



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.3.7>

UDC 91

LBC 26.17

GEOINFORMATION MAPPING OF URBANIZED TERRITORIES USING REMOTE SENSING DATA (ON THE EXAMPLE OF VOLGOGRAD)

Asel' N. Berdengalieva

Federal Scientific Centre of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

Ruslan N. Berdengaliev

City Information Center, Volgograd, Russian Federation;
Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article examines the dynamics of land cover change in the territory of Volgograd city within the administrative districts from 2017 to 2021. The research objective is to analyze the changes in urban development areas of Volgograd over a five-year period using remote sensing data and geoinformation technologies. The data sources used are global land use maps provided by ESRI, based on the automatic classification of Sentinel-2 satellite imagery with a spatial resolution of 10 m/pixel. The creation and analysis of electronic maps were performed using QGIS 3 software. As a result of the conducted research, the areas of major land cover types were obtained, and their dynamics were studied, identifying areas of new urban development. The three most developed districts are Central, Voroshilovsky, and Krasnooktyabrsky. The built-up area has increased by 325 hectares from 2017 to 2021, with the majority of this increase occurring in the Soviet district of the city. The growth of built-up areas mostly happens at the expense of vacant lots and abandoned arable land. From 2012 to 2021, the population of Volgograd was decreasing by an average of 2,500 people per year. However, the construction of new residential complexes has not ceased. In 2022, the population sharply increased to a record level for the past decade, which may intensify new construction. The city's forested areas are decreasing, which is characteristic of all administrative districts. According to ESRI data, in 2021, the average forest coverage was 5.3% with a forest area of 4.6 thousand hectares, while in 2017, the average forest coverage was 5.6%. The highest forest coverage is observed in the Kirovsky district, at 16.4%. Sarpa Island, which was included within the administrative boundaries of the district in 2008, also has a high forest coverage of 30.8%.

Key words: urban development, Volgograd, remote sensing data, geoinformation technologies, land cover.

Citation. Berdengalieva A.N., Berdengaliev R.N. Geoinformation Mapping of Urbanized Territories Using Remote Sensing Data (On the Example of Volgograd). *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 49-57. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.3.7>

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ г. ВОЛГОГРАДА)****Асель Нурлановна Берденгалиева**Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград, Российская Федерация**Руслан Нурланович Берденгалиев**Городской информационный центр, г. Волгоград, Российская Федерация;
Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается динамика изменения типов земного покрова на территории г. Волгограда в границах административных районов за 2017–2021 годы. Цель исследования – проанализировать изменения площадей городской застройки Волгограда за пятилетний период по данным дистанционного зондирования с применением геоинформационных технологий. Источниками данных послужили глобальные карты землепользования компании ESRI, основанные на автоматической классификации спектрально-зональных спутниковых снимков Sentinel-2 пространственного разрешения 10 м/пикс. Создание электронных карт и их анализ выполнены в программе QGIS 3. В результате проведенного исследования получены площади основных типов земного покрова, а также изучена их динамика, определены участки новой городской застройки. Наиболее застроенными являются Центральный, Ворошиловский и Краснооктябрьский районы. Площадь застройки за 2017–2021 гг. увеличилась на 325 га, большая часть из которых приходится на Советский район города. Прирост застроенных площадей в большинстве случаев происходит за счет пустырей и заброшенной пашни. В 2012–2021 гг. отмечалось снижение численности населения Волгограда в среднем на 2,5 тыс. человек в год. Несмотря на это, строительство новых жилых комплексов не прекращалось. В 2022 г. численность населения резко выросла до рекордной за последнее десятилетие величины, что может интенсифицировать новую застройку. В городе сокращается площадь лесных насаждений, это характерно для всех административных районов. Согласно данным ESRI, в 2021 г. средняя лесистость составила 5,3 % площадью лесного покрова 4,6 тыс. га, а в 2017 г. средняя лесистость была 5,6 %. В Кировском районе наблюдается наибольшая лесистость – 16,4 %. Остров Сарпинский, включенный в административные границы района в 2008 г., также имеет высокую лесистость – 30,8 %.

Ключевые слова: городская застройка, Волгоград, данные дистанционного зондирования, геоинформационные технологии, земной покров.

