

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Обзорная статья

УДК 631.6.004.65

doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-4-84-108

Требования к структуре и функционалу базы данных мелиоративных систем и гидротехнических сооружений

Лидия Анатольевна Воеводина¹, Максим Андреевич Мячин²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹rosniipm-lian@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5681-3807>

²maksimmacin753@gmail.com

Аннотация. Цель: анализ исследований, посвященных использованию цифровых технологий для оросительных систем, результаты которых могут быть применены при формировании требований к структуре и функционалу базы данных (БД) мелиоративных систем и гидротехнических сооружений. **Обсуждение.** Анализ существующих цифровых решений для мелиоративной отрасли показал, что они ориентированы в основном на расчеты на уровне сельскохозяйственных производителей и не обеспечивают наглядного отображения полученных данных, географическую привязку или интерактивное взаимодействие с пользователем. Большинство разработок сосредоточено на внутривладельческом планировании, тогда как уровень систем и эксплуатирующих организаций представлен недостаточно подробно. Примеры с визуализацией объектов не всегда удобно использовать для расчетов. База данных должна быть надежной, удобной в использовании и масштабируемой. На начальном этапе определяются объекты учета, включая элементы мелиоративных систем: линейные (каналы) и точечные (насосные станции, водовыпуски), а также земельные угодья и экологические параметры. Каждый объект классифицируется по различным признакам и содержит данные о названии, типе, состоянии, характеристиках, местоположении, владельце и др. Структура БД проектируется с учетом интеграции пространственных и атрибутивных данных, отслеживания изменений во времени и нормализации информации. Функционал БД должен обеспечивать ввод, корректировку и хранение данных, формирование отчетов, поддержку принятия решений, аналитические возможности, импорт данных из ГИС, интеграцию с системами дистанционного зондирования Земли и обмен с системами планирования ресурсов предприятия. **Выводы.** Разработка продукта, объединяющего функции визуализации, интерактивного взаимодействия, а также возможности выполнять пользовательские запросы и расчеты, является актуальной.

Ключевые слова: мелиоративный комплекс, оросительные системы, гидротехнические сооружения, база данных, система поддержки принятия решений, геоинформационная система, QGIS

Источник финансирования: субсидии на выполнение Государственного задания № 082-00062-25-00 за счет средств федерального бюджета.

Для цитирования: Воеводина Л. А., Мячин М. А. Требования к структуре и функционалу базы данных мелиоративных систем и гидротехнических сооружений // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 4. С. 84–108. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-4-84-108>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Review article

Requirements for database structure and functionality of the reclamation systems and hydraulic structures

Lidiya A. Voyevodina¹, Maksim A. Myachin²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹rosniipm-lian@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5681-3807>

²maksimmacin753@gmail.com

Abstract. Purpose: to analyze research on the use of digital technologies for irrigation systems, the results of which can be used in formulating requirements for the structure and functionality of database for reclamation systems and hydraulic structures. **Discussion.** An analysis of existing digital solutions for the reclamation industry showed that they are primarily focused on calculations at the level of agricultural producers and do not provide a visual display of the obtained data, georeference, or interactive communication with the user. Most developments are focused on in-farm planning, while the level of systems and operating organizations is not presented in sufficient detail. Examples with object visualization are not always convenient for calculations. Database should be reliable, easy-to-use, and scalable. At the initial stage, the recorded objects are determined, including elements of reclamation systems: linear (canals) and point (pumping stations, water outlets), as well as land areas and environmental parameters. Each object is classified according to various criteria and contains data on its name, type, status, characteristics, location, owner, and other information. The database structure is designed to integrate spatial and attribute data, track changes over time, and normalize information. Database functionality should support data entry, editing, and storage, report generation, decision support, analytical capabilities, data import from GIS, integration with Earth remote sensing systems, and exchange with enterprise resource planning systems. **Conclusions.** Developing a product that combines visualization, interactive communication, and the ability to execute user queries and calculations is relevant.

Keywords: reclamation complex, irrigation systems, hydraulic structures, database, decision support system, geographic information system, QGIS

Funding source: subsidies for the implementation of State Assignment No. 082-00062-25-00 are from the federal budget.

For citation: Voyevodina L. A., Myachin M. A. Requirements for database structure and functionality of the reclamation systems and hydraulic structures. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2025;15(4):84–108. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-4-84-108>.

Введение. Согласно программным документам по развитию цифровой экономики РФ^{1, 2}, «данные в цифровой форме являются ключевым

¹Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» [Электронный ресурс]: утв. 20 дек. 2024 г. Президиумом Совета при Президенте Рос. Федерации по стратег. развитию и нац. проектам. URL: <https://digital.gov.ru/target/naczionalnyj-proekt-ekonomika-dannyh-i-czifrovaya-transformacziya-gosudarstva> (дата обращения: 16.05.2025).

²Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности, что повышает конкурентоспособность страны, качество жизни граждан, обеспечивает экономический рост и национальный суверенитет». Сегодня цифровая трансформация охватывает широкий круг отраслей народного хозяйства, в т. ч. и агропромышленный комплекс РФ. В мелиоративной отрасли внедрение цифровых технологий также приобретает актуальность в связи с возрастающей потребностью бережного использования водных ресурсов (ВР), которое во многом зависит от точного и эффективного управления. Эффективное управление потреблением ВР особенно важно для оросительных мелиораций. Так, в 2023 г., по данным Росводресурсов, на орошение было направлено 6031,4 млн м³ воды, что составило около 12 % от всего объема забора свежей воды, используемой в народном хозяйстве России³. В то же время в мелиоративной отрасли отмечается значительный объем потерь ВР (в среднем около 25 % от объема забранных ВР) и неполное использование потенциала оборудованных для оросительных мелиораций земель [1, 2]. Повысить эффективность управления ВР многие исследователи предлагают за счет внедрения цифровых решений.

Цель нашего исследования состоит в анализе исследований, посвященных использованию цифровых технологий для оросительных систем, результаты которых могут быть применены при формировании требований к структуре и функционалу базы данных (БД) мелиоративных систем и гидротехнических сооружений (БД МСиГТС), содержащей информацию не только о гидротехнических сооружениях (ГТС), но и о сельскохозяйственных полях, ими обслуживаемых.

Обсуждение. Исследования в области использования цифровых технологий имеют довольно продолжительную историю. Уже при появлении

³Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году». М.: Минприроды России; Интеллектуал. аналитика; Дирекция НТП; Фонд экол. мониторинга и междунар. технол. сотрудничества, 2024. 707 с.

первых отечественных ЭВМ (с конца 70-х гг. прошлого века) начали создаваться автоматизированные системы управления (АСУ) оросительными системами. Однако при этом все расчеты должны были производиться в специализированных вычислительных центрах, отдаленных от фактических мест управления системами, уровень развития ЭВМ был довольно низким, а средства оперативного обмена информацией практически отсутствовали. Опыт внедрения таких АСУ оказался достаточно неудачным, что отмечалось в сообщениях Т. Я. Гельман, Р. Д. Брусиловского и др. [3, 4].

Наиболее востребованным направлением для повышения эффективности использования орошаемых земель является разработка цифровых решений для планирования водопользования. Подробные и многоплановые исследования в этой области были проведены В. И. Ольгаренко, В. И. Коржовым, В. И. Селюковым и др.⁴ [5–9]. Они предложили методологию «составления планов водопользования как в отдельных хозяйствах различных форм собственности, так и оросительных систем в целом с использованием информационных технологий, обеспечивающих рациональное использование водных, энергетических и трудовых ресурсов, повышение оперативности и качества принимаемых управленческих решений», включающую «общий алгоритм функционирования программы», а также «схему компьютерной технологии планирования водопользования» (рисунки 1, 2).

Совершенствование предложенной методологии продолжается постоянно. Так, в результате исследований В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко, И. В. Коржова определены задачи не только планирования, но и оперативного управления водоподачей на оросительных системах. В том числе ими изучены: «общие задачи диспетчера по перере-

⁴Расчет плана водопользования на государственных оросительных системах («PlanVP.EXE»): свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2010616506 / Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Селюков В. И., Балакай Г. Т., Сенчуков Г. А.; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Заявка № 2010614620; заявл. 02.08.10; опубл. 02.08.10.

