

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.6

К вопросу обоснования элементов структуры и атрибутов геоинформационной базы данных мелиоративного комплекса Российской Федерации

Герман Александрович Сенчуков¹, Лидия Анатольевна Воеводина²

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

¹g19752011@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4185-3520>

²rosniipm-lian@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5681-3807>

Аннотация. Цель: обоснование элементов структуры и атрибутов геоинформационной базы данных (ГБД) мелиоративного комплекса Российской Федерации. **Материалы и методы.** При подготовке статьи были использованы сведения о водохозяйственных системах (ВХС) и гидротехнических сооружениях (ГТС), полученные от 78 учреждений (ФГБУ), эксплуатирующих федеральные ВХС и ГТС, программа QGIS, специальная программа для управления базами данных ВХС и ГТС и их анализа. **Результаты.** Для решения проблемы визуализации пространственного местоположения ГТС и конфигурации ВХС была поставлена задача создания геоинформационной карты мелиоративного комплекса РФ. Начальный этап включал в себя разработку «Инструкции по формированию и предоставлению пространственных данных о мелиоративных системах и гидротехнических сооружениях», с помощью которой эксплуатирующие организации смогут объективно представлять информацию о месторасположении ВХС и ГТС, самостоятельно нанося их на соответствующие карты, и ГБД, отвечающей современным требованиям реализации процесса сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных. В ходе разработки ГБД было установлено, что большая часть собираемой информации носит общий характер, весьма поверхностно затрагивая технические особенности рассматриваемых ГТС, это затрудняет анализ эффективности функционирования как отдельных ГТС и ВХС, так и всего мелиоративного комплекса. В ходе последующих этапов предполагается расширить атрибут «Specification» с учетом технических характеристик, предусмотренных для различных типов ГТС в сведениях о ГТС, необходимых для формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений. **Выводы.** Наличие информации о технических характеристиках ГТС, составляющих ВХС, позволит создать модели функционирования мелиоративных систем, с помощью которых могут быть выполнены разнообразные сценарные исследования.

Ключевые слова: геоинформационная база данных, ГИС-технологии, мелиоративный комплекс, государственный водный реестр, водохозяйственная система, гидротехнические сооружения, технические характеристики

Благодарности: авторы выражают благодарность главному специалисту Отдела решения водных проблем в агропромышленном комплексе Клишину Игорю Викторовичу за полезные рекомендации при работе над статьей и геоинформационной базой данных.

Для цитирования: Сенчуков Г. А., Воеводина Л. А. К вопросу обоснования элементов структуры и атрибутов геоинформационной базы данных мелиоративного комплекса Российской Федерации // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 246–260.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

On issue of substantiation of structure elements and attributes of the geoinformation database of reclamation complex of the Russian Federation

German A. Senchukov¹, Lidiya A. Voyevodina²

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

¹g19752011@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4185-3520>

²rosniipm-lian@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5681-3807>

Abstract. Purpose: substantiation of the structure elements and attributes of the geoinformation database (GID) of the reclamation complex of the Russian Federation. **Materials and methods.** In preparing the article, information on water management systems (WMS) and hydraulic structures (HS), received from 78 institutions (FGBU) operating federal water management systems and HS, the QGIS program – a special program for managing the WMS and HS databases and their analysis – was used. **Results.** To solve the problem of visualizing the spatial location of the hydraulic structures and the water management system configuration, the task to create a geoinformation map of the reclamation complex of the Russian Federation was set. The initial stage included the development of “Instructions on formation and provision of spatial data on reclamation systems and hydraulic structures”, with the help of which the operating organizations will be able to present information about the location of WMS and HS objectively, applying them to the corresponding maps independently, and about GID, which meets modern requirements for the implementation of the process of collecting, storing, analyzing and graphical visualizing of the spatial data. During the development of the GID, it was found that most of the information collected is of a general nature, touching very casually on the technical features of the hydraulic structures under consideration; this makes it difficult to analyze the effectiveness of the functioning of both single HS and WMS and the entire reclamation complex. In subsequent stages, it is planned to expand the “Specification” attribute taking into account the technical characteristics provided for various types of HS in the information about them necessary for the formation and maintenance of the Russian register of hydraulic structures. **Conclusions.** The availability of information on the technical characteristics of the hydraulic structures that make up the water and chemical system will make it possible to create models of reclamation systems operation, with the help of which various scenario studies can be performed.

Keywords: geoinformation database, GIS technologies, reclamation complex, state water register, water management system, hydraulic structures, technical characteristics

Acknowledgments: the authors express gratitude to the Chief Specialist of the Department for solving water problems in the agro-industrial complex, Igor Viktorovich Klishin, for useful recommendations at writing the article and the geoinformation database.

