

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.67.004.65

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-186-203

Применение геоинформационных технологий для определения границ наиболее приоритетных для восстановления орошения сельскохозяйственных земель

Алексей Николаевич Рыжаков¹, Александр Анатольевич Кузьмичев²,
Дмитрий Викторович Мартынов³, Александр Васильевич Колганов⁴

^{1, 2, 3, 4}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

²flutbet@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5478-8847>

³dimas-8901@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4797-8973>

⁴kolganov49@mail.ru

Аннотация. Цель: создание функциональной схемы использования геопространственного анализа факторов для вовлечения в орошение сельхозугодий, находящихся в зоне влияния мелиоративных систем (на базе Ростовской области). **Материалы и методы.** Разработка базы данных (БД) производилась на основе функционального прототипа БД «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений». Информация для наполнения БД была получена от региональных подведомственных учреждений Минсельхоза и Департамента мелиорации, Росреестра и других источников. Основной метод анализа – применение выборки по расположению, позволяющей выбрать пространственные объекты, основываясь на их положении относительно объектов в другом слое. **Результаты.** Разработана схема использования геопространственного анализа факторов для вовлечения в орошение земель. Основными слоями в структуре БД являются полигональные объекты двух видов: исходные данные (подвешенные площади к гидротехническим сооружениям, мелиоративное состояние, потенциально и фактически орошаемые земли и др.) и лимитирующие области выборки. Разработана структура атрибутивных данных для этих слоев. Приведен пример. **Выводы.** Разработанная схема использования геопространственного анализа факторов может повысить эффективность при решении задач по вовлечению в орошение земель, находящихся в зоне влияния мелиоративных систем. Рассмотренный пример указывает на то, что сформированная на данном этапе исследований БД с имеющимся набором тематических слоев, хоть и требует доработки в плане наполнения дополнительными слоями для полноты проводимого анализа, способна уже сейчас решать поставленные задачи по определению наиболее подходящих для внедрения полива площадей, исходя из заданных параметров. Также по итогам проведенной работы было выявлено, что основной проблемой для получения адекватных результатов при проведении пространственного анализа является сбор и получение актуальных и точных данных.

Ключевые слова: орошаемая площадь, цифровизация, «Цифровая мелиорация», геопространственный анализ, вовлечение в орошение земель

Для цитирования: Применение геоинформационных технологий для определения границ наиболее приоритетных для восстановления орошения сельскохозяйственных земель / А. Н. Рыжаков, А. А. Кузьмичев, Д. В. Мартынов, А. В. Колганов // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 186–203. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-186-203>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

The use of geoinformation technologies for involvement of agricultural lands located in the zone of reclamation systems influence into irrigation

Alexey N. Ryzhakov¹, Alexandr A. Kuzmitchev², Dmitry V. Martynov³,
Aleksandr V. Kolganov⁴

^{1, 2, 3, 4}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

²flutbet@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5478-8847>

³dimas-8901@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4797-8973>

⁴kolganov49@mail.ru

Abstract. Purpose: creation of a functional scheme for the use of geospatial analysis of factors for the involvement in irrigation of agricultural lands located in the zone of influence of reclamation systems (on the basis of Rostov region). **Materials and methods.** The development of the database was carried out on the basis of the functional prototype of the database “Certification of reclamation systems and hydraulic structures”. Information for filling the database was obtained from regional subordinate institutions of the Ministry of Agriculture and the Department of Land Reclamation, Federal Service of State Registration, Land Register and Mapping and other sources. The primary method of analysis is the use of location sampling, which selects special objects based on their position relative to objects in another layer. **Results.** A scheme for using geospatial analysis of factors for involvement into land irrigation has been developed. The main layers in the database structure are polygonal objects of two types: initial data (suspended areas to hydraulic structures, reclamation state, potentially and actually irrigated lands, etc.) and limiting sampling areas. The structure of attribute data for these layers has been developed. An example is given. **Conclusions.** The developed scheme for using geospatial analysis of factors can increase efficiency in solving problems of involving lands in the zone of influence of reclamation systems in irrigation. The considered example indicates that the database formed at this stage of research with the existing set of thematic layers, although it needs to be improved in terms of filling with additional layers for the completeness of the analysis, is already able to solve the tasks set to determine the most suitable areas for the implementation of irrigation, based on set parameters. Also, based on the results of the work carried out, it was found that the main problem for obtaining adequate results when conducting spatial analysis is the collection and receipt of relevant and accurate data.

Keywords: irrigated area, digitalization, “Digital Land Reclamation”, geospatial analysis, involvement in land irrigation

For citation: Ryzhakov A. N., Kuzmitchev A. A., Martynov D. V., Kolganov A. V. The use of geoinformation technologies for involvement of agricultural lands located in the zone of reclamation systems influence into irrigation. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(4):186–203. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-186-203>.

