

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

УДК 631.111.3: 528.77: 528.72

DOI: 10.34736/FNC.2024.126.3.003.20-25

## Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Яшкульском районе Калмыкии

**Валерий Григорьевич Юферев**✉, e-mail: yuferevv@vfanc.ru, д.с.-х.н., г.н.с, ORCID: 0000-0002-1046-0196, зав. лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, пр. Университетский 97, Волгоград, Россия

**Аннотация.** Проблема опустынивания территории исследования связана как с интенсивным использованием пастбищ, при котором нередко нарушаются правила рационального использования их ресурсов, так и недостаточным количеством атмосферных осадков, что в итоге приводит к снижению продуктивности угодий, сокращению и неравномерности проективного покрытия растительностью. Актуальность исследования современного состояния земель обусловлена продолжающимся опустыниванием земель сельскохозяйственного назначения, в том числе в Яшкульском районе Калмыкии. Новизна исследования обоснована тем, что впервые проведен анализ изменения площади опустынивания за период с 2017 по 2022 год, который позволил установить коэффициент корреляции между суммарной площадью опустынивания и количеством годовых осадков. Выбор территории Яшкульского района обусловлен особенностями литологических, почвенных и растительных условий. В результате долговременных исследований опустынивания на территории Яшкульского района Калмыкии с использованием данных космосъемки установлено влияние антропогенного воздействия и климатических факторов на изменение площади опустыненных участков. Целью работы являлось выявление площади и пространственного положения участков опустынивания на территории объекта исследований. Задача исследований – определение параметров изменения площади опустыненных земель в современных условиях, выделение главных факторов опустынивания, определение динамики площади опустынивания. Методы дистанционного исследования сельскохозяйственных угодий с использованием геоинформационного анализа космоснимков территории Яшкульского района позволяют установить не только площадь участков опустынивания, но и их пространственное положение. В результате исследования факторов, приводящих к опустыниванию, установлено уменьшение поголовья овец и коз к 2022 году в 1,8 раза, следовательно, антропогенное воздействие на пастбища уменьшилось. Развитие опустынивания в настоящее время проходит за счет природных факторов. На исследуемой территории в 2022 году площадь участков опустынивания составила 36,5 % территории. В связи с этим для достижения цели нулевой деградации и реабилитации деградированных земель должны использоваться фитомелиоративные способы восстановления пастбищ.

**Ключевые слова:** опустынивание, космоснимки, мониторинг, анализ, геоинформационные методы.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках Госзадания ФНЦ агроэкологии РАН госрегистрация № РАН 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 технологий и аэрокосмических методов в условиях усиливающихся засух, песчаных и пыльных бурь».

**Цитирование.** Юферев В. Г. Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Яшкульском районе Калмыкии // Научно-агрономический журнал. 2024. 3(126). С. 20-25.

DOI: 10.34736/FNC.2024.126.3.003.20-25

Поступила в редакцию: 05.08.2024

Принята к печати: 16.09.2024

**Введение.** Территория Яшкульского района Калмыкии имеет площадь 1176,9 тыс. га и занята землями сельскохозяйственного назначения площадью 1030,4 тыс. га, в основном используемыми под пастбища, занимающими 1008,8 тыс. га (<https://30.rosstat.gov.ru/folder/40830>).

В последнее время увеличиваются площади земель открытых и слабо заросших песков, что наиболее заметно в летний период с повышенной температурой воздуха и при уменьшении количества осадков.

Уменьшение поголовья скота в Яшкульском районе по статистическим данным (<https://30.rosstat.gov.ru/folder/40830>) с 633 тыс. голов в 2017 году до 348 тыс. голов в 2022 году не остановило процессы деградации пастбищ, к 2022 году площади сбитых и сильносбитых пастбищ составили 430 тыс. га. Выявление площади опустыненных участков, их пространственного положения и морфометрических характеристик по результатам геоинформационного анализа космоснимков за период исследований определяет актуальность получен-

ных данных о состоянии пастбищ района. При этом полученные данные по территориальному распределению и площади участков опустынивания дают возможность провести картографирование и выявить их потенциальную продуктивность и дифференцировать пастбищную нагрузку. Определение динамики площади участков опустынивания позволяет выявить условия, обуславливающие направление и интенсивность процессов деградации пастбищ.