гулированию гидравлического режима участков оросительной системы, не привязывая их к конкретным типам ГТС. Обоснованы основные положения метода диспетчерского управления водораспределением по расчетному приращению объемов, определение времени перерегулирования между основным и компенсирующим процессами перерегулирования. Определены четыре типа ситуаций при решении диспетчерских задач водораспределения, которые определяются сравнением объемов и расходов, устанавливаемых на участке, для каждого из которых определяется присущий ему порядок перерегулирования» [10].

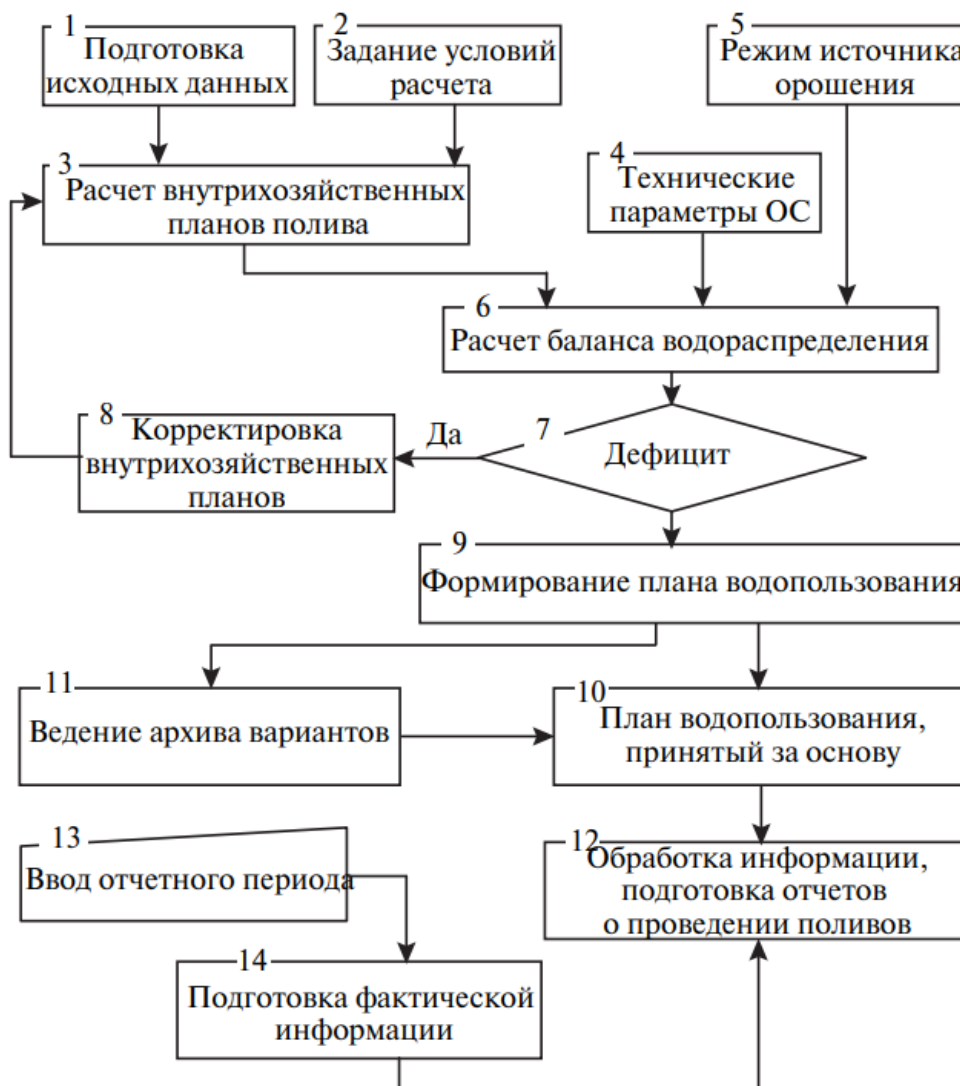


Рисунок 1 – Общий алгоритм работы компьютерной программы [9]
Figure 1 – General algorithm of the computer program [9]

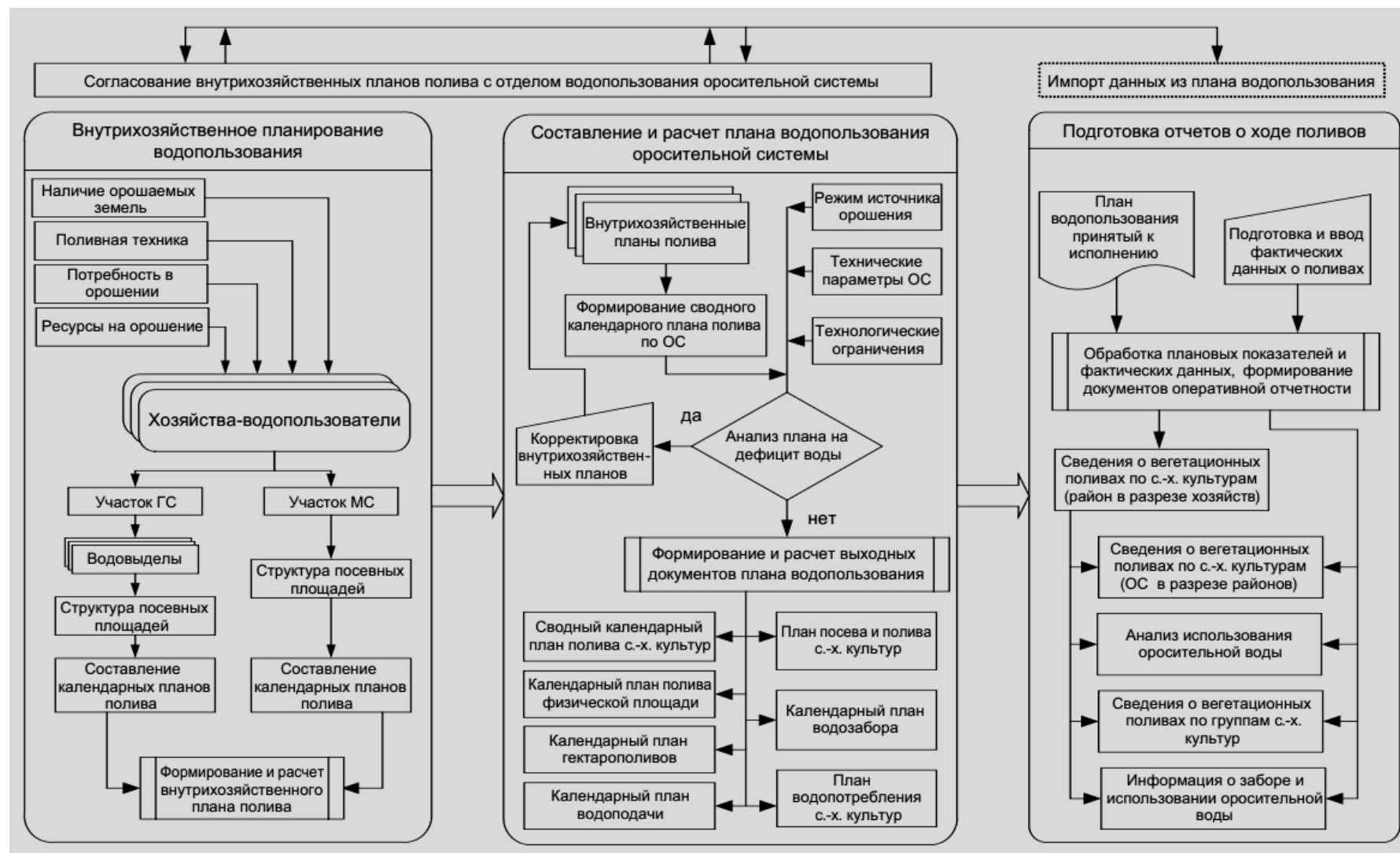


Рисунок 2 – Схема компьютерной технологии планирования водопользования [6]

Figure 2 – Scheme of computer technology for water use planning [6]

Рассмотренные выше предложенные решения в основном реализованы с использованием программы Excel и встроенных в ее функционал средств программирования (Visual Basic for Applications), что делает их доступными для широкого круга заинтересованных пользователей. В то же время в них слабо реализована функция визуализации и интерактивного взаимодействия между программой и пользователем, отсутствует географическая привязка полученных результатов к существующим картам, а между тем наличие таких функций значительно помогает в работе операторов крупных оросительных систем даже при отсутствии продолжительного опыта работы. В своих исследованиях авторы сосредотачиваются преимущественно на внутрихозяйственном планировании, в то время как планирование на уровне систем и эксплуатирующих организаций остается малоизученным. Подобная ситуация обусловлена тем, что внутрихозяйственное планирование допускает типизацию и стандартизацию, в отличие от системного уровня, который характеризуется уникальными особенностями каждого конкретного случая. С другой стороны, примеры с реализованной функцией визуализации мелиоративных объектов не оснащены расчетным и простым в использовании интерактивным аппаратом.