Введение. Согласно данным доклада о мелиоративном комплексе Российской Федерации (РФ), в 2020 г. орошаемая площадь сельскохозяйственных земель составила 4,67 млн га, а полив был произведен только на 1,69 млн га, т. е. на площади 2,9 млн га (64 %) орошение не осуществля-

лось [1]. Вышеприведенные сведения свидетельствуют о стагнации темпов развития орошаемого земледелия. Сложилась ситуация, при которой высокоценные земли сельскохозяйственного назначения, находящиеся в зоне влияния инженерной инфраструктуры мелиоративных систем, а также значительные объемы оросительной воды используются малоэффективно.

Современные компьютерные технологии и программное обеспечение (ПО) уже давно являются эффективным инструментом в промышленности. В сельскохозяйственном производстве также происходит их повсеместное внедрение – от решения задач логистики и управления сельскохозяйственной техникой до внесения удобрений и планирования урожайности. Цифровизация должна быть в полной мере внедрена в процессы развития сферы мелиоративной деятельности. На протяжении последних лет проводятся исследования по направлениям «Цифровой мелиорации» [2–4]. Одним из приоритетов в этой работе является развитие и формирование инновационной системы планирования и оптимизации процессов развития и размещения мелиорации в агропроизводстве на разных уровнях обобщения агроландшафтов и использования земель (поле, участок, хозяйство, муниципалитет, субъект, страна, зарубежные территории) [3].

Современные компьютерные технологии и ПО уже давно являются эффективным инструментом в сельскохозяйственном производстве. И если применение, например, технологий искусственного интеллекта (нейросетей) пока происходит только на уровне отработки прототипов¹, то использование ГИС и комплексных цифровых систем управления сельскохозяйственным производством является уже привычным [5]. Цифровые системы помогают сельхозпроизводителям моделировать или корректировать сроки, места и объемы подачи оросительной воды, внесения удобрений, ядо-

¹Использование искусственного интеллекта при орошении полей [Электронный ресурс]. URL: <http://agrovesti.ru/articles/ispolzovanie-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 01.06.2022).

химикатов и т. д. Однако для решения подобных задач требуется наличие огромного объема соответствующей исходной информации. Необходимо отметить, что только актуальность, точность и полнота таких данных могут обеспечить эффективное применение информационных технологий в сельском хозяйстве [6]. Также важно понимать, что особенность использования информационных технологий в сельском хозяйстве заключается в том, что практически все данные должны иметь пространственную (географическую) привязку.

Огромное количество данных, связанных с сельским хозяйством, и мелиорацией в частности, собирается соответствующими учреждениями в рамках государственного мониторинга в цифровом виде, но зачастую использование этой информации является малоэффективным (помимо сбора некоторой статистики), так как она не имеет никакой пространственной привязки. Возможность перевода этой информации в необходимый формат есть, но это требует огромного количества времени и больших трудозатрат.

Помимо этого, получение необходимой пространственной информации зачастую составляет основную часть стоимости использования информационных технологий в сельском хозяйстве, которая сильно превышает даже затраты на само ПО. Это связано с тем, что такие информационные базы данных формируются по значительным площадям (даже в рамках одного региона) и в обширных временных рамках. Основными источниками получения необходимой информации являются обследования, проводимые непосредственно на полях, с последующей интерполяцией (мелиоративное состояние земель, оценка плодородия почв и др.), а также обработка снимков аэро- и космической съемки (построение цифровой модели рельефа, определение морфометрических параметров [7], экспозиций склонов, величин уклонов, линейной эрозии и плоскостного смыва, а также применение средств гидрологического моделирования).

Соответственно, обрабатывать такую информацию способно только

специализированное ПО для работы с пространственной информацией, а именно географические информационные системы (ГИС). Специфика этих систем заключается в том, что они позволяют интегрировать, вести и совместно анализировать самые разные виды пространственно распределенных показателей и описательных данных [6].

Аналитические средства ГИС способны решать обширное количество задач повышения устойчивости сельскохозяйственного производства и снижения его затратности как на федеральном и региональном уровнях (Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН), задачи учета сельхозугодий, определения ценности земель на основе многих факторов, мониторинга деятельности сельскохозяйственных предприятий), так и на уровне отдельных хозяйств с целью повышения их эффективности и прибыльности.

Целью данного исследования является создание функциональной схемы использования геопространственного анализа факторов для вовлечения в орошение земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в зоне влияния мелиоративных систем (на базе Ростовской области). Для этого была разработана структура и элементы геоинформационной базы данных (ГБД), включающей в себя сведения об орошаемых землях, объектах мелиоративной инфраструктуры, техническую и экономическую информацию.

Материалы и методы. Разработка ГБД производилась на основе функционального прототипа базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» [8], включающего в себя сведения о ряде мелиоративных объектов различного порядка в Ростовской области.

Источниками для наполнения базы данных являлись следующие: сведения, предоставленные ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», в т. ч. Ростовской гидрогеолого-мелиоративной партией; информация ЕФИС ЗСН; данные информационного портала ФГБНУ ВНИИ «Радуга»;

таблицы и формы Государственного водного реестра и мониторинга водных объектов; материалы, предоставленные Министерством сельского хозяйства Ростовской области, Росреестром, и другие открытые источники.

