

ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ ОТКРЫТЫХ ПЕСКОВ НА ТЕСТОВОМ ПОЛИГОНЕ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ В 2022-2023 ГГ.

*В.В. Дорошенко¹, К.П. Синельникова¹, В.П. Воронина²

¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Россия, Волгоград

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», Россия, Волгоград
e-mail: *doroshenko-vv@vfanc.ru

В результате работ получены данные о пространственно-временном размещении открытых песков в 2022-2023 гг. на территории тестового полигона на северо-востоке Ставропольского края (Левокумский район). Данные получены путем камерального дешифрирования материалов спутниковой съемки («Sentinel-2») и полевых исследований (ландшафтное профилирование). Выявлено, что наибольшее влияние на динамику открытых песков оказывает ветровое воздействие. Определен видовой состав растительности на песках (однолетние псаммофиты).

Ключевые слова: опустынивание, Ставропольский край, открытые пески, ландшафтный профиль, ГИС-технологии, дистанционное зондирование Земли.

Введение

Северо-восток Ставропольского края в последние годы значительно пострадал от развития процессов опустынивания [1, 2]. Исследования показывают, что катастрофический рост площадей открытых песков с 2017 года обусловлен учащением и интенсификацией пыльных бурь на всей территории Прикаспийской низменности [3-6]. Последствием пыльных бурь также может стать разрушение объектов инфраструктуры и ухудшение транспортной доступности отдаленных населенных пунктов, так как в результате пыльных бурь конфигурация и расположение песков могут радикально изменяться в течение нескольких дней [7, 8].

Использование данных дистанционного зондирования Земли позволяет оперативно отслеживать динамику площадей открытых песков в связи с антропогенными и климатическими факторами, при этом данные о пространственном положении массивов открытых песков, получаемые путем визуального экспертного дешифрирования космических снимков, обеспечивают заслуживающую доверия точность (90-95 %) [1]. Обязательными элементами работ по дешифрированию материалов спутниковой съемки являются предварительное полевое эталонирование для создания базы эталонных объектов, на основе которой будет определяться принадлежность изображенного объекта к какому-либо типу, и последующая наземная верификация для уточнения дешифрирования спорных объектов и определения итоговой точности работ. В случае исследований динамики площадей открытых песков наземная верификация включает в себя также работы по определению видового состава растительности на песках для выявления видов-пионеров и планирования последующих лесомелиоративных мероприятий [9].

Целью исследования является выявление динамики площадей открытых песков на тестовом полигоне на северо-востоке Ставропольского края по данным дистанционного зондирования с последующей наземной верификацией результатов путем фотофиксации и ландшафтного профилирования.

Левокумский муниципальный район, располагающийся на северо-востоке Ставропольского края, представляет собой актуальную территорию для исследований динамики процессов опустынивания, так как в течение последних лет он подвергался как

интенсивному воздействию пыльных бурь и резкому росту площадей открытых песков, так и значительному их сокращению в периоды низкой ветровой нагрузки за счет распространения однолетних псаммофитов [1, 9]. Тестовый полигон «Левокумский 1» (рис. 1) располагается вблизи границы с Республикой Калмыкия (45.554° с. ш., 45.112° в. д.). Конфигурация ареалов незакрепленных песков в данной области значительно изменялась не только год от года, но и в течение нескольких дней под воздействием пыльных бурь за период 2017-2022 гг., при этом в 2023 г. выявлено резкое снижение видимой площади открытых песков [8].

