических характеристик почв, повышая уровень их потенциального плодородия. Однако, в результате этих улучшений, трансформация почвенного покрова характеризуется значительно более высокой скоростью по сравнению с естественными процессами, что в ряде случаев может приводить к негативным и необратимым последствиям.

Исторически целью оценки земель являлось определение доходности, получаемой от идентичных вложений труда и капитала на единицу площади, варьирующей по качественным и локационным характеристикам.

Предметом земельной оценки является конкретный участок, учитываемый в комплексе его свойств, которые определяют продуктивность и экономическую эффективность его использования. Эти свойства включают почвенные признаки, пространственные параметры (размер, конфигурация, рельеф) и иные условия, влияющие на конечный выход продукции и уровень производственных издержек.

Ценность конкретного участка в первую очередь определяется показателями его плодородия. Наряду с этим, местоположение участка оказывает комплексное влияние на экономику производства: оно обуславливает не только дополнительные транспортные расходы, но и потенциальную интенсивность использования земли.

Учет указанных условий обеспечивает объективную оценку доходности земельных участков. Это служит основой для установления размера земельного налога и иных форм изъятия земельной ренты, регулирующих экономические отношения между субъектом права на землю (собственником, пользователем, арендатором) и государством.

Современная почвенная оценка ставит своей главной задачей разработку адаптивных систем землепользования для различных природных зон РФ. Эта цель достигается за счет всестороннего изучения, инвентаризации и диагностики состояния почвенного покрова [14].

Библиографический список

1. Грибовский, С. В. Оценка стоимости недвижимости : учебник / С. В. Грибовский, Е. Н. Иванова, Д. С. Львов, О. Е. Медведева. — Москва : ИНТЕРРЕКЛАМА, 2003. — 704 с. — ISBN 5-8137-0098-6. — Текст : непосредственный.
2. Оккель, С. А. Определение кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения / С. А. Оккель // Дальневосточный аграрный вестник. — 2014. — № 3 (31). — С. 48–54. — EDN TMWTED. — Текст : непосредственный.
3. Желясков, А. Л. Государственная кадастровая оценка земель. Оценка сельскохозяйственных угодий : учебное пособие / А. Л. Желясков ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова». — Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2023. — 159 с. : ил. — Библиогр.: с. 154–156. — 30 экз. — ISBN 978-5-94279-587-0. — Текст : непосредственный.
4. Об оценочной деятельности в Российской Федерации: федеральный закон от 29.07.1998 г. № 135-ФЗ. — Текст : электронный // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19586/ (дата обращения: 24.10.2025г.).
5. Земельный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ. — Текст : электронный // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения: 24.10.2025г.).
6. О внесении изменений в Федеральный закон "Об оценочной деятельности в Российской Федерации" и отдельные законодательные акты Российской Федерации" : федеральный закон от 22.07.2010 г. № 167-ФЗ. — Текст : электронный // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102852/ (дата обращения: 24.10.2025г.).
7. О государственной кадастровой оценке : федеральный закон от 03.07.2016 г. № 237-ФЗ. — Текст : электронный // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200504/ (дата обращения: 24.10.2025г.).
8. Коршунов, В. К. Экономическая палитра развития и оценки рынка земель сельскохозяйственного назначения в условиях проводимых реформ / В. К. Коршунов, А. Г. Светлаков // Аграрный вестник Урала. — 2015. — № 8 (138). — С. 81–85. — EDN UMKWYB. — Текст : непосредственный.

9. Шевченко, О. Ю. Особенности оценки в определении рыночной стоимости земель сельскохозяйственного назначения / О. Ю. Шевченко, Д. И. Монахов // Экономика и экология территориальных образований. — 2017. — № 4. — С. 54–58. — DOI: 10.23947/2413-1474-2017-4-54-58. — EDN ZSNGBV. — Текст : непосредственный.

10. Эрозия почвы как фактор, оказывающий влияние на урожайность продукции сельского хозяйства / Л. С. Чикалова // Экология и строительство. — 2023. — № 3. — С. 13-20. — DOI 10.35688/2413-8452-2023-03-002. — EDN POLBYB.

11. Экономические риски последствий эрозии как элемент оценки технического уровня гидромелиоративных систем / С. В. Брыль, М. С. Зверьков // Экология и строительство. — 2019. — № 2. — С. 43-49. — DOI 10.35688/2413-8452-2019-02-006. — EDN PGNKNT.

12. Оценка экономического риска снижения урожайности озимой пшеницы в результате эрозии почв с использованием данных космического спутника Sentinel-2 / М. С. Зверьков, И. С. Мазурова // Московский экономический журнал. — 2024. — Т. 9, № 12. — С. 141-157. — DOI 10.55186/2413046X_2024_9_12_463. — EDN YXVVGK.

13. Чешев, А. С. Земельный кадастр : учебник для вузов / А. С. Чешев, И. П. Фесенко. — Москва : Издательство ПРИОР, 2000. — 368 с. — ISBN 5-7990-0440-X. — Текст : непосредственный.

14. Оценка почв : учебник / В. П. Власенко, А. В. Осипов, З. Р. Шеуджен. — Краснодар : КубГАУ, 2021. — 157 с. — Текст : непосредственный.

References in roman script

1. Gribovskiy, S. V. Otsenka stoimosti nedvizhimosti : uchebnyk / S. V. Gribovskiy, E. N. Ivanova, D. S. L'vov, O. E. Medvedeva. — Moskva : INTERREKLAMA, 2003. — 704 s. —

ISBN 5-8137-0098-6. — Tekst : neposredstvennyy.

2. Okkel', S. A. Opredelenie kadaastrovoy stoimosti zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya / S. A. Okkel' // Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. — 2014. — № 3 (31). — S. 48–54. — EDN TMWTED. — Tekst : neposredstvennyy.

3. Zhelyaskov, A. L. Gosudarstvennaya kadaastrovaya otsenka zemel'. Otsenka sel'skokhozyaystvennykh ugodyy : uchebnoe posobie / A. L. Zhelyaskov ; Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii, Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Permskiy gosudarstvennyy agrarno-tekhnologicheskyy universitet imeni akademika D. N. Pryanishnikova». — Perm' : IPTs «Prokrost», 2023. — 159 s. : il. — Bibliogr.: s. 154–156. — 30 ekz. — ISBN 978-5-94279-587-0. — Tekst : neposredstvennyy.

4. Ob otsenochnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii: federal'nyy zakon ot 29.07.1998 g. № 135-FZ. — Tekst : elektronnyy // Konsul'tantPlyus : spravochno-pravovaya sistema. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_d oc_LAW_19586/ (data obrashcheniya: 24.10. 2025g.).

5. Zemel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii : federal'nyy zakon ot 25.10.2001 g. № 136-FZ. — Tekst : elektronnyy // Konsul'tantPlyus : spravochno-pravovaya sistema. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_d oc_LAW_33773/ (data obrashcheniya: 24.10. 2025g.).

6. O vnesenii izmeneniy v Federal'nyy zakon "Ob otsenochnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii" i otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii" : federal'nyy zakon ot 22.07.2010 g. № 167-FZ. — Tekst : elektronnyy // Konsul'tantPlyus : spravochno-pravovaya sistema. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_d oc_LAW_102852/ (data obrashcheniya: 24.10.2025g.).

7. О государственной кадастровой оценке : федеральный закон от 03.07.2016 г. № 237-ФЗ. — Текст : электронный // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200504/ (дата обращения: 24.10.2025г.).
8. Korshunov, V. K. Ekonomicheskaya palitra razvitiya i otsenki rynka zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya v usloviyakh provodimykh reform / V. K. Korshunov, A. G. Svetlakov // Agrarnyy vestnik Urala. — 2015. — № 8 (138). — S. 81–85. — EDN UMKWYB. — Текст : непосредственный.
9. Shevchenko, O. Yu. Osobennosti otsenki v opredelenii rynochnoy stoimosti zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya / O. Yu. Shevchenko, D. I. Monakhov // Ekonomika i ekologiya territorial'nykh obrazovaniy. — 2017. — № 4. — S. 54–58. — DOI: 10.23947/2413-1474-2017-4-54-58. — EDN ZSNGBV. — Текст : непосредственный.
10. Eroziya pochvy kak faktor, okazyvayushchiy vliyanie na urozhaynost' produktsii sel'skogo khozyaystva / L. S. Chikalova // Ekologiya i stroitel'stvo. — 2023. — № 3. — S. 13-20. — DOI 10.35688/2413-8452-2023-03-002. — EDN POLBYB.
11. Ekonomicheskie riski posledstviy erozii kak element otsenki tekhnicheskogo urovnya gidromeliorativnykh sistem / S. V. Bryl', M. S. Zver'kov // Ekologiya i stroitel'stvo. — 2019. — № 2. — S. 43-49. — DOI 10.35688/2413-8452-2019-02-006. — EDN PGNKNT.
12. Otsenka ekonomicheskogo riska snizheniya urozhaynosti ozimoy pshenitsy v rezul'tate erozii pochv s ispol'zovaniem dannykh kosmicheskogo sputnika Sentinel-2 / M. S. Zver'kov, I. S. Mazurova // Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal. — 2024. — T. 9, № 12. — S. 141-157. — DOI 10.55186/2413046X_2024_9_12_463. — EDN YXVVGK.
13. Cheshev, A. S. Zemel'nyy kadastr : uchebnik dlya vuzov / A. S. Cheshev, I. P. Fesenko. — Moskva : Izdatel'stvo PRIOR, 2000. — 368 s. — ISBN 5-7990-0440-Kh. — Текст : непосредственный.
14. Otsenka pochv: uchebnik / V. P. Vlasenko, A. V. Osipov, Z. R. Sheudzhen. — Krasnodar: KubGAU, 2021. — 157 s. — Текст: непосредственный.

Сведения об авторе

Девяткина Юлия Петровна, младший научный сотрудник, Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, yuliad86@mail.ru

Автор заявляет об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Статья поступила в редакцию 17.11.2025г.

Для цитирования: Девяткина Ю. П. Экономическая стоимость земель сельскохозяйственного назначения // Вестник мелиоративной науки. 2025. №4. С. 124-134.

Information about the author

Devyatkina Julia Petrovna, 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, yuliad86@mail.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 17.11.2025.

For citations: Devyatkina J. P Economic Value of Farming Lands// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. C. 124-134.

Проблема водообеспечения и водосбережения в России

Коломеец Анастасия Валерьевна^{1,2}

Научный руководитель – Каблуков Олег Викторович²

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

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева» (сокр. ФГБОУ ВО «РГАУ — МСХА имени К. А. Тимирязева»).

Аннотация. В данной статье рассматриваются актуальные проблемы водопользования в России, связанные с загрязнением водных объектов, изношенностью гидротехнических сооружений и неравномерным распределением пресных водных ресурсов. На фоне роста антропогенной нагрузки и прогнозируемого совпадения объёмов потребления пресной воды с её доступными запасами к 2035–2045 гг., особое внимание уделяется внедрению эффективных технологий орошения. Анализируются показатели загрязнения сточными водами, экономический ущерб от деградации водных ресурсов и потенциал капельного орошения как средства снижения водных и энергетических затрат в сельском хозяйстве.

Устойчивость водных ресурсов России требует бережного и рационального использования, развития и внедрения новейших передовых технологий, обеспечивающих качество питьевой воды и воды, применяемой в мелиорации для выращивания растений. Данные мероприятия по ужесточению мер к очистным сооружениям позволят сократить сбросы загрязняющих веществ и поспособствуют вторичному использованию воды. Проведение экспертной оценки технического состояния для определения мероприятий по оптимизации, восстановлению стареющей гидротехнической инфраструктуры и регулированию распределения воды между сельхозпредприятиями, промышленностью, ЖКХ и энергетикой.