В основе применяемых геопространственных методов лежит использование выборки по расположению (Select By Location), позволяющей выбрать пространственные объекты (либо их части), основываясь на их положении относительно объектов в другом слое либо слоях.

В разработку ГБД входили следующие этапы: разработка набора тематических слоев, разработка атрибутивной таблицы, разработка справочника по проведению пространственного анализа. В качестве основных программных средств создания ГБД использовалось открытое ПО ГИС.

Результаты и обсуждения. Схема использования геопространственного анализа факторов для вовлечения в орошение земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в зоне влияния мелиоративных систем, представлена на рисунке 1.

Основными слоями в структуре базы данных являются полигональные объекты. Полигоны можно подразделить на два вида: исходные данные и лимитирующие области выборки.

К исходным данным относятся следующие объекты: подвешенные площади к гидротехническим сооружениям (ГТС), мелиоративное состояние орошаемых земель по уровню грунтовых вод (УГВ), засолению и солонцеватости, мелиорируемые земли (потенциально орошаемые), фактически орошаемые площади, а также полигоны, характеризующие прочие факторы, в т. ч. плодородие почв, области линейной эрозии и плоскостного смыва [9].

Необходимо отметить, что точечные и линейные объекты, характеризующие ГТС оросительных систем (ОС), сами по себе лишь косвенно участвуют в рассматриваемой схеме многофакторного пространственного анализа. В большей степени они используются для визуального анализа и справочной информации.



Рисунок 1 – Схема использования геопространственного анализа факторов для вовлечения в орошение земель

Figure 1 – Scheme of using geospatial analysis of factors for involvement in land irrigation

Тем не менее объекты, характеризующие ГТС, действуют в неразрывной связи с полигональными объектами, отображающими подвешенную к данным ГТС площадь сельскохозяйственных угодий (слой «Подвешенные к ГТС площади»).

Через площадные объекты, относящиеся к водопроводящим и водопропускным сооружениям, в пространственный анализ включается основная используемая характеристика ГТС – техническое состояние сооруже-

ния. В соответствии с приказом Министерства природных ресурсов РФ от 30 ноября 2007 г. № 316 (приложение 2) техническое состояние ГТС классифицируется по износу (амортизации) по четырем классам: 1-й – 0–25 %, 2-й – 26–50 %, 3-й – 51–75 %, 4-й – 76–100 % [10]. Таким образом, подвешенные площади ранжируются на четыре категории, исходя из имеющегося класса. Наибольший приоритет среди рассматриваемых площадей будет за территориями, транслирующими оценку (класс) с наименьшей степенью износа.

Также необходимо отметить подвешенную к насосным станциям (НС) площадь. В данном случае полигоны ранжируются исходя из способа водоподдачи, т. е. по двум параметрам: самотеком или машинным водоподъемом. Наибольший приоритет среди рассматриваемых территорий будет за площадями, транслирующими подачу воды самотеком, так как это не потребует дополнительных расходов на подачу воды.

Источником атрибутивной информации для данных объектов являются сведения, содержащиеся в таблицах и формах Государственного водного реестра и мониторинга водных объектов за 2021 г.

Слой «Оценка мелиоративного состояния» представляет собой набор полигонов, отображающих хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное состояние земель. Источник данных сведений, включая атрибутивную информацию, – результаты мониторинга, проведенного в 2021 г. Ростовской гидрогеолого-мелиоративной партией, являющейся филиалом ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз».

Слой «Мелиорируемые земли (потенциально орошаемые)» представляет собой набор полигонов, отображающих территории, подвешенные к ОС, на которых к указанной дате предусмотрены условия для производства орошения. Источником данных сведений является план-схема развития и использования мелиорируемых земель в Ростовской области

ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» и тематические цифровые планы-схемы сельскохозяйственных контуров по районам области.

Слой «Фактически орошаемые площади» представляет собой набор полигонов, отображающих территории, на которых производилось фактическое орошение в указанный период времени. Источником данной информации являются материалы ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз».

Слои «Плодородие почв» и «Области линейной эрозии и плоскостного смыва» в настоящее время отсутствуют в разрабатываемой базе данных. Возможность внесения этой информации в настоящий момент прорабатывается.

К лимитирующим областям выборки относятся следующие объекты: административные границы (район, муниципалитет и др.), границы подвешенной площади ОС, границы территорий хозяйств, а также возможные пользовательские области.

В рассматриваемой базе данных в качестве слоя «Административные границы» используются полигоны, характеризующие границы районов Ростовской области из перечня мелиоративного кадастра (25 районов, на территории которых имеются мелиорируемые земли). Источником пространственной информации являются сведения Росреестра. Источник атрибутивных данных – мелиоративный кадастр за 2021 г., подготовленный Ростовской гидрогеолого-мелиоративной партией.