Цитирование. Берденгалиева А. Н., Берденгалиев Р. Н. Геоинформационное картографирование урбанизированных территорий с использованием данных дистанционного зондирования (на примере г. Волгограда) // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 49–57. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.3.7>

Изучение роста городов с применением геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования является важным направлением исследований, позволяющим получить детальное представление о процессах урбанизации и их влиянии на окружающую среду [5]. Геоинформационные технологии, такие как географические информационные системы (ГИС), обеспечивают возможность интеграции, анализа и визуализации

пространственных данных, включая данные о городской среде и изменениях, происходящих в ней [8; 11].

Дистанционное зондирование, основанное на сборе данных с помощью спутников и других дистанционных средств, предоставляет ценную информацию о городском росте. Спутниковые изображения высокого разрешения позволяют получать подробные карты городских территорий, определять изменения в ис-

пользовании земли, выявлять новые застройки и инфраструктуру, а также анализировать динамику роста городов на различных временных масштабах [4].

Использование геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования позволяет проводить комплексный анализ городского роста. Это включает оценку изменений в плотности застройки, распределении населения, использовании земельных ресурсов, состоянии экосистем и инфраструктурных систем. Анализ таких данных позволяет выявить тенденции развития городов, прогнозировать потребности в инфраструктуре и ресурсах, а также разрабатывать стратегии устойчивого развития [11].

Кроме того, геоинформационные технологии и данные дистанционного зондирования позволяют оценивать воздействие городского роста на окружающую среду. Это включает анализ изменений в качестве воздуха, загрязнении почвы и водных ресурсов, потерях биоразнообразия и изменениях климатических условий [7; 13]. Такой анализ помогает разрабатывать меры по управлению и снижению негативного влияния городской среды на окружающую природу.

Цель исследования – проанализировать изменения площадей городской застройки Волгограда за пятилетний период по данным дистанционного зондирования с применением геоинформационных технологий.

Объект, материалы и методика исследований

В качестве объекта исследования выбран Волгоград, расположенный в сухостепной зоне. Город растянулся вдоль правого берега Волги. Семь из восьми административных районов города выходят к реке. Самый большой по площади Советский район растянут от р. Волга в субширотном направлении на запад до Варваровского и Бересловского водохранилищ. Площадь территории исследования составляет 85,9 тыс. га. Административные границы города периодически расширяются за счет включения близлежащих населенных пунктов [6]. Также к Кировскому району города в 2008 г. был присоединен крупнейший волжский остров Сарпинский [13].

Источниками данных послужили глобальные карты землепользования ESRI Land Cover, которые доступны с 2017 по 2021 год. Набор данных основан на автоматической классификации типов земного покрова по европейским спутниковым снимкам Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 метров. Данные на каждый год генерируются с помощью модели классификации земель на основе методов искусственного интеллекта (AI) с глубоким обучением, разработанных компанией Impact Observatory [18]. Для обучения этих алгоритмов использовался миллиард пикселей изображений, размеченных человеком, полученных от Национального географического общества США. Данный информационный продукт имеет 11 типов земного покрова, из которых на территории исследования отмечается 7 классов: застройка, водные объекты, лес, открытые почвы и грунты, пашни, водно-болотные угодья и пастбища. Класс пастбища (Rangeland) – открытые участки земли с однородной не высокой растительностью, на территории города к этому типу могут быть отнесены различные пустыри.

При исследовании изменения использовали современные геоинформационные программы QGIS и Google Earth Pro. В программе Google Earth Pro используются снимки сверхвысокого пространственного разрешения и есть возможность выбора даты снимка. В геоинформационной системе QGIS выполнена загрузка данных, их обрезка по границам исследования. С помощью инструмента «Зональная гистограмма» определено количества пикселей и выполнен расчет площадей каждого типа земного района в границах муниципальных образований. Составлены электронные карты типов земного покрова на территорию г. Волгограда на 2017 и 2021 гг. Также проведен анализ динамики численности населения города с использованием официальных статистических данных. Анализ полученных данных выполнен в программе MS Office Excel.

Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования выявлено, что во всех районах во всех периодах в процентном соотношении доминируют

застройка или пастбища (пустыри) (рис. 1). Наиболее застроенными являются Центральный, Ворошиловский и Краснооктябрьский районы. В меньшей степени застроены южные районы города: Советский, Кировский и Красноармейский. Данное распределение подтверждается результатами других исследований [2].

