

УДК 528.9 (571.1)

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-104-112>

## Оценка и картографирование уязвимости региональных природно-хозяйственных систем юга Западной Сибири

Б. А. Красноярова<sup>1</sup>, А. Е. Назаренко<sup>1</sup>, Т. Г. Плуталова<sup>1✉</sup>, С. Н. Шарабарина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Российская Федерация

e-mail: [plutalova.tg@gmail.com](mailto:plutalova.tg@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы оценки и картографирования уязвимости аграрно-ориентированных природно-хозяйственных систем юга Западной Сибири на основе обработки и анализа больших объемов данных официальной статистики Российской Федерации. Впервые для этой территории разработаны картосхемы интегрального показателя уязвимости на основе оценки его отдельных составляющих (сельскохозяйственного производства, водообеспеченности и загрязнения окружающей среды). Показана значимость пространственного анализа социально-экономических индикаторов муниципальных образований Западной Сибири для идентификации наиболее уязвимых территорий. К ним относятся территории, в которых антропогенная нагрузка превышает природный потенциал устойчивости. Прежде всего, это районы с развитым промышленным производством и крупными полигонами твердых коммунальных отходов, которые расположены вблизи крупных городов: Барнаульский городской округ и Первомайский район; Беловский, Новокузнецкий, Междуреченский, Кемеровский муниципальные округа; Новосибирский и Омский районы.

**Ключевые слова:** уязвимость, Западная Сибирь, муниципальные образования, статистика, ГИС, водообеспечение, загрязнение, аграрное природопользование

### Для цитирования:

Красноярова Б. А., Назаренко А. Е., Плуталова Т. Г., Шарабарина С. Н. Оценка и картографирование уязвимости региональных природно-хозяйственных систем юга Западной Сибири. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 1. С. 104–112. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-104-112>

## Assessing and mapping vulnerability of regional natural-economic systems in southern Western Siberia

B. A. Krasnoyarova<sup>1</sup>, A. E. Nazarenko<sup>1</sup>, T. G. Plutalova<sup>1✉</sup>, S. N. Sharabarina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russian Federation

e-mail: [plutalova.tg@gmail.com](mailto:plutalova.tg@gmail.com)

**Abstract.** The article examines the assessment and mapping of vulnerability in agrarian-oriented natural-economic systems of southern Western Siberia, based on large volumes of data from official Russian Federation statistics. For the first time in this region, cartographic models of the integral vulnerability index were developed, derived from evaluations of its key components: agricultural production, water provision, and environmental pollution. The study underscores the value of spatial analysis of socio-economic indicators across Western Siberian municipalities for pinpointing the most vulnerable areas – those where anthropogenic pressures exceed the natural sustainability poten-

tial. These primarily encompass industrial districts and sites with large municipal solid waste landfills near major cities, including the Barnaul urban district and Pervomaysky district; Belovsky, Novokuznetsky, Mezhdurechensky, and Kemerovo municipal districts; and Novosibirsky and Omsky districts.

**Keywords:** vulnerability, Western Siberia, municipalities, statistics, GIS, water supply, pollution, agrarian land use

**For citation:**

Krasnoyarova B. A., Nazarenko A. E., Plutalova T. G., Sharabarina S. N. (2026). Assessing and mapping vulnerability of regional natural-economic systems in southern Western Siberia. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 1. pp. 104–112. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-104-112>

**Введение**

Устойчивость природно-хозяйственных систем (ПХС) – это способность сохранять ключевые характеристики и функции в течение длительного времени, несмотря на внешние воздействия. Эти воздействия могут быть как природными (изменение климата или стихийные бедствия), так и антропогенными (загрязнения воды и воздуха, нарушение агротехнологических циклов в сельскохозяйственном производстве) [1–3]. Устойчивость напрямую связана с уязвимостью ПХС, которая показывает, насколько сильно изменяются параметры систем под влиянием дестабилизирующих факторов. Чем уязвимее система, тем ниже ее устойчивость и тем сильнее она может пострадать от неблагоприятных воздействий. Устойчивые системы, напротив, хорошо адаптируются и продолжают функционировать даже при значительных изменениях [4–7]. Поскольку любая ПХС постоянно находится в состоянии динамического равновесия под влиянием внутренних и внешних факторов, стремясь к устойчивости, необходимо оценивать характер и силу этих дестабилизирующих факторов.