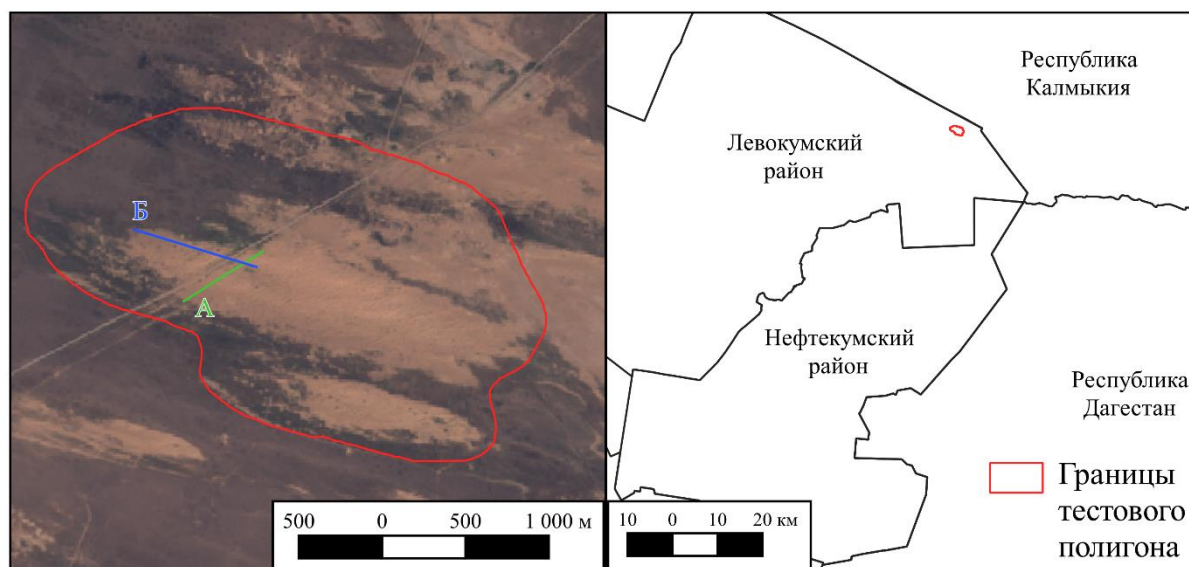


Рисунок 1 – Пространственное положение тестового полигона «Левокумский 1» и маршрутов ландшафтных профилей («Sentinel-2» от 12.04.2023 г.)

Материалы и методы

Определение динамики открытых песков в границах тестового полигона проводилось методом визуального экспертного дешифрирования материалов спутниковой съемки («Sentinel-2» с пространственным разрешением 10 м в комбинации спектральных каналов «естественные цвета») для марта, августа и октября 2022 и 2023 гг. Выбор такого периода исследований обусловлен тем, что в 2022 году Левокумский район подвергался влиянию интенсивных и продолжительных пыльных бурь [10], тогда как в 2023 году не было зафиксировано ни одной пыльной бури, а также зарегистрировано значительное для данной территории количество осадков. Выбор месяцев обусловлен тем, что в конце марта – начале апреля начинается вегетационный период травянистой растительности; в августе за счет особенностей вегетации проективное покрытие растительности снижается естественным путем; в конце октября состояние открытых песков практически приравнено к состоянию на конец года, поскольку в ноябре и декабре основным препятствием для дешифрирования становится облачный покров, к тому же, возможно смерзание почвы, препятствующее перемещению минеральных частиц [11].

Открытые пески определялись визуальным способом по прямым дешифровочным признакам (цвету, текстуре) – такой метод показал высокую точность при выявлении открытых песков в области широкого распространения засоленных участков [12, 13]. Соровые понижения, прилегающие к исследуемой территории, были изучены в ходе предварительных работ на территории юга Европейской части России [12, 14]. Наземная верификация результатов с фотофиксацией проводилась 28.09.2023 г.

Во время наземных исследований были проведены измерения толщины наносов минерального материала, а также определение видового состава растительности на песчаном массиве вдоль линий ландшафтных профилей (см. рис. 1). Толщина наносов измерялась как

высота поверхности открытых песков относительно окружающей подстилающей поверхности, принятой за нулевую отметку.

Статистическая обработка данных проводилась в программном обеспечении «MS Excel»; создание и редактирование векторных слоев, а также обработка и дешифрирование материалов спутниковой съемки проводились в геоинформационном ПО «QGIS».

Результаты и обсуждение

По результатам дешифрирования выявлена значительная динамика площадей открытых песков на территории тестового участка в течение двухлетнего периода (рис. 2). Точные значения площадей за каждый месяц приведены в таблице 1.