Учитывая прогнозируемый дефицит пресной воды в середине века, внедрение водосберегающих технологий имеет масштабное ключевое значение. На сегодняшний день система капельного орошения позволяет ускорить созревания выращиваемых культур, обеспечив достаточное количество влаги для нормального роста и развития растений и повышение урожайности в 1,5–2 раза. Минимизирует потребление водных ресурсов, чем оправдывает свое применение, значительно повышая производительность в сельском хозяйстве и одновременно сокращая затраты на обработку, что делает её актуальной для обеспечения водной безопасности.

Ключевые слова: водообеспечение, водопотребление, водные ресурсы, гидротехническая инфраструктура, системы капельного орошения.

Review article

Water Supply and Water Saving Issues in Russia

Kolomeets Anastasia Valerievna^{1,2}, Research Advisor – Kablukov Oleg Viktorovich²

¹Federal State Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhnyj

Annotation. This article presents a review of some actual problems in water use in Russia, connected with water objects pollution, water control structures wear, and not equal sweet water resources distribution. On the background of anthropogenic pressure and forecasted coincidence of sweet water consumption volumes with its accessible storages in 2035-2045, the main attention is paid to effective irrigation methods application. Analyzing data on pollution with sewage, we can see economic harm caused by water resource degradation and potential of drip irrigation as a method that may cut down water and energy consumption in farming.

Russian water resources stability demands careful and rational water use, development and application of modern technologies that ensure drinking water quality and water used in melioration for plant growing. The mentioned activities in more strict control of cleaning constructions may enable to cut down polluting materials running off and make the secondary water use possible. Expert examination of technical condition is obligatory before some optimization activities performing: wearing hydro-technical structure reconstruction, and managing water distribution between farms, industry, housing and municipal facilities and energy supplying companies.

Keeping in mind predicted sweet water deficit in the middle of century, the application of water-saving technologies has the key importance. Nowadays, a drip irrigation system enables fast farming crops ripening, providing enough water for plant growth and development and increases yield in 1.5 -2 times. It minimizes water resources consumption, drip irrigation strongly approves its application, significantly rising productivity in farming and simultaneously cutting down cultivation costs, so it can provide water security.

Keywords: water supply, water consumption, water resources, hydro-technical infrastructure, drip irrigation systems.

Введение. По количеству запасов пресной воды Россия занимает одно из лидирующих мест после Бразилии и насчитывает около 4500 км³, что примерно приравнивается к 30,5 тыс. м³ на 1 душу населения. Суммарное количество запасов пресной воды России, включая Байкал, составляет 1 521 000 км³. Общее потребление пресной воды в мире в 1000 раз больше, чем всех вместе взятых видов промышленного сырья, что делает её самым востребованным ресурсом, согласно ГОСТ 17.1.2.03-90 [1].

Однако, как и во многих странах, в нашей стране за последние десятилетия остро стоит проблема с водообеспечением как в сельском хозяйстве, на нужды которого идет 70% пресной воды, так и в промышленности, в жилищно-коммунальном хозяйстве, гидроэнергетике, водного транспорта, рыбного хозяйства. Основные причины связаны с неравномерным распределением водных ресурсов (рисунок 1) [2] на территории страны, с антропогенной нагрузкой, отсутствием грамотного распределения водных ресурсов, нехваткой мероприятий по уходу и своевременному ремонту, пренебрежительным отношением к использованию водных источников.



Рисунок 1 – Обеспеченность стран водными ресурсами

Из-за неравномерности распределения водных источников и речной сети на территории страны можно выделить районы как густо заполненной речной сетью, так и слабо заполненной. За период 2014–2020 антропогенная нагрузка по введению и эксплуатации мелиорированных земель на площади около 840,1 тыс. гектаров, в том числе орошаемых земель на площади 466,2 тыс. гектаров, увеличилась в несколько раз, что негативно сказалось на количестве и качестве воды в источниках. Дефицит водных ресурсов негативно отображается на состоянии водных объектов, загрязненных сточными водами, а также ведет к их истощению и деградации примыкающих малых рек. Так как на сельское хозяйство отводится самый большой процент водообеспечения, то основная часть воды, используемой в сельском хозяйстве, приходится на почвенные воды, образующиеся за счет осадков. За воду происходит постоянная борьба и со стороны других отраслей экономики. Поэтому сельское хозяйство оказывается в сложном положении - нужно производить больше продовольствия и лучшего качества при меньшем использовании воды и без ущерба для экологии. Выходом стало внедрение и применение систем капельного орошения в мелиорации.

С каждым годом количество фермерских хозяйств и организаций склоняющихся к применению систем капельного орошения растет. Согласно справочным данным только с 1999 по 2014 год, площади под капельное орошение увеличились более чем в 50 раз и если изначально капельное орошение применялось в основном в теплицах, для выращивания бахчевых культур, томатов, салата, зелени, то в настоящее время

наблюдается тенденция применения капельного орошения и для выращивания продукции открытого грунта, так например при выращивании разных сортов капусты, лука, картофеля и других видов овощей, и уже не только в южных регионах страны, но в центральной части Сибири и на Урале. По статистике экспертно-аналитического центра агробизнеса показатели применения систем капельного орошения в России в 2014 году достигали 51 тыс. га, согласно данным эксплуатации ГМС - 2021 этот показатель достиг 120 тыс. га и продолжают расти [3].

Цель. Обеспечить рациональное и устойчивое использование водных ресурсов России, сократить загрязнение поверхностных и подземных вод, повысить эффективность сельскохозяйственного орошения за счёт широкого внедрения систем капельного орошения, чтобы к 2035 году обеспечить надёжное водоснабжение для всех отраслей экономики и населения.

Метод и объект исследования. Объяснение такого роста спроса на применение капельного орошения простое и обусловлено стремлением снизить издержки при выращивании качественного урожая, затратив меньшее количество энергии (до 30%) и воды (в 6–8 раз). Доказано, что при капельном орошении: культура созревает на 10–16 дней раньше; повышается экономия воды и удобрений за счет локального её внесения в прикорневой зоне растения; уменьшается количество прорастания сорняков, благодаря чему урожайность выше, тем самым повысить отдачу с единицы площади. Сухие междурядья облегчают проведение агротехнических мероприятий, связанных с улучшением аэрации корнеобитаемого слоя почвы, что предотвращает образование почвенной корки, как при дождевании, поливе по бороздам или полосам [4].

Растениеводческие хозяйства относительно недавно начали использовать российские капельные системы полива, которые пользуются спросом за счёт получения повышенной урожайности, потреблением меньшего количества энергии, а также ростом цен на водный ресурс. Сейчас в связи с применением хозяйствами капельных систем, повысился спрос на товарную продукцию, применяемую по данной технологии полива. В России одной из успешных компаний по изготовлению оборудования для систем капельного орошения с массовым выпуском данной продукции на рынок, стала ЗАО «Новый век Агротехнологий», под торговой маркой «Neo-Drip». Уже за 2013 год эта компания смогла обеспечить на 1,7 тыс. га сельскохозяйственных угодий страны, а в 2014 году этот показатель увеличился более чем в три раза и составил 5,4 тыс. га, что позволило фермерам закрыть 10,6% своих потребностей в капельных системах полива [5].

Росту и развитию капельного орошения в стране способствует появление на рынке компаний, производящий отечественное оборудование для подобных систем, таких как

ООО «Полипластик», ООО «IRRI-GO», ООО «ВИОЛА», ООО «TUBOFLEX» и другие.

Спрос и расширение производства данной технологии, подтверждает тенденцию заинтересованности сельхозпроизводителей использовать технологии позволяющие экономить водные и энергетические ресурсы. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) дефицит пресной воды в мире составляет огромную цифру - более 250 млрд кубометров в год, причем возможен трехкратный его рост уже в ближайшие десятилетия. С учетом того, что проблема голода на планете до сих пор не решена, а к 2030 г. население мира увеличится еще на 2 млрд человек, серьезная нагрузка ложится на плечи сельского хозяйства.

В итоге наблюдается тенденция, из которой следует, что у каждого из основных источников водных ресурсов имеется комплекс проблем, которые требуют поиска путей решения проблем, по их устранению [2].

Эксперты ФАО утверждают, что прокормить всех и добиться снижения количества голодающих можно только в том случае, если резко увеличится урожайность и качество продукции растениеводства. Устойчивый экономический рост в большинстве развивающихся стран может быть обеспечен только путем интенсификации сельского хозяйства.

Основой роста сельскохозяйственного производства является улучшение системы водопользования. Для роста аграрного производства нужно осуществить значительные частные и государственные капиталовложения в инфраструктуру, технологию, систему водопользования. На сегодняшний день на искусственное орошение приходится только 10% воды, используемой в аграрном производстве. В масштабах планеты орошаемые земли составляют всего 20% мировой пашни (277 млн га), но там производится 40% всей сельскохозяйственной продукции. Орошение играет огромную роль - когда недостаточно осадков, искусственное орошение помогает обеспечить производство продукции, повысить урожайность и рентабельность сельхозпроизводства. При этом, по подсчетам ученых, производительность на орошаемых полях в 3 раза выше, чем на обычных, получающих влагу за счет природных осадков [1].

В районах с ограниченными водными ресурсами эффективная ирригация может значительно увеличить сельскохозяйственное производство и обеспечить продовольственную безопасность. При этом доступ к водным ресурсам и ирригационным системам является главным фактором, определяющим продуктивность земель и стабильность урожаев [6, 7].

Для сельского хозяйства одним из путей решения проблемы стало массовое внедрение систем капельного орошения. Но возникли трудности с качеством воды, обусловленные напряженной обстановкой с неудовлетворительным качеством воды в водохозяйственной деятельности, которая усугубляется. Данная проблема водопользования России связана с чрезмерным загрязнением водных объектов, согласно данным в среднем за год сброс сточных вод в поверхностные водные объекты составляет около 54712 млн. м³, 36% из них это загрязненные сточные воды и 21% это сбросы без какой-либо очистки [8, 9].

В нашей стране есть такая пагубная статистика в плане нелегального сброса сточных вод без необходимой предварительной их очистки в ночное время, аварийных случаев на предприятиях, повлекших за собой сброс загрязненных сточных вод на очистных сооружениях, последствия которой отражаются и приводят к неизгладимым последствиям. Подобная практика привела к повышению содержания химических веществ в составе поверхностных и подземных вод, так, например в такие полноводные реки, как Волгу каждый год сбрасывается почти 175–180 тыс. т. химических веществ в год, в Енисей 30 тыс. т., в Обь почти 58 тыс. т. [10]

Максимальный уровень загрязнения вод достигается, как правило, в местах промышленного и сельскохозяйственного развития предприятий. Около 50% водообеспечения страны является не соответствующим санитарно-гигиеническим требованиям, что порождает целый комплекс заболеваний населения страны. Общий ущерб от загрязнения воды для населения и отраслей экономики Российской Федерации составляет более 100 млрд рублей в год.

Данная проблема связана не только с запасами, она связана с ожидаемыми изменениями касающихся тенденций водопотребления, которые отчетливо видны за последнее время, а также факторах, влияющих и определяющих дальнейшее развитие и формирование этих тенденции. Прогноз роста масштабного водопотребления в соотношении с наличием ресурсов пресных вод и учетом их потерь вследствие загрязнения, весьма проблематичен. Согласно приведенным данным и прогнозам учено-гидролога Дж. Родда, выразившего свое мнение о проблеме водообеспечения и водоснабжения около 10 лет назад, актуально и по сей день, что при сохранившихся тенденции развития антропогенного влияния опасность кризиса с обеспечением воды нарастает с каждым днем и поэтому важно искать пути грамотного и экономичного использования водных ресурсов. Учитывая эту статистику примерно к 2035–2045 годам объемы потребляемой пресной воды сравняются с её доступными сохранившимися ресурсами и с каждым годом эта проблема встает более остро [11].

