



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.3>

UDC 528.873

LBC 26.8

ASSESSMENT OF ECOSYSTEM DYNAMISM UNDER THE INFLUENCE OF DUST STORMS (USING THE EXAMPLE OF THE EAST OF THE STAVROPOL REGION)¹

Valeria V. Doroshenko

Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

Abstract. This article presents the results of an assessment of the dynamism of ecosystems in the eastern regions of the Stavropol Region (Levokumsky, Neftekumsky, Kursky, Stepnovsky district). The relevance of the study is due to changes in the regime of dust storms in the territory of the Caspian lowland and a sharp increase in the area of open sands. The studied area belongs to the historical region of arid Kizlyar pastures and has been subjected to anthropogenic loads for many decades; degradation of pastures requires careful monitoring of changes in their condition. The assessment of ecosystem dynamism was based on the results of visual decoding of Earth remote sensing data and interpolation of the dynamics of open sand areas based on a regular grid with a side of 2 km. According to the percentage of dynamism, ecosystems were divided into types from stable to dynamic. Schemes of ecosystem dynamism have been constructed for two periods – relatively stable (from 2000 to 2016) and dynamic (from 2017 to 2023). During the period of relative stability, most of the territory remained stable or relatively stable, whereas in the dynamic period, almost the entire territory of Levokumsky and Neftekumsky districts belonged to the medium dynamic and dynamic type. The data obtained can be used in planning measures to combat desertification in the affected areas.

Key words: desertification, dust storms, monitoring, Stavropol Region, remote sensing, GIS technologies.

Citation. Doroshenko V.V. Assessment of Ecosystem Dynamism Under the Influence of Dust Storms (Using the Example of the East of the Stavropol Region). *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 28-34. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.3>

УДК 528.873

БК 26.8

ОЦЕНКА ДИНАМИЧНОСТИ ЭКОСИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОКА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ)¹

Валерия Витальевна Дорошенко

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

© Дорошенко В.В., 2024

Аннотация. В настоящей статье приводятся результаты оценки динамичности экосистем на территории восточных районов Ставропольского края (Левокумского, Нефтекумского, Курского, Степновского района). Актуальность исследования обусловлена изменениями в режиме пыльных бурь на территории Прикаспийской низменности и резким увеличением площадей открытых песков. Исследуемая территория относится к историческому региону аридных Кизлярских пастбищ и много десятилетий подвергается антропогенным нагрузкам; деградация пастбищ требует тщательного мониторинга изменения их состояния. Оценка динамичности экосистем проводилась на основе результатов визуального дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли и интерполяции динамики площадей открытых песков на основе регулярной сетки со стороной 2 км. По процентному значению динамичности экосистемы были разделены на типы от стабильных

до динамичных. Построены схемы динамичности экосистем для двух периодов – относительно устойчивого (с 2000 по 2016 г.) и динамичного (с 2017 по 2023 г.). В период относительной устойчивости большая часть территории оставалась стабильной или относительно устойчивой, тогда как в динамичный период практически вся территория Левокумского и Нефтекумского района относились к средне динамичному и динамичному типу. Полученные данные могут использоваться при планировании мер по борьбе с опустыниванием в пострадавших районах.

Ключевые слова: опустынивание, пыльные бури, мониторинг, Ставропольский край, дистанционное зондирование, ГИС-технологии.

Цитирование. Дорошенко В. В. Оценка динамичности экосистем под влиянием пыльных бурь (на примере востока Ставропольского края) // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 28–34. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.3>

Введение

Особенностью Прикаспийской низменности, в том числе, восточных районов Ставропольского края (Левокумского, Нефтекумского, Курского, Степновского района), является аридизация климата, являющаяся устойчивой тенденцией повышения среднегодовых температур и снижения годового количества осадков. На фоне таких климатических изменений и высокой антропогенной нагрузки (данная территория является частью Кизлярских пастбищ, в течение многих десятилетий используемых для выпаса малого рогатого скота) с 2017 г. проявляется учащение и интенсификация пыльных бурь [11]. Увеличивающиеся в результате дефляции площади открытых песков представляют угрозу для продовольственной безопасности в регионе в связи со снижением поголовья, а также для транспортной доступности отдаленных населенных пунктов и скотоводческих точек [4; 10].

Выявление наиболее динамичных областей необходимо для планирования маршрутов полевых обследований, выбора периодичности картографирования при дистанционном мониторинге, а также при планировании мероприятий по борьбе с опустыниванием [1; 2; 6–9; 13; 15].