For citation: Senchukov G. A., Voyevodina L. A. On issue of substantiation of structure elements and attributes of the geoinformation database of reclamation complex of the Russian Federation. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;92(1): 246–260. (In Russ.).

Введение. Использовать технологии геоинформационных систем (ГИС-технологии) в мелиоративной отрасли предлагается большим коли-

чеством исследователей [1–15]. ГИС-технологии в мелиоративной отрасли находят применение для автоматизации процессов проектирования [1], при ведении государственного водного реестра и осуществлении мониторинга водных объектов [2], для оценки степени деградации сельскохозяйственных земель [3, 4], при паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений (ГТС) [5–8], при сборе данных о качестве оросительных вод [9]. Согласно данным А. В. Скрипника, Л. А. Беховых, с помощью геоинформационных систем возможно проводить изыскания и выявлять проблемы обследуемых территорий, проектировать новые и реконструировать имеющиеся мелиоративные объекты (МО), проводить мониторинг и анализ состояния условий эксплуатации МО [10].

Для решения перечисленных выше задач применяются такие программные продукты, как QGIS¹, ZuluGIS², Панорама³, ArcGIS⁴, MapInfo (ГИС Аксиома)⁵, Easy Trace⁶.

В рамках выполнения работ по теме «Провести исследования и подготовить научный доклад о результатах ведения государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации» проводится сбор сведений от федеральных государственных бюджетных учреждений (ФГБУ) – управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения и их филиалов, в соответствии с постанов-

¹QGIS – лучшая настольная ГИС с открытым исходным кодом [Электронный ресурс]. URL: <https://qgis.org/ru/site/about/index.html> (дата обращения: 20.09.2023).

²Политерм [Электронный ресурс]. URL: <https://www.politerm.com/> (дата обращения: 20.09.2023).

³GIS WebServer Special Edition (SE) [Электронный ресурс]. URL: <https://gisinfo.ru/products/giswebserverse.htm> (дата обращения: 01.03.2024).

⁴Продукты и данные Esri и партнеров [Электронный ресурс]. URL: <https://www.esri.com/ru-ru/arcgis/products/index> (дата обращения: 20.09.2023).

⁵ГИС Аксиома российский аналог MapInfo Pro [Электронный ресурс]. URL: <https://mapinfo.ru/?ysclid=lmrbs16rp4144648218> (дата обращения: 20.09.2023).

⁶Картографический векторизатор EasyTrace PRO [Электронный ресурс]. URL: <https://easytrace.com/> (дата обращения: 20.09.2023).

лениями Правительства РФ от 28 апреля 2007 г. № 253⁷ и от 10 апреля 2007 г. № 219⁸, по форме, изложенной в приказах Министерства природных ресурсов РФ от 30 ноября 2007 г. № 316⁹ и от 6 февраля 2008 г. № 30¹⁰. Для уменьшения количества ошибочного ввода дублируемых сведений в отчетные формы, предусмотренные вышеупомянутыми приказами Министерства природных ресурсов, были разработаны специальная программа и опросные формы: «Сведения о ВХС» и «Сведения о ГТС» [16], которые облегчили процесс заполнения отчетных форм корректной информацией и позволили ускорить обработку полученной информации. Однако проблема пространственного отображения местоположения ГТС и конфигурации водохозяйственных систем (ВХС) оставалась не решенной. Для решения этой проблемы была поставлена задача создания геоинформационной карты мелиоративного комплекса РФ.

Цель – разработка элементов структуры и атрибутов геоинформационной базы данных (ГБД) мелиоративного комплекса РФ.

Материалы и методы. При подготовке статьи были использованы сведения о ВХС и ГТС по состоянию на 01.01.2023, полученные от 78 ФГБУ, программа QGIS с открытым кодом, распространяющаяся по GNU (General Public License), специальная программа «Анализ и управ-

⁷О порядке ведения государственного водного реестра [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. Федерации от 28 апр. 2007 г. № 253: по состоянию на 26 окт. 2019 г. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

⁸Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. Федерации от 10 апр. 2007 г. № 219: по состоянию на 18 апр. 2014 г. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

⁹Об утверждении порядка представления и состава сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, для внесения в государственный водный реестр [Электронный ресурс]: Приказ М-ва природ. ресурсов Рос. Федерации от 30 нояб. 2007 г. № 316. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

¹⁰Об утверждении форм и порядка представления сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками водных объектов и водопользователями [Электронный ресурс]: Приказ М-ва природ. ресурсов Рос. Федерации от 6 февр. 2008 г. № 30: по состоянию на 30 марта 2015 г. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

ление базами данных государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности ГТС, подлежащих внесению в Автоматизированную информационную систему государственного мониторинга водных объектов Российской Федерации и Автоматизированную информационную систему «Государственный водный реестр» и опросные формы: «Сведения о ВХС» и «Сведения о ГТС» [16].

