

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

УДК 528.873

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.006.40-45

Картографирование процессов опустынивания в Астраханском Заволжье с применением ГИС-технологий

^{1,2}Алина Владимировна Мелихова✉, e-mail: melihova-a@vfanc.ru, ORCID: 0000-0001-6133-9217

¹«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»

(ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanc.ru,
400062, пр. Университетский, 97, г. Волгоград, Россия

²Волгоградский государственный университет,
e-mail: info@volsu.ru, 400062, пр. Университетский, 100, г. Волгоград, Россия

Аннотация. Юг Астраханского Заволжья, включающий в себя два муниципальных района Астраханской области, Харабалинский и Красноярский, требует решения проблемы опустынивания. При проведении геоинформационного анализа процессов опустынивания на данной территории получены новые знания о состоянии и динамике этих процессов. Выполнено картографирование методом визуального дешифрирования растровых изображений спутниковой съемки (Landsat 8 с пространственным разрешением – 30 м, № сцены – 169027) за 6-летний период (2017-2022 гг.). С использованием геоинформационного программного обеспечения «QGIS 3.26» проведен детальный пространственный анализ и визуализация данных об опустынивании, приведены количественные показатели по числу и площадям очагов опустынивания. Выявлен значительный рост площадей, занятых песками в 2020 году (прирост относительно 2019 года составляет 423%), который связан с интенсивными песчаными бурями на территории близлежащих субъектов РФ. Площадь очагов опустынивания юго-западной части исследования менее изменена в связи с месторасположением газоконденсатного завода (с. Джанай, Красноярский район, Астраханская область). В результате дешифрирования космоснимков Landsat получены векторные слои открытых песков, по которым составлена картосхема расположения очагов опустынивания для дальнейшей борьбы с этим социально-экологическим явлением.

Ключевые слова: Астраханское Заволжье, опустынивание, ГИС-технологии, геоинформационный анализ, дистанционное зондирование.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100405-9 «Картографическое моделирование состояния, функционирования и динамики процессов опустыненных территорий с применением информационных технологий».

Цитирование. Мелихова А.В. Картографирование процессов опустынивания в Астраханском Заволжье с применением ГИС-технологий// Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 40-45. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.006.40-45

Поступила в редакцию: 27.07.2023

Принята к печати: 18.09.2023

Введение. Интенсификация процессов опустынивания и увеличение площадей, занятых песками, на юге Астраханского Заволжья подчеркивает актуальность и важность изучения этих явлений.

Использование данных дистанционного зондирования при картографировании опустыненных районов является эффективным методом выявления территорий, подверженных интенсивным процессам опустынивания. В отличие от традиционных наземных обследований, дистанционное зондирование помогает оперативно определить масштабы и пространственное положение районов, подверженных опустыниванию [5; 13]. Это позволяет осуществлять своевременный мониторинг и разрабатывать мероприятия для смягчения последствий процессов опустынивания.

Однако большая часть исследований опустынивания на территории Астраханской области касалась правого берега Волги, в то время как Заволжье оставалось менее изученным, и научные

исследования проводились более 5 лет назад. При этом основным фактором опустынивания в регионе становится климатический, вытесняя антропогенный, в связи с чем существующие данные требуют обновления. Например, в 2017 году в работе Кравченко А. С. и др. [4] рассматривается разграничение территории Астраханского Заволжья по степени деградации, что не дает полной картины развития и динамики процессов опустынивания, т.к. приравнять земли категории «риск» к землям, занятым открытыми песками, можно только с допущением. При этом оценка опустынивания полевыми методами в других районах Прикаспийской низменности показывает, что потери почвенного покрова составляют до 50 т/га [12].

Поскольку опустынивание создает значительные экологические и социально-экономические проблемы, изучение движущих сил и последствий опустынивания в этом конкретном регионе может помочь в разработке соответствующих стратегий

[1; 9]. Наличие полевых данных и их сопоставление с данными ДЗЗ позволяет приближенно анализировать деградацию почвенного покрова и его замещение открытыми песками.