Одним из базовых источников информации для разработки БД МСиГТС могут служить ежегодно актуализируемые БД, например, БД гидротехнических сооружений и мелиоративных систем^{5, 6}, а также сведе-

⁵База данных государственных мелиоративных систем для актуализации сведений в Автоматизированной информационной системе государственного мониторинга водных объектов Российской Федерации и Автоматизированной информационной системе «Государственный водный реестр»: свидетельство о гос. регистрации базы данных № 2024625113 / Сенчуков Г. А., Абраменко И. П., Клишин И. В., Воеводина Л. А., Осипенко Д. А., Бородин В. С.; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Заявка № 2024624678; заявл. 23.10.24; опубл. 12.11.24, Бюл. № 11. EDN: DNJKPF.

⁶База данных отнесенных к государственной собственности гидротехнических сооружений для актуализации сведений в Автоматизированной информационной системе государственного мониторинга водных объектов Российской Федерации и Автоматизированной информационной системе «Государственный водный реестр»: свидетельство о гос. регистрации базы данных № 2024625112 / Сенчуков Г. А., Абраменко И. П., Клишин И. В., Воеводина Л. А., Осипенко Д. А., Бородин В. С.; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Заявка № 2024624676; заявл. 23.10.24; опубл. 12.11.24, Бюл. № 11. EDN: DNJKPF.

ния, содержащиеся в Единой федеральной государственной информационной системе земель сельскохозяйственного назначения (ЕФГИСЗСН), и др. Однако большинство БД содержит только часть сведений, относящихся к мелиоративным объектам, которые предоставляются для освещения определенной задачи. Например, внесение в ЕФГИСЗСН сведений о ГТС выполнило задачу визуализации местоположения объектов, однако большинство объектов были нанесены без соблюдения ряда правил, позволяющих в дальнейшем применять различные инструменты для реализации разнообразных запросов на основе внесенной информации. С другой стороны, дополнение существующих БД визуальной информацией о местоположении объектов учета и возможностью осуществлять запросы, учитывающие географическую привязку объектов, могло бы повысить удобство использования БД, особенно для поддержки принятия решений, в т. ч. в отношении мероприятий по эффективному использованию ВР и мелиорированных земель.

Оросительные системы во многом являются уникальными образованиями. Таковыми их делают неповторимое сочетание их местоположения, правовых норм, действующих в определенный период времени, правил, принятых в организациях, управляющих оросительными системами, и другие факторы. В связи с этим зачастую наибольший положительный эффект при внедрении различных инноваций, в т. ч. связанных с управлением и цифровизацией, дает применение такого исследовательского подхода, как метод «case-study». Характеризуя этот метод, исследователи отмечают, что это «стратегия исследования, направленная на последовательное и детальное изучение одного объекта» [11–13]. Исследования, связанные с ВР и водопользованием, применяющие метод «case-study», проводятся по всему миру, в частности, на Кипре [14], в Колумбии [15], в Таиланде [16], в Индонезии [17], в Тунисе [18], в Западной Африке [19] и многих других странах.

Использование данного метода находит широкое применение и в работах отечественных авторов. Так, в результате исследований, проведен-

ных в 2022–2023 гг. В. И. Ольгаренко и др. [20] на Самур-Дербентской оросительной системе в Республике Дагестан, был «разработан и внедрен «Информационно-вычислительный комплекс планирования водопользования при эксплуатации мелиоративно-водохозяйственных систем» (рисунок 3). А. В. Матвеев и другие исследователи из Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова внедрили разработанные ими программные решения на Сарпинской оросительно-обводнительной системе в Республике Калмыкия^{7, 8} [21]. А. Н. Рыжаков и др. представили результаты работ по созданию геоинформационной базы данных «Понуро-Калининская «Водохозяйственная система» [22].

Обобщая исследования с применением метода «case-study», можно заключить, что разработка БД МСиГТС должна ориентироваться на уровень системы и учитывать особенности конкретной МС. Учет всех возможных особенностей МС и стремление к универсальности может на начальном этапе привести к чрезмерной громоздкости и сложности в разработке и управлении такой БД. Универсальность разрабатываемой БД МСиГТС должна базироваться на выделении типичных случаев, описании и обработке информации по ним, в формировании своеобразного модуля. В итоге каждая МС будет представлять собой уникальный набор таких модулей, из которых в дальнейшем можно построить более сложную структуру БД МСиГТС.

⁷Веб-ГИС-сервис для ведения комплексного экологического мониторинга орошаемых земель Сарпинской обводнительно-оросительной системы: свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2024661624 / Матвеев А. В., Дедова Э. Б., Исаева С. Д., Шабанов Р. М.; правообладатель ФНИЦ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. Заявка № 2024660661; заявл. 14.05.24; опубл. 21.05.24, Бюл. № 6. EDN: KXIFCG.

⁸Геоинформационная веб-система поддержки принятия решений по интегрированному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом Республики Калмыкия: свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2023663383 / Матвеев А. В., Дедова Э. Б., Исаева С. Д., Шабанов Р. М.; правообладатель ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова. Заявка № 2023662056; заявл. 07.06.23; опубл. 22.06.23. Бюл. № 7.