Под ПХС мы понимаем совокупность природных и территориально, технологически и экономически взаимосвязанных между собой хозяйственных подсистем, имеющих общую хозяйственную, социальную и природоохранную инфраструктуру [8]. Такой подход позволяет объединить элементы разного иерархического уровня. Визуализация уязвимости ПХС различного уровня посредством картографирования и ГИС-технологий играют ключевую роль в их пространственной оценке и управле-

нии с учетом долгосрочных эколого-экономических приоритетов [9–15]. В качестве ПХС в данной работе рассматриваются муниципальные образования (МО) – административные районы и округа – как субъекты совокупного природопользования и управления.

Целью статьи является оценка и картографирование пространственной дифференциации ПХС юга Западной Сибири по степени уязвимости к современным вызовам социально-эколого-экономического характера.

Выбранная территория является репрезентативным объектом для изучения уязвимости ПХС, так как находится в разнообразных природных и климатических условиях. В ее пределах расположены крупные урбанистические, промышленные, сельскохозяйственные и транспортные центры. Здесь сосредоточено 62,2 % населения Сибирского федерального округа (численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282>. – Текст : электронный). Изучение воздействия таких разных факторов и их оценка важны с точки зрения обеспечения продовольственной безопасности и выявления конфликтов природопользования.

**Методы и материалы**

В качестве информационной основы исследования использованы открытые данные Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации за 2020–2022 гг., стратегических документов пространственного развития и территориального планирования регионов юга Западной Сибири, схемы обращения с твердыми коммуналь-

ными отходами, материалы платформы OpenStreetMap (рис. 1). Классификация ПХС по степени уязвимости и картографическая интерпретация полученных результатов проведена методом квантилей, при котором каж-

дый класс содержит одинаковое количество объектов, т. е. не бывает пустых классов или классов, содержащих максимум или минимум значений [16], с помощью программного обеспечения ArcGIS и QGIS.