Целью данного исследования являлось выявление очагов опустынивания и оценки площадей, занятых песками, в южной части Астраханского Заволжья с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Для изучения изменений, связанных с процессом опустынивания, в районе исследования были поставлены следующие задачи: провести ретроспективный анализ данных спутниковой съемки среднего пространственного разрешения, чтобы определить площади открытых песков и области, подверженные опустыниванию; проанализировать полученные результаты дешифрирования космоснимков на основе геоинформационных технологий и выполнить статистическую обработку данных.

Материалы и методика исследований. Район исследования относится к южному Астраханскому Заволжью. Общая площадь исследуемой территории составляет 992 тыс. га. Большая часть юга Астраханского Заволжья расположена ниже уровня моря и имеет преимущественно равнинный рельеф [7]. Климат в зоне исследования засушливый, с относительно низким среднегодовым количеством осадков – 200 мм. Кроме того, для территории Астраханского Заволжья наблюдается отчетливая тенденция к увеличению континентальности, что характеризуется снижением годового уровня осадков и повышением среднегодовых температур [3].

Объектом исследования являлась южная часть Астраханского Заволжья, которая располагается на территории Прикаспийской низменности и включает в себя два муниципальных района Астраханской области – Харабалинский и Красноярский. Рельеф Астраханского Заволжья имеет равнинный тип, без существенных перепадов высот, что создает условия для свободного перемещения воздушных масс и в итоге способствует негативно-му воздействию пыльных бурь на растительность агроландшафтов [2; 8].

Методика выявления очагов опустынивания включает визуальное экспертное дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли. Исходя из имеющихся данных в свободном доступе, были выбраны мультиспектральные космические снимки со спутникового аппарата Landsat 8 (пространственное разрешение – 30 м. № сцены – 169027). Дешифрирование песков по материалам ДЗЗ проводилось с 2017 года по 2022 год.

Для обработки материалов космической съемки, создания и редактирования векторных данных, геоинформационного анализа и создания картографических материалов на основе результатов исследования использовалось программное обеспечение геоинформационной системы «QGIS 3.4». Статистическая обработка полученных данных и построение графиков выполнено в MS Excel.

Результаты и обсуждение. Для выявления песчаных массивов было составлено композитное изображение, объединяющее несколько спектральных каналов в видимом диапазоне. Комбинация каналов «естественные цвета» обеспечивает достаточный контраст для дешифрирования растительности, распаханых и голых земель, а также участков, занятых песками или соровыми понижениями. Использование космических снимков за вторую декаду августа и первую декаду сентября, что соответствует периоду с наименьшим проективным покрытием для растительности, позволяет достичь максимально доступной контрастности изображения [13; 14]. Дифференциация очагов опустынивания от солончаков и соровых понижений может быть решающим аспектом при интерпретации песчаных территорий [11]. Пески чаще всего демонстрируют схожие характеристики отражения от иных похожих объектов, в связи с этим затрудняется применение любых автоматических и полуавтоматических методов, что говорит о необходимости и актуальности применения визуального дешифрирования.

Прямые дешифровочные признаки являются эффективным инструментом для дешифрирования визуальным способом. Песчаный массив характеризуется ярким, светлым цветом (от белого до желтого), а также отличим благодаря своей мелкозернистой текстуре [5; 14]. Наличие дюнных образований, которые представляют собой характерные формы рельефа, созданные движением переносимого ветром песка, также помогает в его идентификации. Кроме того, песчаные массивы лишены значительного растительного покрова из-за суровых и нестабильных условий для роста растений [6].

По результатам дешифрирования в Красноярском районе Астраханской области было выявлено 55,9 тыс. участков, подверженных процессам опустынивания. На территорию Харабалинского района Астраханской области приходится 52,2 тыс. очагов опустынивания и занятых песками участков (рисунок 1). Концентрация очагов опустынивания и территорий, занятых песком, приходится на юго-восточную часть области исследования, которая в свою очередь граничит с Республикой Казахстан. Расположение газоконденсатного завода в Красноярском районе Астраханской области (с. Джанай) отражает слабое изменение площади очагов опустынивания на юго-западном участке территории исследования.