Средняя лесистость на территории г. Волгограда по данным ESRI составила 5,3 % на 2021 г., а площадь лесного покрова составила 4596,5 га. На 2017 г. лесистость составляла 5,6 %, таким образом наблюдается сокращение площадей лесных насаждений в границах города. Максимальное значение лесистости отмечается в Кировском районе: лесные насаждения занимают здесь 16,4 %. На повышение облесенности района повлияло добавление в 2008 г. в административные границы Кировского района о. Сарпинский, где преобладают пойменные ландшафты [12; 13; 15]. Лесистость о. Сарпинского в 2021 г. составила 30,8 % с площадью древесно-кустарниковых насаждений 3,4 тыс. га, что на 47 га меньше, чем в 2017 году. Лесистость Кировского района на 2021 г. без территории Сарпинского составляет 1,13 % при площади на-

саждений 100,7 га. В 2017 г. площадь лесного покрова в Кировском районе была 187 га. В относительном выражении наиболее сильно площадь древесных насаждений за период исследований уменьшилась в Дзержинском районе (около 57 %), а также Ворошиловском, Тракторозаводском и Центральном (в среднем на 32 %).

В исследовании по классификации древесно-кустарниковой растительности, выполненном А.Ш. Хужахметовой с соавторами [17] средняя лесистость г. Волгограда составила 17,06 %, что на 11,71 % больше, чем по набору данных ESRI Land Cover. Для получения границ древесно-кустарниковых насаждений на территории г. Волгограда использовали авторы автоматизированное определение вегетационного индекса NDVI в программе EO browser на портале Sentinel Hub по спутниковым данным Sentinel-2 за 2017–2022 годы. Такая существенная разница с полученными площадями леса согласно информационному продукту ESRI Land Cover может быть вызвана как ошибками (недоучет лесопокрытой площади в условиях городской застройки), так и отнесением к древесно-кустарниковым насаждениям газонов, поливаемой пашни, высе-

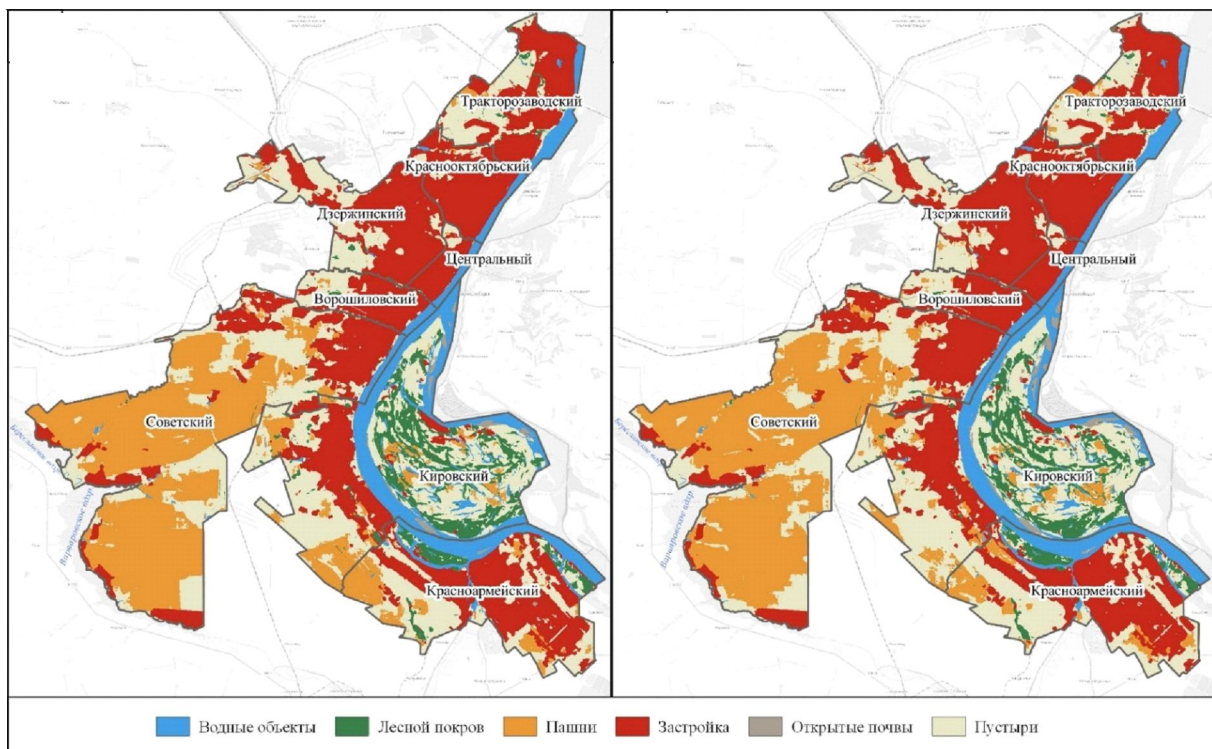


Рис. 1. Распределение территории Волгограда по типам земного покрова

кой околородной растительности, садов и огородов по данным NDVI, что приводит к повышению лесистости.