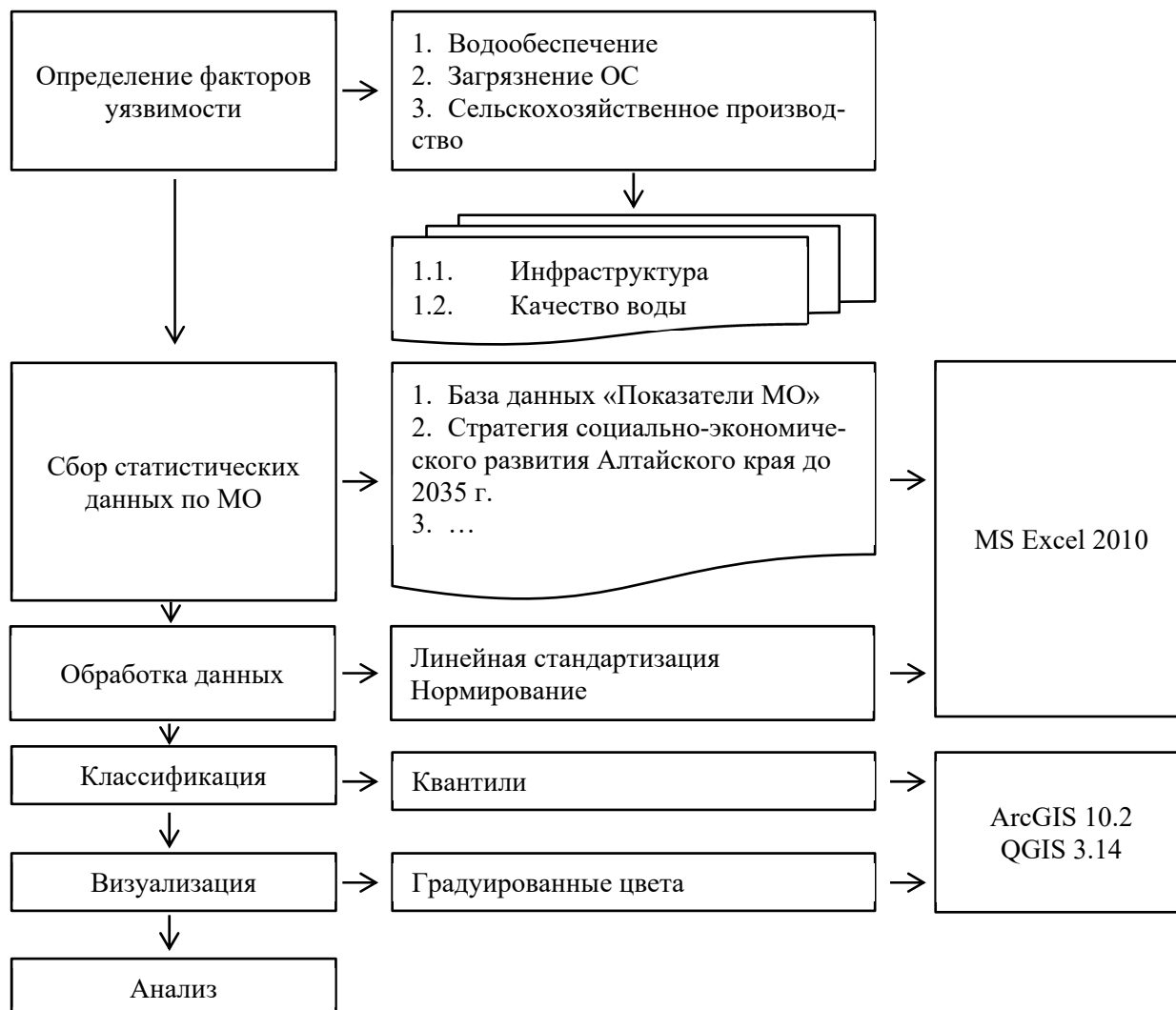


Рис. 1. Схема оценки и картографирования уязвимости региональных ПХС

Разработанная авторами ранее методика оценки аграрно-ориентированных ПХС по степени уязвимости к природным и социально-экономическим факторам воздействия [17] реализована для территории активного сельскохозяйственного освоения Западной Сибири – Омской, Новосибирской, Кемеровской областей, Алтайского края, Республики Алтай и юга Томской области. Факторы воздействия на ПХС приведены в таблице. Данные по каждому из выбранных параметров были нормированы в промежутке от 0 до 1,

где 0 – минимальное значение ряда, 1 – максимальное. Каждый из выбранных маркеров в виде прямой либо обратной связи отражает степень уязвимости ПХС. Например, чем большая доля водопроводной сети нуждается в замене, тем более уязвимой является система обеспечения населения и хозяйства водой. Результирующая оценка уязвимости представляет собой сумму баллов по каждому фактору в административных границах МО. Значения по всем МО исследуемой территории разделены на пять диапазонов уязвимо-

сти по степени их проявления (от меньшего к большему), где «очень низкая» – исследуемые параметры не оказывают негативного влияния, «очень высокая» – отмечено их значительное влияние и требуются неотложные меры для регулирования ведения хозяйства.

Маркеры уязвимости ПХС к природным и социально-экономическим факторам воздействия

Факторы воздействия на ПХС	Номер	Параметры/маркеры уязвимости	Единицы измерения
<b>Водообеспеченность населения</b>			
Обеспечение питьевой водой	1.1	Доля населения, не обеспеченного центральным водопроводом	%
	1.2	Доля уличной водопроводной сети, нуждающейся в замене	
	1.3	Качество питьевой воды по санитарно-химическим показателям: доля проб, не отвечающих гигиеническим нормативам	
	1.4	Качество питьевой воды по микробиологическим показателям: доля проб, не отвечающих гигиеническим нормативам	
<b>Загрязнение окружающей среды</b>			
Загрязнение воздуха и размещение отходов	2.1	Выброшено в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников:	кг/год/га
	2.1.1	твердые вещества	
	2.1.2	SO <sub>2</sub>	
	2.1.3	CO <sub>2</sub>	
	2.1.4	Оксиды азота (NO <sub>2</sub> экв.)	
	2.2	Размещено за год твердых коммунальных отходов	Тыс. т
<b>Сельскохозяйственное производство</b>			
Демографический	3.1	Плотность сельского населения	чел/км <sup>2</sup>
	3.2	Доля занятых в сельском хозяйстве	%
	3.3	Отношение заработной платы в сельском хозяйстве к средней по району	
Продовольственной безопасности	3.4	Посевная площадь на душу населения	га/чел.
	3.5	Производство с/х продукции на 1 га земельной площади	т/га
Технологический	3.6	Нагрузка посевной площади на 1 трактор	га/шт.
	3.7	Нагрузка посевной площади на 1 зерноуборочный комбайн	
Агроэкологический	3.8	Доля эродированных земель	%
	3.9	Внесение минеральных удобрений	кг/га
	3.10	Доля кормовых угодий в структуре посевных площадей	%