Материалы и методы

Выбор периодичности повторного картографирования основывается на методике Б.В. Виноградова [3]. Согласно классификации Б.В. Виноградова, по скорости экодинамических смен экосистемы подразделяются на типы в соответствии с соотношением ежегодных изменений площадей; для каждого типа установлена оптимальная периодичность повторных наблюдений (см. таблицу).

Так, для стабильных экосистем (изменения менее 0,5 % общей площади в год) требуется повторное картографирование раз в 8–10 лет, тогда как для динамических экосистем (изменения более 3 % общей площади в год) требуется инвентаризация изменений каждый год. Карты динамичности площадей песков составляются для периода 2000–2023 гг. (с учетом переломного периода в 2017 г.).

Описанные в таблице значительные периоды повторяемости картографирования связаны с тем, что ежегодное получение данных с использованием аэрофотосъемки в XX в. было затруднительным и дорогостоящим. Современные методики подразумевают использование материалов космической съемки с повторяемостью 7–14 дней. Также одним из ключевых отличий является сплошной

Динамичность экосистем и оптимальная повторяемость наблюдений

Типы экосистем	Ежегодные изменения площади, %	Периодичность повторных наблюдений, лет
Стабильные	<0,5	8–10
Относительно устойчивые (умеренно динамичные)	1	6–8
Средне динамичные	2	3–5
Динамичные	>3	1–2

Примечание. Источник: [1].

сбор прямых данных на всю исследуемую территорию, без применения выборочного способа [14].

Учет всех факторов количественной динамики экосистем дистанционными методами невозможен, в связи с чем картографирование проводилось только для простых экосистем – площадей территорий, занятых открытыми песками, на основе регулярной сетки со стороной 2 км. Открытые пески дешифрировались визуальным способом с использованием спутниковых снимков «Landsat» и «Sentinel», предоставляющих мультиспектральные растровые данные достаточного пространственного разрешения и контрастности для выявления открытых песков и областей их зарастания [12; 14]. Для создания изолинейной карты применялась интерполяция данных ячеек регулярной сетки.

Климатические данные, необходимые для определения повторяемости пыльных бурь и среднегодовых сумм осадков, были получены с помощью сервиса «Погода и климат» (<http://www.pogodaiklimat.ru/>).

Результаты и обсуждение

Большая часть (2,9 тыс. из 5,3 тыс. объектов) выявленных массивов открытых песков имеет площадь менее 1 га и располагается на востоке Степновского и в Курском районах – в области проведения большого количества лесомелиоративных работ на Терских песках. Данные очаги дефляции являются стабильными, мало изменяются как в течение года, так и за весь период исследования, в связи с чем площадь открытых песков на территории этих районов изменялась слабо (до 20 % за 30 лет) [4; 10].

С помощью архива климатических данных определена динамика пыльных бурь в динамичный период. Всего за 2017–2022 гг. метеостанциями зарегистрировано 84 пыльные бури общей продолжительностью 146 дней, из них 40 дней пришлось на весенний, 65 – на летний и 41 день – на осенний период. Чаще всего за исследуемый период пыльные бури случались в августе и сентябре (31 и 30 дней соответственно), эти месяцы почти в каждый год отмечались по наибольшей общей продолжительности пыльных бурь;

реже всего – в ноябре (2 дня). Преобладающим направлением ветра было восточное в более чем 80 % дней), изредка отмечались северное, северо-западное, северо-восточное, западное, южное и юго-восточное направления [5].

Схема динамичности экосистем (см. рисунок) представляет собой отображение среднегодового процента изменения площади песков, рассчитанное по формуле:

$$\Delta St = \left(\frac{S_2 - S_1}{S} \times 100 \right) / t,$$

где S – общая площадь исследуемой территории; S_1 – площадь открытых песков в предыдущий год; S_2 – площадь открытых песков в текущий год исследования; t – количество лет в исследуемом периоде.

Так, по результатам картографирования и интерполяции полученных результатов можно выделить два периода динамичности открытых песков на северо-востоке Ставропольского края – период относительной устойчивости (2000–2016 гг.) и динамичный период (2017–2023 гг.), связанный в том числе с активным возобновлением растительности на эоловых песках (см. рис. 1). Изменения растительного покрова в результате чрезмерной пастбищной нагрузки и воздействия пыльных бурь можно отнести к катастрофическим сменам (сукцессиям). Происходят посткатастрофические смены – вторичные демулационные сукцессии [3].