Исследования опустынивания территории Калмыкии проводились ранее для выявления территории, наиболее подверженных крайней степени опустынивания, образованию больших массивов открытых, подвижных песков [5]. Развитие таких массивов привело к резкому ухудшению условий для проживания населения, вплоть до полного прекращения существования населенных пунктов. Разрушение пастбищных экосистем привело к резкому сокращению кормовой базы и, соответственно, к снижению поголовья скота. Что в свою очередь обусловило миграцию населения на другие, более удобные для жизни территории [4]. Исследования, проведенные ранее, отличаются обобщением данных для больших территорий и не содержат данные по пространственной локализации небольших по площади участков опустынивания на территориях муниципальных районов, что является зоной интересов сельхозпроизводителей на местах. В связи с этим была поставлена задача получения актуальной информации о изменении площади участков опустынивания в Яшкульском районе Калмыкии с оценкой влияния антропогенных и природных факторов.

Цель исследований – провести геоинформационный анализ опустынивания территории Яшкульского района Калмыкии, выявить основной тренд изменения площади опустынивания и установить влияние основных факторов на такие изменения.

**Материалы и методика исследований.** Оценка опустынивания земель на территории Яшкульского района была осуществлена с применением комплексного дешифрирования космоснимков объектов исследования, картографирования и векторизации контуров участков опустынивания с использованием возможностей геоинформационной программы QGIS [9; 11]. Определение величины площади участков опустынивания было проведено по данным спутников Landsat 8, 9 (<https://earthexplorer.usgs.gov>) [1; 6; 10]. Площадь участков опустынивания на территории района устанавливалась по результатам дешифрирования и определения их проективного покрытия [3; 7; 8]. При использовании космоснимков для анализа опустынивания проективное покрытие определяют с большой степенью достоверности дешифрирования [3].

Динамика опустынивания была установлена по изменению суммарной площади участков опустыненных земель [11] на основе данных периодической съемки территории исследований с 2017 по

2022 гг. [10].

Статистический анализ, проведенный с использованием расчетных методов [2], позволил установить статистические характеристики выборки по периоду наблюдения [11; 13; 14].

Точность пространственного положения полученных данных об участках опустынивания определяется характеристиками спутника Landsat 8 и составляет 18 м [10].

Проведение полевых работ на тестовых участках опустынивания дает возможность установить соответствие данных, полученных при камеральных исследованиях фактическим данным [5].

Выбор объектов для проведения полевой оценки состояния пастбищ проведен в процессе геоинформационного анализа распределения участков опустынивания на всей территории исследования. При этом степень деградации была установлена по величине проективного покрытия [3; 11].

Для определения пространственного положения участков опустынивания использована геоинформационная программа QGIS, в которой по каналам съемки спутника Landsat 8 № 1, 2, 3, 8, было разработано композитное псевдоцветное изображение территории исследований с разрешением 15 м и соответствующий макет космокарты. В результате дешифрирования полученной космокарты проведена классификация территории по проективному покрытию и выявлены участки опустынивания. По полученным данным при помощи инструмента «Создание полигонов» разработан векторный слой участков опустынивания.

На основе полученного векторного слоя определены и занесены в таблицы морфометрические, геоморфологические параметры и степень опустынивания в контурах [4; 12].

**Результаты и обсуждение.** Для исследования опустынивания восточной части Калмыкии выбрана территория Яшкульского района, на которой отмечается высокая степень деградации земель (рисунок 1).

Анализ результатов геоинформационного анализа спектральных каналов спутниковой съемки и последующего получения псевдоцветных изображений обеспечивает идентификацию участков с низким проективным покрытием. Выделение и векторизация таких участков обеспечивает получение информации о характеристиках участков опустынивания. В этом исследовании в учет участков опустынивания брались все площади, подверженные деградации, в том числе очаги дефляции, открытые и слабозаросшие песчаные массивы, зоны выдувания, засоленные участки, участки антропогенного воздействия (рисунок 2).

Определение количества, площади и пространственного положения участков опустынивания на территории Яшкульского района проведено по результатам дистанционного мониторинга на основе снимков спутника Landsat 8 в период 2017-2022 год с разрешением композита «R, G, B, Pan» 15 м и с точностью позиционирования 18 м.