Слой «Оросительные системы» представляет собой полигоны, отображающие подвешенные к ОС земли. Источником данного слоя являются оцифрованные материалы тематических цифровых план-схем сельскохозяйственных контуров по районам области, схемы и генеральные планы государственных ОС, а также материалы монографии «Оросительные системы России: от поколения к поколению» [11]. Источником атрибутивных данных являются мелиоративный кадастр и сведения, содержащиеся

в таблицах и формах Государственного водного реестра и мониторинга водных объектов за 2021 г., а также данные информационного портала ФГБНУ ВНИИ «Радуга»².

Слой «Границы хозяйств» представляет собой полигоны, отображающие территории, относящиеся к агропредприятиям, которые находятся на мелиорируемых землях. Источником пространственных данных является информация ЕФИС ЗСН³ [12], а атрибутивных – информация, предоставленная Министерством сельского хозяйства, о состоянии орошаемых земель в Ростовской области.

В качестве пользовательской области инструментами ПО ГИС можно создавать полигональные области любой необходимой конфигурации, исходя из стоящих перед пользователем задач.

Применение разработанной схемы рассмотрим на конкретном примере. В качестве объекта исследования была выбрана территория, находящаяся в зоне влияния Багаевской ОС и расположенная в Веселовском и Семикаракорском районах. Данная область была выбрана для исследования вследствие того, что для нее в формируемой разработчиками ГБД имеется весь спектр приведенных выше слоев, необходимых для пространственного анализа, и потому возможно произвести его по нескольким сценариям.

В выбранной области примера рассмотрим три хозяйства, находящихся в зоне мелиорируемых земель, из перечня, представленного Минсельхозом: ЗАО «ЮгАгроХолдинг», ООО «Манитек» и ФГУП «Семикаракорское».

²ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» // Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [Электронный ресурс]. URL: <https://inform-raduga.ru/fgbu/95> (дата обращения: 31.05.2022).

³Официальный сайт Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]. URL: <https://efis.mcx.ru/landing/> (дата обращения: 31.05.2022).

Слои, используемые в качестве исходных данных для анализа, представлены на рисунке 2.

При пошаговом рассмотрении работы пространственного анализа область сельхозугодий для вовлечения в орошение будет изменяться следующим образом. Анализ происходит из условий, что на заданной территории приоритетными являются полигоны, соответствующие наилучшим показателям оценки мелиоративного состояния и технического состояния ГТС (в данном примере это соответствует 3-му классу). Во-первых, из полигона мелиорируемых угодий происходит стирание области, соответствующей фактически политым площадям (рисунок 3*a*). Затем стираются области, выходящие за границу полигона, соответствующего области хорошей оценки мелиоративного состояния (рисунок 3*b*). Следующим шагом является стирание области, которая выходит за границу полигона, соответствующего области площадей, подвешенных к ГТС с износом от 51 до 75 % (рисунок 3*c*). И наконец, происходит стирание области, соответствующей территории, подвешенной к НС (рисунок 3*d*).

Следующим этапом является использование в пространственном анализе лимитирующих областей, соответствующих границам рассматриваемых агропредприятий (рисунок 4). На рисунках 4*a* и 4*b* представлены наиболее подходящие области для вовлечения в орошение для ООО «Манитек» и ФГУП «Семикаракорское» соответственно. Как видно из данных рисунка 4*c*, исходя из заданных параметров на территории ЗАО «ЮгАгроХолдинг» подходящих областей выявлено не было. Поэтому рассмотрим вариант, когда на заданной территории приоритетными являются полигоны, соответствующие следующим показателям: удовлетворительная оценка мелиоративного состояния, техническое состояние ГТС 4-го класса. В этом случае наиболее подходящие площади для данного агропредприятия представлены на рисунке 4*d*.

