



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.8>

UDC 528.873

LBC 26.8

GEOINFORMATION ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE AREAS OF DESERTIFICATION HOTBEDS IN THE EASTERN PART OF THE STAVROPOL REGION¹

Valeria V. Doroshenko

Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

Abstract. This article presents the results of the analysis of the spatial spread of desertification processes dynamics in four eastern municipalities of the Stavropol region – Levokumsky, Stepnovsky, Kursky districts, Neftekumsky city district. The increase in the rate of growth of desolate areas in the eastern part of the Stavropol region, bordering the Republic of Dagestan, requires careful study and forecasting due to the increasing intensity of these processes. Visual interpretation of high-resolution remote sensing materials for the territory of the eastern municipal districts of the Stavropol region was carried out. Sentinel satellite raster data with a resolution of 10 m and Landsat with a resolution of 30 m were used for decryption. The study period was 30 years (1990–2020) with decoding intervals of 10 years. The data obtained were analyzed to receive quantitative data on desertification processes in the east of the Stavropol region. Statistical data, including the calculation of the dynamics of desertification processes, calculated using vector decryption materials and geoinformation systems, are presented. No hotbeds of desertification have been identified in most of the study area. The main share of desertification hotbeds is concentrated in the south-eastern part of the research area. The decrease in the area of deserted areas was noted mainly in the Kursk and Stepnovsky districts. In the Levokumsky district in 2020, an explosive increase in the areas of desertification hotbeds and territories occupied by sand was revealed compared to 2010. Based on the results of decoding, schemes of the spatial location of desertification hotbeds and the dynamics of the spread of desertification processes were compiled. The data obtained will form the basis for further study of the dynamics of desertification processes and factors affecting it using remote and geoinformation methods.

Key words: desertification, remote sensing, GIS, geoinformation analysis, Stavropol region.

Citation. Doroshenko V.V. Geoinformation Analysis of the Dynamics of the Areas of Desertification Hotbeds in the Eastern Part of the Stavropol Region. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 59-66. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.8>

УДК 528.873

ББК 26.8

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПЛОЩАДЕЙ ОЧАГОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ¹

Валерия Витальевна Дорошенко

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В настоящей статье приводятся результаты анализа динамики пространственного распространения процессов опустынивания в четырех восточных муниципальных образованиях Ставропольского края – Левокумский, Степновский, Курский районы, Невтекумский городской округ. Увеличение скорости прироста опустыненных площадей в восточной части Ставропольского края, граничащей с Республикой Дагестан, требует тщательного изучения и прогнозирования в связи с возрастанием интенсивности этих процессов. Проведено визуальное экспертное дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли высокого разрешения для территории восточных муниципальных районов Ставропольского края. Для дешифрирования использовались спутниковые растровые данные Sentinel разрешения 10 м и Landsat разрешения 30 м. Период исследования составлял 30 лет (1990–2020) с интервалами дешифрирования 10 лет. Полученные данные были проанализированы

для получения количественных данных о процессах опустынивания на востоке Ставропольского края. Приведены статистические данные, в том числе, вычисление динамики процессов опустынивания, рассчитанные с использованием векторных материалов дешифрирования и геоинформационных систем. На большей части территории исследования очаги опустынивания не выявлены. Основная доля очагов опустынивания сосредоточена в юго-восточной части района исследований. Снижение площадей опустыненных участков отмечено, в основном, в Курском и Степновском районах. В Левокумском районе в 2020 г. выявлен взрывной рост площадей очагов опустынивания и территорий, занятых песками, по сравнению с 2010 годом. По результатам дешифрирования составлены карты-схемы пространственного расположения очагов опустынивания и динамики распространения процессов опустынивания. Полученные данные станут основой дальнейшего изучения динамики процессов опустынивания и влияющих на нее факторов с использованием дистанционных и геоинформационных методов.

Ключевые слова: опустынивание, дистанционное зондирование, ГИС, геоинформационный анализ, Ставропольский край.