### Результаты и обсуждение

Показатели уязвимости по водообеспеченности определяются как инфраструктурными (наличием и качеством существующих водопроводных сетей и водоочистных сооружений), так и природными условиями, например, соответствием вод действующим санитарно-гигиеническим и микробиологическим нормативам (рис. 2).

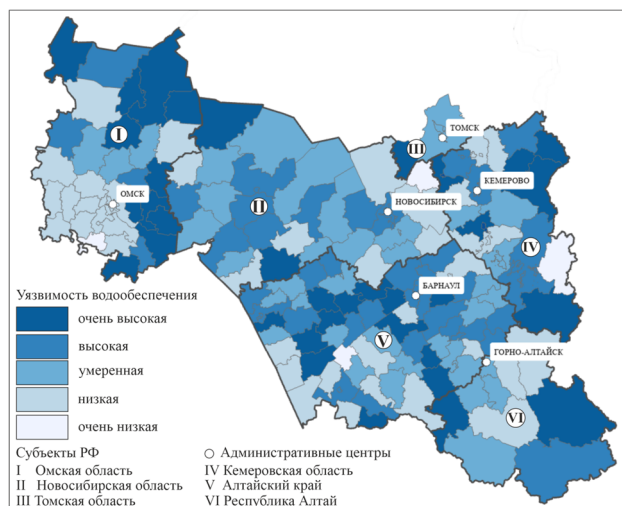


Рис. 2. Уязвимость водообеспечения

Следует отметить, что наиболее уязвимыми с позиций водообеспечения являются сельские районы, расположенные в степной зоне с засушливым климатом, по причине как недостатка качественной воды в целом, так и недостаточного финансирования для поддержания инфраструктуры. В Алтайском крае к таким районам можно отнести Баевский, Благовещенский, Табунский, Родинский, Завьяловский, Волчихинский, Тюменцевский (в этих условиях функционирование Кулундинского канала остается актуальным до сих пор); в Омской области – Русско-Полянский и Черлакский районы.

Также уязвимыми являются сельские территории, значительно удаленные от городов со сложными гидрогеологическими условиями, разреженной системой расселения с малочисленными населенными пунктами (число жителей менее 100 человек), возникшими в ранние периоды освоения территории и испытывающими значительный отток населения. В этих условиях бюджеты МО не имеют средств на поддержание работы водопровода и обустройство станций очистки воды. В числе таких территорий следует назвать малонаселенные горные районы Алтайского края (Солонешенский район), Кемеровской области (Таштагольский и Тяжинский районы), Улаганский район Республики Алтай, Краснозерский район Новосибирской области и др.

Показатели уязвимости территорий по блоку загрязнения окружающей среды (рис. 3) определяются прежде всего двумя основными факторами: размещением промышленных производств и полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО). В стране действует единое федеральное законодательство в сфере обращения с отходами, но каждый из рассматриваемых регионов имеет собственные особенности управления, что прослеживается и в процессе организации обращения с отходами. Так, например, в Республике Алтай в связи с особенностями рельефа полигоны ТКО организованы в каждом муниципальном районе. В Новосибирской, Кемеровской, Омской областях и Алтайском крае объекты размещения ТКО сконцентрированы лишь в небольшом количестве районов, как правило, вблизи крупных городов (в целях сокращения транспортных расходов). Различаются технологические и организационные формы объектов размещения ТКО: в Республике Алтай они организованы в виде межмуниципальных зональных центров (МЗЦ), в Новосибирской области – созданы комплексные полигоны, в Томской, Омской, Кемеровской областях и Алтайском крае – в виде полигонов ТКО.