Застроенная территория за последние пять лет увеличилась на 325 га (рис. 2). Больше всего площадь застройки увеличилась в Советском районе, площадь новых участков застройки – 248 га, что составляет 76 % от всей новой площади. В Краснооктябрьском и Кировском районах городская застройка увеличилась на 32 га в каждом районе, в Ворошиловском районе на 17 га. В целом площадь застройки по городу увеличилась на 1,2 %. Минимальные относительные изменения застроенной площади характерны для Дзержинского и Тракторозаводского районов (0,1–0,2 %), максимальные – для Советского (4,8 %), в котором идет строительство нескольких жилых комплексов.

В программе Google Earth Pro проанализированы изменения на территории Советского района. На рисунке 3 представлен пример масштабной застройки жилого комплек-

са «Родниковая долина» в Советском районе. На снимке 2014 года заметны сгоревшие древесно-кустарниковые насаждения, в том числе и часть государственной защитной лесной полосы «Волгоград-Элиста-Черкесск» (рис. 3, б), в 2020 г. уже идет застройка на территории пустырей (рис. 3, в, г). Указанная гослесополоса находится в неудовлетворительном состоянии и регулярно подвергается воздействию ландшафтных пожаров [3; 9]. Достижение предельного возраста, неблагоприятное воздействие засух, повреждение вредителями и пожарами приводят к снижению площадей лесных насаждений. Большая часть (около 80 %) новой застройки появилась на месте пустырей, и только менее 3 % вновь застроенной площади приходится на уничтоженные лесные насаждения.

В Волгоградской области отмечается уменьшение населения, особенно сельского [1; 16]. Согласно Базе данных муниципальных образований сельское население в ре-