Цитирование. Дорошенко В. В. Геоинформационный анализ динамики площадей очагов опустынивания в восточной части Ставропольского края // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 59–66. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.8>

Введение

В последнее десятилетие наблюдается возрастание интенсивности процессов опустынивания в восточной части Ставропольского края. Основными причинами увеличения скорости пространственного распространения песков и увеличения площади опустыненных территорий могут являться климатические особенности территории исследования, деградация защитных лесных насаждений и интенсивное протекание этих процессов на сопредельных территориях, в том числе, в северной и западной части Республики Дагестан [2; 3; 5; 12].

Целью исследования было выявление динамики площадей очагов опустынивания и территорий, занятых песками, в восточных муниципальных районах Ставропольского края.

Для оценки динамики процессов опустынивания в восточных муниципальных районах Ставропольского края была поставлена задача – провести дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли высокого и сверхвысокого разрешения для выявления очагов опустынивания в ретроспективе, провести анализ полученных результатов с использованием геоинформационных и статистических методов.

Материалы и методы исследования

Поскольку предметом исследования были выбраны восточные районы Ставропольского края, граничащие с Республикой Дагестан; дешифрирование проводилось на территории Левокумского, Степновского, Курского муниципальных районов, Нефтекумского городского округа.

Исходя из требований к разрешению материалов дистанционного зондирования Земли для визуального дешифрирования, были выбраны мультиспектральные снимки, выполненные космическими аппаратами Sentinel и Landsat с пространственным разрешением 10 м и 30 м соответственно. Для дешифрирования подобрана комбинация спектральных каналов, представляющая изображение в естественных цветах. Комбинация «естественные цвета» обеспечивает высокую контрастность участков, покрытых растительностью, как травянистой, так и древесной, голых земель, участков, покрытых песками, и распаханых земель. Естественные цвета композитного изображения также позволяют проводить дешифрирование без использования спектральных расшифровок. Составлены композитные растры, включающие красный, зеленый и синий спектральные каналы. Для обеспечения максимальной контрастности все снимки были подобраны в соответствии с усредненными рамками вегетационного периода (с мая по сентябрь). В связи с постепенным течением процессов опустынивания и пространственным распространением очагов, для дешифрирования был выбран интервал в 10 лет, начиная с 1990 по 2020 год [11; 13].

Для обработки растровых материалов дистанционного зондирования, создания и редактирования тематических векторных материалов, геоинформационного анализа и составления итоговых картографических материалов использовалось свободно распространяемое геоинформационное программное обеспечение «QGIS 3.4». Обработка статистической информации проводилась в MS «Excel».

Дешифрирование проводилось визуальным методом с выявлением очагов опустынивания по прямым дешифровочным признакам – по яркому светлому цвету (от белого до желтого) в комбинации спектральных каналов, эквивалентной естественным цветам. Материалы Sentinel при соответствующей обработке и хорошем освещении позволяют различить дюны на территории крупных по площади очагов опустынивания в виде волнообразных вытянутых объектов, отличающихся более светлым тоном от окружающего песка, и отбрасываемой ими более темной тени аналогичной формы [8; 9].

Каждый выявленный очаг опустынивания был внесен в векторный shape-файл с присвоением уникального идентификационного номера, что позволяет анализировать динамику площади, местоположения и внутренней структуры каждого объекта. Обобщенные данные о площади и количестве очагов приведены в таблице.

Результаты и обсуждение

В результате дешифрирования материалов дистанционного зондирования было выявлено, что основная масса очагов опустынивания концентрируется в восточной части территории исследования. Наименее подвержен распространению очагов опустынивания Степновский муниципальный район, в основном, из-за своего пространственного расположения и конфигурации. Наиболее интенсивное распространение очагов опустынивания выявлено в Курском муниципальном районе и в Нефтекумском городском округе, но при этом на территории Курского муниципального района при большой площади распространения процессов опустынивания наблюдается малая общая площадь очагов опустынивания (от 1 до 9 км² в каждой ячейке регулярной сети).