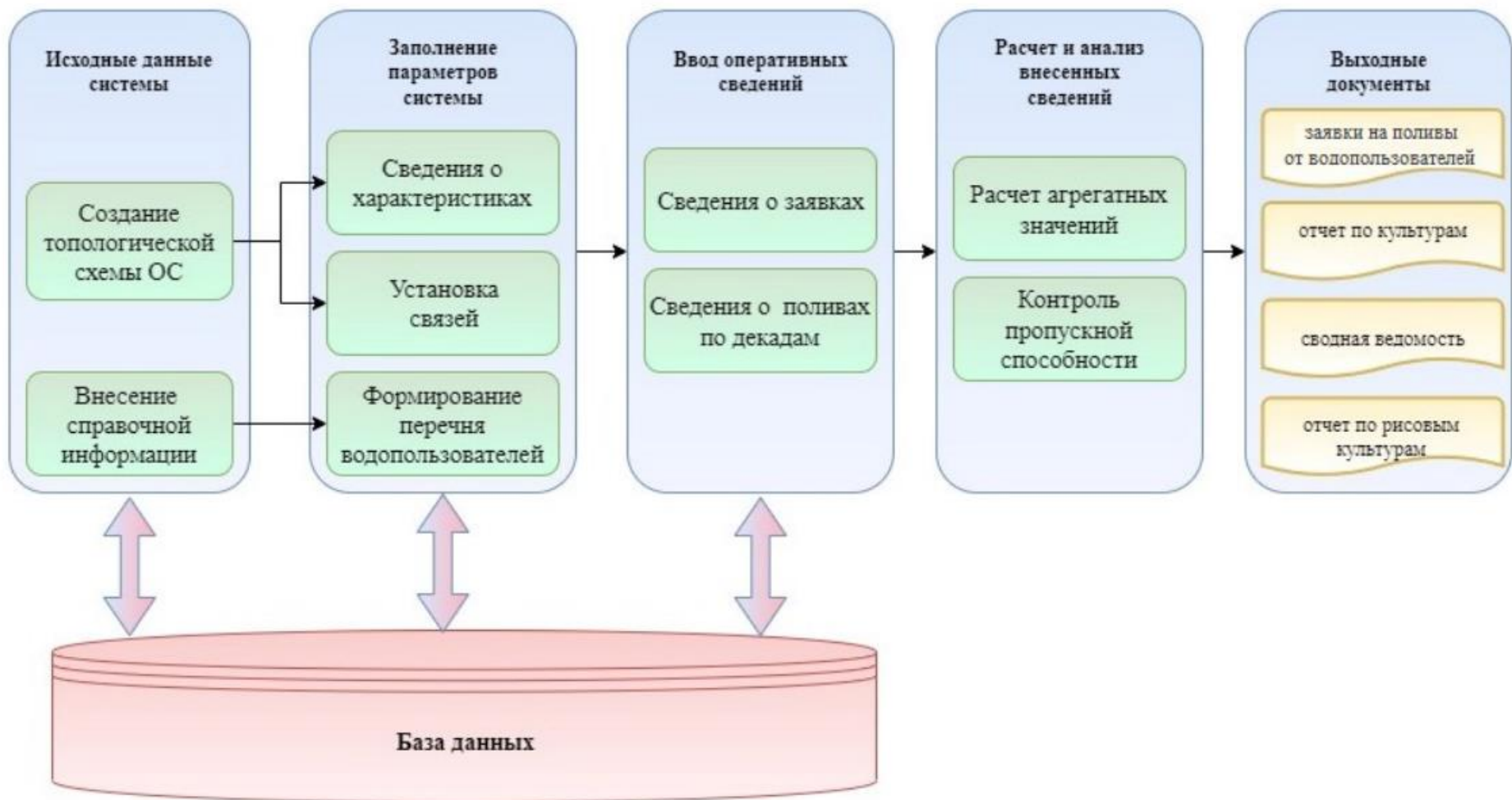


Рисунок 3 – Структурная схема информационно-вычислительного комплекса планирования водопользования на Самур-Дербентской оросительной системе Республики Дагестан [20]

Figure 3 – Structural diagram of the information and computing complex for water use planning in the Samur-Derbent irrigation system of the Republic of Dagestan [20]

Все чаще кроме расчетов в цифровых продуктах по поддержке принятия решений для управления оросительными системами находят применение ГИС-технологии. Согласно действующему законодательству РФ, геоинформационная система (ГИС) – это система, предназначенная для хранения, обработки, поиска, распространения, передачи и представления информации, оперирующая пространственными данными⁹. Использование ГИС в настоящее время распространяется во многих сферах человеческой жизнедеятельности, в т. ч. в таких, как картография и инженерная геодезия, пространственная навигация, экология, лесоустроительные службы, разработка природных ресурсов, управление территориями, предприятиями, бизнесом, инженерными сетями и коммуникациями и др.

В настоящее время ГИС-программы представлены двумя основными классами: это открытые системы (например, QGIS и GRASSGIS) и коммерческие продукты (например, ArcGIS и MapInfo). Открытые системы привлекают своей доступностью и гибкостью, коммерческие решения предлагают широкий спектр инструментов и поддержку пользователей, включающую обучение, однако высокая цена является их существенным недостатком.

В разделе «Геоинформационные системы (ГИС)» рубрикатора Ассоциации разработчиков программных продуктов (АРПП) «Отечественный софт» на момент написания статьи было представлено 58 продуктов¹⁰. В соответствии с описанием назначения и области применения (экология и сельское хозяйство) представленных продуктов было выбрано для сравнения несколько программных продуктов, использование которых возможно в мелиоративной отрасли: Панорама x64; КРЕДО; MagentaGIS; AirLay; ГП «Атлас»; ГИС-АБП 1.0; Эттон: Фактор. Затем они были более детально проанализированы по 16 критериям, представленным в таблице 1. Боль-

⁹ГОСТ Р 52438-2005. Географические информационные системы. Термины и определения. Введ. 2006-07-01. М.: Стандартинформ, 2006. 16 с.

¹⁰Каталог совместимости российского программного обеспечения. Геоинформационные системы (ГИС) [Электронный ресурс]. URL: <https://catalog.arppsoft.ru/section/6046282?page=1> (дата обращения: 16.05.2025).

шинство перечисленных программ имеют коммерческий тип лицензии, поддерживают основные форматы данных и системы координат для России, работают как минимум на Windows, имеют возможность расширения функционала, снабжены средствами для обучения и техподдержки. Однако существенным недостатком является высокая стоимость их использования, поэтому в таблицу нами также была включена одна из широко распространенных сегодня бесплатных программ с открытым кодом – программа QGIS, а также NextGIS, созданная командой российских разработчиков, принимающих активное участие в развитии QGIS.

Разработка программы QGIS была начата Гэри Шерманом в 2002 г. под названием QuantumGIS. Основной целью была разработка интерфейса для визуализации геопространственных данных [23, 24]. Изначально использовался набор инструментов Qt и C++, а с 2007 г. также и (API) Python [25]. На сегодняшний день QGIS – самое популярное бесплатное геопространственное программное обеспечение в мире. QGIS принадлежит Фонду геопространственных данных с открытым исходным кодом (Open Source Geospatial Foundation – OSGeo). По мнению Р. Столлмана, «бесплатное программное обеспечение позволяет знать и адаптировать его исходный код к потребностям каждого пользователя и дает свободу воспроизводить и распространять копии на благо общества» [26]. Среди основных сильных сторон этой геоинформационной системы можно выделить: включение инструментов через плагины и постоянно растущее сообщество пользователей и разработчиков [23]. Перечень существующих плагинов чрезвычайно обширен и содержит около 2500 наименований, их описание можно найти в официальном репозитории расширений¹¹. Исследования М. Rosas-Chavoya и др. показали [23], что QGIS применяют в различных странах и областях человеческой деятельности, в т. ч. и в мелиоративной отрасли, например, тематические карты, описанные в работе У. К. Суйундук и др. [27].

¹¹QGIS Python Plugins Repository [Electronic resource]. URL: <https://plugins.qgis.org/plugins> (date of access: 21.05.2025).

Таблица 1 – Характеристики наиболее распространенных российских геоинформационных систем

Table 1 – Characteristics of the most common Russian geographic information systems

1	Критерий	QGIS	Панорама x64
2	Тип лицензии	Бесплатная, с открытым исходным кодом	Коммерческая
3	Стоимость	Бесплатно	От 50000 руб. за лицензию
4	Разработчик	Международное сообщество	Акционерное общество Конструкторское бюро «Панорама» (Россия)
5	Электронный адрес	QGIS.org	https://gisinfo.ru/
6	Язык интерфейса	Русский, английский и др.	Русский
7	Платформа	Windows, Linux, macOS	Windows
8	Поддержка форматов	Все основные: SHP, GeoJSON, PostGIS, GeoTIFF, KML, GPX и др.	MIF/MID, DXF, SHP, GML, CAD, собственные форматы
9	Проекции и системы координат	Поддерживает все мировые проекции, включая российские (через PROJ)	Полная поддержка российских СК: СК-42, СК-95, МСК и др.
10	Функционал	Универсальная ГИС: анализ, моделирование, картографирование, научные исследования	Общая ГИС, топография, городское планирование
11	Удобство интерфейса	Современный, но требует обучения	Простой, понятен пользователям MapInfo и AutoCAD
12	Обучение и документация	Широкое сообщество, форумы, видеокурсы, официальные руководства	Есть обучение, техподдержка, методички
13	Расширяемость	Много плагинов, PythonAPI, SDK (Software Development Kit: набор инструментов для разработки программного обеспечения)	API (Application Programming Interface: интерфейс прикладного программирования), модули расширения
14	Интеграция с другими системами	PostGIS, GRASS, GDAL, САПР, Web-GIS и др.	ЕГРН, Росреестр, САПР, PostGIS
15	Поддержка в России	Хорошая, есть локальные специалисты и сообщества	Отличная, разработка и поддержка – в РФ
16	Сообщество	Международное сообщество, активное развитие	Российская аудитория, местные конференции
17	Обновления и развитие	Частые обновления от сообщества	Регулярные обновления