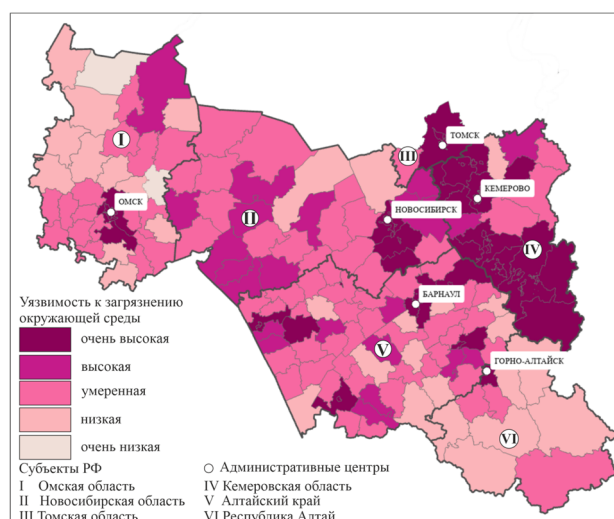


Рис. 3. Уязвимость к загрязнению окружающей среды

Оценка уязвимости сельскохозяйственного природопользования (рис. 4) показала,

что наиболее уязвимыми являются степные территории Алтайского края (большое влияние оказывает агроэкологический фактор: высокая распаханность, низкие объемы внесения удобрений, большая доля эродированных земель), северные территории Омской, Новосибирской, Кемеровской областей и горные территории (Республика Алтай), где высокие показатели определяет демографический фактор (низкая плотность сельского населения, низкие занятость и оплата труда в сельском хозяйстве). Низкие показатели уязвимости отмечаются в районах, расположенных вблизи крупных городов (Томск, Омск, Новосибирск, Барнаул, Бийск, Кемерово), где развито высокоинтенсивное пригородное сельское хозяйство (высокие показатели плотности сельского населения, производства сельхозпродукции на 1 га посевной площади, внесения удобрений и обеспеченности сельхозтехникой).

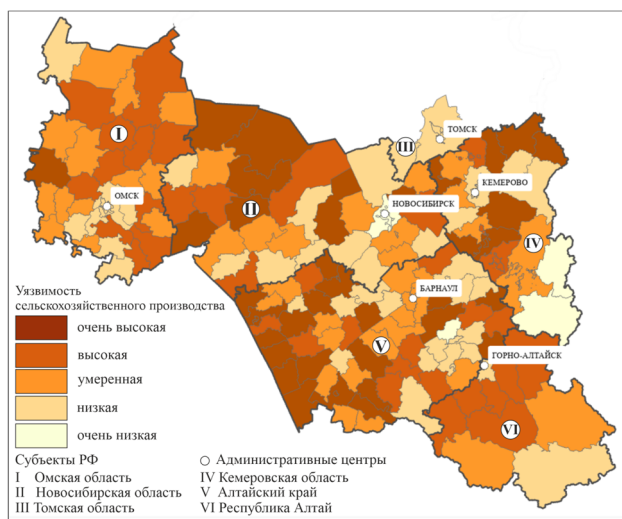


Рис. 4. Уязвимость сельскохозяйственного производства

Суммарные показатели уязвимости природно-хозяйственных систем наиболее высоки в степных засушливых районах с высокой нагрузкой и низкой продуктивностью сельского хозяйства, а также в пригородных районах вблизи крупных городских агломераций с высоким уровнем загрязнения окружающей среды (рис. 5).