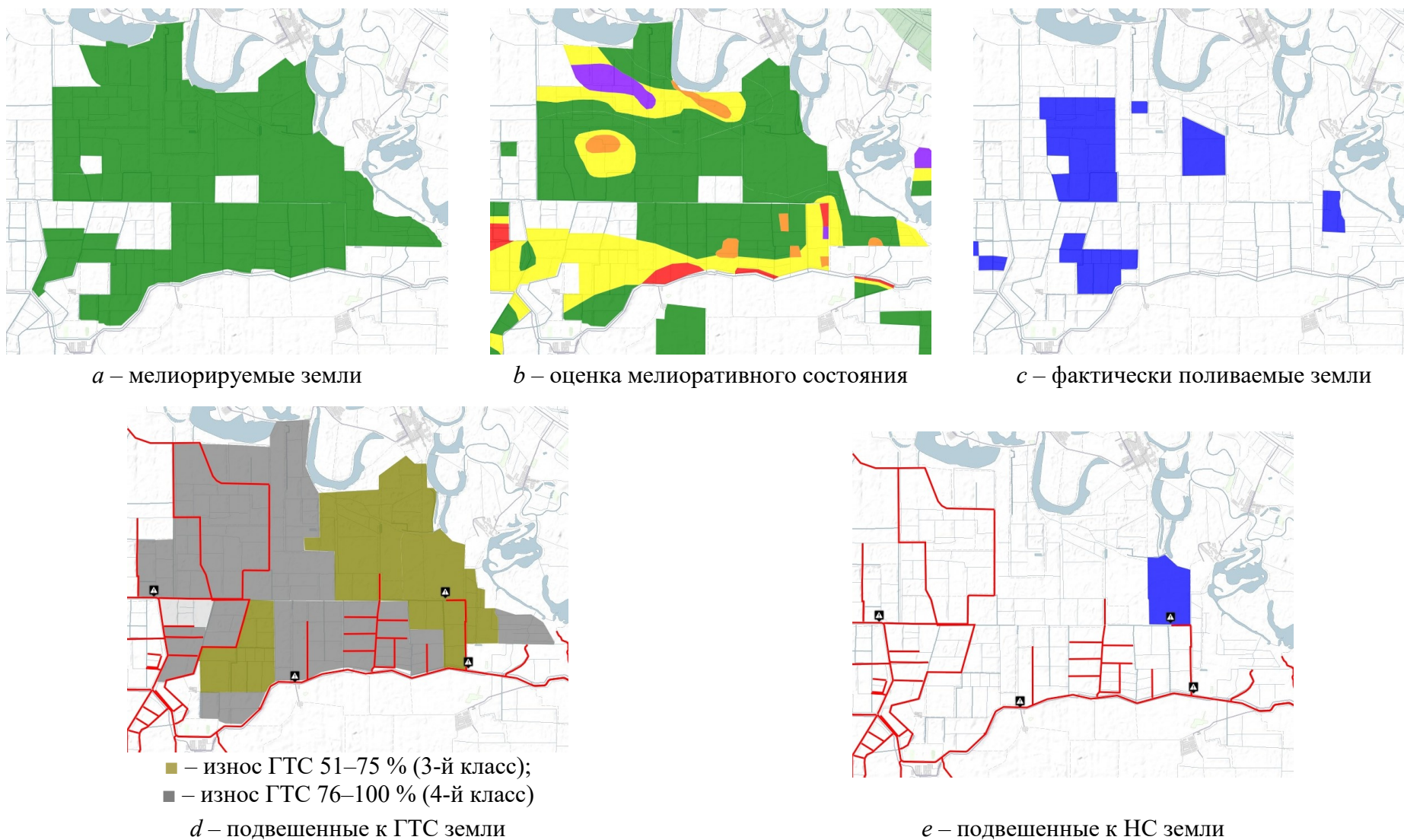


Рисунок 2 – Исходные данные для пространственного анализа

Figure 2 – Initial data for spatial analysis

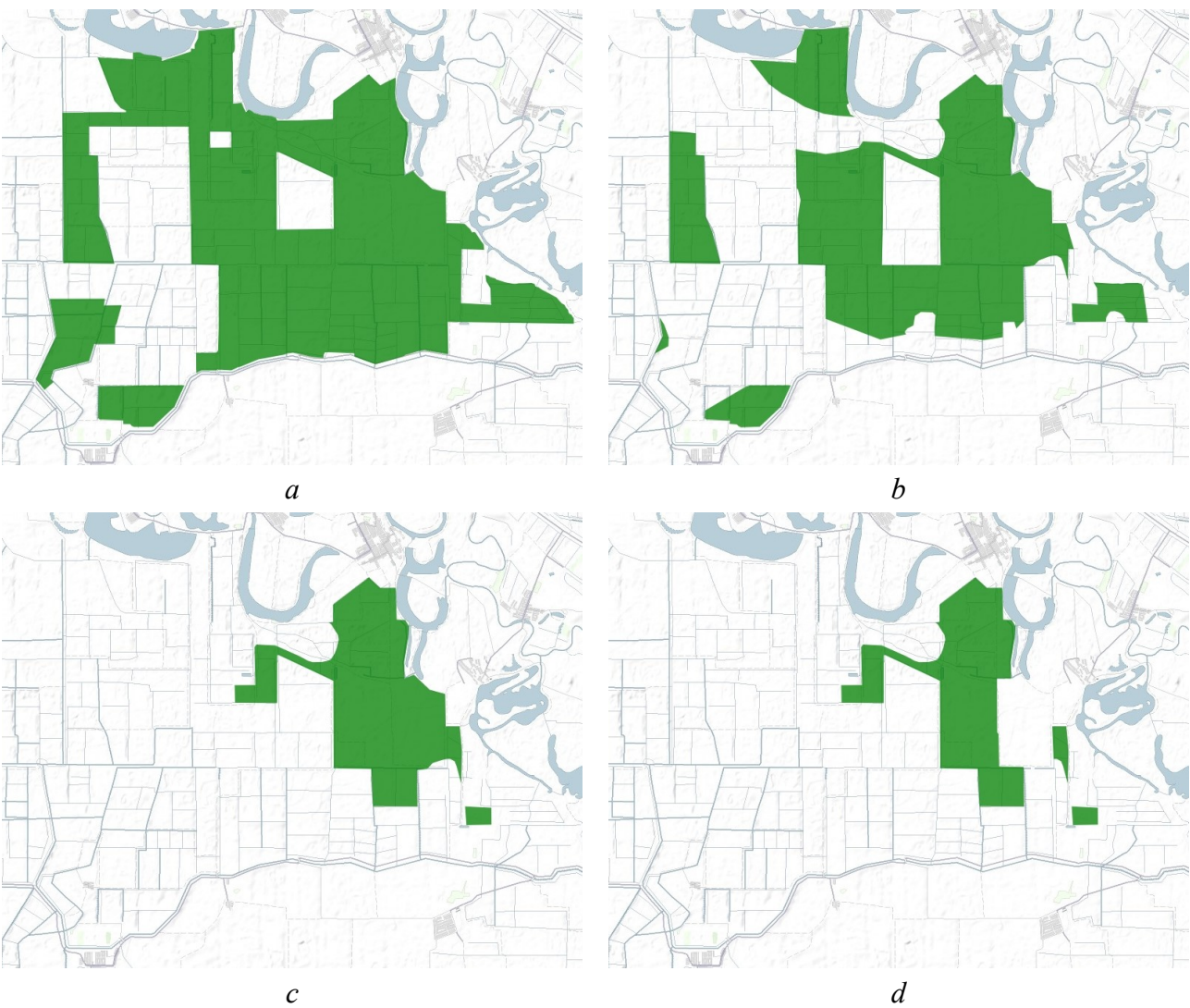


Рисунок 3 – Пример пространственного анализа
Figure 3 – An example of spatial analysis