Значительное увеличение как средней площади очагов опустынивания, так и общей площади участков открытых песков приходилось на 2020 г. (прирост относительно 2019 года составил 423%). Возникновение обширных песчаных участков является результатом происшедших с мая по октябрь 2020 года масштабных пыльных бурь, которые охватили южную часть Европейской части России [10] (рисунок 2).



Рисунок 1. Песчаный массив в Харабалинском районе (по состоянию на 26.04.2023 г., 47.53 с.ш., 47.40 в.д.)

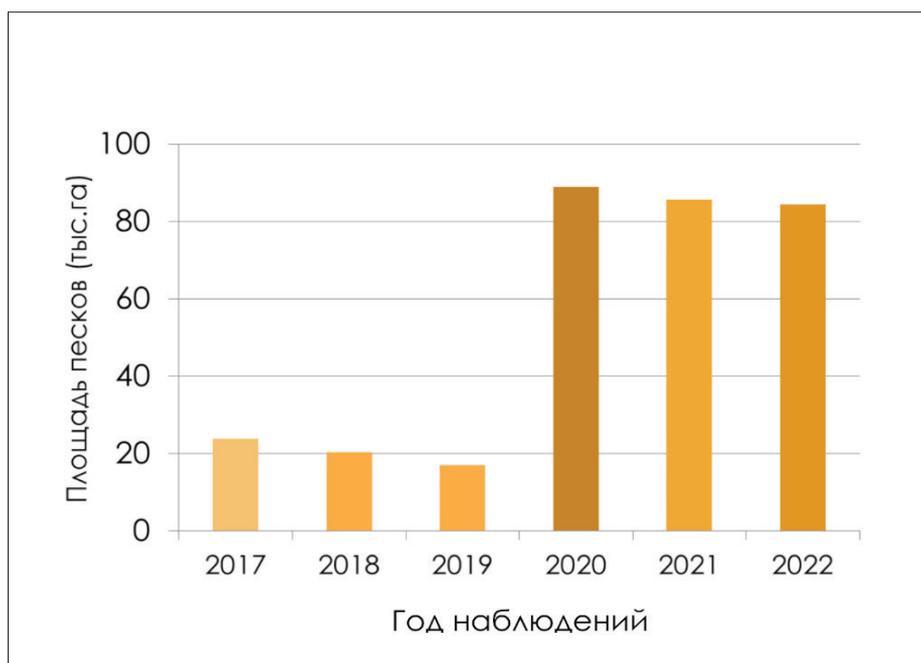


Рисунок 2. Пространственно-временное распределение песков на территории юга Астраханского Заволжья

Общее распределение очагов опустынивания за весь период представлено в равном процентном соотношении: на Харабалинский район приходится 51,7% (55,9 тыс.га), на Красноярский район – 48,2% (52,2 тыс.га).

Наблюдается тенденция к увеличению средней площади очага опустынивания за период с 2017 по 2022 гг. Например, в 2017 году средняя площадь объекта составляет 1,18 га, в 2019 году – 2,2 га, в 2022 году – 4,6 га. В таблице приведены обобщенные количественные результаты дешифрирования.

Минимальная площадь дешифрируемого очага опустынивания определена границами пикселя (0,09 га), наибольший выявленный объект имел площадь 218,44 (Красноярский муниципальный район, 2021 год). Используя программное обеспечение QGIS и интегрируя в ГИС векторные данные, полученные по результатам дешифрирования материалов космической съемки, составлена картограмма пространственного распределения очагов опустынивания (рисунок 3). В последние три года (2020–2022 гг.) отмечается увеличение площадей опустынивания на юге территории исследования.

Таблица. Площади очагов опустынивания по результатам их дешифрирования

Показатели	Год					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Площадь (тыс.га)	23,8	20,2	17,1	89,8	85,6	84,5
Средняя площадь объекта (га)	1,18	1,07	2,2	4,03	4,07	4,6
Прирост (%)	-	-15,1	-15,4	423,7	-4,6	-1,3