По полученным в результате дешифрирования растровых материалов и геоинформационного картографирования векторным данным составлена карта-схема, на которой территория рассматриваемых муниципальных районов Ставропольского края разбита регулярной сетью на квадраты со стороной 5 км. Каждый квадрат окрашен или заполнен штриховкой в соответствии с общей площадью входящих в него очагов опустынивания – от 91 м² до 21 км² (см. рис. 1).

В результате последовательного дешифрирования материалов дистанционного зондиро-

вания с временным интервалом в 10 лет было выявлено, что ряд очагов опустынивания были укреплены защитными лесными насаждениями искусственного происхождения или возникновением растительности естественного происхождения и выведены из списка очагов.

Показатель средней площади очага, как и общая площадь очагов в рассматриваемых районах, резко увеличивается в период с 2010 по 2020 г. в связи с распространением больших по площади очагов опустынивания и развееваемых песков на территории Левокумского муниципального района. На территории Левокумского муниципального района было обнаружено взрывное увеличение занятых песками участков (до 2 751 922 км²) в указанное десятилетие. Характер распространения очагов опустынивания в этой области позволяет предположить, что данное явление связано не только с недостатком защитных лесных насаждений и интенсивной хозяйственной деятельностью, но и с интенсификацией процессов опустынивания на сопредельных территориях (в приграничных муниципальных районах Республики Дагестан), а также с распространением ландшафтных пожаров [1; 4; 6; 7; 10].

Процессы опустынивания на территории Курского и Степновского муниципальных районов характеризуются распространением множества небольших очагов опустынивания, что может быть обусловлено концентрацией на данной территории скотоводства. Такие очаги являются относительно стабильными и редко увеличиваются по площади, а также наиболее удобны для лесомелиоративного воздействия. Также на территории этих муниципальных районов находится основная часть территорий со снижающейся (до 92 %) площадью очагов опустынивания.

По полученным в процессе статистической обработки результатов картографирования составлена карта-схема динамики распространения очагов опустынивания, где территория восточных муниципальных районов Ставропольского края разбита регулярной сетью на квадраты со стороной 5 км. Ячейки регулярной сети заполнены штриховкой, отображающей изменение площадей очагов в процентном соотношении площади 2020 г. к площади года образования очагов в данном квадрате – от сокращения на 92 % до увеличения более чем на 2 млн % (см. рис. 2).

Количественные результаты дешифрирования

Показатель	1990 г.	2000 г.	2010 г.	2020 г.
Общая площадь (км ²)	168	180	186	767
Средняя площадь очага (м ²)	57 797	49 219	46 068	145 397
Количество очагов	2 908	3 659	4 051	5 280