Не менее важная проблема водопользования, заключается в износе, обслуживании и в неудовлетворительном состоянии гидротехнических сооружений и водопроводно-канализационного хозяйства, которые нуждаются в срочном ремонте или подлежат консервации, некоторые ликвидации из-за израсходования своих ресурсов. Таких гидротехнических сооружений на территории России насчитывается около 29,4 тысяч, физический износ которых оценивается в 65–70%, это более чем 334 тыс. км. [12] В срочном ремонте, замене нуждается 35%, это около 176 тыс. км, утечка из систем водоснабжения по официальным данным составляют 3,26 км³ в год. Из-за несоблюдения государственных положений и отсутствия нормативных критериев и деклараций безопасности среди малых гидротехнических сооружений, сказывается крайне пагубно на сложившуюся ситуацию [13, 14, 15, 16].

Результаты и обсуждения:

Запасы пресной воды в России значительны, но распределены неравномерно, и текущие тенденции потребления указывают на то, что к 2035–2045 годам объем используемой воды приблизится к минимально доступным ресурсам. Дефицит водных ресурсов – создает надвигающуюся угрозу по водообеспечению во всех основных секторах.

Ежегодная нагрузка по сбросу неочищенных или частично очищенных сточных вод в поверхностные водоемы составляет около 54 700 м³, из которых 36% загрязнены, а 21% сбрасывается без какой-либо очистки, из-за отсутствия в достаточном количестве очистных ГТС. В крупнейшие реки ежегодно поступает огромное количество химических загрязняющих веществ (например, в Волгу до 180 тонн), что приводит к ухудшению качества воды, которое в свою очередь создает риски для здоровья населения и фауны, и флоры водоема. Среднеголетние возобновляемые водные ресурсы России по новым современным данным оцениваются в 4324 км³/год, из которых 4118 км³ сформированы на территории страны, а 206 км³ – это приток с сопредельных территорий. В указанные величины, естественно, включаются и подземные воды, дренируемые речными системами [14, 17].

Суммарные величины водных ресурсов России достаточно велики, однако, несмотря на это, многие регионы России могут иметь и уже имеют очень серьезные региональные проблемы с водообеспечением экономики и населения. И главная причина в этом – крайне неравномерное распределение водных ресурсов по территории страны, которые не согласуются с потребностями в них, очень большой их временной изменчивостью (особенно в южных районах), высокой степенью загрязнения. Например, по величине местных водных ресурсов Южный и Дальневосточный ФО различаются

почти в 30 раз (таблица 1) [2]. Очень хорошо обеспечены водными ресурсами Дальневосточный и Сибирский ФО, несколько менее – Уральский и Северо-Западный; ограниченные водные ресурсы имеют наиболее густонаселенные округа – Приволжский, Центральный и Южный. При этом федеральные округа, имеющие малые водные ресурсы, обладают и наибольшей их многолетней изменчивостью ($cv = 0.16 - 0.20$), т. е. это означает, что в отдельные годы или в течение нескольких лет они могут быть значительно меньше указанных среднемноголетних значений.

Таблица 1 - Водные ресурсы России по федеральным округам

Федеральный округ	Местные водные ресурсы, км ³ /год	Изменчивость местных водных ресурсов, cv	Приток вод из сопредельных территорий, км ³ /год	Население, млн. чел., 2002г.	Потенциальная водообеспеченность местными водными ресурсами, тыс. м ³ /год на чел.
Центральный	108	0,22	22,3	38,0	2,8
Северо-Западный	554	0,09	65,0	14,0	39,7
Южный	53,3	0,16	270	22,9	2,32
Приволжский	173	0,21	113	31,2	5,55
Уральский	385	0,18	217	12,4	31,1
Сибирский	1277	0,08	59,1	20,1	63,6
Дальневосточный	1566	0,08	295	6,7	234
Российская Федерация	4118	0,06	206	145,3	28,31

Примерно половина водоснабжения страны не соответствует, что приводит к экономическим потерям, превышающим 100 млрд рублей в год, из-за расходов на здравоохранение, снижения производительности сельского хозяйства и ущерба производственным процессам [18].

Износ инфраструктуры – около 65–70% гидротехнических сооружений находятся в состоянии физического износа, 35% требуют срочного ремонта. Утечки из водопроводных сетей составляют около 3,26 км³ в год, что еще больше ухудшает водный баланс [19, 20].

Быстрое расширение площадей капельного орошения способствует уменьшению непроизводительных затрат водных ресурсов.

Полевые данные показывают, что капельное орошение снижает потребление воды в 6–8 раз, ускоряет созревание культур на 10–16 дней, снижает всхожесть сорняков и повышает общую урожайность до 35–50 и более процентов [8, 9]. Эти преимущества приводят к снижению производственных затрат и уменьшению нагрузки на окружающую среду [20].

Заключение

Устойчивость водных ресурсов России зависит от четких скоординированных действий, которые при общей направленности сократят сбросы загрязняющих веществ, усилят меры по очистке отработанной воды, оптимизируют и восстановят стареющую гидротехническую инфраструктуру иотрегулируют распределение воды между фермерским хозяйством, промышленностью, ЖКХ и энергетикой.

Учитывая прогнозируемый дефицит пресной воды в середине века, внедрение водосберегающих технологий имеет масштабное ключевое значение. Системы капельного орошения смогли оправдать свое применение значительно сократив потребление воды и энергии, одновременно повысив производительность в сельском хозяйстве, что делает актуальной для обеспечения водной безопасности.

Эффективные меры политики должны включать:

- более строгое регулирование и обеспечение соблюдения требований к очистке сточных вод;
- направить целевые инвестиции в восстановление критически важной водохозяйственной инфраструктуры;
- спланировать финансовые и технические стимулы для ускорения внедрения систем капельного орошения во всех подходящих сельскохозяйственных регионах.

Реализация этих мер не только смягчит надвигающийся дефицит воды, но и обеспечит значительную экономию средств, улучшит показатели здоровья населения и уменьшит воздействие ключевых секторов экономики России на окружающую среду.

Библиографический список

1. ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. Введ.1991-07-01. М.: Издательство стандартов,2001.8 с.
2. <https://ppt-online.org/431899>
3. <https://ab-centre.ru/news/ploschadi-pod-kapelnyim-orosheniem-v-rossii-dostigli-51-tys-ga>.
4. Грушин А.В., Гжибовский С.А., Булгаков Д.В., Коломеец А.В. Аспекты развития и особенности капельного орошения./ Вестник мелиоративной науки.2021 №3. С. 57-66.
5. ГОСТ ИСО 9261—2004 «Оборудование сельскохозяйственное

оросительное. Трубопроводы для полива. Технические требования и методы испытаний»

6. <https://agriecomission.com/base/voda-v-selskom-hozyaistve-voiny-za-resursy>

7. Данилов-Данильян В.И., Болгов М.В. О водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года // Водные проблемы крупных речных бассейнов и пути их решения. Сборник научных трудов. Барнаул: ООО «Агентство рекламных технологий», 2009. С. 59–81.

8. Грушин А.В., Терпигорев А.А., Гжибовский С.А. Проблемы развития капельного орошения. В сборнике: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. IV Международная научно-практическая Интернет-конференция. ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук». 2019. С. 130-141.

9. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Гжибовский С.А. К вопросу развития капельного орошения в России.// Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных ресурсосберегающих технологий в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Рязань, РГАТУ, 16-17 февраля 2017)/под ред. Д.В. Виноградова. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. – Ч.2 – с. 289-295.

10. Оценка качества оросительной воды АГРОПЛЕМ

<https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1743409075&tld=ru&lang=ru&name=2575d1f6d94d4a2cbce53b774b1c75531041898.pdf>

11. Данилов-Данильян В.И. Дефицит пресной воды и мировой рынок // Водные ресурсы. 2005 № 5.

12. Приказ Ростехнадзора от 15.11.2024 N 347 «Об утверждении методики определения оцененного в рублях размера максимального вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, окружающей среде, имуществу физических и юридических лиц при аварии гидротехнического

сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений)».

13. Грушин А.В., Коломеец А.В. Повышение эффективности применения поливных трубопроводов капельного орошения. / Мелиорация и водное хозяйство. 2025 № 3. С.37-41.

14. ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 28 января 2021 г. N 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

15. Каблуков, О.В. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений. - М.: Спутник+, 2019, 285 с.

16. Гидромелиорация земель: Учебник / Н.Н. Дубенок, О.В. Каблуков, В.В. Пчелкин, К.С. Семенова.: под ред. В.В. Пчелкина. - М.: Проспект, 2024. - 336 с.

17. Мелиорация земель: Учебное пособие / В.В. Пчелкин, О.В. Каблуков: - М.: ВАШ ФОРМАТ, 2021. - 126.

18. Каблуков О.В. Эксплуатация природоохранных систем и сооружений. М.: МГУП – 2014.-398с.

19. ГОСТ Р 54523-2011 Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния (с Изменением N 1) Введ. 2012-03-01.

20. Постановление Правительства РФ от 15.09.2020 N 1430 «Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов».

References in roman script

1. GOST 17.1.2.03-90. Okhrana prirody. Gidrosfera. Kriterii i pokazateli kachestva vody dlya orosheniya. Vved.1991-07-01. М.: Izdatel'stvo standartov,2001.8 s.

2. <https://ppt-online.org/431899>

3. <https://ab-centre.ru/news/ploschadi-pod-kapelny-m-orosheniem-v-rossii-dostigli-51-tys-ga>.

- 4 Grushin A.V., Gzhibovskiy S.A., Bulgakov D.V., Kolomeets A.V. Aspekty razvitiya i osobennosti kapel'nogo orosheniya./ Vestnik meliorativnoy nauki.2021 №3. S. 57-66.
5. GOST ISO 9261—2004 «Oborudovanie sel'skokhozyaystvennoe orositel'noe. Truboprovody dlya poliva. Tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy»
6. <https://agriecommission.com/base/voda-v-selskom-hozyaistve-voiny-za-resursy>
7. Danilov-Danil'yan V.I., Bolgov M.V. O vodnoy strategii Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda // Vodnye problemy krupnykh rechnykh basseynov i puti ikh resheniya. Sbornik nauchnykh trudov. Barnaul: OOO «Agentstvo reklamnykh tekhnologiy», 2009. S. 59–81.
8. Grushin A.V., Terpigorev A.A., Gzhibovskiy S.A. Problemy razvitiya kapel'nogo orosheniya. V sbornike: Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya. IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya Internet-konferentsiya. FGBNU «Prikaspiyskiy agrarnyy federal'nyy nauchnyy tsentr Rossiyskoy akademii nauk». 2019. S. 130-141.
9. Terpigorev A.A., Grushin A.V., Gzhibovskiy S.A. K voprosu razvitiya kapel'nogo orosheniya v Rossii.// Ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty sovremennykh resursosberegayushchikh tekhnologiy v APK: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Ryazan', RGATU, 16-17 fevralya 2017)/pod red. D.V. Vinogradova. – Ryazan': FGBOU VO RGATU, 2017. – Ch.2 – s. 289-295.
10. Otsenka kachestva orositel'noy vody AGROPLEM
<https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1743409075&tld=ru&lang=ru&name=2575d1f6d94d4a2cbce53b774b1c75531041898.pdf>
11. Danilov-Danil'yan V.I. Defitsit presnoy vody i mirovoy rynek // Vodnye resursy. 2005 № 5.
12. Prikaz Rostekhnadzora ot 15.11.2024 N 347 «Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya otsenennogo v rublyakh razmera maksimal'nogo vreda, kotoryy mozhet byt' prichinen zhizni, zdorov'yu fizicheskikh lits, okruzhayushchey srede, imushchestvu fizicheskikh i yuridicheskikh lits pri avarii gidrotekhnicheskogo sooruzheniya (za isklyucheniem sudokhodnykh i portovykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy)».
13. Grushin A.V., Kolomeets A.V. Povyshenie effektivnosti primeneniya polivnykh truboprovodov kapel'nogo orosheniya. / Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo.2025 № 3.S.37-41.
14. POSTANOVLENIE ot 28 yanvarya 2021 g. N 2 «Ob utverzhdenii sanitarnykh pravil i norm SanPiN 1.2.3685-21 "Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya».
15. Kablukov, O.V. Ekspluatatsiya i monitoring sistem i sooruzheniy. - M.: Sputnik+, 2019, 285 s.
16. Gidromelioratsiya zemel': Uchebnik / N.N. Dubenok, O.V. Kablukov, V.V. Pchelkin, K.S. Semenova.: pod red. V.V. Pchelkina. - M.: Prospekt, 2024. - 336 s.
17. Melioratsiya zemel': Uchebnoe posobie / V.V. Pchelkin, O.V. Kablukov: - M.: VASh FORMAT, 2021. - 126.
18. Kablukov O.V. Ekspluatatsiya prirodookhrannykh sistem i sooruzheniy. M.: MGUP – 2014.-398s.
19. GOST R 54523-2011 Portovye gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya (s Izmeneniyem N 1) Vved. 2012-03-01.
20. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15.09.2020 N 1430 «Ob utverzhdenii

tehnologicheskikh pokazateley
nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy v sfere
ochistki stochnykh vod s ispol'zovaniem

tsentralizovannykh sistem vodootvedeniya
poseleniy ili gorodskikh okrugov».