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

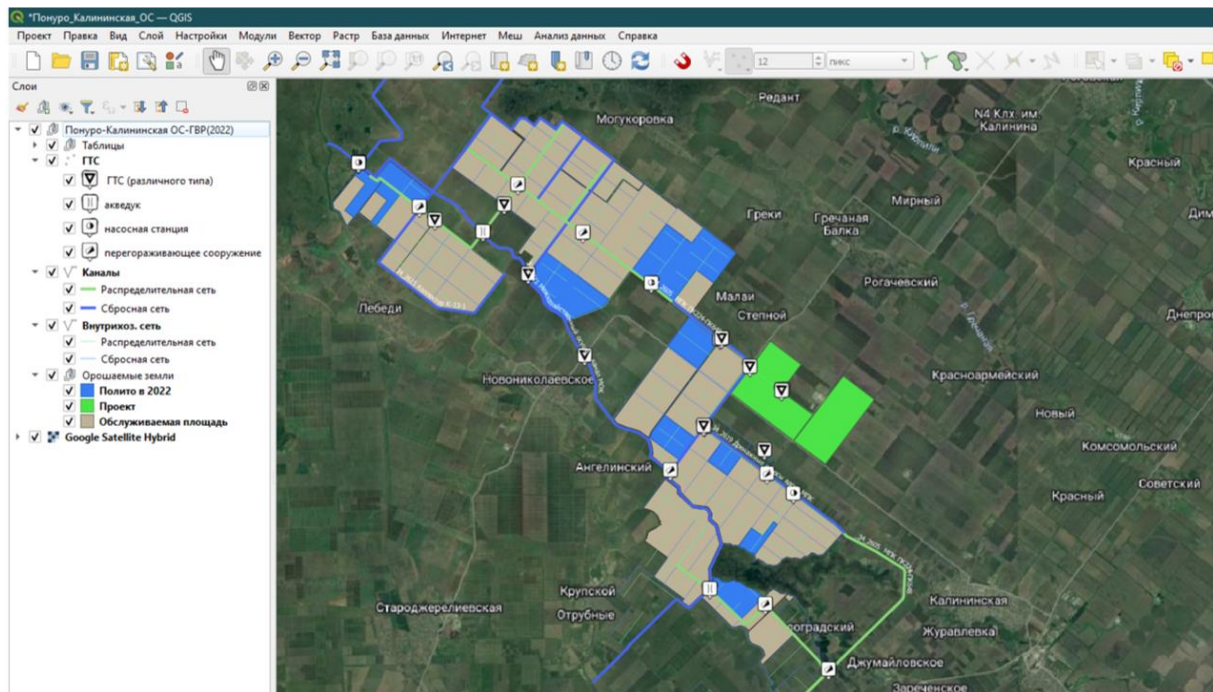
1	КРЕДО	MagentaGIS	AirLay
2	Коммерческая	Коммерческая	SaaS/Web (платформа с подпиской)
3	От 100000 руб. за лицензию	От 50000 до 300000 руб. за лицензию	По подписке (от ~10000 руб./мес.)
4	ЗАО «Кредо-Диалог» (Россия)	ООО «Магента». Научно-производственная компания «Маджента Девелопмент» (Россия)	ООО «АирЛай» (Россия)
5	https://credo-dialogue.ru/	https://magenta-technology.ru/	https://navikey.org/
6	Русский	Русский	Веб-интерфейс (русский)
7	Windows	Windows	Web (браузер)
8	DXF, DWG, MIF, XML, GML, SHP	DXF, SHP, MIF, CSV, Excel, PDF	GeoJSON, KML, WMS, CSV, изображения
9	Полная поддержка российских проекций	Поддержка всех стандартных проекций	WGS84, UTM, можно настроить другие
10	Инженерные изыскания, строительство, кадастр, дороги	Проектирование, ЖКХ, коммуникации, инженерные сети	Визуализация данных, публикация карт, аналитика
11	Сложный, ориентирован на специалистов	Дружелюбный, удобен для новичков	Веб-интерфейс, удобный и простой
12	Есть официальные курсы, документация	Есть обучающие материалы, техподдержка	Онлайн-документация, встроенная помощь
13	API, скрипты, внешние интеграции	API, интеграции, экспорт/импорт	API, интеграции с другими сервисами
14	САПР, BIM, PostGIS, CAD	САПР, PostGIS, CAD, ERP	WMS, WFS, Google Maps, Yandex Maps
15	Высокая, разработка в РФ	Хорошая, местная поддержка	Хорошая, полностью русскоязычная платформа
16	Российская аудитория, профессиональные круги	Российская аудитория, местные пользователи	Российская аудитория, веб-сообщество
17	Регулярные обновления	Частые обновления	Постоянные доработки и улучшения

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	ГИС-АБП 1.0	Эттон: Фактор	ZuluGIS	NextGIS
2	Бесплатная или условно бесплатная	Коммерческая	Коммерческая	Частично проприетарный, частично открытый
3	Бесплатно или бюджетно	От 50000 руб. за лицензию	Коммерческая (платная версия)	Бесплатная версия + платные подписки с поддержкой и функциями
4	Минцифры России / ИТ-компания	ООО «Эттон» (Россия)	ООО «Политерм» (Россия)	ООО «НекстГИС» (Россия)
5	https://abpsoft.spb.ru/index.html	https://it2region.ru/products/platforma-faktor/	https://www.politerm.com/products/geo/zulugis/	http://nextgis.ru/nextgis-qgis/
6	Русский	Русский	Основной – русский	Русский, английский
7	Windows, возможно web	Windows	Только Windows	Только Windows
8	GeoJSON, KML, CSV, Excel, PDF	DXF, SHP, XML, MIF, CAD	Ограниченная (Shape, MapInfo, GeoJSON)	Поддерживает основные форматы через QGISCore
9	Поддержка российских проекций	Поддержка российских СК	Ограниченная	Основные проекции, включая СК РФ, ограниченная гибкость
10	Аналитика, мониторинг, государственные проекты	Инженерные сети, ЖКХ, кадастр	Базовая картография и навигация	Базовые ГИС-функции: просмотр, редактирование, пространственный анализ
11	Понятный, но ограниченный функционал	Сбалансированный, средний уровень сложности	Простой и понятный для новичков	Упрощенный и интуитивно понятный, но менее гибкий
12	Ограничено, базовые инструкции	Официальные курсы и документация	Ограниченная документация	Хорошая документация на русском, меньше сторонних материалов
13	Ограниченная	API, интеграции	Нет или ограничена	Ограниченные возможности расширения, свои API
14	RESTAPI, JSON, CSV	САПР, PostGIS, ERP	Ограниченная	Интеграция с PostGIS, Росреестром, ФГОС, NextGISWeb, MerginMaps
15	Высокая, разработка в РФ	Хорошая, разработка в РФ	Прямая техподдержка от разработчика	Активно развивается, техподдержка на русском, внедрения в госструктурах
16	Небольшое сообщество	Российская аудитория	Ограниченное	Небольшое коммерческое сообщество, активность в Telegram, через поддержку
17	Ограниченные обновления	Регулярные обновления	Редкие	Регулярные обновления, фокус на устойчивость и удобство

В РФ использование QGIS также расширяется. Большое количество публикаций посвящено исследованиям в области управления лесным хозяйством и сельскохозяйственными землями, определения зон подтопления, землеустройства и картографии. В мелиоративной отрасли программу QGIS для разработки геоинформационной базы данных Понуро-Калининской оросительной системы использовали А. Н. Рыжаков и др. [22] (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Внешний вид геоинформационной базы данных
Понуро-Калининской оросительной системы [22]**

**Figure 4 – External view of the geoinformation database
of the Ponuro-Kalinin irrigation system [22]**

А. В. Матвеев, Э. Б. Дедова и др. [28] с применением программы QGIS разработали «...экспертную геоинформационную веб-систему поддержки принятия решений по интегральному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом», включающую «...базу данных, базу знаний, веб-сервер, набор веб-приложений для анализа, поиска и визуализации данных, геоинформационную подсистему, облачное хранилище данных, модуль резервного копирования», позволяющую «...накапливать, структу-

рировать, подготавливать и анализировать информацию о природно-климатических, гидрогеологических, почвенных и ирригационно-хозяйственных условиях, о мелиоративном состоянии орошаемых земель, наличии и качестве воды для орошения, техническом состоянии ГТС гидромелиоративных систем и других факторах, в комплексе определяющих особенности ведения сельскохозяйственного производства и способы повышения урожайности сельскохозяйственных культур». «Данная система основана на клиент-серверной технологии и позволяет через сеть Интернет подключаться ответственному пользователю с персонального компьютера, смартфона или планшета». При помощи специально разработанного Демелиорации шаблона программа QGIS была использована при наполнении Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИСЗСН) информацией о площадях мелиорированных земель и ГТС [29].