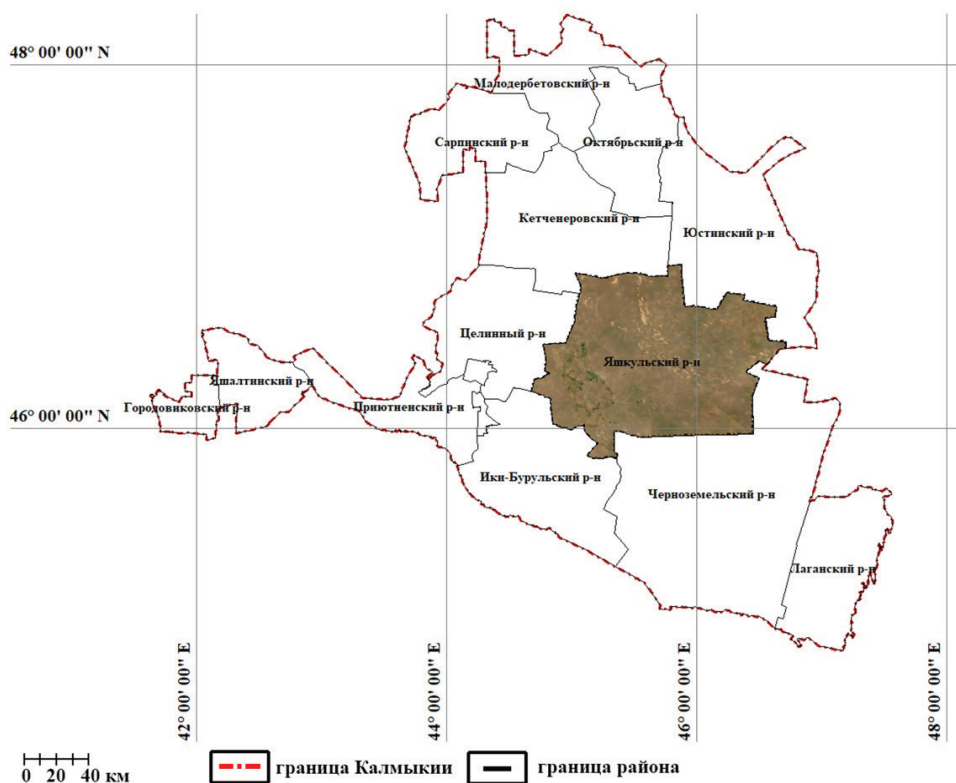


Рисунок 1. Картограмма пространственного положения Яшкульского района Р. Калмыкия