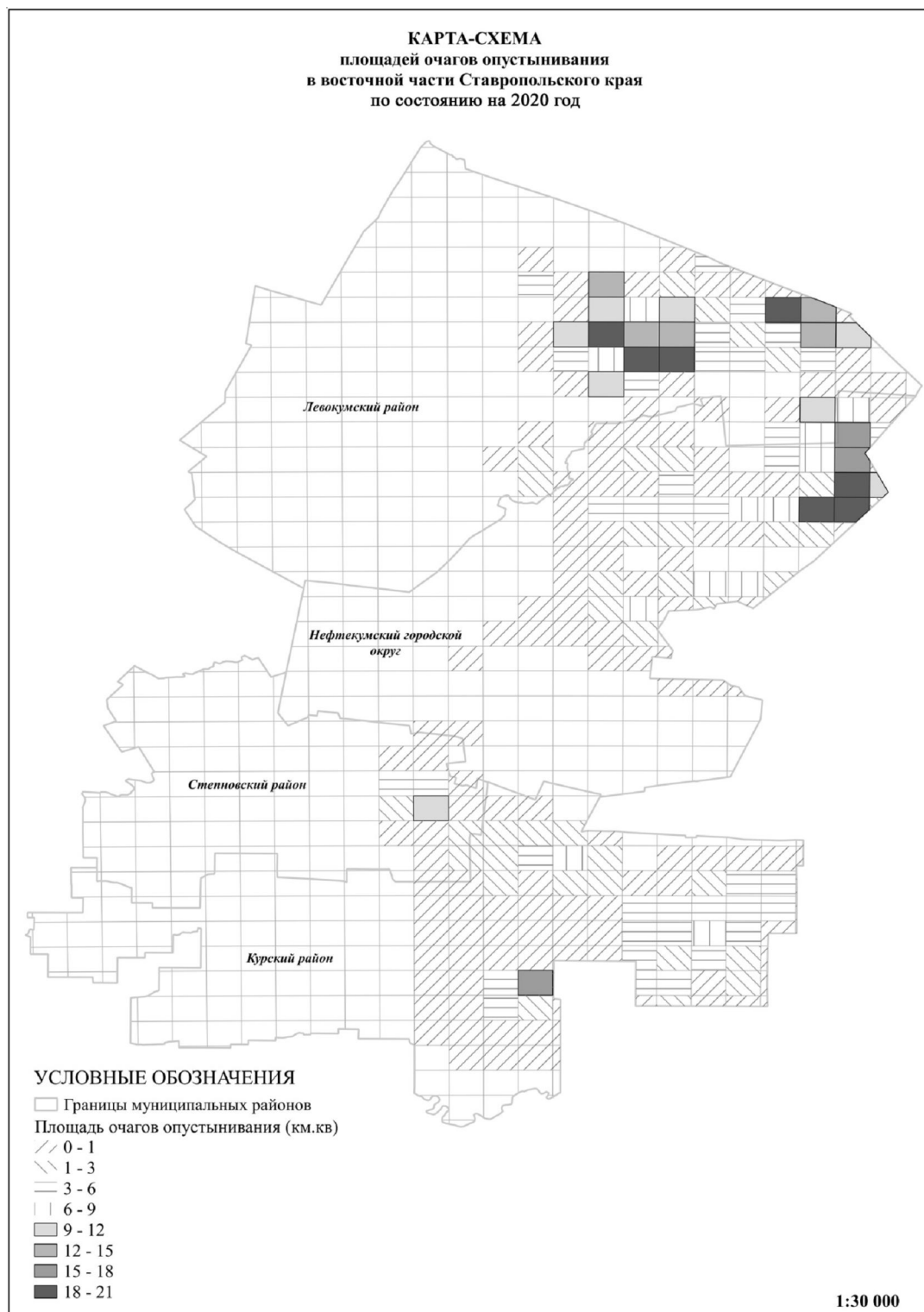


Рис. 1. Карта-схема пространственного распространения очагов опустынивания и их площадей