С учетом изложенного, если основным предполагаемым клиентским приложением для взаимодействия с геоданными будет QGIS, то необходимо предусмотреть структурированное хранилище информации или базу данных, к которым QGIS будет подключаться, например, такие системы управления базами данных, как PostgreSQL (PostGIS), SpatiaLite, Oracle Spatial, MSSQL.

Методология проектирования базы данных включает пять основных этапов [30]:

- сбор требований (определение целей системы; анализ данных, которые должны храниться);
- концептуальное проектирование (создание ER-диаграмм или UML-диаграмм для описания сущностей и связей);
- логическое проектирование (преобразование концептуальной модели под конкретный тип СУБД; нормализация данных);

- физическое проектирование (реализация логической модели в конкретной СУБД; настройка производительности);
- тестирование и оптимизация (проверка корректности работы системы; оптимизация запросов и структуры БД).

Выводы. Анализируя опубликованные открытые источники информации, мы сделали ряд заключений. Начальный этап разработки предполагает определение объектов учета, которые будут входить в БД. Обязательным должно быть представление уровня мелиоративной системы, в состав которой входят ГТС, включающие как линейные сооружения (например, каналы оросительные или дренажные), так и точечные объекты (например, насосные станции, водовыпуски, регулирующие сооружения на каналах), и подвешенная к ним площадь земельных угодий, а также другие параметры, необходимые для решения поставленных задач (например, такие экологические показатели, как уровень грунтовых вод, качество воды, почвенные характеристики). В качестве источников информации могут быть использованы существующие ресурсы: БД и сведения из различных систем учета. Каждый объект БД может быть классифицирован по нескольким признакам и содержать набор данных, определяющих общие сведения (включая название, тип, функциональное назначение); состояние (работоспособное или неработоспособное, либо в соответствии с п. 5.3 ГОСТ Р 70566-2022¹²); технические, проектные и конструктивные характеристики; местоположение (географические координаты, привязка к карте); сведения о собственнике и (или) эксплуатанте.

Структура БД должна быть спроектирована с учетом интеграции пространственных и атрибутивных данных, позволяющих создавать картографическое представление объектов, отслеживать возможные изменения

¹²ГОСТ Р 70566-2022. Системы и сооружения мелиоративные. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Введ. 2023-07-01. М.: Рос. ин-т стандартизации, 2022. 20 с.

во времени и осуществлять анализ взаимосвязей между компонентами БД; иерархической организации данных от целой системы до конкретных ГТС и полей, что может обеспечить легкое масштабирование БД; возможности отслеживания динамики изменений во времени (например, с помощью журналов событий) и нормализации данных, что предполагает устранение избыточности повторений и противоречий при обновлении информации, а также повышения производительности запросов.

Функционал БД должен соответствовать задачам, которые решаются с использованием разрабатываемой БД. Так, должна быть обеспечена возможность ввода, корректировки и хранения информации; подготовка отчетной документации; поддержка принятия решений и др., т. е. пользователь, используя интерфейс БД, может просматривать объекты на интерактивной карте, вносить и обновлять информацию, экспортировать отчеты в различные форматы (например, PDF, CSV, Excel). Также БД должна предоставлять аналитические функции (например, оценка маршрута доставки воды потребителю в зависимости от состояния ГТС, моделирование различных сценариев потребления воды, расчет дефицита воды в системе, выявление расположения наиболее уязвимых участков оросительной сети). Кроме того, БД должна поддерживать импорт данных из ГИС-систем (например, QGIS, ArcGIS и др.), возможность интеграции с системами дистанционного зондирования Земли и обмена с ERP-системами (ERP – Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия) (например, ERP-системы, разработанные компанией «1С», прежде всего, платформа «1С: Предприятие» и продукты, созданные на ее основе).

Таким образом, разработка продукта, учитывающего функции визуализации, интерактивного взаимодействия, а также возможности выполнять пользовательские запросы и расчеты, является актуальной.

Список источников

1. Сенчуков Г. А., Воеводина Л. А. Использование водных ресурсов в федеральных учреждениях мелиоративной отрасли // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 101–117. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-101-117. EDN: ILBYIM.
2. Сенчуков Г. А., Воеводина Л. А., Колганов А. В. Федеральные водохозяйственные системы в разрезе бассейновых округов Российской Федерации // Экологический вестник Северного Кавказа. 2024. Т. 20, № 1. С. 162–166. EDN: WIIQPD.
3. Гельман Т. Я. Внедрение технологии планирования водопользования и водораспределения с помощью ЭВМ на ГМС Ростовской области // Гидротехнические сооружения и вопросы эксплуатации оросительных систем: сб. науч. тр. Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1986. С. 63–69.
4. Базовая АСУ эксплуатацией гидромелиоративных систем Краснодарского Крайводхоза / Р. Д. Брусиловский, Л. Ф. Журавель, Е. Г. Крушель, Г. Ф. Сокол, Н. П. Шарапов // Гидротехника и мелиорация. 1984. № 9. С. 51–53.
5. Методология составления планов водопользования на оросительных системах с использованием информационных технологий / В. Ив. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. И. Селюков, О. П. Дорожкина, В. Иг. Ольгаренко, Д. А. Берлизов, В. А. Назаренко, В. В. Докучаев, В. П. Дорожкин // Донская аграрная научно-практическая конференция «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы». Секция: Роль мелиорации, лесного и водного хозяйства в развитии аграрного сектора: всерос. сб. науч. тр., 25–26 окт. 2012 г. Зерноград, 2012. С. 159–162. EDN: SIXCSP.
6. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Селюков В. И. Компьютерная технология планирования водопользования в оросительных системах // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 4. С. 12–15. EDN: PDFSKX.
7. Ольгаренко В. И., Селюков В. И., Ольгаренко И. В. Алгоритм формирования и расчета плана посева и полива сельскохозяйственных культур с использованием информационных технологий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1(25). С. 124–129. EDN: OWIDYD.
8. Ольгаренко И. В., Селюков В. И. Программное обеспечение процесса планирования водопользования на оросительных системах // Природообустройство. 2011. № 4. С. 38–40. EDN: OIMORT.
9. Программный комплекс планирования водопользования для оросительных систем на основе информационных технологий / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. А. Назаренко, В. В. Докучаев // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 5. С. 39–43. EDN: ZSBQNV.
10. Оперативное диспетчерское управление водораспределением в оросительных системах по расчетному приращению объемов / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко, И. В. Коржов // Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 3. С. 36–42. DOI: 10.32962/0235-2524-2024-3-36-42. EDN: IFPDWG.
11. Полухина Е. В. Case-study как исследовательская стратегия // Case-study – образовательный и исследовательский опыт в междисциплинарном контексте: сб. науч. ст. по итогам междисциплинар. науч. семинара кадрового резерва «Проблемы и перспективы использования метода case-study: междисциплинарный опыт», 30–31 мая 2013 г. СПб.: Отд. оператив. полиграфии НИУВШЭ, 2014. С. 5–21.
12. Варганова Г. В. Кейс-стадис как метод научного исследования // Библиосфера. 2006. № 2. С. 36–42. EDN: HSNGPP.
13. Johansson R. On case study methodology // Open House International. 2007. Vol. 32, № 3. P. 48–54. DOI: 10.1108/OHI-03-2007-B0006.

14. Sustainable water resources management under climate change: A case study with potato irrigation in an insular Mediterranean environment / V. Litskas, P. Vourlioti, Th. Mamouka, S. Kotsopoulos, Ch. Paraskevas // *Hydrology*. 2023. Vol. 10, № 12. Article number: 218. DOI: 10.3390/hydrology10120218. EDN: WVRZWD.

15. IoT network to water management in an irrigation district: Study case in Colombia / L. Rios-Rojas, J. Ordonez-Córdoba, B. Bulla, O. Gómez, R. Enciso, M. Martínez // *Journal of Applied Research and Technology*. 2024. Vol. 22, № 2. P. 206–218. <https://doi.org/10.22201/icat.24486736e.2024.22.2.2274>. EDN: JOUSPA.

16. Nuamcharoen S. The co-production and sustainability policies: Multi-case study in water management policies in Thailand // *Asia Social Issues*. 2024. Vol. 17, № 3. e264180. 17 p. DOI: 10.48048/asi.2024.264180. EDN: UTAGIN.