Результаты и обсуждение. В настоящее время для решения задачи создания геоинформационной карты мелиоративного комплекса РФ в ФГБНУ «РосНИИПМ» разрабатывается ГБД. Планируется, что ГБД будет являться элементом системы поддержки управленческих решений и с ее помощью можно будет визуализировать пространственное местоположение, получать доступ и анализировать количественные и качественные показатели МО, устанавливать взаимосвязи между ними, создавать иллюстрационный материал, служащий доказательным обоснованием при определении ремонтных и реконструкционных мероприятий [17].

Наполнение ГБД предполагает получение данных от ФГБУ, эксплуатирующих МО, поэтому одним из первых этапов стала разработка «Инструкции по формированию и предоставлению пространственных данных о мелиоративных системах и гидротехнических сооружениях», с помощью которой эксплуатирующие организации смогут объективно представлять информацию о месторасположении МО, самостоятельно нанося их на соответствующие карты.

Кроме визуализации местоположения МО еще одним важным этапом разработки геоинформационных карт (ГИС-карт) как действенного механизма своевременного и эффективного принятия решений в мелиоративной отрасли на различных уровнях управления является создание возможности привязки к объекту на карте соответствующих характеристик, содержащих различные виды информации об объекте. В настоящее время основой информационной составляющей разрабатываемых карт являются

сведения, предусмотренные опросными формами. В то же время необходимо отметить, что большая часть собираемой информации носит общий характер, весьма поверхностно затрагивая технические особенности рассматриваемых ГТС, это затрудняет анализ эффективности функционирования как отдельных ГТС и ВХС, так и всего мелиоративного комплекса. Наличие информации о технических характеристиках ГТС, составляющих ВХС, позволит создать модели функционирования мелиоративных систем, с помощью которых могут быть выполнены разнообразные сценарные исследования [18, 19], в т. ч. с использованием таких инструментов, как программный комплекс MIKE [20, 21].

Информация, характеризующая ГТС и ВХС, в процессе разработки ГБД структурируется с применением геоинформационного программного обеспечения (QGIS). В результате структурирования ГБД представляет собой комплекс информационных слоев, в которые включаются пространственные и атрибутивные сведения о водопроводящей сети, ГТС различного типа и орошаемых землях в векторном, табличном и графическом форматах.

К этим данным относятся географическое положение объектов мелиоративных систем, их размеры и другая информация, в т. ч. содержащаяся в сведениях, подаваемых для ведения государственного водного реестра, а также данные о водопользователях, местоположении водозаборов, размерах полей и т. п. Для каждого слоя ГБД разрабатывается форма атрибутивной таблицы, содержащая список рекомендуемых параметров. Например, в таблице 1 представлен фрагмент перечня атрибутов и их описание, составленные по опросным формам для государственного водного реестра. Полный перечень атрибутов в настоящее время насчитывает 40 позиций. Для упрощения процесса интеграции данных от разных ФГБУ в единую базу данных ГБД целесообразно формировать в формате *.sqlite.

Таблица 1 – Фрагмент перечня атрибутов и их описание, составленные по опросным формам для государственного водного реестра

Table 1 – Fragment of the list of attributes and their descriptions, compiled according to survey forms for the state water register

Наименование атрибута	Описание
Cod	Код, присвоенный ГТС согласно классификации государственного водного реестра и мониторинга водных объектов
EIN	Единый идентификационный номер ГТС, присвоенный согласно классификации информационного портала ФГБНУ ВНИИ «Радуга»
Name	Наименование ГТС
Specification	Основные технические характеристики
GTS_type	Тип ГТС
Purpose	Назначение ГТС
Inventory_No	Инвентарный номер ГТС
GTS_class	Класс ГТС

Пример отображения ГБД приведен на рисунке 1.