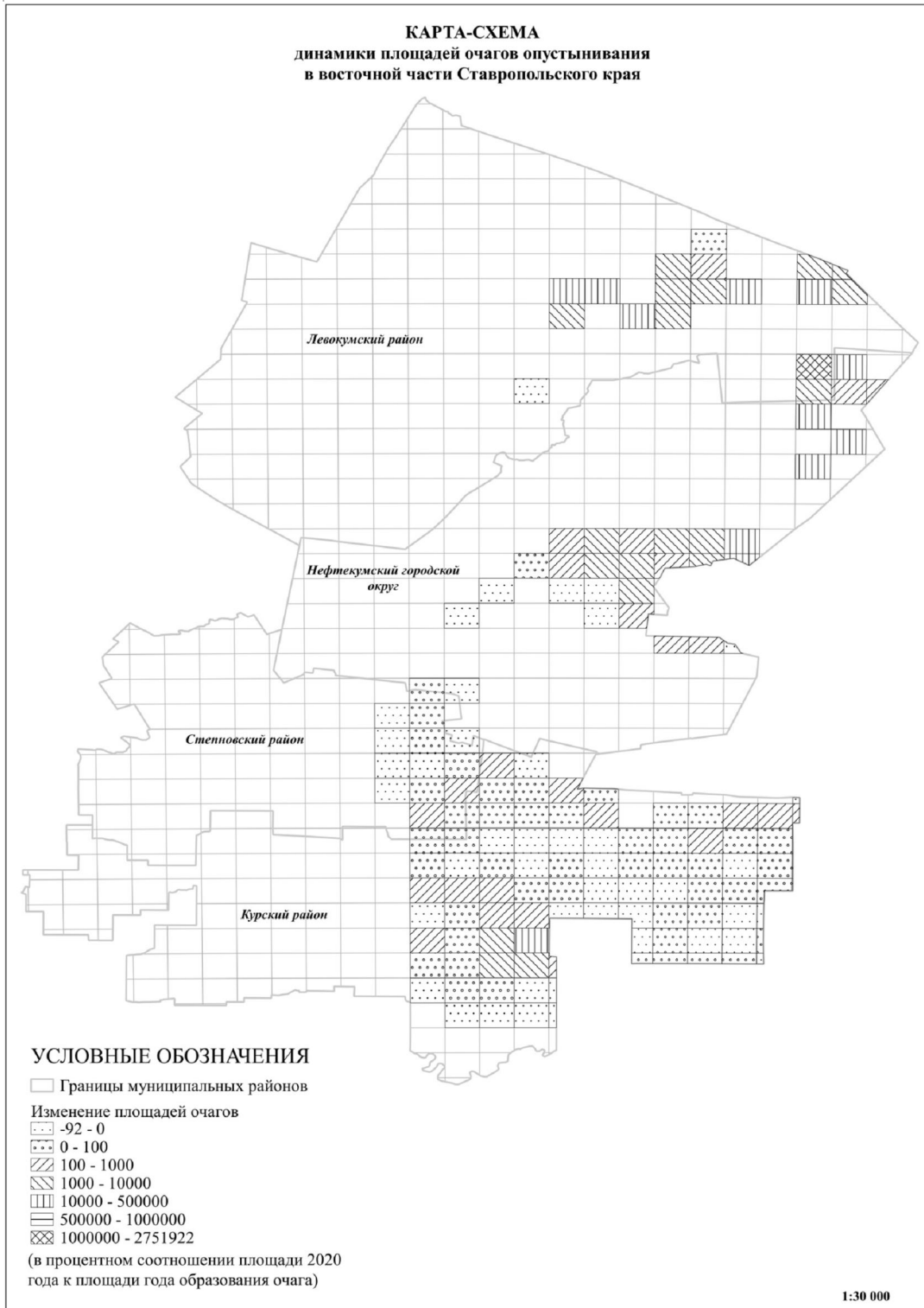


Рис. 2. Карта-схема изменения площадей очагов опустынивания

Заключение

Полученные материалы отображают реальную ситуацию, связанную с развитием процессов опустынивания в восточных районах Ставропольского края. Камеральное дешифрирование позволяет обрабатывать большие объемы данных в сжатые сроки и получать обновленную информацию как на каждый год, так и на каждый месяц для уточнения ретроспективных данных. Результаты дешифрирования позволяют определить наиболее уязвимые территории, прогнозировать распространение очагов опустынивания, а также планировать лесомелиоративные мероприятия, направленные на борьбу с данными процессами.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100311-3, НИР № 122020100405-9, НИР № 122020100406-6.