17. Water resources management model based on regional development: Case study of Magetan Regency, Indonesia / H. B. Purwanto, S. Sunarto, P. Setyono, M. G. Rindarjono, A. A. Rachmadhan, M. B. G. Sakti, A. Hidayat // *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2023. Vol. 27, № 1. Article number: 029. 23 p. DOI: 10.56369/tsaes.5106. EDN: DOBAII.

18. Sawassi A., Khadra R., Crookston B. Water banking as a strategy for the management and conservation of a critical resource: A case study from Tunisia's Medjerda River Basin (MRB) // *Sustainability*. 2024. Vol. 16, iss. 9. Article number: 3875. 20 p. DOI: 10.3390/su16093875. EDN: VAUZCT.

19. How does a master plan contribute to strengthening transboundary water management? A case study in West Africa / M. Poncin, A. Ogilvie, L. Descroix, I. Chariag, C. Balique // *Water International*. 2024. Vol. 49, № 3–4. P. 503–516. DOI: 10.1080/02508060.2024.2321785. EDN: TQTTTB.

20. Принципы применения информационных технологий при организации и проведении планирования водопользования на оросительных системах / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, И. В. Коржов, В. И. Ольгаренко // *Мелиорация и гидротехника*. 2024. Т. 14, № 3. С. 100–115. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-100-115. EDN: URAPHZ.

21. Матвеев А. В. Программные компоненты веб-ГИС-системы для обоснования решений по управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом Республики Калмыкия // *Мелиорация и орошаемое земледелие в решении задач устойчивого развития АПК: к 100-летию Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова*: сб. ст. М.: ФНИЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2024. С. 139–149. DOI: 10.37738/VNIIGIM.2024.50.70.015. EDN: DONIHO.

22. Рыжаков А. Н., Кузьмичев А. А., Мартынов Д. В. Разработка геоинформационной базы данных «Понуро-Калининская «Водохозяйственная система» // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. 2023. Т. 91, № 3. С. 238–249. EDN: YNZVUX.

23. QGIS a constantly growing free and open-source geospatial software contributing to scientific development / M. Rosas-Chavoya, J. L. Gallardo-Salazar, P. M. López-Serrano, P. C. Alcántara-Concepción, A. K. León-Miranda // *Cuadernos de Investigación Geográfica*. 2022. Vol. 48, № 1. P. 197–213. DOI: 10.18172/cig.5143. EDN: CNGXPW.

24. Moyroud N., Portet F. Introduction to QGIS (Chapter 1) // *QGIS and Generic Tools*. 2018. Vol. 1. P. 1–17. DOI: 10.1002/9781119457091.ch1.

25. Graser A., Olaya V. Processing: A Python framework for the seamless integration of geoprocessing tools in QGIS // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2015. Vol. 4, № 4. P. 2219–2245. DOI: 10.3390/ijgi4042219.

26. Stallman R. Free Hardware and Free Hardware Designs [Electronic resource]. 2015. URL: <https://www.gnu.org/philosophy/free-hardware-designs.en.html> (date of access: 16.05.2025).

27. Анализ состояния орошаемых земель в бассейне реки Аламедин с применением ГИС технологий (QGIS) / У. К. Суйундук, Б. О. Аскаралиев, Н. Э. Маматов, К. Э. Омурзаков, Т. Б. Аскаралиев // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. 2019. № 1(50). С. 136–140. EDN: EJTYBL.

28. Веб-ГИС-система для обоснования решений по интегральному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом / Э. Б. Дедова, С. Д. Исаева, А. В. Матвеев, Р. М. Шабанов // Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 4. С. 47–51. EDN: QWWNQX.

29. Воеводина Л. А., Мячин М. А. Учет мелиорированных земель в Российской Федерации // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 2. С. 236–259. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-2-236-259. EDN: XJACLY.

30. Понин Ф. Н. Методология проектирования и создания баз данных для современного программного обеспечения // Universum: технические науки. 2024. № 1-1(118). С. 16–20. DOI: 10.32743/UniTech.2024.118.1.16666. EDN: NITAHM.

References

1. Senchukov G.A., Voyevodina L.A., 2023. [Water resources use in federal reclamation industry institutions]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 1, pp. 101-117, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-101-117, EDN: ILBYIM. (In Russian).

2. Senchukov G.A., Voyevodina L.A., Kolganov A.V., 2024. *Federal'nye vodokhozyaystvennyye sistemy v razreze basseynovykh okrugov Rossiyskoy Federatsii* [Federal water management systems by basin districts of the Russian Federation]. *Ekologicheskiiy vestnik Severnogo Kavkaza* [Ecological Bulletin of the North Caucasus], vol. 20, no. 1, pp. 162-166, EDN: WIIQPD. (In Russian).

3. Gelman T.Ya., 1986. *Vnedrenie tekhnologii planirovaniya vodopol'zovaniya i vodoraspredeleniya s pomoshchiyu EVM na gidromeliorativnykh sistemakh Rostovskoy oblasti* [Introduction of water use and water allocation planning technology with the help of computer at the irrigation and drainage systems of Rostov region]. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya i vo-prosy ekspluatatsii gidrotekhnicheskikh system: sb. nauch. tr.* [Hydraulic Structures and Operation of Irrigation Systems: collection of scientific papers]. Novocherkassk, YuzhNIIGiM, pp. 63-69. (In Russian).

4. Brusilovsky R.D., Zhuravel L.F., Krushel E.G., Sokol G.F., Sharapov N.P., 1984. *Bazovaya ASU ekspluatatsiey gidromeliorativnykh sistem Krasnodarskogo Krayvodkhoza* [Basic automated control system for the operation of irrigation and drainage systems of the Krasnodar Kraivodkhoz]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydraulic Engineering and Land Reclamation], no. 9, pp. 51-53. (In Russian).

5. Olgarenko V.Iv., Olgarenko I.V., Selyukov V.I., Dorozhkina O.P., Olgarenko V.Ig., Berlizov D.A., Nazarenko V.A., Dokuchaev V.V., Dorozhkin V.P., 2012. *Metodologiya sostavleniya planov vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh s ispol'zovaniem informatsionnykh tekhnologiy* [Methodology for drawing up water use plans for irrigation systems using information technologies]. *Donskaya agrarnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Innovatsionnye puti razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: zadachi i perspektivy»*. Sektsiya: Rol' melioratsii, lesnogo i vodnogo khozyaystva v razvitiy agrarnogo sektora: vseros. sb. nauch. tr. [Don Agrarian Scientific and Practical Conference “Innovative Ways of Developing the Agro-Industrial Complex: Tasks and Prospects”. Section: The Role of Land Reclamation, Forestry and Water Management in the Development of the Agricultural Sector: All-Russian collection of scientific papers]. Zernograd, pp. 159-162, EDN: SIXCSP. (In Russian).

6. Olgarenko V.I., Olgarenko I.V., Selyukov V.I., 2012. *Komp'yuternaya tekhnologiya planirovaniya vodopol'zovaniya v orositel'nykh sistemakh* [Computer technology for water use planning in irrigation systems]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh*

nauk [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences], no. 4, pp. 12-15, EDN: PDFSKX. (In Russian).

7. Olgarenko V.I., Selyukov V.I., Olgarenko I.V., 2012. *Algoritm formirovaniya i rascheta plana poseva i poliva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur s ispol'zovaniem informatsionnykh tekhnologiy* [Algorithm for forming and calculating a plan for sowing and watering agricultural crops using information technologies]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 1(25), pp. 124-129, EDN: OWIDYD. (In Russian).

8. Olgarenko I.V., Selyukov V.I., 2011. *Programmnoe obespechenie protsessa planirovaniya vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh* [Software for water utilization planning process on irrigation systems]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 4, pp. 38-40, EDN: OIMORT. (In Russian).

9. Olgarenko V.I., Olgarenko G.V., Olgarenko I.V., Nazarenko V.A., Dokuchaev V.V., 2017. *Programmnyy kompleks planirovaniya vodopol'zovaniya dlya orositel'nykh sistem na osnove informatsionnykh tekhnologiy* [Software package for planning water use for irrigation systems based on information technology]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 5, pp. 39-43, EDN: ZSBQNV. (In Russian).