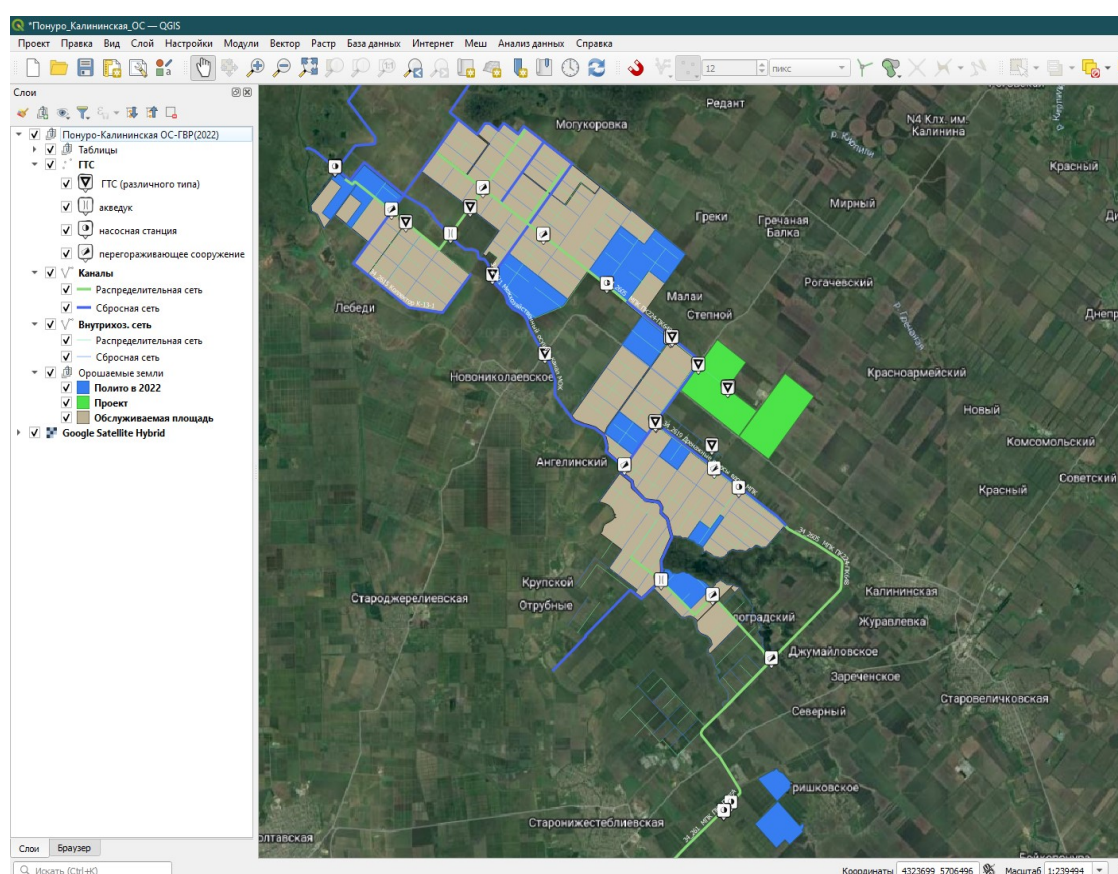


Рисунок 1 – Внешний вид отображения геоинформационной базы данных в геоинформационной системе

Figure 1 – View of geoinformation database display in the geographic information system

В таблице 1 атрибут «Specification» описывается как «основные технические характеристики». Состав технических характеристик в зависимости от типа ГТС может включать различное количество показателей. Предлагается расширить таблицу, дополнив ее полями, содержащими показатели из Приказа Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору Российской Федерации от 7 декабря 2020 г. № 499 «Об утверждении формы представления сведений о гидротехническом сооружении, необходимых для формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений»¹¹ (далее Приказ-499), с незначительными изменениями, учитывающими специфику мелиоративной отрасли.

В частности, тип «Каналы и дрены» был разделен отдельно на «Каналы» и «Дрены». В форме, представленной в этом приказе, для каждого типа ГТС предусмотрен отдельный перечень технических показателей. В настоящее время для ГТС в опросных формах предусмотрено всего 36 типов. Фактически ГТС распределены между 32 типами. К наиболее многочисленным типам ГТС относятся шесть типов ГТС. Это «каналы», «трубчатые переезды», «насосные станции», «водовыпуски», «перегораживающие сооружения», «шлюзы-регуляторы». Данные типы ГТС составляют более 80 % от общего количества ГТС.

В качестве примера в таблице 2 представлены предлагаемые нами для использования в программе QGIS атрибуты базы данных технических характеристик каналов и дрен в соответствии с Приказом-499.

¹¹Об утверждении формы представления сведений о гидротехническом сооружении, необходимых для формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]: Приказ Федер. службы по экол., технол. и атом. надзору Рос. Федерации от 7 дек. 2020 г. № 499. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012290068?ysclid=lqf60sd0yu31693298> (дата обращения: 21.12.2023).

Таблица 2 – Атрибуты базы данных технических характеристик каналов и дрена
Table 2 – Attributes of the database of technical characteristics of channels and drains