This work was carried out within the framework of the state task of research in the FSC of Agroecology RAS No. 122020100311-3, No. 122020100405-9 and No. 122020100406-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов, С. А. Анализ пространственного положения защитных лесных насаждений на основе геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли / С. А. Антонов // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 408–420.
2. Бадахова, Г. К. Ставропольский край: современные климатические условия / Г. К. Бадахова. – Ставрополь : ГУП СК «Краевые сети связи», 2007. – 272 с.
3. Геоинформационный анализ опустынивания северо-западного Прикаспия / К. Н. Кулик, В. И. Петров, В. Г. Юфеев, Н. А. Ткаченко, С. С. Шинкаренко // Аридные экосистемы. – 2020. – Т. 26, № 2 (83). – С. 16–24.
4. Динамика горимости аридных ландшафтов России и сопредельных территорий по данным детектирования активного горения / С. С. Шинкаренко, В. В. Дорошенко, А. Н. Берденгалиева, И. А. Комарова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18,

№ 1. – С. 149–164. – DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-1-149-164>

5. Кулик, К. Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов / К. Н. Кулик. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2004. – 248 с.

6. Лошаков, А. В. Мониторинг качественно-го состояния защитных лесных насаждений Ставропольского края / А. В. Лошаков, Н. Ю. Хасай // International agricultural journal. – 2020. – Т. 63, № 5. – С. 178–194.

7. Шинкаренко, С. С. Динамика площади гарей в зональных ландшафтах юго-востока европейской части России / С. С. Шинкаренко, В. В. Дорошенко, А. Н. Берденгалиева // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Т. 86, № 1. – С. 122–133. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S2587556622010113>

8. Шинкаренко, С. С. Мониторинг процессов опустынивания в северо-западном Прикаспии / С. С. Шинкаренко, С. А. Бартаев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : материалы 19-й Междунар. конф., г. Москва, 15–19 ноября 2021 г. – М. : Ин-т косм. исслед. РАН, 2021. – 394 с.

9. Шинкаренко, С. С. Оценка площади опустынивания на юге европейской части России в 2021 г. / С. С. Шинкаренко, С. А. Бартаев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18, № 4. – С. 291–297. – DOI: [10.21046/2070-7401-2021-18-4-291-297](https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-4-291-297)

10. Шинкаренко, С. С. Пожарный режим ландшафтов Северного Прикаспия по данным очагов активного горения / С. С. Шинкаренко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16, № 1. – С. 121–133. – DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-1-121-133>

11. Шинкаренко, С. С. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге европейской России / С. С. Шинкаренко // Проблемы устойчивого развития и эколого-экономической безопасности регионов : материалы XVI Междунар. науч. конф., г. Волжский, 26–26 нояб. 2021 года. – Волгоград : Сфера, 2022. – С. 187–189.

12. Combating desertification. Monitoring, adaptation and restoration strategies / D. Gabriels, W. M. Cornelis, M. Eyletters, P. Hollebosch. – UNESCO chair of Eremology, Ghent, Belgium, 2008. – P. 207.

13. 30 m Resolution Global Annual Burned Area Mapping Based on Landsat Images and Google Earth Engine / T. Long, Z. Zhang, G. He, W. Jiao [et al.] // Remote Sensing. – 2019. – № 11. – P. 489. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11050489>