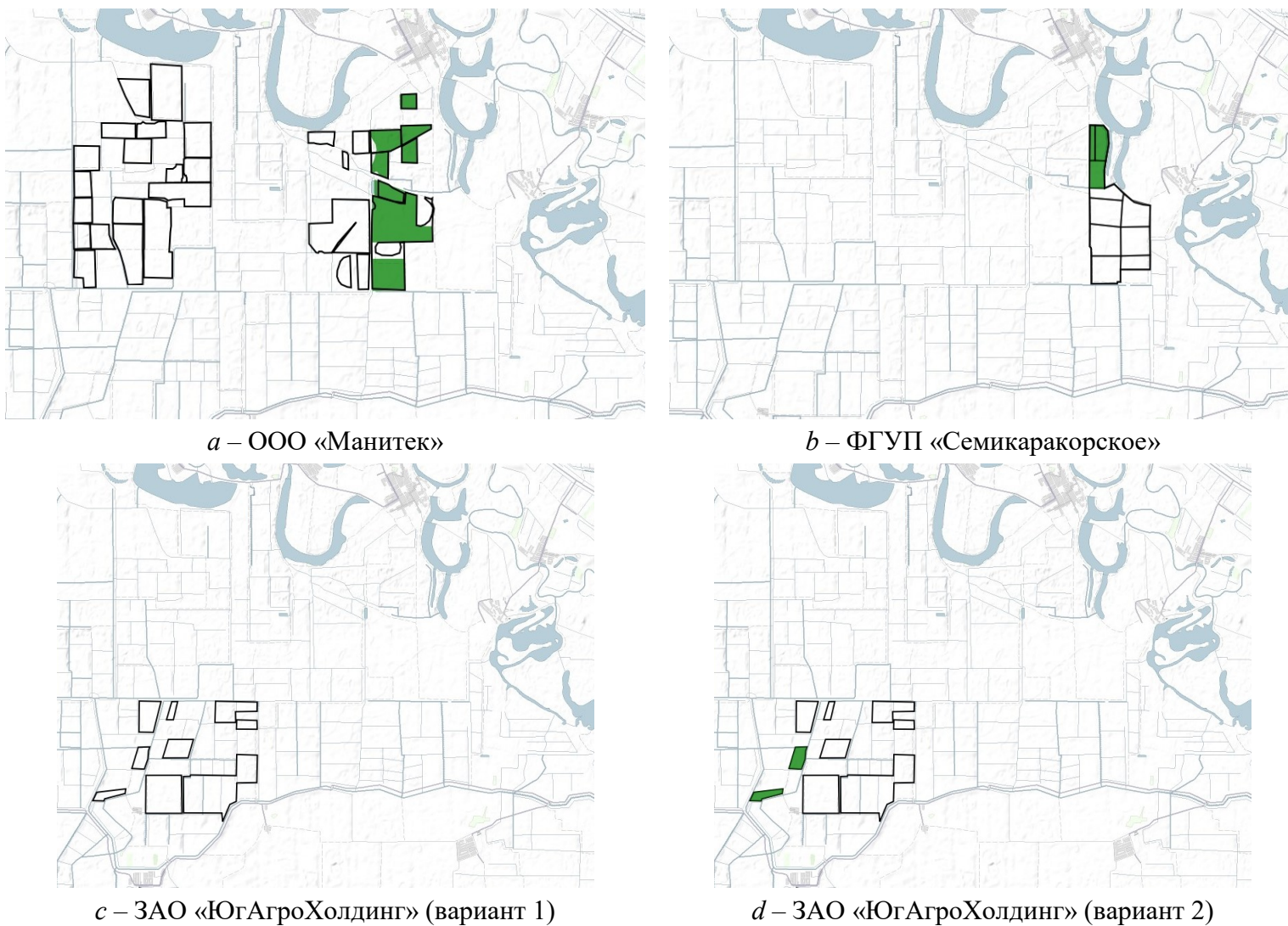


Рисунок 4 – Результат определения площадей для вовлечения в орошение по рассматриваемым хозяйствам
Figure 4 – The result of determining the areas to be involved in irrigation for the considered farms