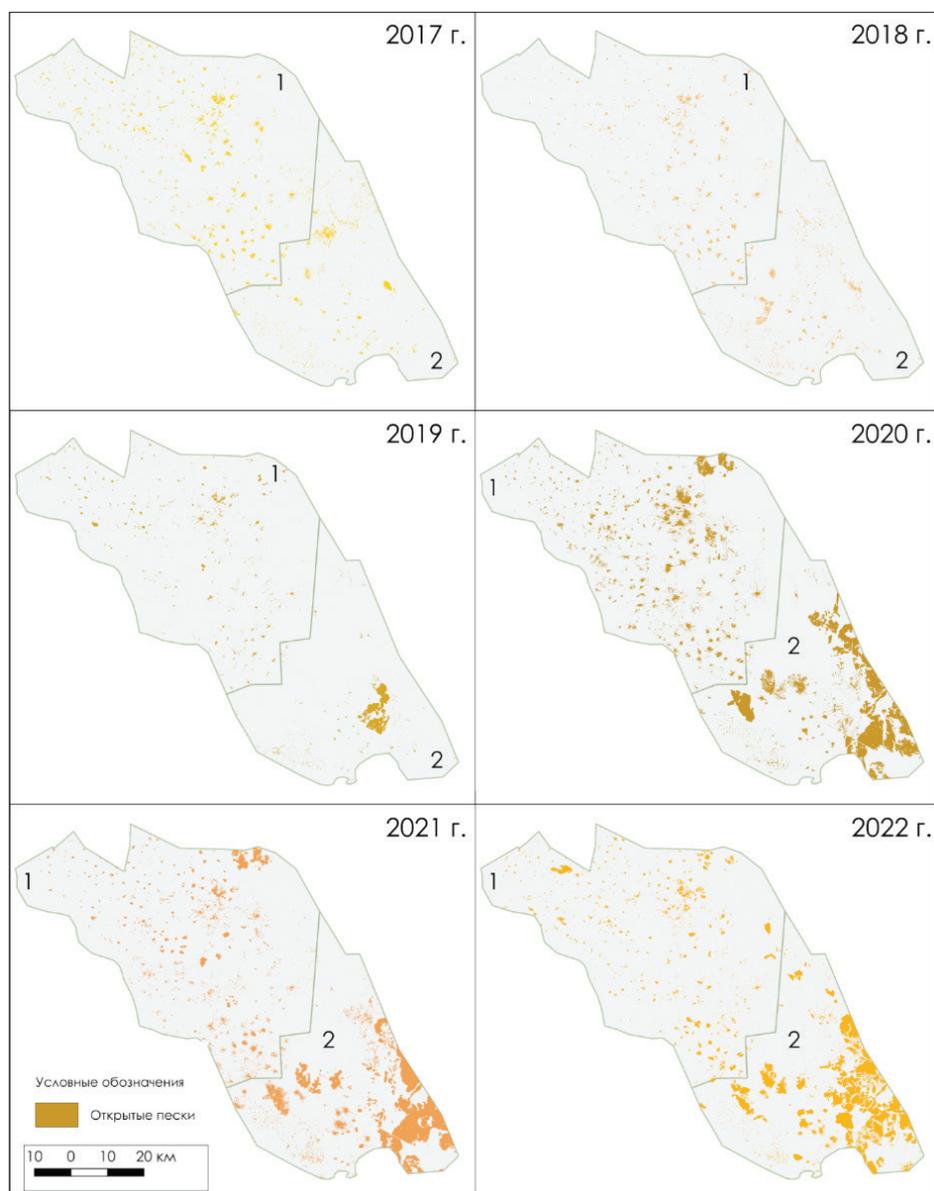


Рисунок 3. Расположение очагов опустынивания на территории юга Астраханского Заволжья в период с 2017 по 2022 гг. (1 – Харабалинский р-н, 2 – Красноярский р-н)

Увеличение площадей, покрытых песками, способствует возникновению пыльных и песчаных бурь, что в свою очередь приводит к дальнейшему распространению наносов и увеличению обнаженных песчаных участков.

Полученные данные соотносятся с результатами предварительных исследований, проводимых на этой территории и также затрагивающих развитие процессов опустынивания [2].