Сведения об авторах

Коломеец Анастасия Валерьевна, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Коломна; магистрант 1 курса по направлению гидромелиорация, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева» (сокр. ФГБОУ ВО «РГАУ — МСХА имени К. А. Тимирязева»), Россия, Москва, Тимирязевская улица, 49, e-mail: kolomeecz.n@bk.ru SPIN-код: 1610-2385, AuthorID: 1046655

Каблуков Олег Викторович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева»; г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: o.kablukov@rgau-msha.ru, ORCID 0000-0002-8022-7904, AuthorID: 807381.

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 20.11.2025г.

Для цитирования: Коломеец А. В., Каблуков О. В. Проблема водообеспечения и водосбережения в России// Вестник мелиоративной науки. 2025.№3. С. 135-146.

Information about the authors

Kolomeets Anastasia Valerievna, 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, is a 1st-year master's student in the field of hydraulic engineering Federal State Budgetary Educational Institution of High Education «Russian State Agricultural University – MSHA named after K.A. Timiriazev», e-mail: kolomeecz.n@bk.ru

Kablukov Oleg Viktorovich, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Land Reclamation Federal State Budgetary Educational Institution of High Education «Russian State Agricultural University – MSHA named after K.A. Timiriazev», mail: o.kablukov@rgau-msha.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 20.11.2025.

For citations: Kolomeets A. V., Kablukov O. V. Water Supply and Water Saving Issues in Russia// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. С. 135-146.

Совмещение технологий мостового земледелия и No-Till как перспективное направление повышения эффективности сельского хозяйства России

Мищенко Николай Андреевич, Козлова Людмила Константиновна

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

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы актуальной для России проблемы деградации почв и поиску путей рационального использования земельных ресурсов. Отмечается критическое снижение плодородия почв за последние десятилетия, что ведет к выводу земель из сельскохозяйственного оборота. В качестве решения рассматриваются две ключевые технологии: мостовое земледелие и система No-Till.

Мостовое земледелие представлено как качественно новый этап в сельском хозяйстве. Его суть заключается в использовании специальных агрегатов, перемещающихся по постоянным технологическим колеям. Это позволяет минимизировать уплотнение почвы ходовой частью техники, сохраняя ее структуру и плодородие. Описываются преимущества мостовых систем, такие как высокая проходимость, возможность автоматизации, независимость от погодных условий и сокращение использования жидкого топлива за счет электрификации. Приводятся примеры конкретных разработок, включая многофункциональные модули на базе дождевальных машин, способные выполнять широкий спектр операций от посева до внесения удобрений.

Технология No-Till (нулевая обработка почвы) рассматривается как параллельный метод, направленный на сокращение обработки земли, сохранение влаги и борьбу с эрозией. Подчеркивается, что хотя прямая связь между двумя технологиями отсутствует, они могут эффективно комбинироваться. No-Till исключает вспашку, а мостовые системы минимизируют уплотнение от проходов техники, что в комплексе способствует восстановлению почвы.

В заключение делается вывод, что сочетание элементов мостового земледелия и технологии No-Till является перспективным направлением для решения проблем механизации растениеводства, обеспечения энергосбережения и сохранения почвенного плодородия в России.

Ключевые слова: Мостовые агрегаты, безпахотное земледелие, сельскохозяйственное оборудование, No-till технология, деградация почв.

Research article

Combining of Bridge Cultivation Method and No-Till as Perspective Trend in Rising Efficiency of Farming in Russia

Mischenko Nikolaj Andreevich, Kozlova Lyudmila Konstantinovna

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 discusses the problems actual for Russia, they are: soil degradation and search of ways to the rational use of land resources. The soil fertility is lowering drastically in the last decades it causes these lands going out of these lands from farming rotation. As a solution are observed two key technologies: bridge cultivation and No-Till system.

Bridge cultivation is presented as a new trend in farming. The idea is – using special aggregates moving along stationary technological wheel tracks. It enables minimal soil compaction caused by equipment moving part saving its structure and fertility. Advantages of bridge systems are presented, such as high pass ability, possibility of automation, independence from the weather conditions and decrease of liquid fuel consumption due to electrification. Examples of named systems are also presented, including multi-functional modules based on irrigation machines; they can fulfill a wide range of operations from seeding up to fertigation.

No-Till technology (zero soil cultivation) is discussed as a parallel method aimed to minimizing of soil cultivation, moisture saving and struggle with erosion. It is stressed that though there is no straight link between two methods, they can be combined efficiently. No-till excludes plowing, and the bridge systems exclude soil compaction caused equipment moving, that complex is effective for soil recovery.

In the conclusion is said that combination of some bridge agriculture elements and No-Till technology is a perspective trend for solving problems of plant growing mechanization, providing energy saving and preserving of soil fertility in Russia.

Keywords: Bridge aggregates, no-plowing agriculture, farming equipment, N-till method, soils degradation.

Введение. В России особенно актуальна проблема эффективного использования ее главного ресурса – земли.

Основным объектом земледелия является почва, которая служит несущей поверхностью для сельскохозяйственных машин и механизмов, обеспечивает водно-воздушный и питательный режим для роста и развития растений. На всей территории России происходит массовая деградация почв. За последние 50...60 лет почвенное плодородие в России уменьшилось более чем в 2 раза. Например, в почвах Центрально-Черноземной зоны количество гумуса сократилось с 8...10% до 3...4%. В степной зоне Юга России многие площади подвержены ветровой эрозии и превращаются в полупустыни. Результатом деградации почв является вывод сельскохозяйственных земель из производственного процесса.

В сельскохозяйственном производстве одним из основных вопросов является обработка почвы, использование и внедрение ресурсосберегающих технологий по выращиванию высокоурожайных растений. В практике земледелия существуют 5 различных технологий обработки почвы: классическая (отвальная), безотвальная, минимальная, нулевая и комбинированная [1].

Целью работы является определение взаимосвязи технологии мостового земледелия и нулевые технологии обработки почвы. В современных условиях качественно новыми этапами в сельскохозяйственном производстве являются «мостовое земледелие» и «технология No – till». Мостовое земледелие способно решить многие проблемы

сельскохозяйственного производства. Создание и использование в растениеводстве мостовых агрегатов направлено на предмет снижения уплотнения почвы в процессе выполнения технологических операций и восстановление ее плодородия, а также на создание постоянной колеи для устойчивой работы мостовых агрегатов. Мостовой агрегат состоит из платформы с комплектом технологического оборудования, передвигающимся по постоянным колеям. В мостовой системе имеются жесткие опоры, которые придают надежность конструкции, обеспечивают точность эксплуатации механизмов. Высокая проходимость мостового агрегата обеспечивает проведение работ в оптимальные сроки.

К преимуществам мостовых агрегатов относятся:

- своевременное выполнение агротехнических мероприятий независимо от погодных условий и времени суток;
- исключение потребности в жидком топливе за счет применения централизованного электроснабжения;
- высвобождение людей с полевых работ за счет автоматизации и роботизации технологических процессов и др.

Разнообразны существующие варианты предложений по технологиям и конструкциям мостовых агрегатов [2].

Предлагаемые конструкции мостовых агрегатов колеблются от малых машин, обслуживающих участки площадью несколько десятых долей гектара, так называемых "микромостов" до крупных агротехнических комплексов и автоматизированных агрозаводов-гигантов типа «АМАК-система» [5]. Главное достоинство «АМАК-системы» заключается в том, что колёса технических средств не касаются поверхности активного угодья, которая не утрамбовывается и не переуплотняется, в ней обеспечивается нормальный водный и воздушный режимы, благоприятные для растений и полезных микроорганизмов. Всё это обеспечивает значительное повышение урожайности возделываемых культур и снижение антропогенной нагрузки на почву.

Применение мостовых систем возможно также и в теплицах. Например, в опытном хозяйстве Фаустово, Московской области, использовался тепличный агромот ВИСХОМ, который позволяет сохранить плодородный слой и исключить повреждение растений, повышает урожайность в закрытом грунте в 2,5-3 раза [6].

В России широко применяются широкозахватные самоходные многоопорные дождевальные машины с фермами мостового типа. Расстояние между опорными тележками достигает 52,2 м, что исключает чрезмерное уплотнение почвы и повышает коэффициент земельного использования.

На основе наилучших доступных технологий мостового земледелия во ВНИИ «Радуга» проводились работы по разработке и исследованию мостового агрегата на базе широкозахватной дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК1» [8, 9].

На базе ферменного пролета с опорами дождевальной машины «Кубань -ЛК1» создан модуль широкозахватной дождевальной многофункциональной машины для мостового земледелия с автовождением и забором воды в движении. Разработанный модуль мостового агрегата представляет собой электрифицированную самоходную ферменную конструкцию с опорными тележками, насосным оборудованием и рабочими органами, обеспечивающими выполнение следующих сельскохозяйственных операций: - пахота, - посев сельскохозяйственных растений, - полив дождеванием, - внесение гербицидов, - внесение животноводческих стоков, - внесение минеральных удобрений, - внесение микроэлементов и химмелиорантов.

Для перемещения мостового агрегата планировалось применение гравийно-галечных дрен, которые обеспечивают устойчивость выполнения технологических процессов независимо от погодных условий.

Использование дождевальной машины с поливом в движении, и осуществление вышеназванных операций рабочими органами сельскохозяйственной техники, кроме уборки урожая, позволит значительно снизить издержки производства при мостовом земледелии. По модульному принципу можно составлять унифицированные агромыты различных модификаций, отличающиеся различными параметрами (длиной, количеством ферм, выполняемыми операциями и т. д.) Это дает возможность создавать мостовые агрегаты для различных по размерам участков и сельскохозяйственных культур. Наиболее простой мостовой агрегат может иметь две опорные тележки и одну ферму длиной 50м [8].