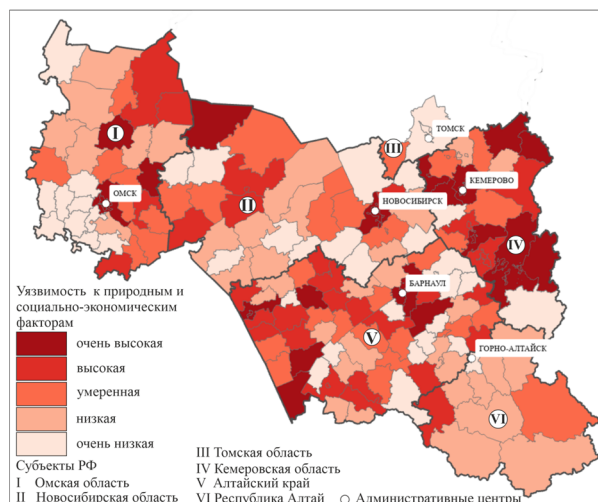


Рис. 5. Суммарная уязвимость к природным и социально-экономическим факторам

Наиболее уязвимыми территориями являются районы, где антропогенная нагрузка превышает природный потенциал устойчивости. Это районы с развитым промышленным производством и крупными полигонами ТКО, которые, как правило, расположены вблизи крупных городов: Барнаульский городской округ и Первомайский район; Беловский, Новокузнецкий, Междуреченский, Кемеровский муниципальные округа; Новосибирский и Омский районы.

### Заключение

Проведенная оценка и картографический анализ с использованием геоинформационных технологий территории юга Западной Сибири по уровню уязвимости природно-хозяйственных систем позволили получить наглядное отражение дифференциации ареалов уязвимости по отдельным факторам и суммарную – по их совокупности. Среди основных факторов уязвимости рассмотрены демографический, экологический и агропроизводственный; суммарная оценка представляет сопоставление и совместный анализ этих факторов.

Установлено, что наиболее уязвимыми территориями являются районы, где антропогенная нагрузка превышает природный потенциал устойчивости. Это районы с развитым промышленным производством и круп-

ными полигонами ТКО, которые, как правило, расположены вблизи крупных городов: Барнаульский городской округ и Первомайский район; Беловский, Новокузнецкий, Междуреченский, Кемеровский муниципальные округа; Новосибирский и Омский районы.

Результаты оценки уязвимости могут быть использованы на различных уровнях – от местного до регионального, в целях принятия обоснованных решений в области управления и пространственного развития территорий.

Несмотря на то что статистическая информация представлена в открытом доступе в разрезе отдельных муниципальных образо-

ваний, а применение ГИС-технологий позволяет визуализировать ее пространственно-временное изменение, данная возможность до сих пор не используется в органах власти. На взгляд авторов, это существенно затрудняет внедрение цифровых технологий и интерпретации статистических данных, усложняя понимание текущей обстановки в исследуемом регионе в режиме реального времени.

### *Благодарности*

Работа выполнена по государственному заданию FUFZ-2026-0003.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исаченко А. Г. Теория и методология географической науки. М. : Академия, 2004. 400 с.
2. Данилов-Данильян В. И. Глобальные климатические изменения и водные проблемы России и мира. *Век глобализации*. 2020. № 4(36). С. 65–78.
3. Чибилев А. А. (мл.), Мелешкин Д. С., Григорьевский Д. В. Оценка ландшафтно-экологической устойчивости геосистемы Среднего Поуралья. *Успехи современного естествознания*. 2019. № 7. С. 133–138.
4. Мирзеханова З. Г. Методика расчета потенциальной природной уязвимости территории. Хабаровск : Эльта, 1993. 49 с.
5. Дмитриев В. В., Огурцов А. Н. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. I. Интегральная оценка устойчивости наземных и водных геосистем. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология. География*. 2012. № 3. С. 65–78.
6. Кесорецких И. И. Оценка пространственной и временной изменчивости показателя уязвимости ландшафтов Калининградской области как компонент экологически ориентированного территориального планирования. *Балтийский регион*. 2015. № 4 (26). С. 162–180. DOI 10.5922/2074-9848-2015-4-10.
7. Бабурин В. Л., Бадина С. В., Горячко М. Д., Земцов С. П., Колтерманн К. П. Оценка уязвимости социально-экономического развития арктической территории России. *Вестник Московского университета. Сер. 5. География*. 2016. № 6. С. 71–77.
8. Красноярова Б. А., Платонова С. Г., Шарабарина С. Н., Скрипко В. В., Архипова И. В. Природно-хозяйственное районирование Западной Сибири. *Географический вестник*. 2018. № 1 (44). С. 64–72. DOI 10.17072/2079-7877-2018-1-64-72.
9. Борисова Т. А. Картографирование рисков природных пожаров в бассейне оз. Байкал. Устойчивое развитие в Восточной Азии: актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию высшего географического образования и 60-летию фундаментальной географической науки в Бурятии (Улан-Удэ, 17–19 мая 2018 г.). Улан-Удэ : Бурятский государственный университет, 2018. С. 229–231.
10. Roth R. E., MacEachren A. M. Geovisual analytics and the science of interaction: an empirical interaction study. *Cartography and Geographic Information Science*. 2016. 43(1). Pp. 30–54. DOI 10.1080/15230406.2015.1021714.
11. Yang Y., Dwyer T., Goodwin S., Marriott K. Many-to-many geographically-embedded flow visualisation: an evaluation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2017. 23 (1). Pp. 411–420. DOI:10.1109/TVCG.2016.2598885.