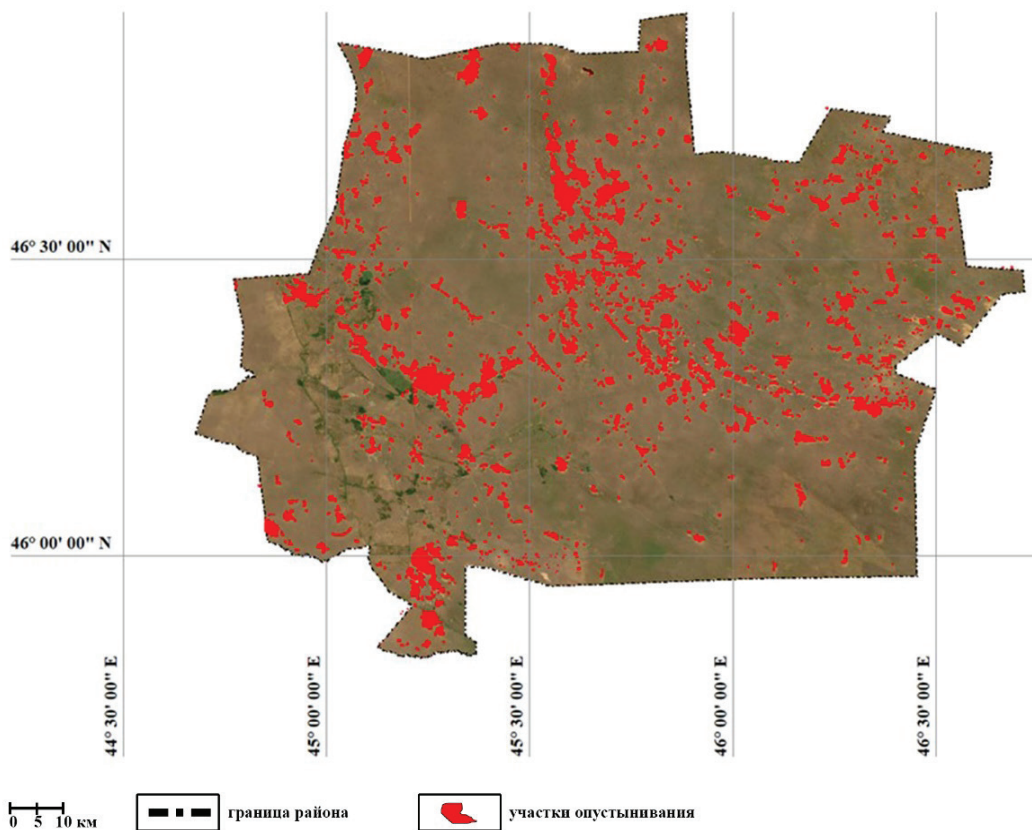


Рисунок 2. Космокарта пространственного размещения участков опустынивания Яшкульского района (космоснимок спутника Landsat 8, 28.08.2022 г.)

Результаты определения суммарной площади мониторинга представлены в таблице 1. участков опустынивания земель по результатам

Таблица 1. Характеристики опустынивания территории исследований

Год	Количество участков	Площадь, га	Площадь, %
2017	414	467802,6	39,7
2018	247	524030,6	44,5
2019	4342	505902,5	43,0
2020	2954	420388,4	35,7
2021	794	197362,9	16,8
2022	1521	430030,5	36,5



Рисунок 3. Изменение суммы годовых осадков (W) по данным метеостанции 34866 «Яшкуль» и суммарной площади участков опустынивания по годам исследования

В результате исследования влияния годовых осадков (W) по данным метеостанции 34866 «Яшкуль» на суммарную площадь участков опустынивания по годам исследования (рисунок 3) была разработана стохастическая регрессионная модель годовых осадков вида:

$$W = - (135/\text{EXP}((x+4,3)^2/4,84)) * \text{SIN}(-0,25*x-2) + 224,$$

где x – номер года от начала исследований.

Оценка корреляции модели годовых осадков, фактических данных по годовым осадкам и изменения суммарной площади участков опустынивания приведена в таблице 2. Анализ показал, что принятая для аппроксимации функция с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,805$  и с доверительным интервалом 0,95 имеет сильную связь с изменениями фактических значений и может быть использована для построения среднесрочных прогнозов как по выпадению годовых осадков, так и по изменению суммарной площади участков опустынивания (умеренная обратная связь).

Анализ полученных данных показал, что в период с 2017 по 2018 год на территории исследований наблюдается нарастание общей площади опустынивания. В 2019 году отмечено снижение этой площади на 181,3 тыс. га.

В период с 2021 по 2022 год площадь опустынивания увеличилась с 197,4 тыс. га до 430,0 тыс. га. Среднее значение 424,3 тыс. га, стандартная ошибка по выборке – 48,3 тыс. га.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции модели годовых осадков, фактического ряда данных по годовым осадкам и изменения суммарной площади участков опустынивания

	Осадки модель, мм	Осадки фактически, мм	Площадь, тыс. га
Осадки модель, мм	1		
Осадки фактически, мм	0,897	1	
Площадь, тыс. га	-0,588	-0,662	1

**Выводы.** В период исследований состояния земель на территории Яшкульского района по результатам космического мониторинга с 2017 по 2022 год установлено, что несмотря на снижение поголовья овец и коз на 285 тыс. голов, резко снижается продуктивность пастбищных экосистем, что обусловлено неблагоприятным воздействием пыльных бурь в период 2019-2022 г. В настоящее время основными факторами, обуславливающими увеличение площади участков опустынивания на территории исследования, являются климатические факторы, такие как высокая температура летних месяцев, атмосферная засуха и недостаточное количество летних осадков, что даже при снижении пастбищной нагрузки препятствует восстановлению проективного покрытия и видового состава растительности. Свою роль в процессах опустынивания играет увеличение частоты пыльных бурь. В

результате исследований установлено, что суммарная площадь опустынивания пастбищ на территории Яшкульского района достигла максимальных значений в 2018 году – 524 тыс. га, а в 2022 году составила 430 тыс. га. Таким образом, применение технологий геоинформационного анализа для мониторинга изменений состояния земель обеспечивает заинтересованные органы хозяйственного управления и сельхозпроизводителей информацией о изменении состояния сельскохозяйственных угодий, определяет возможность планирования мер по предупреждению деградации и восстановлению нарушенных земель.