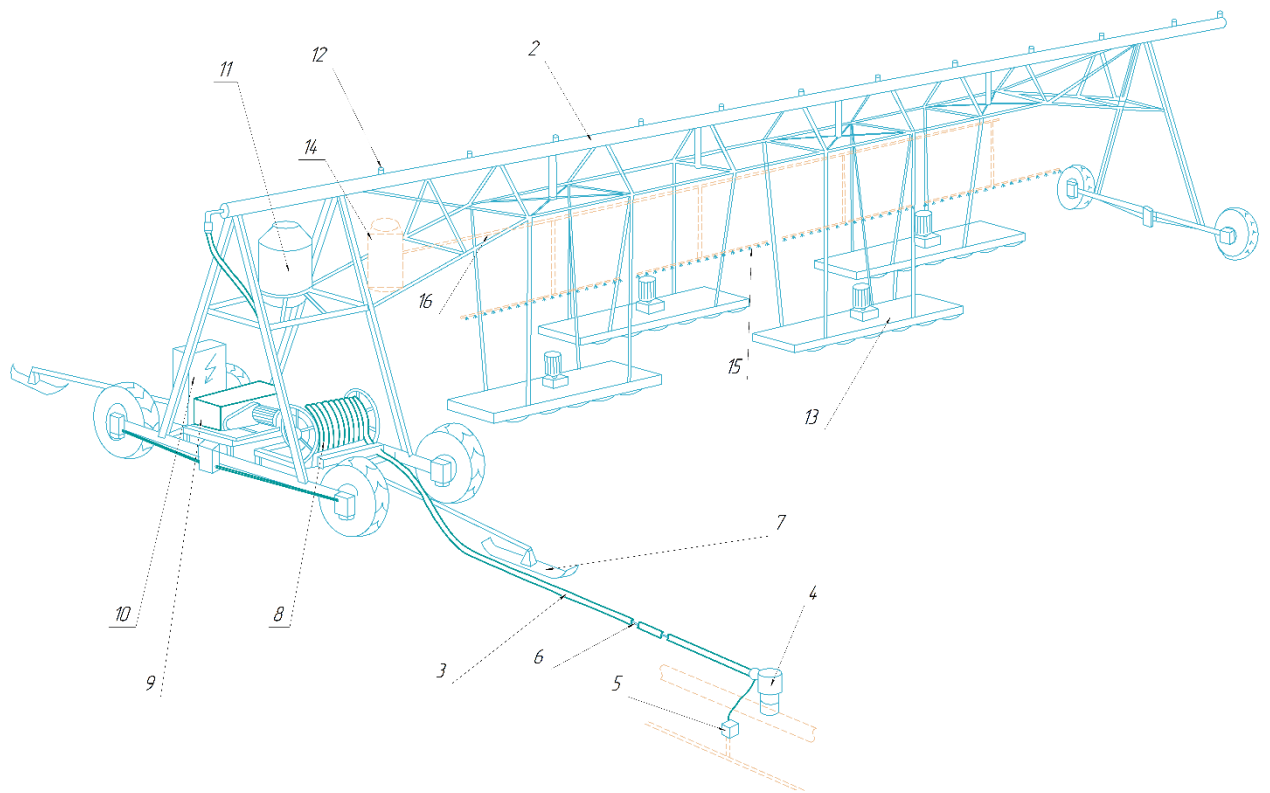


Рисунок 2 - Многофункциональный агрегат мостового земледелия

1 – Ходовая опора; 2 – Водопроводящий трубопровод; 3 – Гибкий шланг; 4 – Гидрант закрытой сети; 5 – Колонка для подключения эл. питания; 6 – Кабель; 7 – Система стабилизации курса; 8 – Катушка; 9 – Компрессор; 10 – Электрошкаф; 11 – Гидроподкормщик; 12 – Дождевальные насадки; 13 – Устройство для кошения; 14 – Бункер для семян; 15 – Высевальные штанги; 16 – Дополнительный трубопровод;

В сравнении с обычной системой обработки почвы, по результатам анализа отечественной и зарубежной научно-технической литературы, развитие получает беспашотная технология обработки почвы No-till [10], способствующая повышению почвенного плодородия, снижению развития эрозионных процессов, улучшению физических и биологических свойств почвы, сокращению затрат труда и средств при возделывании сельскохозяйственных культур. Специалисты отмечают эффективность беспашотной системы обработки почвы. Между мостовым земледелием и технологией No – till нет прямой связи, но есть некоторые аспекты, которые связаны с этими понятиями. Технология No – till не является универсальным решением для мостового земледелия, но ее применение в сочетании с мостовыми системами земледелия возможно.

Технология No - till в переводе с английского означает «не пахать», обеспечивает нулевую обработку почвы, сохранение влаги и ее естественной структуры, а также выполнение всех сельскохозяйственных операций, что и при мостовом земледелии. В сравнении с традиционной обработкой земли считается наиболее прогрессивной.

В современном сельском хозяйстве использование технологии No - till отмечается с 40-х годов 20 века с появлением эффективных гербицидов. Повышение цен на энергоносители вынуждает зарубежных аграриев усиленно заниматься внедрением технологии No – till в растениеводстве. По оценкам ученых в мире через 10 лет 50% посевных площадей будут обрабатываться по нулевой технологии. Технология No-till больше всего распространена в США (27 млн.га), Канаде (13 млн.га), Аргентине (20 млн.га), Бразилии (26 млн.га) и некоторых европейских странах. По этому методу, по данным 2021 года, обрабатывается 6,8 % земли во всем мире. Особо выделяется сельское хозяйство Аргентины, известное своими инновациями мирового уровня и ставшего мировым лидером по оказанию консультационных услуг по вопросам прямого посева через компанию «Teknium».

Технология No-till широко применяется в Бразилии, считается перспективной. В литературных источниках имеется много публикаций по вопросам теории и принципам прямого посева, практическом применении новой технологии, ее перспективном использовании в будущем [11].

Публикуются материалы исследований по использованию нулевой технологии, посевного оборудования, правильного использования удобрений, методике развития технологии [12, 13]. Опыт использования No-till имелся на Украине. Например, корпорация «АгроСоюз», Днепропетровской области апробировала и внедряла на своих полях систему No-till [14]. В агрофирме «Степная», Днепропетровской области дифференцированная обработка почвы являлась переходным звеном к системе No-till.

В России, в 1950-х годах, основоположником прямого посева считается ученый Прокофий Золотарев, который на опытном поле получил более высокий урожай, чем с использованием традиционной технологии. В дальнейшем широкого распространения новая технология не получила. Масштабное освоение технологии No - till у нас в стране относится к началу нулевых годов. В книге «No – till – шаг к идеальному земледелию», созданной российскими специалистами-практиками, представлена технология сберегающего земледелия, при которой отсутствует обработка почвы, а растительные остатки остаются на ее поверхности. Такая технология позволяет значительно снизить затраты на производство сельскохозяйственной продукции, повысить плодородие почвы и улучшить экологическую обстановку [10].

В настоящее время данная технология используется в России на площади около 1 млн. га. Успешно продвигается внедрение технологии No-till в Республике Башкортостан. Технология No-till массово применяется в Татарстане в хозяйствах УК «Август- Агро», в

ООО агрофирмы «Дружба», Новомосковского района, в Белгородской, Волгоградской, Самарской и других областях [13,15].

Технология No - till не является универсальным решением для мостового земледелия, но ее применение в сельском хозяйстве может сочетаться с мостовыми системами, которые используют движение техники по технологическим колеям. Это связано с тем, что No - till предлагает отказ от вспашки, а мостовые системы позволяют минимизировать уплотнение почвы под весом техники, что важно для сохранения структуры грунта. Мостовое земледелие и технология No – till связаны через сокращение проходов техники по полю. No – till предполагает отказ от традиционной обработки почвы, а мостовое земледелие использует движение техники по постоянным колеям, что позволяет минимизировать потери площади из-за прохождения техники.

Основными этапами использования технологии No – till при мостовом земледелии являются рыхление почвы, выравнивание участка земли и создание слоя мульчи. Мульча не только защищает почву и удерживает в ней влагу, но и способствует развитию возбудителей болезней и вредителей. Поэтому опрыскивание гербицидами – вторая по важности операция после прямого посева. Основными факторами, влияющими на использование технологии No – till в мостовом земледелии являются: - изменение климата с учащением засух, снижение плодородия почвы в результате водной и ветровой эрозии, увеличивающаяся стоимость ГСМ, дефицит обслуживающего персонала.

По мнению агрономов в России применение технологии No – till в сочетании с мостовым земледелием идеально подходит для климатических условий Западной Сибири и северного Казахстана. Опыт фермеров, занимающихся технологией No-till, показывает, что при ее использовании расходы на производство урожая существенно сокращаются. Традиционная система пахоты земли является очень энергозатратной и приводит к большому износу сельхозтехники. При традиционной обработке почвы требуется 12...15 проходов техники по полю за сезон, а при использовании технологии No-till всего 3...5. No-till – это технология бережливого земледелия. Урожаи при No-till выше, чем при традиционном земледелии на 10...30% в зависимости от местных условий и умения сельхозпроизводителей. [16].

Выводы. Внедрение мостового земледелия с использованием некоторых этапов технологии No – till позволит решить многие проблемы механизации растениеводства, обеспечит энергосбережение и сохранение плодородия почв. В будущем необходим поиск путей совершенствования мостовых систем с целью снижения уплотнения почвы, создания постоянной колеи для устойчивой работы с/х машин в сочетании с использованием технологии No – till.

Библиографический список

1. Аюпов Д. С., Давлетшин Ф. М., Сафин Х. М. No-till – прорывная технология для крестьян / Башкирский государственный аграрный университет. – URL: <https://apknews.su/article/213/2033> (дата обращения: 15.09.2025).
2. Батурин В. Н. No-till – шаг к идеальному земледелию: учебно-методическое пособие. – М.: Народное образование, 2006. – 154 с.
3. Бейкер С. Дж. Технология и посев. Наука и практика / С. Дж. Бейкер [и др.]. – Нью-Йорк: CABI Publishing, 2002. – 272 с.
4. Борин А. А. Приемы повышения плодородия почв / А. А. Борин, И. Г. Мельцаев // Земледелие. – 2005. – № 1. – С. 18–19.
5. Гассен Д. Прямой посев – дорога в будущее / Д. Гассен, Ф. Гассен. – Passo Fundo (Бразилия): Aldeia sul, 1996. – 210 с.
6. Городничев В. И. Агрегаты и системы мостового земледелия / В. И. Городничев, Е. А. Козлов. – М.: ЦБНТИ «Водстрой», 1992. – 168 с.
7. Жуков Ю. Н. Автоматизированный мостовой агротехнический комплекс АМАК // Сеятели и хранители: книга / Ю. Н. Жуков. – М.: Современник, 1992. – С. 45–89.
8. Кроветто К. К. Взаимосвязь между No-till, растительными остатками, питанием растения и почвы. – Днепропетровск, 2007. – 98 с.
9. Леви В. Л. Устройство электрической тяги для сельскохозяйственных машин-орудий для обработки поля: патент № 1425 Рос. Федерация: МПК А01В 51/02 / В. Л. Леви; заявл. 05.12.1919; опубл. 05.12.1919. – 3 с.
10. Отчет о НИР «Обосновать и разработать технологию мостового земледелия на мелиорируемых землях с применением современных технологий информационного обеспечения и автоматизации процессов сельскохозяйственного производства». – М.: ВНИИ «Радуга», 2023–2025. – 205 с. – № ГР 0123456789.
11. Правоторов И. А. 12 преимуществ системы мостового земледелия / И. А. Правоторов // Сельский механизатор. – 1979. – № 12. – С. 10–11.
12. Тимохов В. No-till в России – время пришло? / В. Тимохов, С. Фаер // Земля и люди. ТРИЗ-ПРОФИ, Эффективные решения. – 2007. – № 4. – С. 22–25.
13. Турапин С. С. Обоснование мостовых агросистем на базе многоопорных дождевальных машин / С. С. Турапин, А. И. Рязанцев [и др.] // Вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 6. – С. 45–52.
14. Улексин В. А. Мостовое земледелие / В. А. Улексин. – Днепропетровск: Пороги, 2008. – 312 с.
15. Циков В. С. Состояние и перспективы развития системы обработки почвы / Ин-т зернового хозяйства УААН. – Днепропетровск: ООО «Энем», 2008. – 144 с.
16. Чернышев Н. И. Мостовая система как основа экологического роботизированного земледелия / Н. И. Чернышев, О. Е. Сысоев, Е. П. Киселев // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 7. – С. 33–38.
17. Эдсон Д. Кран на рельсах вместо трактора / Д. Эдсон // За рубежом. – 1982. – № 15. – С. 10–12.