Выводы. Разработанная схема использования геопространственного анализа факторов может повысить эффективность при решении задач для вовлечения в орошение земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в зоне влияния мелиоративных систем. Рассмотренный пример указывает на то, что сформированная на данном этапе исследований ГБД с имеющимся набором тематических слоев, хоть и требует доработки в плане наполнения дополнительными слоями (плодородие почв, области линейной эрозии и плоскостного смыва и др.) для полноты проводимого анализа, способна уже сейчас решать поставленные задачи по определению наиболее подходящих для внедрения полива площадей сельхозугодий, исходя из заданных пользователем параметров. Также стоит заметить: по итогам проведенной работы было выявлено, что основной проблемой для получения адекватных результатов при проведении пространственного анализа является сбор и получение актуальных и точных данных.

Список источников

1. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. изд. / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин, В. И. Булгаков, Т. А. Капустина, Н. А. Мищенко, М. С. Зверьков, Л. Е. Паутова, А. В. Грушин, Е. В. Медведева, А. И. Банникова, И. Д. Мищенко. М.: Росинформагротех, 2020. 304 с.
2. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, А. В. Слабунова, А. А. Завалин // Информационные технологии и вычислительные системы. 2020. № 1. С. 53–64. <https://doi.org/10.14357/20718632200106>.
3. Юрченко И. Ф. Приоритетные направления и мероприятия современной цифровизации в мелиорации // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 2. С. 84–100. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1280> (дата обращения: 01.06.2022). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-84-100>.
4. Юрченко И. Ф. Приоритетные направления цифровизации технологических процессов агропроизводства на мелиорируемых землях // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2020. № 2-1. С. 122–135. DOI: 10.24411/2658-3569-2020-10037.
5. Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. К вопросу комплексной цифровой системы управления сельскохозяйственным производством // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 2(82). С. 95–101.
6. Нагорнюк К. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. URL: <https://blogs.esri-cis.ru/2018/08/09/gis-for-agriculture/> (дата обращения: 31.05.2022).
7. Identification of land suitability for agricultural use by applying morphometric and

risk parameters based on GIS spatial analysis / Ş. Bilaşco, S. Roşca, I. Păcurar, N. Moldovan, A. I. Boţ, C. Negruşier, P. Sestras, M. Bondrea, S. Naş // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2016. Vol. 44, № 1. P. 302–312. DOI: 10.15835/nbha44110289.

8. 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.

9. Ayalew D. A., Şarapatka B., Deumlich D. Agricultural landscape-scale C factor determination and erosion prediction for various crop rotations through a remote sensing and GIS approach // *European Journal of Agronomy*. 2021. Vol. 123. 126203. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126203.

10. Нормативно-методическое обеспечение государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации / В. Н. Щедрин, Г. А. Сенчуков, А. С. Капустян, В. Д. Гостищев, И. В. Клишин, Т. С. Пономаренко, А. Н. Рыжаков, С. В. Куприянова, А. В. Бреева, Д. В. Мартынов. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 45 с.

11. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2013. 283 с.

12. Модуль работы с данными дистанционного зондирования Земли в Единой федеральной информационной системе о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) / К. А. Буланов, П. В. Денисов, С. Н. Косогор, Н. М. Вандышева, В. А. Бабак, К. А. Трошко, А. С. Мартыанов, И. И. Середя, Е. А. Лупян, В. А. Толпин, М. А. Бурцев // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: сб. тез. докл. 16-й Всерос. открытой конф., г. Москва, 12–16 нояб. 2018 г.* / Ин-т косм. исслед. Рос. акад. наук. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 3.

References

1. Olgarenko G.V., Turapin S.S., Bulgakov V.I., Kapustina T.A., Mishchenko N.A., Zverkov M.S., Pautova L.E., Grushin A.V., Medvedeva E.V., Bannikova A.I., Mishchenko I.D., 2020. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii: inform. izd.* [Land Reclamation Complex of the Russian Federation: inform. ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 304 p. (In Russian).

2. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Slabunov V.V., Slabunova A.V., Zavalin A.A., 2020. *Podkhody k formirovaniyu informatsionnoy sistemy "Tsifrovaya melioratsiya"* [Approaches to the Information System Formation "Digital Land Reclamation"]. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy* [Journal of Information Technologies and Computing Systems], no. 1, pp. 53-64, <https://doi.org/10.14357/20718632200106>. (In Russian).