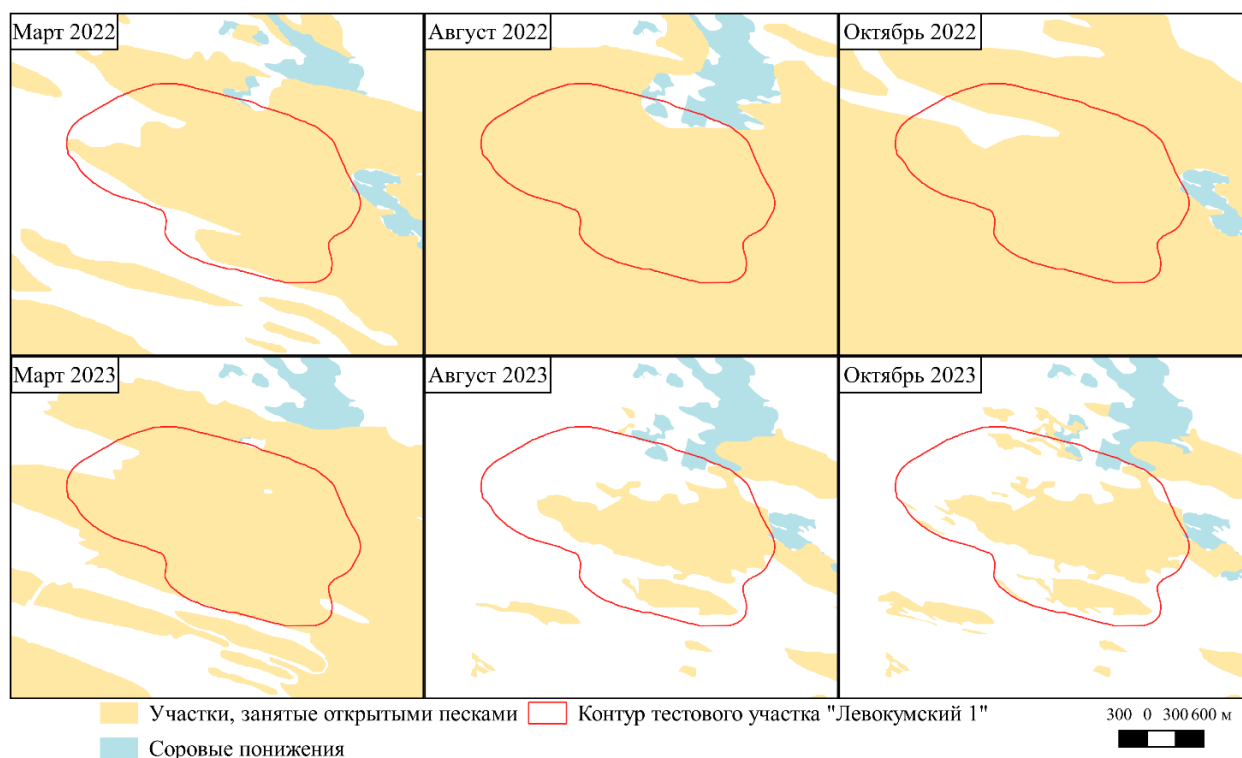


Рисунок 2 – Динамика массивов открытых песков на тестовом полигоне «Левокумский 1»

Таблица 1 – Площади открытых песков за исследуемый период

Год исследования	2022			2023		
Месяц исследования	Март	Август	Октябрь	Март	Август	Октябрь
Площадь открытых песков, га	359	413	398	404	190	203
Доля от общей площади, %	85,4	98,3	94,7	96,2	45,2	48,3

Площадь тестового участка составляет 430 га, из них соровые понижения занимают 7 га, при этом полное их исключение из рассматриваемых площадей песков невозможно в связи с тем, что в результате пыльных бурь соры могут подвергаться засыпанию [12]. Наибольшая площадь была занята открытыми песками в августе 2022 г., когда зарегистрирована наибольшая площадь открытых песков в году и наиболее продолжительная серия пыльных бурь – 413 га (98 % площади тестового участка) [10]. Основной причиной разрастания песчаных массивов является перекрытие окружающих территорий толщей нанесенного песка в результате пыльных бурь, которые в 2022 г. сочетались с продолжительными засушливыми периодами [8]. Соровые понижения в результате пыльных

бурь также засыпаются песком, но исключительно на краткий срок. Наименьшая площадь отмечена в августе 2023 года (190 га), поскольку в 2023 году выявлена устойчивая тенденция к сокращению видимых площадей образовавшихся в 2022 году песчаных массивов, обусловленная зарастанием окраин массивов псаммофитами в связи с низкой ветровой нагрузкой и достаточным увлажнением. Значительная доля растительных сообществ на песках представлена солянкой сорной (*Salsola tragus* L.) и кумарчиком песчаным (*Corispermum pungens* Vahl), чем обусловлен небольшой рост площади открытых песков к октябрю 2023 года – при засыхании эти виды могут образовывать форму «перекати-поле» и переноситься ветром на значительное расстояние от места произрастания [15].