Заключение. Таким образом, анализ процессов опустынивания за 6 лет по данным спутниковых снимков Landsat на территории Харабалинского и Красноярского районов Астраханской области с применением геоинформационных технологий показал увеличение площадей открытых песков, особенно на юге Красноярского района. Максимальный прирост очагов опустынивания отмечался 2020 году по отношению к 2019 году, который

составил более 400%. Это связано с участвовавшими пыльными бурями и степными пожарами на юге страны, в результате которых увеличились площади участков без растительности. На территории исследования за 2022 год площадь опустынивания увеличилась на 60,7 тыс. га в сравнении с 2017 годом.

Актуализация сбора и обработки геоинформационных данных позволяет осуществлять постоянный мониторинг и оценку опустынивания территорий, занятых песком. Использование векторных данных, полученных в результате обработки и дешифрирования растровых материалов, является основой для дальнейшего изучения процессов и факторов опустынивания. Векторные данные позволяют проводить более детальный анализ и изучение пространственных структур и характеристик очагов опустынивания. Материалы, полученные в ходе данного исследования, могут быть использованы для планирования мелиоративных мероприятий по борьбе с развитием процессов опустынивания.

Литература:

1. Дорошенко В. В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 31-36. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36
2. Дорошенко В. В., Мелихова А. В. Оценка проявлений опустынивания в Астраханском Заволжье по данным дистанционного зондирования земли // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. 2(70). С. 239-246. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-27
3. Календжян Т. В., Иолин М. М., Борзова А. С. Особенности климата Астраханской области // Современные проблемы географии: Межвузовский сборник научных трудов. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет». 2021. Т. 5. С. 125-128.
4. Кравченко А. С., Юфев В. Г., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ ландшафтов Астраханского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4(48). С. 154-163. EDN: SIUVGL
5. Кулик К.Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. – Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2004. 248 с.
6. Лепеско В. В., Рыбашлыкова Л. П. Современное состояние и эколого-мелиоративное значение древесно-кустарниковых экосистем на закрепленных песках Астраханского Заволжья // Мелиорация. 2019. № 2 (88). С. 69-72.
7. Мелихова А. В. Геоинформационный анализ рельефа Астраханского Заволжья // Природные системы и ресурсы. 2023. Т. 13. № 1. С. 39-43. DOI: 10.15688/nr.jvolsu.2023.1.6
8. Рыбашлыкова Л. П., Турко С. Ю., Петров В. Ю. Современное состояние песчаных земель Северного Прикаспия как объекта фитомелиорации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 166-174. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-21
9. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К. Проблема опустынивания аридной зоны Астраханской области в условиях изменения климата и повышенного антропогенного воздействия // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 68-70.
10. Шинкаренко С. С., Ткаченко Н. А., Барталев С. А., Юфев В.Г., Кулик К. Н. Пыльные бури на юге Европы в сентябре – октябре 2020 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 291-296. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-291-296
11. Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Берденгалиева А.Н., Дорошенко В.В. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019-2022 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19, № 5. С. 319-327. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327
12. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G. Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of Astrakhan oblast. Arid Ecosystems. 2015;5(3):134-141. DOI: 10.1134/S2079096115030087
13. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B. A new approach to the monitoring of desertification centers. Arid Ecosystems. 2011;1(3):125-130. DOI: 10.1134/S2079096111030127
14. Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Sinelnikova K.P. Spectral Characteristics of Desertified Black-Earth Pastures. Arid Ecosystems. 2022;12(1):54-60. DOI: 10.1134/S2079096122010152

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.006.40-45

Mapping of Desertification Processes in the Astrakhan Trans-Volga Region Using GIS-Technologies

^{1,2}Alina V. Melikhova✉, e-mail: melihova-a@vfanc.ru, ORCID: 0000-0001-6133-9217

¹“Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences” (FSC of Agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 97, Volgograd, Russia

²Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation, e-mail: info@volsu.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 100, Volgograd, Russia

Abstract. The south of the Astrakhan Trans-Volga region, which includes two municipal districts of the Astrakhan Region, Kharabalinsky and Krasnoyarsky, requires solving the problem of desertification.