На юго-востоке пески за весь рассматриваемый период остаются стабильными и относительно устойчивыми, за исключением граничащего с Республикой Дагестан участка (восток Курского района) средней динамичности в 2020–2023 годах.

В 2023 г. климатические условия резко отличались от 2020–2022 гг., в том числе годовое количество осадков. В связи с этим высокая динамичность на территории Левкумского и Нефтекумского районов обеспечена не увеличением, а резким сокращением площадей открытых песков за счет разрастания псаммофитов – преимущественно, однолетников: солянка сорная (*Salsola tragus* L.), кумарчик (*Agriophyllum pungens* (Vahl) Link ex A. Dietr.), паслен рогатый (*Solanum*

cornutum Lam.). Данная растительность является сорной в пастбищном отношении и, в связи с осенним отмиранием, не может полноценно закреплять пески. В связи с развивающимся на территории исследования семенным опустыниванием, естественное восстановление пастбищных фитоценозов невозможно без мероприятий по обогащению видового состава путем посева или подсева семян кормовых и многолетних трав, собранных на территории заказников и других участков сохранившейся исконной степи [11].

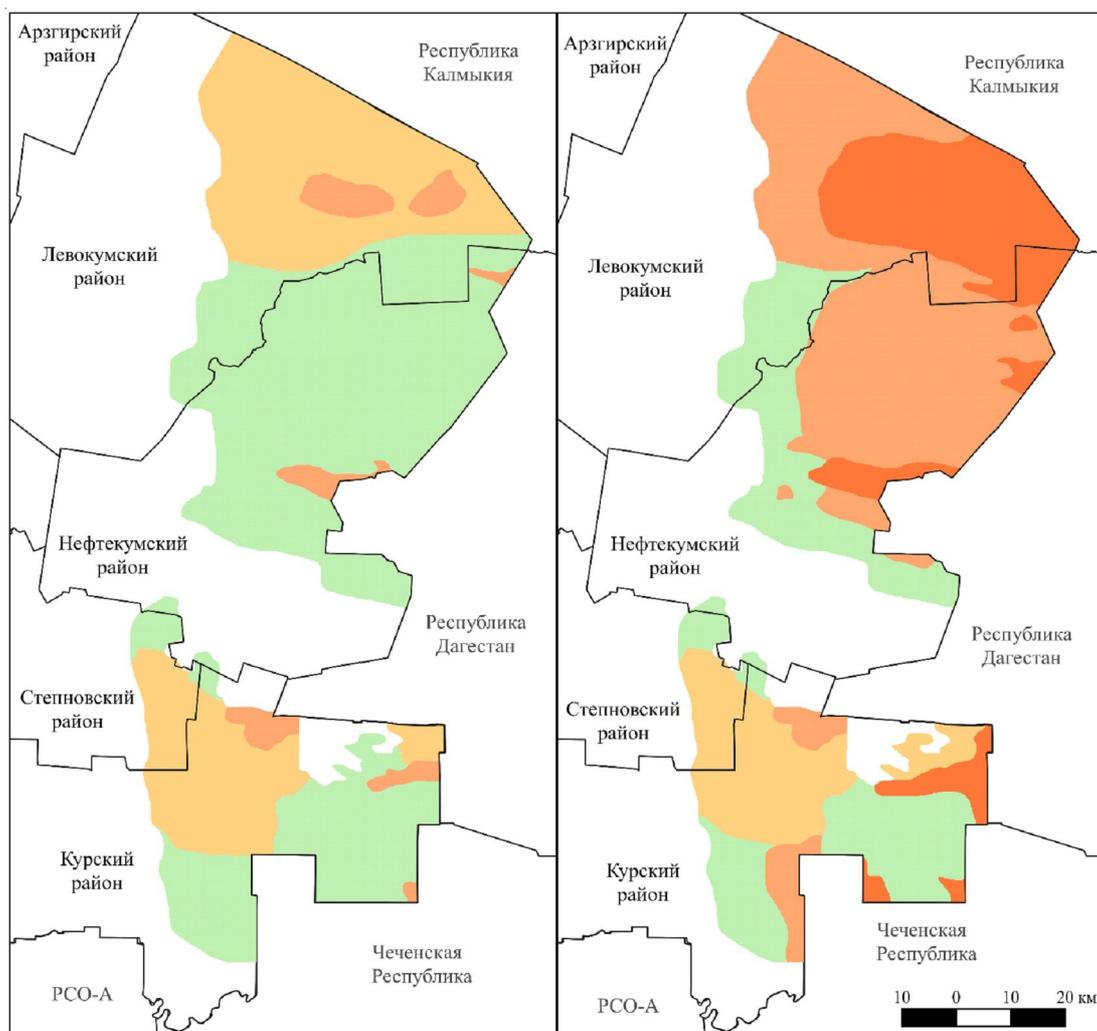
Заключение

Оперативная оценка динамичности экосистем даже по одному параметру позволяет в сжатые сроки установить оптимальную