12. Тикунов В. С., Панин А. Н., Гайдуков В. Р. Атласная информационная система для формирования интегральных индексов социально-экономического развития территорий. Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2023. Т. 78, № 4. С. 66–74. DOI 10.55959/MSU0579-9414.5.78.4.6.
13. Кузнецова Т. И. Конструктивная методология картографирования пространственно-функциональной организации геосистем. Геодезия и картография. 2022. Т. 83, № 7. С. 2-13. DOI 10.22389/0016-7126-2022-985-7-2-13.
14. Дмитриева М. В. Комплексная оценка и картографирование геоэкологической ситуации в Астраханской области. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофото-съемка. 2020. Т. 64, № 6. С. 725-730. DOI 10.30533/0536-101X-2020-64-6-725-730.
15. Курепина Н. Ю. Картографическая оценка антропогенных источников загрязнения вод в республике Алтай. Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIX Международный научный конгресс, 17–19 мая 2023 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». Новосибирск : СГУГиТ, 2023. № 2. С. 159–167. DOI 10.33764/2618-981X-2023-1-2-159-167.
16. Методы классификации данных [Электронный ресурс]. ArcGis Pro. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>.
17. Красноярова Б. А., Назаренко А. Е., Плуталова Т. Г., Шарабарина С. Н., Барышников С. Г. Оценка уязвимости аграрно-ориентированных природно-хозяйственных систем. Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2024. Т. 49. С. 72–87. - DOI: 10.26516/2073-3402.2024.49.72.

## REFERENCES

1. Isachenko A. G. (2004) *Teorija i metodologija geografičeskoj nauki [Theory and methodology of geographical science]*. Moscow: Academy, 400 p. [in Russian].
2. Danilov-Danil'jan V. I. (2020) Global climate change and water problems of Russia and the world. *Vek globalizacii [Century of globalization]*, 4(36), 65-78 [in Russian].
3. Chibil'jov A. A. (ml.), Meleshkin D. S. & Grigorevskij D. V. (2019) Assessment of landscape-ecological sustainability of the geosystem of the Middle Urals // *Uspehi sovremennogo estestvoznanija [Advances in modern natural science]*, 7, 133-138 [in Russian].
4. Mirzehanova Z. G. (1993) *Metodika rasčeta potencial'noj prirodnoj ujazvimosti territorii [Methodology for calculating the potential natural vulnerability of a territory]*. Khabarovsk: Elta, 49 p. [in Russian].
5. Dmitriev V. V. & Ogurcov A. N. (2012) Approaches to integrated assessment and GIS mapping of sustainability and ecological well-being of geosystems. I. Integrated assessment of sustainability of terrestrial and aquatic geosystems. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Serija 7: Geologija. Geografija [Bulletin of St. Petersburg University. Series 7: Geology. Geography]*, 3, 65-78 [in Russian].
6. Kesoreckih I. I. (2015) Assessment of spatial and temporal variability of the vulnerability indicator of landscapes in the Kaliningrad region as a component of environmentally oriented territorial planning. *Baltijskij region [Baltic Region]*, 4(26), 162-180, DOI 10.5922/2074-9848-2015-4-10 [in Russian].
7. Baburin V. L., Badina S. V., Gorjachko M. D., Zemcov S. P. & Koltermann K. P. (2016) Vulnerability assessment of socio-economic development of the Arctic territory of Russia. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5: Geografija [Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography]*, 6, 71–77 [in Russian].
8. Krasnojarova B. A., Platonova S. G., Sharabarina S. N., Skripko V. V. & Arhipova I. V. (2018) Natural and economic zoning of Western Siberia. *Geografičeskij vestnik [Geographical Bulletin]*, 1(44), 64-72, DOI 10.17072/2079-7877-2018-1-64-72 [in Russian].
9. Borisova T. A. (2018) Mapping the risks of wildfires in the Lake Baikal basin. *In materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, posvjashhennoj 30-letiju vysshego geografič-*