Наименование поля в атрибутивной базе данных	Описание атрибута	Тип поля	Допустимое значение	Расшифровка кода значения
Canal_aim	Назначение канала	Целое число	1	Каналы энергетические
			2	Каналы водопроводные
			3	Каналы оросительные
			4	Каналы осушительные
			5	Каналы обводнительные
			6	Каналы рыбоходные
			7	Каналы лесосплавные
			8	Каналы комплексные
			9	Каналы судоходные
Canal_lin	Материал облицовки канала	Целое число	1	Каналы с железобетонной облицовкой
			2	Каналы с бетонной облицовкой
			3	Каналы без облицовки
			4	Каналы с облицовкой другого вида
Canal_bot	Ширина по дну поперечного сечения канала (<i>B1</i>), м	Десятичное число	> 0	
Canal_top	Ширина по верху поперечного сечения канала (<i>B2</i>), м	Десятичное число	> 0	
Canal_dep	Глубина канала (<i>H</i>), м	Десятичное число	> 0	
Canal_leng	Длина канала, м	Десятичное число	> 0	
Canal_slope	Уклон канала, %	Десятичное число	> 0	
Canal_max_dep	Максимальная глубина воды в канале, м	Десятичное число	> 0	
Canal_head	Проектная отметка начальной точки по дну в голове канала, м	Десятичное число	> 0	
Canal_end	Проектная отметка конечной точки по дну в конце канала, м	Десятичное число	> 0	
Canal_disch	Максимальный проектный расход, м ³ /с	Десятичное число	> 0	

Подобным образом для каждого из 36 типов ГТС разработаны атрибутивные таблицы, которые могут подключаться в соответствии со значением атрибута «GTS_type».

Выводы. Таким образом, исследования, анализ и обобщение программных продуктов, таких как QGIS, ZuluGIS, Панорама, ArcGIS, MapInfo (ГИС Аксиома), Easy Trase и др., позволили разработать структуру ГБД, включающую слои, содержащие сведения о различных характеристиках ГТС, ВХС и орошаемых земель в векторном, табличном и графическом форматах. Также были разработаны атрибутивные таблицы, соответствующие слоям ГБД. Предложено расширить атрибут «Specification» показателями, характеризующими технические характеристики каждого типа ГТС. Такая дополнительная разработка элементов структуры и атрибутов ГБД, содержащих информацию о технических характеристиках ГТС, составляющих ВХС, позволит создать цифровые двойники и модели их функционирования, с помощью которых могут быть выполнены разнообразные сценарные исследования.

Список источников

1. Цыркунова Ю. С. Источники данных и функции ГИС, применяемые для автоматизации процессов проектирования в мелиорации // Современное состояние, приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях: материалы междунар. науч.-практ. конф. Тверь, 2020. С. 195–200. EDN: JSMUSD.
2. Капустян А. С., Рыжаков А. Н. Перспектива применения геоинформационных технологий при ведении государственного водного реестра и мониторинга водных объектов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 3(71). С. 12–16. EDN: YLXKJV.
3. Суровикина А. П., Слабунова А. В. Актуальность применения геоинформационных систем (ГИС) для современной оценки степени деградации сельскохозяйственных земель // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2021. Т. 3, № 2. С. 75–86. URL: <http://www.ecology-wm.ru/article-56.html?n=111> (дата обращения: 01.03.2024). DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-2-75-86. EDN: NKOOUY.
4. Манжина С. А. К вопросу использования ГИС-технологий для сопровождения сельскохозяйственного производства и оценки устойчивости к деградации земель агроландшафтов (на примере Ростовской области) // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 1(85). С. 94–104. EDN: YZWAZI.
5. Рыжаков А. Н., Кузьмичев А. А., Мартынов Д. В. Разработка геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 4(76). С. 110–118. EDN: FFQRBB.
6. Рыжаков А. Н. Предложения по дополнительному использованию геоинформа-

ционной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1(77). С. 43–50. EDN: CVKUZK.

7. Рыжаков А. Н. К вопросу развития и усовершенствования геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 65–70. EDN: YYXQIV.

8. Рыжаков А. Н. К вопросу внедрения геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 3(79). С. 97–104. EDN: BUAIRR.

9. Воеводина Л. А. Перспективы сбора данных о качестве оросительных вод для формирования интерактивных геоинформационных карт оросительных систем // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2021. Т. 3, № 2. С. 15–28. URL: <http://www.ecology-wm.ru/article-52.html?n=107> (дата обращения: 01.03.2024). DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-2-15-28. EDN: FTCOBI.

10. Скрипник А. В., Беховых Л. А. Применение геоинформационных технологий для решения задач мелиорации // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов XVIII Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 80-летию Алтайского ГАУ. Кн. 2. Барнаул, 2023. С. 110–112. EDN: ТКТЕП.

11. Вахонин Н. К. Принципы организации пространственно-распределенных данных мелиоративных сельскохозяйственных объектов в системе информационного обеспечения принятия решений ГИС «МСХО» // Мелиорация. 2010. № 2(64). С. 5–18. EDN: VDFJJR.

12. Создание базы геоданных мелиоративных систем Калининградской области / К. С. Алсынбаев, В. М. Брыксин, Л. Ф. Жегалина, А. В. Козлов, И. В. Назаров // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы междунар. конф. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2020. Т. 26, ч. 3. С. 184–198. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-3-26-184-198>. EDN: HJPCQU.