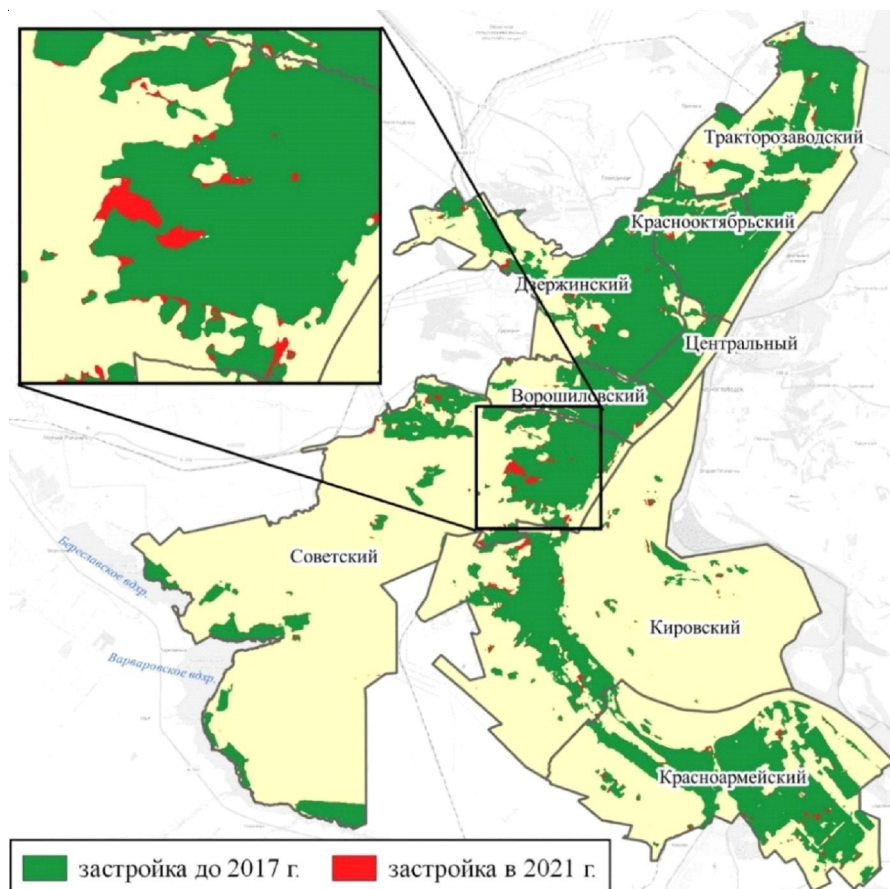


Рис. 2. Сравнение площадей городской застройки по данным ESRI в 2017 и 2021 гг.

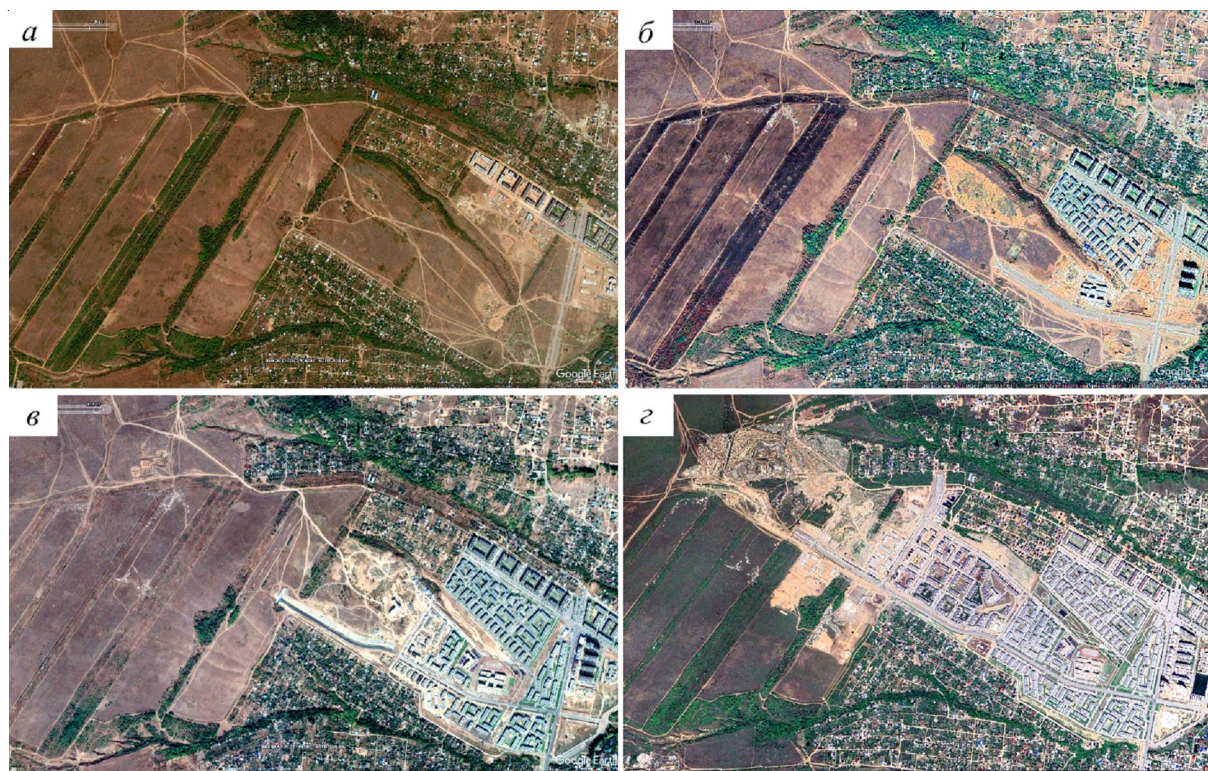


Рис. 3. Фрагменты спутниковых снимков из программы Google Earth Pro:

a – 04.09.2014; *б* – 03.10.2017; *в* – 22.09.2020; *г* – 04.05.2023

гионе сокращается в среднем на 6,5 тыс. человек в год, а городское – 3,5 тыс. в год [10]. Численность населения Волгограда с 2017 по 2021 г. снижалась в среднем на 2,5 тыс. человек. Только в 2022 г. в городе прибавилось около 25 тыс. человек, предположительно за счет миграции. Таким образом, на конец 2022 г. в городе Волгограде наблюдается максимальная численность населения за последнее десятилетие – 1025,7 тыс. человек. Тенденции роста площадей жилой застройки, сохранявшиеся даже при снижении количестве жителей города, могут интенсифицироваться как из-за усиливающейся урбанизации, так и миграционного притока населения [14].