*eskogo obrazovanija i 60-letiju fundamental'noj geograficheskoj nauki v Burjatii [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 30th anniversary of higher geographical education and the 60th anniversary of fundamental geographical science in Buryatia]* (pp. 229-231). Ulan-Udje: Burjatskij gosudarstvennyj universitet [in Russian].

10. Roth R. E. & MacEachren A. M. (2016) Geovisual analytics and the science of interaction: an empirical interaction study. *Cartography and Geographic Information Science*, 43(1), 30–54, DOI 10.1080/15230406.2015.1021714.

11. Yang Y., Dwyer T., Goodwin S. & Marriott K. (2017) Many-to-many geographically-embedded flow visualisation: an evaluation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(1), 411–420, DOI 10.1109/TVCG.2016.2598885.

12. Tikunov V. S., Panin A. N. & Gajdukov V. R. (2023) Atlas information system for the formation of integral indices of socio-economic development of territories. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5: Geografija [Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography]*, 78(4), 66-74, DOI 10.55959/MSU0579-9414.5.78.4.6 [in Russian].

13. Kuznecova T. I. (2022) Constructive methodology for mapping the spatial-functional organization of geosystems. *Geodezija i kartografija [Geodesy and cartography]*, 83(7), 2-13, DOI 10.22389/0016-7126-2022-985-7-2-13 [in Russian].

14. Dmitrieva M. V. (2020) Comprehensive assessment and mapping of the geocological situation in the Astrakhan region. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geodezija i ajerofotosemka [News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography]*, 64(6), 725-730, DOI 10.30533/0536-101X-2020-64-6-725-730 [in Russian].

15. Kurepina N. Ju. (2023) Cartographic assessment of anthropogenic sources of water pollution in the Altai Republic. *Interjekspos Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]*, 1(2), 159-167, DOI 10.33764/2618-981X-2023-1-2-159-167 [in Russian].

16. Methods of data classification. ArcGis Pro. Retrieved from <https://pro.arcgis.com/ru/proapp/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>. [in Russian].

17. Krasnojaroва B. A., Nazarenko A. E., Plutalova T. G., Sharabarina S. N. & Baryshnikov S. G. (2024) Vulnerability assessment of agrarian-oriented natural-economic systems. *Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Nauki o Zemle [Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences]*, 49, 72–87, DOI: 10.26516/2073-3402.2024.49.72 [in Russian].

### Об авторах

*Бэлла Александровна Красноярова* – доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник.

*Антон Евгеньевич Назаренко* – кандидат географических наук, младший научный сотрудник.

*Татьяна Геннадьевна Плуталова* – кандидат географических наук, научный сотрудник.

*Софья Николаевна Шарабарина* – кандидат географических наук, научный сотрудник.

### Author details

*Bella A. Krasnoyarova* – D. Sc., Professor, Chief Researcher.

*Anton E. Nazarenko* – Ph. D., Junior Researcher.

*Tatyana G. Plutalova* – Ph. D., Researcher.

*Sofya N. Sharabarina* – Ph. D., Researcher.

Получено / Received 02.04.2025

Поступила после рецензирования / Revised 24.04.2025

Принята к публикации / Accepted 15.05.2025