References in roman script

1. Ayupov D. S., Davletshin F. M., Safin Kh. M. No-till – proryvnaya tekhnologiya dlya krest'yan / Bashkirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. – URL: <https://apknews.su/article/213/2033> (data obrashcheniya: 15.09.2025).
2. Baturin V. N. No-till – shag k ideal'nomu zemledeliyu: uchebno-metodicheskoe posobie. – M.: Narodnoe obrazovanie, 2006. – 154 s.
3. Beyker S. Dzh. Tekhnologiya i posev. Nauka i praktika / S. Dzh. Beyker [i dr.]. – N'yu-York: CABI Publishing, 2002. – 272 s.

4. Borin A. A. Priemy povysheniya plodorodiya pochv / A. A. Borin, I. G. Mel'tsaev // Zemledelie. – 2005. – № 1. – S. 18–19.
5. Gassen D. Pryamoy posev – doroga v budushchee / D. Gassen, F. Gassen. – Passo Fundo (Braziliya): Aldeia sul, 1996. – 210 s.
6. Gorodnichev V. I. Agregaty i sistemy mostovogo zemledeliya / V. I. Gorodnichev, E. A. Kozlov. – M.: TsBNTI «Vodstroy», 1992. – 168 s.
7. Zhukov Yu. N. Avtomatizirovannyi mostovoy agrotekhnicheskii kompleks AMAK // Seyateli i khraniteli: kniga / Yu. N. Zhukov. – M.: Sovremennik, 1992. – S. 45–89.
8. Krovetto K. K. Vzaimosvyaz' mezhdru No-till, rastitel'nymi ostatkami, pitaniem rasteniya i pochvy. – Dnepropetrovsk, 2007. – 98 s.
9. Levi V. L. Ustroystvo elektricheskoy tyagi dlya sel'skokhozyaystvennykh mashin-orudiy dlya obrabotki polya: patent № 1425 Ros. Federatsiya: MPK A01B 51/02 / V. L. Levi; zayavl. 05.12.1919; opubl. 05.12.1919. – 3 s.
10. Otchet o NIR «Obosnovat' i razrabotat' tekhnologiyu mostovogo zemledeliya na melioriruemykh zemlyakh s primeneniem sovremennykh tekhnologiy informatsionnogo obespecheniya i avtomatizatsii protsessov sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva». – M.: VNII «Raduga», 2023–2025. – 205 s. – № GR 0123456789.
11. Pravotorov I. A. 12 preimushchestv sistemy mostovogo zemledeliya / I. A. Pravotorov // Sel'skiy mekhanizator. – 1979. – № 12. – S. 10–11.
12. Timokhov V. No-till v Rossii – vremya prishlo? / V. Timokhov, S. Faer // Zemlya i lyudi. TRIZ-PROFI, Effektivnye resheniya. – 2007. – № 4. – S. 22–25.
13. Turapin S. S. Obosnovanie mostovykh agrosistem na baze mnogoopornykh dozhdeval'nykh mashin / S. S. Turapin, A. I. Ryazantsev [i dr.] // Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. – 2020. – № 6. – S. 45–52.
14. Uleksin V. A. Mostovoe zemledelie / V. A. Uleksin. – Dnepropetrovsk: Porogi, 2008. – 312 s.
15. Tsikov V. S. Sostoyanie i perspektivy razvitiya sistemy obrabotki pochvy / In-t zernovogo khozyaystva UAAN. – Dnepropetrovsk: OOO «Enem», 2008. – 144 s.
16. Chernyshev N. I. Mostovaya sistema kak osnova ekologicheskogo robotizirovannogo zemledeliya / N. I. Chernyshev, O. E. Sysoev, E. P. Kiselev // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2020. – T. 34. – № 7. – S. 33–38.
17. Edson D. Kran na rel'sakh vmesto traktora / D. Edson // Za rubezhom. – 1982. – № 15. – S. 10–12.

Сведения об авторах

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, mishenko.nikolai@bk.ru

Козлова Людмила Константиновна, инженер-исследователь, отдела сельскохозяйственного водоснабжения, Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный.

Автор заявляет об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 17.11.2025г.

Для цитирования: Мищенко Н.А., Козлова Л.К. Совмещение технологий мостового земледелия и No-Till как перспективное направление повышения эффективности сельского хозяйства России// Вестник мелиоративной науки. 2025.№4. С. 147-156.

Information about the authors

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, mishenko.nikolai@bk.ru

Kozlova Lyudmila Konstantinovna, engineer-researcher in Farming water supply laboratory Federal State Research Institution All-Russia Scientific and Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems «Raduga», Moscow Region, Kolomna District, Settl. Raduzhnyj,

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 17.11.2025.

For citations: Mischenko N.A., Kozlova L.K. Combining of Bridge Cultivation Method and No-Till as Perspective Trend in Rising Efficiency of Farming in Russia// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. С. 147-156.

Выбор рациональной компоновки на единой силовой раме основных элементов оросительной насосной станции на основе вертикальных насосов с трансмиссионным валом

Муравьев Александр Викторович, Лебедев Денис Андреевич

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

Аннотация. Статья посвящена решению актуальной научно-технической задачи в области водохозяйственного строительства – обоснованию рациональной компоновки основных элементов наземной части трех-агрегатной полнокомплектной насосной станции для берегового водозабора, основанной на применении вертикальных насосов с трансмиссионным валом. Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания компактных, энергоэффективных и надежных решений для систем орошения, адаптированных к работе в условиях высоких берегов, где традиционные центробежные насосы сталкиваются с проблемой кавитации. Целью работы является разработка и комплексное обоснование такой компоновочной схемы, которая обеспечивает высокую заводскую готовность, минимальные сроки монтажа, снижение капитальных и эксплуатационных затрат, а также удобство технического обслуживания на протяжении всего жизненного цикла станции. В качестве основного метода исследования использован сравнительный инженерный анализ классической линейной и предлагаемой треугольной компоновочной схемы расположения насосных агрегатов на раме, проведенный на основе трехмерных твердотельных моделей. Ключевым результатом работы стало научно-техническое обоснование треугольного расположения трех насосных агрегатов на единой опорной силовой раме. Доказано, что данная конфигурация, в сравнении с линейной, позволяет минимизировать занимаемую площадь, массу и материалоемкость конструкции, способствует равномерному распределению статических и динамических нагрузок, повышая общую жесткость и устойчивость конструкции. Другими значимыми элементами разработанной компоновки являются: применение «елочного» сопряжения напорных патрубков с компактным горизонтальным коллектором, обеспечивающим минимальные гидравлические потери; рациональное размещение шкафа управления в торце опорной силовой рамы, сокращающее длину силовых и коммутационных кабелей и повышающее удобство управления насосной станцией, а также обслуживания и ремонта ее шкафа управления; размещение технологического люка в плоскости рамы, предоставляющего прямой доступ к подземной части без увеличения габаритов сооружения и позволяющее проводить ремонтные работы в этой части насосной станции под укрытием кожуха насосной станции. Совокупность предложенных решений формирует сбалансированную и технологически совершенную компоновку, закладывающую основу для проектирования эффективных многоагрегатных станций, соответствующих современным требованиям к надежности и эффективности систем сельскохозяйственного орошения.

Ключевые слова: трех-агрегатная насосная станция, центробежный вертикальный насос с трансмиссионным валом, треугольная компоновочная схема насосных агрегатов, закрытая оросительная система, береговой водозабор, промышленный полив сельскохозяйственных культур.

Choosing of Rational Assembling on One Load Frame the Main Elements of Irrigation Power Station Based on Vertical Pumps with a Transmission Shaft

Muravjev Aleksandr Viktorovich, Lebedev Denis 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 is aimed to solving of the actual scientific and technological problem in the area of water management structures building – the choosing of rational assembling of main elements in surface part of three-aggregate fully equipped power station for the bank water intake, completed with vertical pumps with transmission shaft. The research is actually important, because of necessity of making compact, energy-effective and safe designs for irrigation systems, adapted for working conditions on high banks, where traditional centrifugal pumps have a cavitation problem. The research is aimed to designing and complex approving of such completing system that assures high manufacturing readiness, minimal assembling time, decreasing of capital and operation expenses, as well as easy access for maintenance during all power station life cycle. As the main research method was used a matching engineering analysis of classical linear and proposed triangle assembling scheme of pumps position on the frame, performed on the base of third-dimensional hard-body models. The key research result is scientific and technical basing of triangle configuration of three pumps on one support load frame. It is proved that given configuration in comparison with a linear one, enables to minimize taken area, mass and material demand of construction, provides even distribution of deadweight and dynamic loadings, increasing total rigidity and stability of construction. The other significant elements of provided completion are: use of ‘fur-tree’ connection of pressure pipes with a compact horizontal collector, ensuring minimal hydraulic losses; rational placing of control panel on the back side of the load frame, that is cutting down the length of power and commutation cables and increasing handy operation of power station, as well as control panel maintenance and repair; technological access door in the frame plain is providing straight access to underground part without increasing of structure size and enabling providing of repairing works in this part of the power station under the secure cover of the power station. Complex of provided solutions is forming a balanced and technologically perfect construction, making a base for effective multi-aggregate power station designing, answering modern demands to durability and efficiency of farm irrigation systems.

Keywords: three-aggregate power station, centrifugal vertical pump with transmission shaft, triangular construction scheme of pump aggregates, closed irrigation system, bank water intake, industrial irrigation of farming crops.

Введение. Разработка современных полнокомплектных насосных станций (ПКНС) для систем водоснабжения и орошения представляет собой сложную инженерно-техническую задачу, требующую комплексного подхода, направленного на оптимизацию их ключевых показателей. В условиях повышенных требований к энергоэффективности агропромышленного комплекса особую важность приобретают такие характеристики, как минимальные массогабаритные показатели, снижение капитальных и эксплуатационных затрат, а также высокая эксплуатационная надежность и удобство обслуживания [17]. Особенно остро эти вызовы стоят при организации берегового водозабора из открытых

водоисточников с высокими берегами, где традиционные центробежные насосы зачастую сталкиваются с проблемой кавитации при высотах всасывания свыше 7–8 метров. В этом контексте насосы вертикального типа с трансмиссионным валом (ВНТВ) демонстрируют значительное преимущество, поскольку их рабочая колесная часть размещается непосредственно ниже уровня воды, что исключает необходимость сложных систем вакуум-наполнения и существенно повышает надежность запуска и эксплуатации [2,3].

Центральной задачей на этапе проектирования таких станций является поиск рациональной компоновки её основных элементов. Эта компоновка должна обеспечивать не только компактность и прочность конструкции, но и технологичность монтажа, минимальные гидравлические потери, удобный доступ для проведения пусконаладочных и ремонтных работ, а также подходящие условия для установки контрольно-измерительной аппаратуры. Классические линейные схемы расположения насосов зачастую не удовлетворяют этим требованиям, приводя к увеличению габаритов, материалоемкости и стоимости сооружения.

Данная статья посвящена решению указанной задачи путем комплексного обоснования выбора оптимальной компоновочной схемы наземной части ПКНС на основе насосов типа ВНТВ [4]. Актуальность работы подчеркивается растущей потребностью в мобильных, эффективных и технически совершенных решениях для водохозяйственных систем агропромышленного комплекса. В исследовании ставится цель разработать и доказать преимущества такой компоновки, которая позволила бы совместить высокую заводскую готовность, минимальные сроки монтажа на объекте и создание комфортных условий для последующего управления и технического обслуживания на протяжении всего жизненного цикла насосной станции в условиях работы на закрытых оросительных системах [6,7].

Материалы и методы. Для всестороннего обоснования предложенной компоновочной схемы наземной части полнокомплектной насосной станции было проведено комплексное исследование, основанное на последовательном применении методов инженерного анализа и принципов сравнительного проектирования. Исходной базой для работы послужили параметрические трехмерные твердотельные модели ключевых компонентов станции, созданные в среде автоматизированного проектирования (САПР). Данные модели с высокой степенью детализации включали в себя опорную стальную раму, три насосных агрегата ВНТВ с фундаментными плитами, напорный коллектор, шкаф управления и контроля, а также вспомогательные элементы. Эти модели выступили в качестве основного материала для последующих расчетов.