13. Возможности использования геоинформационных систем и технологий в землеустройстве / Ю. Г. Данилов, Е. О. Князькина, М. В. Кустов, С. А. Тесленок // Ограбёв-Online [Электронный ресурс]. 2023. № 2(187). URL: <https://journal.mrsu.ru/arts/vozmozhnosti-ispolzovaniya-geoinformacionnykh-sistem-i-texnologij-v-zemleustrojstve> (дата обращения: 01.03.2024). EDN: ZQMGNZ.

14. Тесленок С. А., Гунин А. А., Долгачева Т. А. Возможности использования геоинформационных и смежных технологий при проектировании гидромелиоративных систем // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2022. Т. 16, № 2. С. 84–92. DOI: 10.31161/1995-0675-2022-16-2-84-92. EDN: JGNGGA.

15. Использование результатов геодезической съемки ГТС при формировании геоинформационных баз данных / Д. А. Осипенко, А. А. Кузьмичев, А. Н. Рыжаков, Д. В. Мартынов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1(77). С. 132–136. EDN: JANSBK.

16. Анализ и управление базами данных государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности гидротехнических сооружений, подлежащих внесению в Автоматизированную информационную систему государственного мониторинга водных объектов Российской Федерации и Автоматизированную информационную систему «Государственный водный реестр»: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023668883 / Сенчуков Г. А., Абраменко И. П., Клишин И. В.; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Заявка № 2023667853; заявл. 25.08.23; опублик. 05.09.23, Бюл. № 9. 1 с. EDN: NJHIYW.

17. Рыжаков А. Н., Кузьмичев А. А., Мартынов Д. В. Разработка геоинформационной базы данных «Понуро-Калининская» водохозяйственная система» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия [Электронный ресурс]. 2023. № 3(91). С. 238–249. URL: <https://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=252> (дата обращения: 01.03.2024). EDN: YNZVUX.

18. Столбов А. Б., Лемперт А. А. Программное средство онтологического проектирования для сценарного моделирования водных ресурсов Приангарья // Наукосфера. 2021. № 2-2. С. 76–81. EDN: FIWJIG.

19. Столбов А. Б., Лемперт А. А., Козлов В. В. Использование онтологического подхода для интеллектуальной поддержки сценарного моделирования водных объектов Приангарья // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 3(19). С. 14–24. DOI: 10.38028/ESI.2020.19.3.002. EDN: VJWXYT.

20. Методические указания по применению компьютерного цифрового моделирования гидродинамических процессов при прохождении весенних половодий (паводков) и оценки их влияния на безопасность и техническое состояние мелиоративных ГТС / Г. А. Сенчуков, Т. С. Пономаренко, В. Д. Гостищев, А. С. Капустян, Г. А. Сенчуков (ст.), И. В. Клишин, А. А. Кузьмичев, Р. Ю. Сахаров, А. В. Бреева. Новочеркасск, 2015. 64 с.

21. Гостищев В. Д., Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Повышение рациональности использования водных ресурсов Чограйского водохранилища на основе имитационного водохозяйственного моделирования // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 314–328. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1230> (дата обращения: 01.03.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-314-328. EDN: ABYZYG.

References

1 Tsyркunova Yu.S., 2020. *Istochniki dannykh i funktsii GIS, primenyaemye dlya avtomatizatsii protsessov proektirovaniya v melioratsii* [Data sources and GIS functions used to automate design processes in land reclamation]. *Sovremennoe sostoyanie, prioritetnye zadachi i perspektivy razvitiya agrarnoy nauki na meliorirovannykh zemlyakh: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Current State, Priority Tasks and Prospects for the Development of Agricultural Science on Reclaimed Lands: Proc. of the International Scientific-Practical Conference]. Tver, pp. 195-200, EDN: JSMUSD. (In Russian).

2. Kapustyan A.S., Ryzhakov A.N., 2018. *Perspektiva primeneniya geoinformatsionnykh tekhnologiy pri vedenii gosudarstvennogo vodnogo reestra i monitoringa vodnykh ob"ektov* [The prospects of geoinformational technologies application in management of the state water register and monitoring of water bodies]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(71), pp. 12-16, EDN: YLXKJV. (In Russian).

3. Surovikina A.P., Slabunova A.V., 2021. [The relevance of using geographic information systems (GIS) for a modern degree evaluation of agricultural land degradation]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, vol. 3, no. 2, pp. 75-86, available: <http://www.ecology-wm.ru/article-56.html?n=111> [accessed 01.03.2024], DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-2-75-86, EDN: NKOOUY. (In Russian).

4. Manzhina S.A., 2022. *K voprosu ispol'zovaniya GIS-tekhnologiy dlya soprovozhdeniya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva i otsenki ustoychivosti k degradatsii zemel' agrolandshaftov (na primere Rostovskoy oblasti)* [On issue of using GIS technologies to support agricultural production and assess the agricultural landscapes resistance to land degradation (on the example of Rostov region)]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(85), pp. 94-104, EDN: YZWAZI. (In Russian).