периодичность мониторинга и выявить требующие применения мер по борьбе с опустыниванием участки, что особенно важно в условиях возрастающей аридизации климата на территории юга Европейской части России.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР FNFE-2024-0009 «Опустынивание территорий аридных, субаридных и сухих субгумидных регионов, картографирование современного состояния и динамики опустынивания земель, моделирование и прогнозирование процессов опустынивания, для планирования восстановления деградированных земель с применением геоинформационных техно-



Типы экосистем: ■ Стабильные ■ Относительно устойчивые ■ Средне динамичные ■ Динамичные

Динамичность экосистем в 2000–2016 гг. (слева) и 2017–2023 гг. (справа)

логий и аэрокосмических методов в условиях усиливающихся засух, песчаных и пыльных бурь».

The work was carried out within the framework of the state task of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences Research No. FNFE-2024-0009 “Desertification of territories of arid, subarid and dry subhumid regions, mapping of the current state and dynamics of land desertification, modeling and forecasting of desertification processes, for planning the restoration of degraded lands using geoinformation technologies and aerospace methods in conditions of increasing droughts, sand and dust storms”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аль-Чаабави, М. Р. А. Геоинформационный анализ состояния сельскохозяйственных земель на юге Ирака / М. Р. А. Аль-Чаабави, Е. А. Иванцова, В. Г. Юферев // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 38–44. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.5>

2. Аль-Чаабави, М. Р. А. Определение состояния земель сельскохозяйственного назначения в провинции Майсан (Ирак) на основе пространственных данных / М. Р. А. Аль-Чаабави, Е. А. Иванцова // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 8. – С. 7–12.

3. Виноградов, Б. В. Основы ландшафтной экологии / Б. В. Виноградов. – М. : ГЕОС, 1998. – 418 с.

4. Дорошенко, В. В. Геоинформационный анализ динамики площадей очагов опустынивания в восточной части Ставропольского края / В. В. Дорошенко // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 59–66. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.8>

5. Дорошенко, В. В. Пыльные бури на востоке Ставропольского края в 2017–2022 гг. / В. В. Дорошенко // Вопросы степеведения. – 2023. – № 3. – С. 41–48.

6. Иванцова, Е. А. Геоинформационный анализ и оценка современного состояния орошаемых земель территории Сарпинской низменности / Е. А. Иванцова, И. А. Комарова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 2 (74). – С. 60–67.

7. Иванцова, Е. А. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов / Е. А. Иванцова, И. А. Комарова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2 (62). – С. 357–366.

8. Иванцова, Е. А. Характер взаимодействия антропогенно-трансформированных экос-

мистем юга России / Е. А. Иванцова, В. В. Новочадов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3 (55). – С. 79–86.

9. Комарова, И. А. Лесомелиоративная оценка агроландшафтов Сарпинской низменности по данным дистанционного зондирования / И. А. Комарова, Е. А. Иванцова // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 9. – С. 7–12.

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

11. Лапенко, Н. Г. Растительность степных фитоценозов и особенности ее вегетации в условиях Ставропольского края / Н. Г. Лапенко, Ф. В. Ершченко, И. Г. Сторчак // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 2 (193). – С. 9–19.

12. Мелихова, А. В. Картографирование процессов опустынивания в Астраханском Заволжье с применением ГИС-технологий / А. В. Мелихова // Научно-агрономический журнал. – 2023. – № 3 (122). – С. 40–45.

13. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий юга России / В. В. Новочадов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1 (53). – С. 151–158.

14. Юферев, В. Г. Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии / В. Г. Юферев, А. И. Беляев, К. П. Синельникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4 (68). – С. 465–473.

15. Forman, R. T. T. Landscape Ecology / R. T. T. Forman, M. Godron. – N. Y. : Wiley, 1986.

REFERENCES

1. Al'-Chaabavi M.P.A., Ivantsova E.A., Uferev V.G. Geoinformacionniy analiz sostoyaniya sel'skohozyaystvennyh zemel' na uge Iraka [Geoinformation Analysis of the State of Agricultural Lands in Southern Iraq]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 38-44. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.5>

2. Al'-Chaabavi M.P.A., Ivantsova E.A. Opredelenie sostoyaniya zemel' sel'skohozyaystvennogo naznacheniya v provincii Maysan (Irak) na osnove prostranstvennyh dannyh [Determination of the State of Agricultural Lands in the Province of Maysan (Iraq) Based on Spatial Data]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*

[The Successes of Modern Natural Science], 2022, no. 8, pp. 7-12.