Центральной методологией исследования стал сравнительный инженерный анализ, в рамках которого предложенная треугольная конфигурация размещения насосных агрегатов была противопоставлена классической линейной схеме, традиционно применяемой в подобных конструкциях. Для количественного сравнения использовался широкий спектр критериев. Прочностные и динамические характеристики каждой компоновки изучались в специализированном программном комплексе. В рамках этого анализа моделировались статические нагрузки от веса оборудования, а также динамические возмущения. Это позволило оценить эквивалентные напряжения в элементах рамы, величины деформаций, распределение масс и возникающие крутящие моменты, что дало объективную основу для оценки необходимой жесткости конструкции и оптимизации ее материалоемкости.

Результаты и обсуждение. На основании проведенного анализа технических решений выбор вышеуказанной компоновки основных элементов наземной части проектируемой ПКНС был обоснован комплексом инженерно-технических и эксплуатационных соображений, направленных на достижение оптимальных показателей надёжности, компактности, технологичности изготовления и удобства обслуживания.

Наземная часть представляет собой моноблочный модуль, смонтированный на единой стальной опорной силовой раме (ОСР), что обеспечивает минимальные сроки монтажа, высокую точность центровки и защиту оборудования. Компоновка оборудования на раме является тщательно оптимизированной. Три основных насосных агрегата располагаются по треугольной схеме (в плане сверху), что является более рациональным по сравнению с линейной компоновкой, так как позволяет минимизировать занимаемую площадь, сократить материалоемкость рамы и, как следствие, габаритные размеры и стоимость всей насосной станции. Каждый агрегат крепится к раме посредством болтового соединения. Для объединения потоков от напорных патрубков всех насосов и направления суммарного потока в магистральный напорный коллектор, применено «елко-образное» сопряжение этих патрубков. Далее напорный коллектор огибает блок насосных агрегатов и выводится в торец насосной станции, позволяя обеспечить требуемые параметры по размещению электромагнитного расходомера в напорных водоводах, а именно – отсутствие местных гидравлических сопротивлений в напорном коллекторе по потоку на расстоянии не менее $5D_u$ до расходомера, а также их отсутствие на расстоянии не менее $3D_u$ по потоку сразу после него [5].

На рисунке 1 представлена модель наземной части ПКНС с насосами ВНТВ.

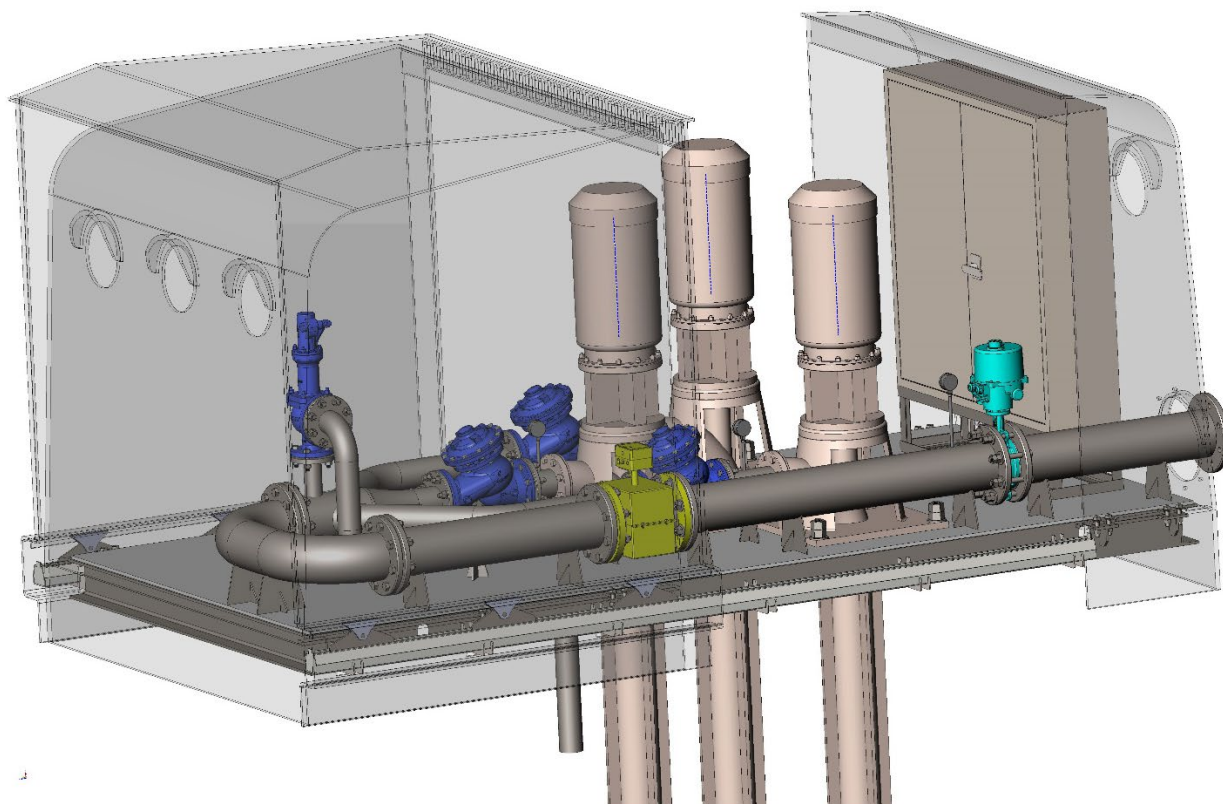


Рисунок 1 - Модель наземной части ПКНС с насосами ВНТВ при береговом водозаборе из поверхностного водоисточника

Ключевым моментом предложенной компоновки элементов ПКНС является треугольное расположение трех насосных агрегатов в плане (2). Это решение было выбрано как наиболее рациональное для минимизации занимаемой площади. По сравнению с линейным расположением, где насосы выстроены в ряд, треугольная схема позволяет резко сократить длину и ширину рамы, что напрямую снижает ее материалоемкость, вес и итоговую стоимость. Кроме того, такая конфигурация обеспечивает равномерное распределение нагрузок от веса и вибраций насосов, повышая общую жесткость и устойчивость конструкции. Это особенно важно для транспортировки насосной станции к месту монтажа с завода-изготовителя, а также для ее компактного размещения на площадке монтажа при береговом водозаборе [8,9]. Треугольная схема также идеально согласуется с цилиндрической формой подземного водоприемного колодца и позволяет сократить длину напорных патрубков. Линейное же расположение привело бы к созданию более длинной и, следовательно, более тяжелой и дорогой рамы, а также к удлинению и усложнению соединительных коммуникаций.

Шкаф управления, питания и контроля (1) размещен в зоне, обеспечивающей легкий и безопасный доступ к нему для обслуживающего персонала. Его интеграция в

общий модуль на раме, а не установка в качестве отдельно стоящего элемента, дает ряд существенных плюсов. Во-первых, это позволяет сократить длину силовых и слаботочных коммуникационных кабелей, соединяющих шкаф с насосами, клапанами и датчиками, что снижает стоимость кабельной продукции и потери энергии в ней [6]. Во-вторых, шкаф защищен общим кожухом от атмосферных воздействий. В-третьих, его расположение в отдалении от непосредственного контакта с насосами минимизирует вредное воздействие вибрации на чувствительную электронику. Отдельно стоящий шкаф потребовал бы дополнительной площади, фундамента, более длинных кабелей и был бы менее защищен от неблагоприятных условий окружающей среды.

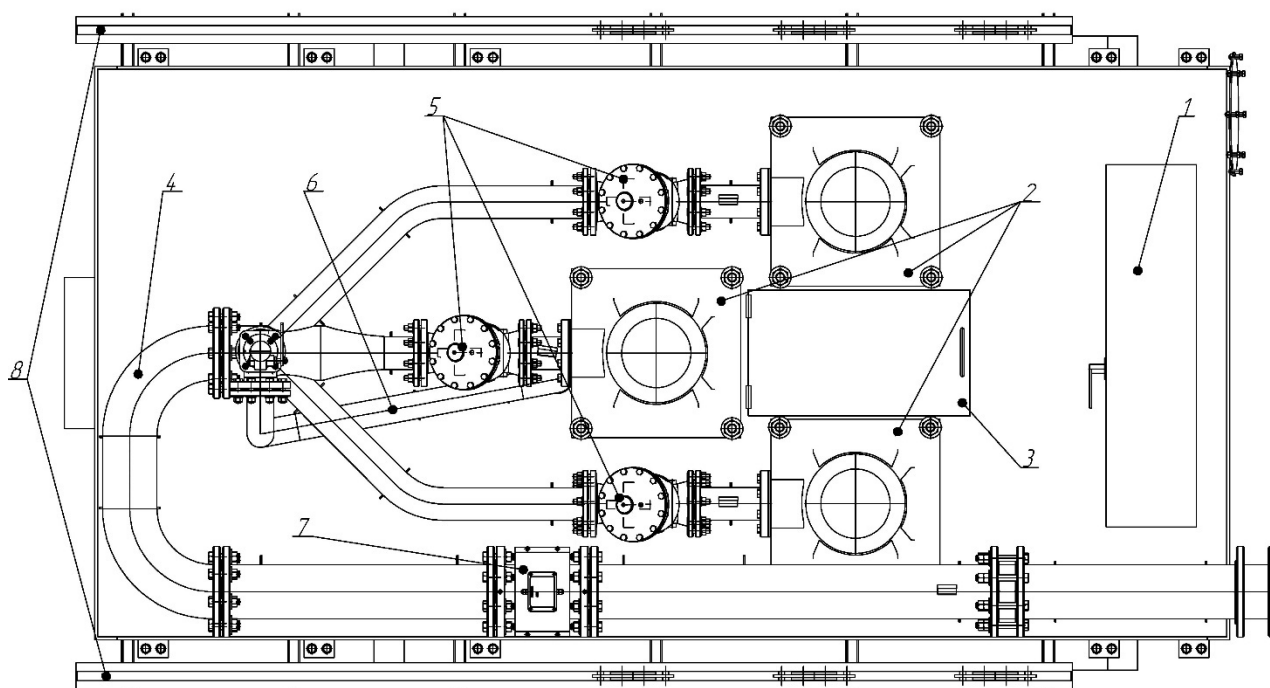


Рисунок 2 – Конструктивно-компоновочное исполнение наземной части полнокомплектной насосной станции на основе вертикальных насосов с трансмиссионным валом (1 – шкаф управления, питания и контроля, 2 – насосные агрегаты, 3 – технологический люк, 4 – напорный коллектор, 5 – предохранительные клапаны, 6 – сбросной трубопровод, 7 – расходомер, 8 – направляющие рельсы защитного кожуха)

Важным компоновочным решением стало размещение технологического люка (3) в пределах периметра опорной рамы. Данный подход позволяет минимизировать занимаемую насосной станцией площадь, что особенно актуально для сокращения строительных издержек по подготовке площадки для размещения насосной станции в месте берегового водозабора. Люк, расположенный в плоскости рамы и в ее пределах, обеспечивает прямой доступ к подземной части водоприёмного колодца для проведения

пусконаладочных работ, технического обслуживания, ревизии и очистки входных фильтров насосов. Это исключает необходимость устройства дополнительных площадок или сооружений для обслуживания, сокращает время и трудозатраты на эксплуатационные мероприятия.

Объединение напорных патрубков от трех насосов выполнено через «елкообразное» сопряжение, объединяющее их в горизонтальный напорный коллектор (4), огибающий 1/3 периметра насосной станции и выведенный в торец рамы. Такая конструкция отличается высокой компактностью и минимальными гидравлическими потерями. Также преимуществом является создание идеальных условий для монтажа контрольно-измерительной аппаратуры, в частности, электромагнитного расходомера (7). Горизонтальное и прямое расположение коллектора без изгибов легко позволяет обеспечить необходимые для точных показаний прямолинейные участки до и после расходомера (5Dy и 3Dy соответственно). Альтернативные варианты, такие как обычный горизонтальный коллектор или вывод магистрали сбоку, были бы невыгодны: первый занял бы полезный объем и затруднил обслуживание, а второй увеличил бы габаритную ширину станции и потребовал бы устройства дополнительных отводов за ее пределами для соблюдения условий монтажа расходомера, что усложнило бы всю конструкцию.