5. Ryzhakov A.N., Kuzmichev A.A., Martynov D.V., 2019. *Razrabotka geoinformatsionnoy bazy dannykh "Pasportizatsiya meliorativnykh sistem i gidrotekhnicheskikh sooruzheniy"* [Development of a geoinformation database "Certification of reclamation systems and hydraulic structures"]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(76), pp. 110-118, EDN: FFQRBB. (In Russian).

6. Ryzhakov A.N., 2020. *Predlozheniya po dopolnitel'nomu ispol'zovaniyu geoinformatsionnoy bazy dannykh "Pasportizatsiya meliorativnykh sistem i gidrotekhnicheskikh sooruzheniy"* [Proposals for additional application of the geoinformation database "Certification of reclamation systems and hydraulic structures"]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(77), pp. 43-50, EDN: CVKUZK. (In Russian).

7. Ryzhakov A.N., 2020. *K voprosu razvitiya i usovershenstvovaniya geoinformatsionnoy bazy dannykh "Pasportizatsiya meliorativnykh sistem i gidrotekhnicheskikh sooruzheniy"* [On issue of development and improvement of the geoinformation database "Certification of reclamation systems and hydraulic structures"]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(78), pp. 65-70, EDN: YYXQIV. (In Russian).

8. Ryzhakov A.N., 2020. *K voprosu vnedreniya geoinformatsionnoy bazy dannykh "Pasportizatsiya meliorativnykh sistem i gidrotekhnicheskikh sooruzheniy"* [On issue of introducing a geoinformation database "Certification of reclamation systems and hydraulic structures"]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(79), pp. 97-104, EDN: BUAIRR. (In Russian).

9. Voevodina L.A., 2021. [Prospects for data collection on irrigation water quality for the formation of interactive geographic information irrigation maps]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, vol. 3, no. 2, pp. 15-28, available: <http://www.ecology-wm.ru/article-52.html?n=107> [accessed 01.03.2024], DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-2-15-28, EDN: FTCOBI. (In Russian).

10. Skripnik A.V., Bekhovykh L.A., 2023. *Primenenie geoinformatsionnykh tekhnologiy dlya resheniya zadach melioratsii* [Application of geoinformation technologies for solving land reclamation problems]. *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu: sb. materialov XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, priuroch. k 80-letiyu Altayskogo GAU* [Agrarian Science to Agriculture: Proc. of the XVIII International Scientific-Practical Conference, Devoted to the 80th Anniversary of Altai State Agrarian University]. Bk. 2, Barnaul, pp. 110-112, EDN: TKTEII. (In Russian).

11. Vakhonin N.K., 2010. *Printsipy organizatsii prostranstvenno-raspredeleennykh dannykh meliorativnykh sel'skokhozyaystvennykh ob"ektov v sisteme informatsionnogo obespecheniya prinyatiya resheniy GIS "MSKHO"* [Principles of organizing spatially distributed data of reclamation agricultural objects in the information support system for decision-making GIS "MSKHO"]. *Melioratsiya* [Land Reclamation], no. 2(64), pp. 5-18, EDN: VDFJJR. (In Russian).

12. Alsynbaev K.S., Bryksin V.M., Zhegalina L.F., Kozlov A.V., Nazarov I.V., 2020. *Sozdanie bazy geodannykh meliorativnykh sistem Kaliningradskoy oblasti* [Creating of geodatabase of melioration system of Kaliningrad region]. *InterKarto. InterGIS. Geoinformatsionnoe obespechenie ustoychivogo razvitiya territoriy: materialy mezhdunarodnoy konferentsii* [InterCarto. InterGIS. Geoinformation Support for Sustainable Development of Territories: Proc. of the International Conference]. Moscow, Moscow University Publ., vol. 26, pt. 3, pp. 184-198, <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-3-26-184-198>, EDN: HJPCQU. (In Russian).

13. Danilov Yu.G., Knyazkina E.O., Kustov M.V., Teslenok S.A., 2023. [Possibilities of

using geographic information systems and technologies in land management]. *Ogarev-Online*, no. 2(187), available: <https://journal.mrsu.ru/arts/vozmozhnosti-ispolzovaniya-geoinformatsionnykh-sistem-i-tekhnologii-v-zemleustrojstve> [accessed 01.03.2024], EDN: ZQMGNZ. (In Russian).

14. Teslenok S.A., Gunin A.A., Dolgacheva T.A., 2022. *Vozmozhnosti ispol'zovaniya geoinformatsionnykh i smezhnykh tekhnologiy pri proektirovanii gidromeliorativnykh sistem* [Possibilities of using geoinformation and related technologies in the design of irrigation systems]. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Yestestvennye i tochnye nauki* [Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences], vol. 16, no. 2, pp. 84-92, DOI: 10.31161/1995-0675-2022-16-2-84-92, EDN: JGNGGA. (In Russian).