3. Yurchenko I.F., 2022. [Priority areas and activities of modern digitalization in land reclamation]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 2, pp. 84-100, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1280> [accessed 01.06.2022], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-84-100>. (In Russian).

4. Yurchenko I.F., 2020. *Prioritetnye napravleniya tsifrovizatsii tekhnologicheskikh protsessov agroproduktstva na melioriruemyykh zemlyakh* [Priority directions on digitalization of the agricultural technological processes in the reclaimed lands]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologiy Integral* [International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral], no. 2-1, pp. 122-135, DOI: 10.24411/2658-3569-2020-10037. (In Russian).

5. Ryzhakov A.N., Martynov D.V., 2021. *K voprosu kompleksnoy tsifrovoy sistemy upravleniya sel'skokhozyaystvennym proizvodstvom* [On the issue of an integrated digital sys-

tem for managing agricultural production]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(82), pp. 95–101. (In Russian).

6. Nagornyyuk K., 2009. *Geoinformatsionnye sistemy v sel'skom khozyaystve* [Geoinformation systems in agriculture], available: <https://blogs.esri-cis.ru/2018/08/09/gis-for-agriculture/> [accessed 31.05.2022]. (In Russian).

7. Bilaşco Ş., Roşca S., Păcurar I., Moldovan N., Boţ A.I., Negruşier C., Sestras P., Bondrea M., Naş S., 2016. Identification of land suitability for agricultural use by applying morphometric and risk parameters based on GIS spatial analysis. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, vol. 44, no. 1, pp. 302–312, DOI: 10.15835/nbha44110289.

8. Ryzhakov A.N., Kuzmichev A.A., Martynov D.V., 2019. *Razrabotka geoinformatsionnoy bazy dannykh "Paspportizatsiya meliorativnykh sistem i gidrotekhnicheskikh sooruzheniy"* [Development of a geoinformation database "Certification of Reclamation Systems and Hydraulic Structures"]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(76), pp. 110–118. (In Russian).

9. Ayalew D.A., Şarapatka B., Deumlich D., 2021. Agricultural landscape-scale C factor determination and erosion prediction for various crop rotations through a remote sensing and GIS approach. *European Journal of Agronomy*, vol. 123, 126203, DOI: 10.1016/j.eja.2020.126203.

10. Shchedrin V.N., Senchukov G.A., Kapustyan A.S., Gostishchev V.D., Klishin I.V., Ponomarenko T.S., Ryzhakov A.N., Kupriyanova S.V., Breeva A.V., Martynov D.V., 2017. *Normativno-metodicheskoe obespechenie gosudarstvennogo vodnogo reestra i monitoringa vodnykh ob'ektov, ispol'zuemykh v tselyakh melioratsii* [Normative and Methodological Support of the State Water Registry and Monitoring Water Bodies Used for Land Reclamation]. *Novocherkassk, RosNIIPM*, 45 p. (In Russian).

11. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel'nyye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya* [Irrigation Systems of Russia: from Generation to Generation: monograph]. In 2 parts, pt. 1, *Novocherkassk, RosNIIPM*, 283 p. (In Russian).

12. Bulanov K.A., Denisov P.V., Kosogor S.N., Vandysheva N.M., Babak V.A., Troshko K.A., Martyanov A.S., Sereda I.I., Lupyan E.A., Tolpin V.A., Burtsev M.A., 2018. *Modul' raboty s dannymi distantsionnogo zondirovaniya Zemli v Edinoy federal'noy informatsionnoy sisteme o zemlyakh sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Module for working with Earth remote sensing data in the Unified Federal Information System on Agricultural Lands (EFIS ZSN)]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa: sb. tez. dokl. 16-y Vserossiyskoy otkrytoy konferentsii* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space: abstract reports of the 16th All-Russian Open Conference]. Moscow, Institute of Space Research of Russian Academy of Sciences, IKI RAN Publ., p. 3. (In Russian).

Информация об авторах

А. Н. Рыжаков – научный сотрудник;

А. А. Кузьмичев – старший научный сотрудник, кандидат технических наук;

Д. В. Мартынов – младший научный сотрудник;

А. В. Колганов – главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор.

Information about the authors

A. N. Ryzhakov – Researcher;

A. A. Kuzmichev – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences;

D. V. Martynov – Junior Researcher;

A. V. Kolganov – Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor.

Вклад авторов: А. Н. Рыжакوف произвел обзор источников, собрал и обработал данные, проанализировал результаты, написал статью. А. А. Кузьмичев, Д. В. Мартынов и А. В. Колганов участвовали в написании статьи.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: A. N. Ryzhakov reviewed the sources, collected and processed the data, analyzed the results and wrote the article. A. A. Kuzmitchev, D. V. Martynov and A. V. Kolganov participated in the writing of the article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.08.2022; одобрена после рецензирования 12.10.2022; принята к публикации 20.10.2022.

The article was submitted 24.08.2022; approved after reviewing 12.10.2022; accepted for publication 20.10.2022.