Заключение

В результате проведенного исследования определены изменения земного покрова города Волгограда, что дало возможность получить актуальные сведения о структуре земель в 2017–2021 годах. Установлен рост застроенных площадей, преимущественно за

счет застройки пустырей в Советском районе города. Также отмечен рост площадей открытых почв и грунтов, что может быть связано с расчисткой новых строительных площадок и значительными площадями, на которые свозится грунт из котлованов возводимых построек. Площади лесов и пашни в городе снижаются. Рост площадей городской застройки сохранялся в условиях снижения численности населения Волгограда. В 2022 г. предположительно из-за миграционного притока численность населения города достигла рекордной за последнее десятилетие величины, что может привести к интенсификации строительства.

Таким образом, применение геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования позволяет получать более полное и точное представление о процессах городского роста и их воздействии на окружающую среду. Это является важным инструментом для планирования устойчивого развития городов и принятия эффективных мер по охране окружающей среды и городскому планированию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аляев, В. А. Сельское расселение как основа устойчивого развития Волгоградской области / В. А. Аляев, М. В. Аляев // Грани познания. – 2013. – № 3 (23). – С. 58–69.
2. Анализ влияния запечатанности почвенного покрова и озеленения на поле температур Волгоградской агломерации по данным MODIS / С. С. Шинкаренко [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2020. – Т. 17, № 5. – С. 125–141. – DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-125-141
3. Выприцкий, А. А. Анализ влияния почвенно-климатических условий на сохранность государственных защитных лесных полос на основе данных Sentinel-2 / А. А. Выприцкий, С. С. Шинкаренко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19, № 5. – С. 147–163. – DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-147-163
4. Дорошенко, В. В. Функциональное зонирование территории промышленного предприятия дистанционными методами геоинформатики / В. В. Дорошенко // Грани познания. – 2020. – № 6 (71). – С. 25–30.
5. Епринцев, С. А. Геоинформационное картографирование урбанизированных территорий как механизм пространственной оценки социально-экологических факторов / С. А. Епринцев, С. В. Шекоян // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2019. – Т. 5 (15), № 3. – С. 109–115.
6. Зарбалиева, Н. О. Генеральный план г. Волгограда: территориальный анализ современных тенденций экономического развития города // Природные системы и ресурсы. – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 34–43. – DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2019.2.5
7. Матвеев, Ш. Геоинформационный анализ основных источников климатической информации на территорию Волгоградской области / Ш. Матвеев // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 81–85. – DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.012.81-85
8. Мелихова, А. В. Основы генерализации данных при проектировании разных уровней детализации в ГИС / А. В. Мелихова // Грани познания. – 2022. – № 3 (80). – С. 93–96.
9. Мониторинг ландшафтных пожаров в Волгоградской области по данным очагов активного горения / С. С. Шинкаренко [и др.] // Природные системы и ресурсы. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 59–66. – DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2018.3.7
10. Муниципальная статистика. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: https://volgastat.gks.ru/municipal_statistics. – Загл. с экрана.
11. Подходы к созданию геоинформационных моделей городских территорий для учета экологи-