REFERENCES

1. Antonov S.A. Analiz prostranstvennogo polozheniya zashchitnykh lesnykh nasazhdenij na osnove geoinformacionnykh tekhnologij i dannykh distancionnogo zondirovaniya Zemli [Analysis of the Spatial Position of Protective Forest Plantations Based on Geoinformation Technologies and Remote Sensing Data of the Earth]. *INTERCARTO. INTERGIS*, 2020, vol. 26, no. 2, pp. 408-420.
2. Badakhova G.K. *Stavropolskiy kray: sovremennyye klimaticheskiye usloviya* [Stavropol Krai: Modern Climatic Conditions]. Stavropol, GUP SK «Krayevyye seti svyazi», 2007. 272 p.
3. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Shinkarenko S.S. Geoinformacionnyj analiz opustynivaniya severo-zapadnogo Prikaspiya [Geoinformation Analysis of Desertification of the North-Western Caspian Sea]. *Aridnyye ekosistemy* [Arid Ecosystems], 2020, vol. 26, no. 2 (83), pp. 16-24.
4. Shinkarenko S.S., Doroshenko V.V., Berdengalieva A.N., Komarova I.A. Dinamika gorimosti aridnykh landshaftov Rossii i sopredelnykh territorii po dannym detektirovaniya aktivnogo goreniya [Dynamics of Arid Landscapes Burning in Russia and Adjacent Territories Based on Active Fire Data]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2021, vol. 18, no. 1, pp. 149-164. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-1-149-164>
5. Kulik K.N. *Agrolesomeliorativnoye kartografirovaniye i fitoekologicheskaya otsenka aridnykh landshaftov* [Agroforestry Mapping and Phytoecological Assessment of Arid Landscapes]. Volgograd, VNIALMI Publ., 2004. 248 p.
6. Loshakov A.V., Khasai N.Y. Monitoring kachestvennogo sostoyaniya zashchitnykh lesnykh nasazhdenij Stavropol'skogo kraya [Monitoring of the Qualitative State of Protective Forest Plantations of the Stavropol Region]. *International Agricultural Journal*, 2020, vol. 63, no. 5, p. 178-194.
7. Shinkarenko S.S., Doroshenko V.V., Berdengalieva A.N. Dinamika ploshchadi garei v zonalnykh landshaftakh iugo-vostoka evropeyskoi chasti Rossii [Burned Areas Dynamics in Zonal Landscapes of the South-East of the European Part of Russia]. *Izvestiia Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series], 2022, vol. 86, no. 1, pp. 122-133. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2587556622010113>
8. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Monitoring processov opustynivaniya v severo-zapadnom Prikaspii [Monitoring of Desertification Processes in the North-Western Caspian Region]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa: materialy 19-y Mezhdunar. konf., g. Moskva, 15-19 noyabrya 2021 g.* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space: Materials of the 19th International Conference]. Moscow, In-t kosm. issled. RAN, 2021. 394 p.
9. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Otsenka ploshchadi opustynivaniya na yuge evropeyskoi chasti Rossii v 2021 g. [Assessment of the Area of Desertification in the South of the European Part of Russia in 2021]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2021, vol. 18, no. 4, pp. 291-297. DOI: [10.21046/2070-7401-2021-18-4-291-297](https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-4-291-297)
10. Shinkarenko S.S. Pozharnyi rezhim landshaftov Severnogo Prikaspiya po dannym ochagov aktivnogo goreniya [Fire Regime of North Caspian Landscapes According to the Data of Active Burning Centers]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2019, vol. 16, no. 1, pp. 121-133. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-1-121-133>
11. Shinkarenko S.S. Sputnikovyy monitoring processov opustynivaniya na yuge evropeyskoi chasti Rossii [Satellite Monitoring of Desertification Processes in the South of European Russia]. *Problemy ustoychivogo razvitiya i ekologo-ekonomicheskoy bezopasnosti regionov: materialy XVI Mezhdunar. nauch. konf., g. Volzhskiy, 26-26 noyab. 2021 goda* [Problems of Sustainable Development and Ecological and Economic Security of Regions]. Volgograd, Sfera Publ., 2022, pp. 187-189.
12. Gabriels D., Cornelis W.M., Eyletters M., Hollebosch P. *Combating Desertification. Monitoring, Adaptation and Restoration Strategies*. UNESCO chair of Eremology, Ghent, Belgium, 2008, p. 207.
13. Long T., Zhang Z., He G., Jiao W. et al. 30 m Resolution Global Annual Burned Area Mapping Based on Landsat Images and Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 2019, no. 11, p. 489. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11050489>

Information About the Author

Valeriya V. Doroshenko, Junior Researcher, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, dor.valerya@yandex.ru

Информация об авторе

Валерия Витальевна Дорошенко, младший научный сотрудник, лаборатория геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, dor.valerya@yandex.ru