По результатам полевых работ составлены ландшафтные профили северо-западной оконечности песчаного массива (рис. 3). Внемасштабные малые группы растений одного вида отмечены условными значками, тогда как скопления растений для улучшения читаемости профиля отмечались штриховкой.

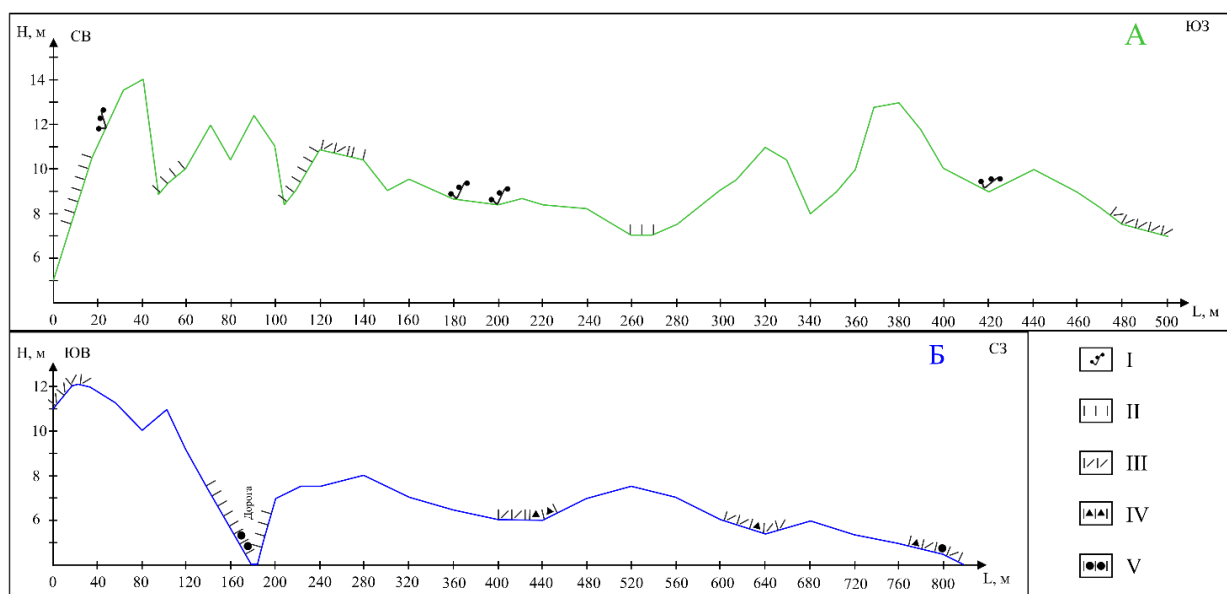


Рисунок 3 – Ландшафтные профили на тестовом участке «Левокумский 1» (I – солянка сорная (малые группы), II – солянка сорная (скопления), III – солянка сорная + гелиотроп, IV – солянка сорная + колючка золотистая, V – солянка сорная + кумарчик)

Профиль А, проложенный в направлении с северо-востока на юго-запад и пересекающий песчаный массив в одной из самых узких его частей, демонстрирует выраженный волнистый рельеф, связанный с пересечением множества барханов и межбарханных понижений, образовавшихся в результате эолового воздействия. Профиль Б, проложенный в направлении основных ветров, пересекает трассу федерального значения с гравийным покрытием, которая была своевременно расчищена от песчаных наносов. Тем не менее, заметно, что подветренная сторона массива более пологая и вблизи конца линии профиля мощность песков снижается. Видовое разнообразие растительности непосредственно на открытых песках ограничено солянкой сорной и гелиотропом (*Heliotropium europaeum* L.), которые приурочены, в основном, к понижениям, где ветровая нагрузка ниже, т.к. даже ветер со скоростью до 1 м/с приводил к образованию поземки. Тем не менее, признаков почвообразования (формирования гумусового слоя) в понижениях не обнаружено, вероятно, в связи с постоянным перемещением песчаных масс и небольшим сроком произрастания растительности на данных участках. На подветренной оконечности массива растительность более разнообразна и, помимо перечисленных выше видов, включает в себя кумарчик, колючку золотистую (*Xanthium spinosum* L.).