- ческой составляющей при ведении единого государственного реестра недвижимости / Л. К. Трубина [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329, № 9. – С. 43–51. – DOI: 10.18799/24131830/2018/9/2087
12. Рулев, А. С. Оценка влияния гидрологического режима Волги на динамику затопления острова Сарпинский / А. С. Рулев, С. С. Шинкаренко, О. Ю. Кошелева // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2017. – Т. 159, № 1. – С. 139–151.
13. Суточная и сезонная динамика температуры поверхности города Волгограда / О. Ю. Кошелева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2021. – № 1. – С. 14–24. – DOI: 10.17308/geo.2021.1/3252
14. Фесенко, В. В. Анализ реализации основных целей стратегии социально-экономического развития Волгоградской области до 2025 г. / В. В. Фесенко, Н. А. Кукушкина // Грани познания. – 2023. – № 1 (84). – С. 85–91.
15. Формы рекреационного природопользования на территории Волго-Ахтубинской поймы / Д. А. Солодовников [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11, Естественные науки. – 2013. – № 2 (6). – С. 53–61. – DOI: 10.15688/jvolsu11.2013.2.7
16. Хаванская, Н. М. Картографические методы исследования системы сельского расселения Волгоградской области / Н. М. Хаванская, В. А. Аляев, Д. А. Семенова // Природные системы и ресурсы. – 2019. – Т. 9, № 4. – С. 64–71. – DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2019.4.7
17. Хужахметова, А. Ш. Оценка пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений города Волгограда по данным мультиспектральных космических снимков / А. Ш. Хужахметова, В. П. Воронина, С. Е. Лазарев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 3 (67). – С. 218–232. – DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-26
18. Global Land Use/Land Cover with Sentinel-2 and Deep Learning / K. Karra [et al.] // 2021 IEEE Intern. Geoscience and Remote Sensing Symp. (IGARSS). – 2021. – P. 4704–4707. – DOI: 10.1109/IGARSS47720.2021.9553499

REFERENCES

1. Alyaev V.A., Alyaev M.V. Selskoe rasselenie kak osnova ustoychivogo razvitiya Volgogradskoy oblasti [Rural Settlement as a Basis for Sustainable Development of the Volgograd Region]. *Grani*

poznaniya [Facets of Knowledge], 2013, no. 3 (23), pp. 58-69.

2. Shinkarenko S.S., Kosheleva O.Yu., Gordienko O.A. et al. Analiz vlianiia zapечатannosti pochvennogo pokrova i ozeleneniia na pole temperatur Volgogradskoi aglomeratsii po dannym MODIS [Analysis of the Influence of Soil Cover Sealing and Landscaping on the Temperature Field of the Volgograd Agglomeration According to MODIS Data]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2020, vol. 17, no. 5, pp. 125-141. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-125-141

3. Vypritskii A.A., Shinkarenko S.S. Analiz vlianiia pochvenno-klimaticheskikh uslovii na sokhrannost gosudarstvennykh zashchitnykh lesnykh polos na osnove dannyykh Sentinel-2 [Analysis of the Influence of Soil and Climatic Conditions on the Preservation of State Protected Forest Strips Based on Sentinel-2 Data]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2022, vol. 19, no. 5, pp. 147-163. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-147-163

4. Doroshenko V.V. Funktsionalnoe zonirovaniye territorii promyshlennogo predpriiatiia distantsionnymi metodami geoinformatiki [Functional Zoning of the Territory of an Industrial Enterprise by Remote Geoinformatics Methods]. *Grani poznaniia* [Facets of Knowledge], 2020, no. 6 (71), pp. 25-30.

5. Eprintsev S.A., Shekoian S.V. Geoinformatsionnoe kartografirovaniye urbanizirovannykh territorii kak mekhanizm prostranstvennoi otsenki sotsialno-ekologicheskikh faktorov [Geoinformation Mapping of Urbanized Territories as a Mechanism for Spatial Assessment of Socio-Ecological Factors]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions], 2019, vol. 5 (15), no. 3, pp. 109-115.

6. Zarbalieva N.O. Generalnyi plan g. Volgograda: territorialnyi analiz sovremennykh tendentsii ekonomicheskogo razvitiia goroda [General Plan of Volgograd: Territorial Analysis of Modern Trends in the Economic Development of the City]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2019, vol. 9, no. 2, pp. 34-43. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2019.2.5

7. Matveev Sh. Geoinformatsionnyi analiz osnovnykh istochnikov klimaticheskoi informatsii na territorii Volgogradskoi oblasti [Geoinformation Analysis of the Main Sources of Climate Information on the Territory of the Volgograd Region]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2022, no. 3 (118), pp. 81-85. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.012.81-85

8. Melikhova A.V. Osnovy generalizatsii dannyykh pri proektirovani raznykh urovnei detalizatsii v GIS [Fundamentals of Data Generalization in the Design of Different Levels of Detail in GIS]. *Grani poznaniia* [Facets of Knowledge], 2022, no. 3 (80), pp. 93-96.