Ещё одним принципиальным аспектом разработанной компоновочной схемы ПКНС является рациональное размещение на напорной гидравлической обвязке сбросного трубопровода (6) с предохранительным клапаном, который играет важную роль в обеспечении безопасной и надежной эксплуатации насосной станции, обеспечивая экстренный сброс воды из напорного коллектора при возникновении явлений гидроудара [11]. Короткий сбросной трубопровод исключает необходимость использования дополнительных опор для его крепления на раме и повышает защищенность насосной станции от повышенных динамических нагрузок и вибраций. Жесткое крепление короткого трубопровода к раме также снижает вероятность его повреждения при транспортировке или монтаже. С эргономической и эксплуатационной точек зрения, выбранное расположение обеспечивает легкий визуальный контроль за состоянием предохранительного клапана, а также упрощает проведение периодических проверок и регламентных работ.

Наконец, вся наземная часть заключена в защитный кожух (8). Это превращает станцию во всепогодное сооружение, надежно защищающее дорогостоящее оборудование от дождя, снега, ультрафиолета и пыли, что значительно продлевает его ресурс и обеспечивает безопасность, предотвращая случайный доступ.

Конструктивно-компоновочное исполнение наземной части полнокомплектной насосной станции представлено на рисунке 2.

Таким образом, предложенная компоновка наземной части ПКНС — с треугольным расположением насосов, рациональным размещением шкафа управления, встроеным в раму технологическим люком и горизонтальным торцевым коллектором — представляет собой сбалансированное инженерное решение, обеспечивающее высокую заводскую готовность, минимальные сроки ввода в эксплуатацию, снижение эксплуатационных расходов и соответствие современным требованиям к надёжности и эффективности насосных станций для систем сельскохозяйственного орошения.

Выводы. На основании проведенного комплексного исследования, направленного на обоснование рациональной компоновки основных элементов надземной части ПКНС на базе ВНТВ на единой стальной раме, был разработан и обоснован ряд ключевых решений, формирующих в совокупности высокоэффективную компоновочную схему. Центральным из них стало треугольное размещение трех насосных агрегатов на единой опорной стальной раме, которое, в сравнении с классической линейной схемой, доказало свое существенное преимущество. Данное решение позволило минимизировать занимаемую площадь, массу и материалоемкость несущей конструкции, что напрямую снижает ее стоимость, а также способствует более равномерному и рациональному распределению статических и динамических нагрузок, повышая общую жесткость и устойчивость всей металлоконструкции насосной станции. Другим важным аспектом разработанного компоновочного решения стало применение «елочного» сопряжения напорных патрубков насосов с компактным расположением напорного коллектора, огибающего периметр рамы. Это решение не только обеспечивает минимизацию гидравлических потерь, но и создает идеальные условия для корректного монтажа контрольно-измерительной аппаратуры, гарантируя наличие необходимых прямолинейных участков для установки электромагнитного расходомера. Значительный синергетический эффект дает интеграция шкафа управления в состав расположенных на силовой раме основных элементов, что позволило значительно сократить длину кабелей, защитить чувствительную электронику от внешних воздействий и вибрации, а также обеспечить эргономичный доступ для обслуживающего персонала. Кроме того, размещение технологического люка непосредственно в плоскости рамы между насосами предоставляет прямой доступ к подземной части для проведения пусконаладочных и ремонтных работ без увеличения общих габаритов сооружения.

Таким образом, совокупность предложенных решений формирует сбалансированную и технологически совершенную компоновку, обеспечивающую

высокую степень заводской готовности, минимальные сроки монтажа и ввода в эксплуатацию, снижение капитальных и эксплуатационных затрат, а также создание комфортных и безопасных условий для управления и технического обслуживания насосной станции на протяжении всего жизненного цикла ее эксплуатации, что закладывает практическую основу для проектирования эффективных многоагрегатных станций, адаптированных к сложным условиям берегового водозабора [12].

Библиографический список

1. Ветров, Е. П. Исследование энергоэффективности работы насосных станций в системах водоснабжения и водоотведения / Е. П. Ветров // Вода и экология: проблемы и решения. – 2010. – № 1-2(42-43). – С. 40-47. – EDN PLSIWP.
2. Муравьев, А. В. Особенности применения вертикальных насосов с трансмиссионным валом в оросительных системах / А. В. Муравьев, Д. А. Лебедев // Вестник мелиоративной науки. – 2024. – № 2. – С. 68-73. – EDN JLRSBI.
3. Муравьев, А. В. Преимущества и недостатки вертикальных насосов с трансмиссионным валом по сравнению с другими центробежными насосами / А. В. Муравьев, Д. А. Лебедев // Вестник мелиоративной науки. – 2024. – № 2. – С. 29-35. – EDN VDNHVB.
4. Отчет о НИОКР по теме 2.2.2 «Разработка эскизного проекта на экспериментальный образец трех-агрегатной полнокомплектной насосной станции ПКНС «Радуга-ТВ» 240/60 на базе вертикальных насосов с трансмиссионным валом (ВНТВ) для закрытых оросительных систем (промежуточный за 2024 год), 2024.
5. СНиП 2.04.02-84 Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. -Введ. 01.01.86. -Москва: Стройиздат, 1985. -132 с.
6. Вишневский К. П., Подвласов А. В. Проектирование насосных станций закрытых оросительных систем: Справочник. - М.: Агропромиздат, 1990. - 93 с.
7. Особенности работы насосных станций на закрытых оросительных системах / Д. С. Бегляров, Ю. И. Сухарев, М. С. Али, Э. Е. Назаркин // Научная жизнь. – 2021. – Т. 16, № 5(117). – С. 538-553. – DOI 10.35679/1991-9476-2021-16-5-538-553. – EDN PJSCDL.
8. Али, М. С. Насосы и насосные станции / М. С. Али, Д. С. Беляров, В. Ф. Чебаевский. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – 330 с. – ISBN 978-5-9675-1301-5. – EDN ZFNVCZ.
9. Насосные станции для орошения: справочное пособие / Г. В. Ольгаренко [и др.]. – Коломна: [б. и.], 2007. – 304 с. – EDN QKZCLF.
10. Водовозов, А. М. Оптимизация системы управления насосной станции / А. М. Водовозов, Н. Н. Черняева // Южно-Сибирский научный вестник. – 2018. – № 2(22). – С. 10-15. – EDN XUNOTB.
11. Вишневский К. П., Бегляров Д. С., Мегдади З. Использование предохранительных сбросных устройств для защиты ЗОС от гидравлического удара // Мелиорация и водное хозяйство. - 1995. - №1. - С. 55-57.
12. Овчинников А.С., Пантюшина Т.В., Мануйленко И.А., Бочарникова О.В., Большаков И.А., Бочарников В.С.: Уч. пособие по дисциплине "Насосы и насосные станции" // Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. - Волгоград / 2010. -76 с.

References in roman script

1. Vetrov, E. P. Issledovanie energoeffektivnosti raboty nasosnykh stantsiy v sistemakh vodosnabzheniya i vodootvedeniya / E. P. Vetrov // Voda i

- экология: проблемы и решения. – 2010. – № 1-2(42-43). – С. 40-47. – EDN PLSIWP.
2. Murav'ev, A. V. Osobennosti primeneniya vertikal'nykh nasosov s transmissionnym valom v orositel'nykh sistemakh / A. V. Murav'ev, D. A. Lebedev // Vestnik meliorativnoy nauki. – 2024. – № 2. – С. 68-73. – EDN JLRSBI.
 3. Murav'ev, A. V. Preimushchestva i nedostatki vertikal'nykh nasosov s transmissionnym valom po sravneniyu s drugimi tsentrobezhnymi nasosami / A. V. Murav'ev, D. A. Lebedev // Vestnik meliorativnoy nauki. – 2024. – № 2. – С. 29-35. – EDN BDHBB.
 4. Otchet o NIOKR po teme 2.2.2 «Razrabotka eskiznogo proekta na eksperimental'nyy obrazets trekh-agregatnoy polnokomplektnoy nasosnoy stantsii PKNS «Raduga-TV» 240/60 na baze vertikal'nykh nasosov s transmissionnym valom (VNTV) dlya zakrytykh orositel'nykh sistem (promezhutochnyy za 2024 god), 2024.
 5. SNiP 2.04.02-84 Stroitel'nye normy i pravila. Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya. -Vved. 01.01.86. -Moskva: Stroyizdat, 1985. -132 s.
 6. Vishnevskiy K. P., Podvlasov A. V. Proektirovanie nasosnykh stantsiy zakrytykh orositel'nykh sistem: Spravochnik. - M.: Agropromizdat, 1990. - 93 s.
 7. Osobennosti raboty nasosnykh stantsiy na zakrytykh orositel'nykh sistemakh / D. S. Beglyarov, Yu. I. Sukharev, M. S. Ali, E. E. Nazarkin // Nauchnaya zhizn'. – 2021. – Т. 16, № 5(117). – С. 538-553. – DOI 10.35679/1991-9476-2021-16-5-538-553. – EDN PJSCDL.
 8. Ali, M. S. Nasosy i nasosnye stantsii / M. S. Ali, D. S. Belyarov, V. F. Chebaevskiy. – Moskva: Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet - MSKhA im. K.A. Timiryazeva, 2015. – 330 s. – ISBN 978-5-9675-1301-5. – EDN ZFNYCZ.
 9. Nasosnye stantsii dlya orosheniya: spravochnoe posobie / G. V. Ol'garenko [i dr.]. – Kolomna: [b. i.], 2007. – 304 s. – EDN QKZCLF.
 10. Vodovozov, A. M. Optimizatsiya sistemy upravleniya nasosnoy stantsii / A. M. Vodovozov, N. N. Chernyaeva // Yuzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik. – 2018. – № 2(22). – С. 10-15. – EDN XUNOTB.
 11. Vishnevskiy K. P., Beglyarov D. S., Megdadi Z. Ispol'zovanie predokhranitel'nykh sbrosnykh ustroystv dlya zashchity ZOS ot gidravlicheskogo udara // Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. - 1995. - №1. - С. 55-57.
 12. Ovchinnikov A.S., Pantyushina T.V., Manuylenko I.A., Bocharnikova O.V., Bol'shakov I.A., Bocharnikov V.S.: Uch. posobie po distsipline "Nasosy i nasosnye stantsii" // Volgogradskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya. - Volgograd / 2010. -76 s.

Сведения об авторах

Муравьев Александр Викторович, научный сотрудник, Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, awm1@mail.ru.

Лебедев Денис Андреевич, младший научный сотрудник, Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, denislebedev992@gmail.com

Авторы заявляет об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Статья поступила в редакцию 21.11.2025г.

Для цитирования: Муравьев А.В., Лебедев Д.А. Выбор рациональной компоновки на единой силовой раме основных элементов оросительной насосной станции на основе вертикальных насосов с трансмиссионным валом// Вестник мелиоративной науки. 2025.№4. С. 157-167.

Information about the authors

Muravjev Aleksandr Viktorovich, 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, awm1@mail.ru.

Lebedev Denis Andreevich, 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, denislebedev992@gmail.com.

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 21.11.2025.

For citations: Muravjev A.V., Lebedev D.A. Choosing of Rational Assembling on One Load Frame the Main Elements of Irrigation Power Station Based on Vertical Pumps with a Transmission Shaft// Bulletin of Meliorative Science. 2025.№4. С. 157-167.

Главный редактор: Ольгаренко Геннадий Владимирович
Ответственные за выпуск: Банникова Алла Игоревна
ФГБНУ ВНИИ «Радуга»

Коломна

2025