During the geoinformation analysis of desertification processes in this territory, new knowledge about the state and dynamics of these processes was obtained. Mapping was performed by the satellite imagery

bitmaps visual decoding method (Landsat 8 with a spatial resolution of 30 m, scene no. – 169027) for a 6-year period (2017-2022). A detailed spatial analysis and visualization of desertification data using the geoinformation software «QGIS 3.26» was carried out, quantitative indicators on the number and areas of desertification foci were given. A significant increase in the area occupied by sand in 2020 was revealed (the increase relative to 2019 is 423%), which is associated with intense sandstorms on the territory of nearby subjects of the Russian Federation. The desertification foci area in the southwestern part of the study region is less changed due to the location of the gas condensate plant (Janai vill., Krasnoyarsky district, Astrakhan Region). As a result of the Landsat satellite images decoding, vector layers of open sands were obtained, according to which a cartography of the desertification foci location was compiled for further combating this socio-ecological phenomenon.

Keywords: Astrakhan Trans-Volga region, desertification, GIS technologies, geoinformation analysis, remote sensing

Funding. This work was carried out within the framework of the state task of research in the FSC of Agroecology RAS No 122020100406-6 “ Theoretical foundations and mathematical-cartographic models of agroforestry systems functioning in soil protection from deflation”.

Citation. Melikhova A.V. Mapping of Desertification Processes in the Astrakhan Trans-Volga Region Using GIS-Technologies. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122): 40-45. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.006.40-45

Received: 27.07.2023

Accepted: 18.09.2023

References:

1. Doroshenko V.V. Geoinformation analysis of the desertification processes development in the Stavropol Region. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;3(118):31-36. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36
2. Doroshenko V.V., Melikhova A.V. Assessment of desertification manifestations in the Astrakhan Trans-Volga region according to remote sensing of the earth. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2023;2(70):239-246. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-27
3. Kalendzhyan T.V., Iolin M.M., Borzova A.S. Borzova A. S. Features of the Astrakhan Region climate. *Sovremennye problemy geografii: Intercollegiate compilation of scientific papers*. Astrakhan: «Astrakhan University» Publ. House. 2021;5:125-128.

4. Kravchenko A.S., Yuferev V.G., Shinkarenko S.S. Geoinformation analysis of the Astrakhan Trans-Volga region landscapes. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2017;4(48):154-163. (In Russ.) EDN: SIUVGL

5. Kulik K.N. Agroforestry mapping and phytoecological assessment of arid landscapes. *Volgograd. VNIALMI Publ. House*. 2004; 248. (In Russ.)

6. Lepesko V.V., Rybashlykova L.P. The current state and ecological-meliorative significance of tree and shrub ecosystems on the fixed sands of the Astrakhan Trans-Volga region. *Melioratsiya = Land Reclamation*. 2019;2(88):69-72. (In Russ.)

7. Melikhova A.V. Geoinformation analysis of the Astrakhan Trans-Volga region relief. *Prirodnye sistemy i resursy = Natural Systems and Resources*. 2023;13(1): 39-43. (In Russ.) DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.6

8. Rybashlykova L.P., Turko S.Yu., Petrov V.I. The current state of the Northern Near-Caspian sandy lands as an object of phytomelioration. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2019;3(55):166-174. (In Russ.) DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-21

9. Tyutyuma N. V., Bulakhtina G. K. The problem of desertification in the arid zone of the Astrakhan region in the climate change and increased anthropogenic impact conditions. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2016;67:68-70. (In Russ.)

10. Shinkarenko S.S., Tkachenko N.A., Bartalev S.A., Yuferev V.G., Kulik K.N. Dust storms in southern Europe in September – October 2020. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2020; 17(5):291-296. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-291-296

11. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V. Satellite monitoring of desertification processes in southern European Russia in 2019-2022. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2022;19(5):319-327. DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327

12. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G. Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of Astrakhan oblast. *Arid Ecosystems*. 2015;5(3):134-141. DOI: 10.1134/S2079096115030087

13. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B. A new approach to the monitoring of desertification centers. *Arid Ecosystems*. 2011;1(3):125-130. DOI: 10.1134/S2079096111030127

14. Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Sinelnikova K.P. Spectral Characteristics of Desertified Black-Earth Pastures. *Arid Ecosystems*. 2022;12(1):54-60. DOI 10.1134/S2079096122010152

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Author declare no conflict of interest.