10. Olgarenko V.I., Olgarenko I.V., Olgarenko V.I., Korzhov I.V., 2024. [Operational dispatch control of water distribution in irrigation systems according to the calculated increment of volumes]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*, no. 3, pp. 36-42, DOI: 10.32962/0235-2524-2024-3-36-42, EDN: IFPDWG. (In Russian).

11. Polukhina E.V., 2014. *Case-study kak issledovatel'skaya strategiya* [Case-study as a research strategy]. *Case-study – obrazovatel'nyy i issledovatel'skiy opyt v mezhdistsiplinarnom kontekste: sb. nauch. st. po itogam mezhdistsiplinar. nauch. seminarov kadrovogo rezerva «Problemy i perspektivy ispol'zovaniya metoda case-study: mezhdistsiplinarnyy opyt»* [Case-study – Educational and Research Experience in an Interdisciplinary Context: Collection of scientific articles based on the results of Interdisciplinary Scientific Seminar of the Personnel Reserve “Problems and Prospects of Using the Case-Study Method: Interdisciplinary Experience”]. St. Petersburg, Department of Operational Printing, National Research University Higher School of Economics, pp. 5-21. (In Russian).

12. Varganova G.V., 2006. *Keys-stadis kak metod nauchnogo issledovaniya* [Case study as a method of scientific research]. *Bibliosfera* [Bibliosphere], no. 2, pp. 36-42, EDN: HSNGPP. (In Russian).

13. Johansson R., 2007. On case study methodology. *Open House International*, vol. 32, no. 3, pp. 48-54, DOI: 10.1108/OHI-03-2007-B0006.

14. Litskas V., Vourlioti P., Mamouka Th., Kotsopoulos S., Paraskevas Ch., 2023. Sustainable water resources management under climate change: A case study with potato irrigation in an insular Mediterranean environment. *Hydrology*, vol. 10, no. 12, article number: 218, DOI: 10.3390/hydrology10120218, EDN: WVRZWD.

15. Rios-Rojas L., Ordóñez-Córdoba J., Bulla B., Gómez O., Enciso R., Martínez M., 2024. IoT network to water management in an irrigation district: Study case in Colombia. *Journal of Applied Research and Technology*, vol. 22, no. 2, pp. 206-218, <https://doi.org/10.22201/icat.24486736e.2024.22.2.2274>, EDN: JOUSPA.

16. Nuamcharoen S., 2024. The co-production and sustainability policies: Multi-case study in water management policies in Thailand. *Asia Social Issues*, vol. 17, no. 3, e264180, 17 p., DOI: 10.48048/asi.2024.264180, EDN: UTAGIN.

17. Purwanto H.B., Sunarto S., Setyono P., Rindarjono M.G., Rachmadhan A.A., Sakti M.B.G., Hidayat A., 2024. Water resources management model based on regional devel-

opment: Case study of Magetan Regency, Indonesia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 27, no. 1, article number: 029, 23 p., DOI: 10.56369/tsaes.5106, EDN: DOBAIL.

18. Sawassi A., Khadra R., Crookston B., 2024. Water banking as a strategy for the management and conservation of a critical resource: A case study from Tunisia's Medjerda River Basin (MRB). *Sustainability*, vol. 16, iss. 9, article number: 3875, 20 p., DOI: 10.3390/su16093875, EDN: VAUZCT.

19. Poncin M., Ogilvie A., Descroix L., Chariag I., Balique C., 2024. How does a master plan contribute to strengthening transboundary water management? A case study in West Africa. *Water International*, vol. 49, no. 3-4, pp. 503-516, DOI: 10.1080/02508060.2024.2321785, EDN: TQTTTB.

20. Olgarenko V.I., Olgarenko I.V., Korzhov I.V., Olgarenko V.I., 2024. [Principles of using information technology in organizing and conducting water use planning in irrigation systems]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 14, no. 3, pp. 100-115, DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-100-115, EDN: URAPHZ. (In Russian).

21. Matveev A.V., 2024. *Programmnye komponenty veb-GIS-sistemy dlya obosnovaniya resheniy po upravleniyu meliorativno-vodokhozyaystvennym kompleksom Respubliki Kalmykiya* [Software components of a web GIS system for substantiating decisions on managing the reclamation and water management complex of the Republic of Kalmykia]. *Melioratsiya i oroshaemoe zemledelie v reshenii zadach ustoychivogo razvitiya APK: k 100-letiyu Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki i melioratsii im. A. N. Kostyakova: sb. st.* [Land Reclamation and Irrigated Agriculture in Solving Problems of Sustainable Development of the Agro-Industrial Complex: on the 100th Anniversary of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation of A.N. Kostyakov: collection of articles]. Moscow, Federal Scientific Center VNIIGIM named after A. N. Kostyakov, pp. 139-149, DOI: 10.37738/VNIIGIM.2024.50.70.015, EDN: DOHIHO. (In Russian).

22. Ryzhakov A.N., Kuzmichev A.A., Martynov D.V., 2023. [Development of the geoinformation database "Ponuro-Kalinin "Water Management System""]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya*, vol. 91, no. 3, pp. 238-249, EDN: YNZVUX. (In Russian).

23. Rosas-Chavoya M., Gallardo-Salazar J.L., López-Serrano P.M., Alcántara-Concepción P.C., León-Miranda A.K., 2022. QGIS a constantly growing free and open-source geospatial software contributing to scientific development. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, vol. 48, no. 1, pp. 197-213, DOI: 10.18172/cig.5143, EDN: CNGXPW.

24. Moyroud N., Portet F., 2018. Introduction to QGIS (Chapter 1). *QGIS and Generic Tools*, vol. 1, pp. 1-17, DOI: 10.1002/9781119457091.ch1.

25. Graser A., Olaya V., 2015. Processing: A Python framework for the seamless integration of geoprocessing tools in QGIS. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 4, no. 4, pp. 2219-2245, DOI: 10.3390/ijgi4042219.

26. Stallman R., 2015. Free Hardware and Free Hardware Designs, available: <https://www.gnu.org/philosophy/free-hardware-designs.en.html> [accessed 16.05.2025].

27. Suyunduk U.K., Askaraliev B.O., Mamatov N.E., Omurzakov K.E., Askaraliev T.B., 2019. *Analiz sostoyaniya oroshaemykh zemel' v bassejne reki Alamedin s primeneniem GIS tekhnologiy (QGIS)* [Analysis of the state of irrigated lands in the Alamedin River basin using GIS technologies (QGIS)]. *Vestnik Kyrgyzskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta im. K. I. Skryabina* [Bulletin of Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Skryabin], no. 1(50), pp. 136-140, EDN: EJTYBL. (In Russian).

28. Dedova E.B., Isaeva S.D., Matveev A.V., Shabanov R.M., 2024. *Veb-GIS-sistema dlya obosnovaniya resheniy po integral'nomu upravleniyu meliorativno-vodokhozyaystvennym kompleksom* [Web GIS system for substantiating decisions on integrated management of reclamation and water management complex]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 4, pp. 47-51, EDN: QWWNQX. (In Russian).

29. Voyevodina L.A., Myachin M.A., 2024. [The reclaimed land registering in the

Russian Federation]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 14, no. 2, pp. 236-259, DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-2-236-259, EDN: XJACLY. (In Russian).

30. Ponin F.N., 2024. *Metodologiya proektirovaniya i sozdaniya baz dannykh dlya sovremennogo programmno obespecheniya* [Methodology of designing and creating databases for modern software]. *Universum: tekhnicheskie nauki* [Universum: Technical Sciences], no. 1-1(118), pp. 16-20, DOI: 10.32743/UniTech.2024.118.1.16666, EDN: NITAHM.

Информация об авторах

Л. А. Воеводина – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, д. 190), rosniipm-lian@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-5681-3807;

М. А. Мячин – младший научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, д. 190), maksimmacin753@gmail.com.

Information about the authors

L. A. Voyevodina – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (346421, Rostov Region, Novocherkassk, Baklanovsky Avenue, 190), rosniipm-lian@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-5681-3807;

M. A. Myachin – Junior Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (346421, Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky Avenue, 190), maksimmacin753@gmail.com.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 28.05.2025; одобрена после рецензирования 02.12.2025; принята к публикации 11.12.2025.

The article was submitted 28.05.2025; approved after reviewing 02.12.2025; accepted for publication 11.12.2025.