#### Литература:

1. Афанасьев В. С. Использование геоинформационных технологий в прикладных задачах мониторинга сельскохозяйственных земель // Геоинформатика. 2022. № 2. С. 12-17. DOI:10.47148/1609-364X-2022-2-12-17
2. Боровиков В.П. Программа Statistica для студентов и инженеров. – М.: Компьютер пресс, 2000. 301 с.
3. Виноградов Б. В., Орлов В. А., Снакин В. В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия РФ // Изв. РАН. Сер. География. 1993. №5. С.77-89.
4. Золотокрылин А. Н. Глобальное потепление, опустынивание/деградация и засухи в аридных регионах // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. № 1. С. 3-13. DOI:10.31857/S2587-5566201913-13
5. Кулик К. Н. Агроресомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. 248 с.
6. Куст Г. С., Андреева О. В., Лобковский В. А. Нейтральный баланс деградации земель – новая глобальная концепция и методология исследования засушливых регионов на национальном уровне // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 3–9. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10089
7. Титкова Т. Б., Золотокрылин А. Н. Мониторинг подверженных опустыниванию земель Республики Калмыкия // Современные проблемы дистанционного зонди-

рования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 2. С. 130-141. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-2-130-141

8. 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.

9. Шинкаренко С. С. Пространственно-временная динамика опустынивания на Чёрных землях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 155-168. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-6-155-168

10. Шматова А. Г., Лощагина Ю. А., Глазов П. М. Анализ временной серии снимков Landsat для выявления климатически обусловленных изменений в структуре ландшафтов острова Колгуев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 3. С. 260-271.

11. Юфев В. Г., Беляев А. И., Синельникова К. П. Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. №4 (68) С. 465-473. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-55

12. Akhtar-Schuster M. Bernoux Martial, Chotte Jean-Luc, Stringer Lindsay C., Čustović Hamid, Pietragalla Vanina. Les plateformes science-politique abondant des problématiques liées à la desertification // Désertification et système terre: de la (re)connaissance à l'action. La revue Liaison Energie-Francophonie. 2017. № 105. P. 31-35.

13. Haishuo Wei, Juanle Wang, Kai Cheng, Ge Li, Altansukh Ochir, Davaadorj Davaasuren, Sonomdagva Chonokhuu / Desertification Information Extraction Based on Feature Space Combinations on the Mongolian Plateau // Remote Sens. 2018. V. 10 (10). P. 1614. DOI:10.3390/rs10101614

14. Q. Guo, B. Fu, P. Shi, T. Cudahy, J. Zhang, H. Xu / Satellite Monitoring the Spatial-Temporal Dynamics of Desertification in Response to Climate Change and Human Activities across the Ordos Plateau, China // Remote sensing. 2017. Vol. 9. No. 6. P. 255. DOI:10.3390/rs9060525

DOI: 10.34736/FNC.2024.126.3.003.20-25

## Desertification of Agricultural Lands in the Yashkulskiy District of Kalmykia

**Valerij G. Yuferev**✉, e-mail: yuferevv@vfanc.ru, Dr. Sci. (Agr.), Chief Researcher, ORCID: 0000-0002-1046-0196, Head of Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes «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, Universitetskij Pr-t 97, Volgograd, Russia

**Abstract.** The problem of the study area desertification is associated with two main problems. One of them is intensive use of pastures, which often violates the rules of rational use of their resources. Other is insufficient precipitation, which ultimately leads to a decrease in land productivity, reduction and unevenness of projective vegetation coverage. The relevance of the lands current state study is due to the ongoing desertification of agricultural lands, including in the Yashkulskiy district of Kalmykia. The novelty of the research is justified by the fact that for the first

time an analysis of the change in the desertification area for the period from 2017 to 2022 was carried out. Its results allowed us to establish a correlation coefficient between the total area of desertification and the amount of annual precipitation. The choice of the Yashkulskiy district region is determined by the lithological, soil and plant conditions peculiarities. As a result of long-term studies of desertification in the Yashkulskiy district of Kalmykia land using satellite imagery data, the influence of anthropogenic impact and climatic factors on the change in the area

of desolate areas has been established. The purpose of the work was to identify the area and spatial position of desertification sites on the research object land. The research tasks are to determine the parameters of the change in the desolate lands area in contemporary conditions, to identify the main factors of desertification, to determine the desertification area dynamics. The agricultural lands remote study methods using geoinformation analysis of satellite images of the Yashkul'skiy district land make it possible to determine not only the area of desertification sites, but also their spatial position. As a result of the study of the factors leading to desertification, it was found that the number of sheep and goats decreased by 1.8 times by 2022, therefore, the anthropogenic impact on pastures decreased. The development of desertification is currently taking place due to natural factors. In the study area, in 2022, the area of desertification sites amounted to 36.5% of the region. In this regard, phytomeliorative methods of pasture restoration should be used to achieve the goal of zero degradation and rehabilitation of degraded lands.