9. Shinkarenko S.S. et al. Monitoring landshaftnykh pozharov v Volgogradskoy oblasti po dannym ochagov aktivnogo goreniiya [Landscape Fires Monitoring in Volgograd Region According to Active Fire Data]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2018, vol. 8, no. 3, pp. 59-66. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2018.3.7

10. *Munitsipalnaya statistika* [Municipal Statistics]. URL: https://volgastat.gks.ru/municipal_statistics

11. Trubina L.K., Avrunev E.I., Nikolaeva O.N. et al. Podkhody k sozdaniyu geoinformatsionnykh modelei gorodskikh territorii dlia ucheta ekologicheskoi sostavliaiushchei pri vedenii edinogo gosudarstvennogo reestra nedvizhimosti [Approaches to the Creation of Geoinformation Models of Urban Areas to Take into Account the Environmental Component When Maintaining the Unified State Register of Real Estate]. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource Engineering], 2018, vol. 329, no. 9, pp. 43-51. DOI: 10.1109/IGARSS47720.2021.9553499

12. Rulev A.S., Shinkarenko S.S., Kosheleva O.Yu. Otsenka vlianiia gidrologicheskogo rezhima Volgi na dinamiku zatopleniia ostrova Sarpinskii [Assessment of the Influence of the Hydrological Regime of the Volga on the Dynamics of Flooding of Sarpinsky Island]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki* [Scientific Notes of Kazan University. Series: Natural Sciences], 2017, vol. 159, no. 1, pp. 139-151.

13. Kosheleva O.Yu., Shinkarenko S.S., Gordienko O.A. et al. Sutochnaya i sezonnaya dinamika temperatury poverhnosti goroda Volgograda [Daily and Seasonal Temperature Dynamics Surfaces of Volgograd City]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya* [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology], 2021, no. 1, pp. 14-24. DOI: 10.17308/geo.2021.1/3252

14. Fesenko V.V., Kukushkina N.A. Analiz realizatsii osnovnykh tselei strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia Volgogradskoi oblasti do 2025 g. [Analysis of the Implementation of the Main Objectives of the Strategy of Socio-Economic Development of the Volgograd Region Until 2025]. *Grani poznaniia* [Facets of Knowledge], 2023, no. 1 (84), pp. 85-91.

15. Solodovnikov D.A., Kanishchev S.N., Zolotarev D.V. et al. Formy rekreatsionnogo prirodopolzovaniia na territorii Volgo-Akhtubinskoj poimy [Forms of Recreational Nature Management on the Territory of the Volga-Akhtuba Floodplain]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11. Estestvennye nauki* [Science Journal of Volgograd State University. Natural Sciences], 2013, no. 2 (6), pp. 53-61. DOI: 10.15688/jvolsu11.2013.2.7

16. Khavanskaya N.M., Alyaev V.A., Semenova D.A. Kartograficheskie metody issledovaniya sistemy selskogo rasseleniya volgogradskoi oblasti [Cartographic Methods of the Research of the Rural Settlement System in Volgograd Region]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2019, vol. 9, no. 4, pp. 64-71. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2019.4.7

17. Khuzhakhmetova A.Sh., Voronina, V.P. Lazarev S.E. Otsenka prostranstvennoi struktury drevesno-kustarnikovykh nasazhdenii goroda Volgograda po dannym multispektralnykh kosmicheskikh snimkov [Assessment of Spatial Structure of Tree and Shrub Plantations of the City of Volgograd According to Multispectral Satellite Images]. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Izvestiia of the Lower Volga Agro-University Complex. Science and Higher Professional Education], 2022, no. 3 (67), pp. 218-232. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-26

18. Karra K., Kontgis C., Statman-Weil Z. et al. Global Land Use/Land Cover with Sentinel-2 and Deep Learning. *2021 IEEE Intern. Geoscience and Remote Sensing Symp. (IGARSS)*, 2021, pp. 4704-4707. DOI: 10.1109/IGARSS47720.2021.9553499

Information About the Authors

Asel' N. Berdengaliev, Junior Researcher, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Centre of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, berdengaliev-an@vfanc.ru

Ruslan N. Berdengaliev, Map Service Engineer, City Information Center, Bobruiskaya St, 7, 400074 Volgograd, Russian Federation; Master's Student, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, kgb-191_282459@volsu.ru

Информация об авторах

Асель Нурлановна Берденгалиева, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, berdengaliev-an@vfanc.ru

Руслан Нурланович Берденгалиев, инженер картографической службы, Городской информационный центр, ул. Бобруйская, 7, 400074 г. Волгоград, Российская Федерация; магистрант кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, kgb-191_282459@volsu.ru