15. Osipenko D.A., Kuzmichev A.A., Ryzhakov A.N., Martynov D.V., 2020. *Ispol'zovanie rezul'tatov geodezicheskoy s"yemki GTS pri formirovanii geoinformatsionnykh baz dannykh* [Using the results of geodetic survey of hydraulic structures in the formation of geoinformation databases]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(77), pp. 132-136, EDN: JANSBK. (In Russian).

16. Senchukov G.A., Abramenko I.P., Klishin I.V., 2023. *Analiz i upravlenie bazami dannykh gosudarstvennykh meliorativnykh sistem i otnesennykh k gosudarstvennoy sobstvennosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy, podlezhashchikh vneseniyu v Avtomatizirovannuyu informatsionnuyu sistemu gosudarstvennogo monitoringa vodnykh ob'yektov Rossiyskoy Federatsii i Avtomatizirovannuyu informatsionnuyu sistemu "Gosudarstvennyy vodnyy reestr"* [Analysis and Management of Databases of State Reclamation Systems and Hydraulic Structures Classified as State Property, Subject to Inclusion in the Automated Information System of State Monitoring of Water Bodies of the Russian Federation and the Automated Information System "State Water Register"]. Certificate of State Computer Program Registration, no. 2023668883, EDN: NJHIYW. (In Russian).

17. Ryzhakov A.N., Kuzmichev A.A., Martynov D.V., 2023. [Development of a geoinformation database "Ponuro-Kalininskaya" water management system"]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya*, no. 3(91), pp. 238-249, available: <https://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=252> [accessed 01.03.2024], EDN: YNZVUX. (In Russian).

18. Stolbov A.B., Lempert A.A., 2021. *Programmnoe sredstvo ontologicheskogo proektirovaniya dlya stsenarnogo modelirovaniya vodnykh resursov Priangar'ya* [Ontological design software tool for scenario modeling of water resources in Angara region]. *Naukosfera* [Science Sphere], no. 2-2, pp. 76-81, EDN: FIWJIG. (In Russian).

19. Stolbov A.B., Lempert A.A., Kozlov V.V., 2020. *Ispol'zovanie ontologicheskogo podkhoda dlya intellektual'noy podderzhki stsenarnogo modelirovaniya vodnykh ob'yektov Priangar'ya* [The ontological approach application for intellectual support of scenario modeling of water objects in Angara region]. *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii* [Information and Mathematical Technologies in Science and Management], no. 3(19), pp. 14-24, DOI: 10.38028/ESI.2020.19.3.002, EDN: VJWXYT. (In Russian).

20. Senchukov G.A., Ponomarenko T.S., Gostishchev V.D., Kapustyan A.S., Senchukov G.A. (senior), Klishin I.V., Kuzmichev A.A., Sakharov R.Yu., Breeva A.V., 2015. *Metodicheskie ukazaniya po primeneniyu komp'yuternogo tsifrovogo modelirovaniya gidrodinamicheskikh protsessov pri prokhozhdении vesennikh polovodiy (pavodkov) i otsenki ikh vliyaniya na bezopasnost' i tekhnicheskoe sostoyanie meliorativnykh GTS* [Guidelines for the Use of Computer Digital Modeling of Hydrodynamic Processes during Spring Floods and Assessment of Their Impact on the Safety and Technical Condition of Reclamation Hydraulic Structures]. Novocherkassk, 64 p. (In Russian).

21. Gostishchev V.D., Ponomarenko T.S., Breeva A.V., 2021. [Improving the rational use of water resources of the Chograi reservoir based on water simulation modeling]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 3, pp. 314–328, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1230> [accessed 01.03.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-314-328, EDN: ABYZYG. (In Russian).

Информация об авторах

Г. А. Сенчуков – заместитель директора по внедрению, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, g19752011@mail.ru, AuthorID: 202488, ORCID ID: 0000-0003-4185-3520;

Л. А. Воеводина – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, rosniipm-lian@yandex.ru, AuthorID: 516507, ORCID ID: 0000-0002-5681-3807.

Information about the authors

G. A. Senchukov – Deputy Director for Implementation, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, g19752011@mail.ru, AuthorID: 202488, ORCID ID: 0000-0003-4185-3520;

L. A. Voyevodina – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, rosniipm-lian@yandex.ru, AuthorID: 516507, ORCID ID: 0000-0002-5681-3807.

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 28.02.2024; одобрена после рецензирования 04.04.2024; принята к публикации 16.04.2024.

The article was submitted 28.02.2024; approved after reviewing 04.04.2024; accepted for publication 16.04.2024.