**Keywords:** desertification, satellite images, monitoring, analysis, geoinformation methods

**Funding.** The work was carried out within the framework of the State Task for the FSC of agroecology RAS, State registration No. FNFE-2024-0009 «Desertification of territories of arid, subarid and dry subhumid regions, mapping the current state and dynamics of land desertification, modeling and forecasting desertification processes for planning the restoration of degraded lands using geoinformation technologies and aerospace methods in conditions of increasing droughts, sandy and dusty storms.

**Citation.** Yuferev V. Yu. Desertification of Agricultural Lands in the Yashkul'skiy District of Kalmykia. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;3(126):20-25.

DOI: 10.34736/FNC.2024.126.3.003.20-25

Received: 05.08.2024

Accepted: 16.09.2024

#### References:

1. Afanas'ev V. S. The geoinformation technologies use in applied tasks of agricultural lands monitoring. *Geoinformatika*. 2022;2:12-17. (In Russ.). DOI: 10.47148/1609-364X-2022-2-12-17
2. Borovikov V. P. Statistica software for students and engineers. Moscow. Komp'yuter press Publ. house. 2000, 301 p. (In Russ.).
3. Vinogradov B. V., Orlov V. A., Snakin V. V. Biotic criteria for the allocation of environmental disaster zones for the Russian Federation. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 1993;5:77-89. (In Russ.).
4. Zolotokrylin A. N. Global warming, desertification/

degradation and droughts in arid regions. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2019;1:3-13. (In Russ.). DOI: 10.31857/S2587-5566201913-13

5. Kulik K. N. Agroforestry mapping and phytoecological assessment of arid landscapes. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2004, 248 p. (In Russ.).

6. Kust G. S., Andreeva O. V., Lobkovskij V. A. Neutral balance of land degradation – a new global concept and methodology for the study of arid regions at the national level. *Aridnye Ekosistemy = Arid Ecosystems*. 2020;26(2-83):3-9. (In Russ.). DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10089

7. Titkova T. B., Zolotokrylin A. N. Monitoring of the desertification-prone lands of the Republic of Kalmykia. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from Space*. 2022;19(2):130-141. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-2-130-141

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

9. Shinkarenko S. S. Spatial and temporal dynamics of desertification on Black Lands (Republic of Kalmykia). *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from Space*. 2019;16(6):155-168. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-6-155-168

10. Shmatova A. G., Loshchagina Yu. A., Glazov P. M. Analysis of a time series of Landsat images to identify climate-related changes in the landscape structure of Kolguev Island. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from Space*. 2013;10(3):260-271. (In Russ.).

11. Yuferev V. G., Belyaev A. I., Sinel'nikova K. P. Desertification of agricultural lands in the Chernozemelsky district of Kalmykia. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2022;4(68):465-473. (In Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-55

12. Akhtar-Schuster M. Bernoux Martial, Chotte Jean-Luc, Stringer Lindsay C., Čustović Hamid, Pietragalla Vanina. Les plateformes science-politique abordant des problématiques liées à la désertification. Désertification et système terre: de la (re)connaissance à l'action. *La revue Liaison Energie-Francophonie*. 2017;105:31-35.

13. Haishuo Wei, Juanle Wang, Kai Cheng, Ge Li, Altansukh Ochir, Davaadorj Davaasuren, Sonomdagva Chonokhuu / Desertification Information Extraction Based on Feature Space Combinations on the Mongolian Plateau. *Remote Sens*. 2018;10(10):1614. DOI:10.3390/rs10101614

14. Q. Guo, B. Fu, P. Shi, T. Cudahy, J. Zhang, H. Xu / Satellite Monitoring the Spatial-Temporal Dynamics of Desertification in Response to Climate Change and Human Activities across the Ordos Plateau, China. *Remote sensing*. 2017;9(6):255. DOI:10.3390/rs9060525

**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's 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.