3. Vinogradov B.V. *Osnovy' landshaftnoj e'kologii* [Fundamentals of Landscape Ecology]. Moscow, GEOS Publ., 1998. 418 p.

4. Doroshenko V.V. Geoinformacionny'j analiz dinamiki ploshhadej ochagov opusty'nivaniya v vostochnoj chasti Stavropol'skogo kraja [Geoinformation Analysis of the Dynamics of the Areas of Desertification Foci 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.2022.1.8>

5. Doroshenko V.V. Py'l'ny'e buri na vostoke Stavropol'skogo kraja v 2017–2022 gg. [Dust Storms in the East of the Stavropol Territory in 2017–2022]. *Voprosy' stepevedeniya* [Questions of Steppe Studies], 2023, no. 3, pp. 41-48.

6. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Geoinformacionnyy analiz i ocenka sovremennogo sostoyaniya oroshaemykh zemel' territorii Sarpinskoy nizmennosti [Geoinformation Analysis and Assessment of the Current State of Irrigated Lands in the Sarpin Lowland]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2024, no. 2 (74), pp. 60-67.

7. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Ispol'zovanie geoinformacionnykh tekhnologiy i kosmicheskikh snimkov dlya analiza agrolandshaftov [The Use of Geoinformation Technologies and Satellite Images for the Analysis of Agricultural Landscapes]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2021, no. 2 (62), pp. 357-366.

8. Ivantsova E.A., Novochadov V.V. Kharakter vzaimodeystviya antropogenno-transformirovannykh ekosistem uga Rossii [The Nature of the Interaction of Anthropogenic-Transformed Ecosystems in the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education.], 2019, no. 3 (55), pp. 79-86.

9. Komarova I.A., Ivantsova E.A. Lesomeliorativnaya ocenka agrolandshaftov Sarpinskoy nizmennosti po dannym diatancionnogo zondirovaniya [Forest Reclamation Assessment of Agricultural Landscapes of the Sarpinsk Lowland According to Remote Sensing Data]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya* [The Successes of Modern Natural Science], 2020, no. 9, pp. 7-12.

10. Kulik K.N. *Agrolesomeliorativnoe kartografirovaniye i fitoe'kologicheskaya ocenka aridny'x landshaftov* [Agroforestry Mapping and Phytoecological Assessment of Arid Landscapes]. Volgograd, VNIALMI Publ., 2004. 248 p.

11. Lapenko N.G., Eroshenko F.V., Storchak I.G. Rastitel'nost' stepny'kh fitocenozov i osobennosti ee vegetacii v usloviyakh Stavropol'skogo kraja [Vegetation of Steppe Phytocenoses and Peculiarities of Its Vegetation in the Stavropol Region]. *Agrarny'j vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2020, no. 2 (193), pp. 9-19.

12. Melikhova A.V. Kartografirovaniye processov opusty'nivaniya v Astrakhanskom Zavolzh'e s primeneniem GIS-tekhnologiy [Mapping of Desertification Processes in the Astrakhan Volga Region Using GIS Technologies]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2023, no. 3 (122), pp. 40-45.

13. Novochadov V.V., Rulev A.S., Uferev V.G., Ivantsova E.A. Distancionnye issledovaniya I kartografirovaniye sostoyaniya antropogenno-transformirovannykh territoriy uga Rossii [Remote Studies and Mapping of the State of Anthropogenically Transformed Territories of the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2019, no. 1 (53), pp. 151-158.

14. Yuferev V.G., Belyaev A.I., Sinel'nikova K.P. Opusty'nivaniye zemel' sel'skokhozyajstvennogo naznacheniya v Chernozemel'skom rajone Kalmykii [Desertification of Agricultural Lands in the Chernozemelsky District of Kalmykia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vy'sshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education]. 2022, no. 4 (68), pp. 465-473.

15. Forman R.T.T., Godron M. *Landscape Ecology*. New York, Willey, 1986.

Information About the Author

Valeria V. Doroshenko, Junior Researcher, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, doroshenko-vv@vfanc.ru

Информация об авторах

Валерия Витальевна Дорошенко, 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, doroshenko-vv@vfanc.ru