Выводы

В течение двух лет площади и конфигурация массивов открытых песков на территории тестового участка «Левокумский 1» значительно изменялись – песками было занято от 96 до 45 % площади участка. Основным фактором, влияющим на этот процесс, являются пыльные бури – при их отсутствии в 2023 году площади открытых песков стали стремительно сокращаться. При этом необходимо отметить, что зарастание песков однолетними пастбищными сорняками (плохо поедаемыми в связи с наличием шипов или ядовитостью) не может быть приравнено к естественному восстановлению исконных степных растительных сообществ Кизлярских пастбищ. Восстановление кормовой ценности пастбищных угодий на северо-востоке Ставропольского края в условиях интенсивной антропогенной нагрузки и прогрессирующего семенного опустынивания требует разработки фитомелиоративных мероприятий, например, проектирования и создания лесопастбищ.

Благодарности

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

Список литературы

1. Дорошенко В.В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 31-36.
2. Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Берденгадиева 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.
3. Стамбеков М.Д., Полякова С.Е. Метеорологические условия возникновения штормового ветра и пыльной бури в Атырауской области в январе 2021 г. // Географический вестник. 2021. № 3(58). С. 130-141.
4. Скрипчинский А.В., Антонов С.А. Космический мониторинг пастбищ восточных районов Ставропольского края // Наука. Инновации. Технологии. 2019. № 2. С. 125-136.
5. Юферев В.Г., Беляев А.И., Синельникова К.П. Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии // Изв. Нижневолжского агроуниверситет. комплекса: наука и высшее образование. 2022. № 4 (68). С. 465-473.
6. 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.
7. Чичагов В.П. Дороги и история дорожной деструкции в Калмыкии // Вестник Калмыцкого института социально-экономических и правовых исследований. 2004. № 1. С. 209-216.
8. Дорошенко В.В. Динамика площади открытых песков на северо-востоке Ставропольского края в 2022 г. // Географический вестник. 2023. № 4(67). С. 127-136. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-4-127-136.
9. Кулик К.Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2004. 248 с.
10. Дорошенко В.В. Пыльные бури на востоке Ставропольского края в 2017-2022 гг. // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 41-48. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-41-48.

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

12. Дорошенко В.В. Геоинформационное картографирование сорowych понижений и солончаков в Ставропольском крае // Изв. Нижневолжского агроуниверситет. комплекса: наука и высшее образование. 2022. № 4 (68). С. 553-561.

13. Пищулов С.А. Комплексная характеристика сорowych понижений Северо-Западного Прикаспия (на примере Астраханской области) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 2 (24). С. 123-126.

14. Берденгалиева А.Н., Дорошенко В.В. Пространственное распределение сорowych понижений на юге европейской России по данным дистанционного зондирования // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4 (119). С. 6-11.

15. Дзыбов Д.С. Растительность Ставропольского края = Vegetation of Stavropol Region: монография. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2018. 492 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 25.12.2023

Принята к публикации 11.06.2024

DYNAMICS OF THE OPEN SANDS AREAS AT THE TEST SITE IN THE NORTH-EAST OF THE STAVROPOL REGION IN 2022-2023

*V. Doroshenko¹, K. Sinelnikova¹, V. Voronina²

¹Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Russia, Volgograd

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University, Russia, Volgograd

e-mail: *doroshenko-vv@vfanc.ru

As a result of the work, data was obtained on the spatial and temporal occurrence of open sands on the test site in the north-east of the Stavropol Region (Levokumsky district) in 2022-2023. It was obtained by in-camera decryption of satellite imagery (Sentinel-2) and field studies (landscape profiling). It was revealed that the wind has the greatest influence on the dynamics of open sands. The species composition of vegetation on the sands (annual psammophytes) has been determined.

Key words: desertification, Stavropol Region, open sands, landscape profile, GIS technologies, remote sensing.

References

1. Doroshenko V.V. Geoinformatsionnyi analiz razvitiya protsessov opustynivaniya v Stavropol'skom krae. Nauchno-agronomicheskii zhurnal. 2022. N 3 (118). S. 31-36.

2. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V. Sputnikovyi monitoring protsessov opustynivaniya na yuge Evropeiskoi Rossii v 2019-2022 gg. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2022. T. 19. N 5. S. 319-327.

3. Stambekov M.D., Polyakova S.E. Meteorologicheskie usloviya vozniknoveniya shtormovogo vetra i pyl'noi buri v Atyrauskoii oblasti v yanvare 2021 g. Geograficheskii vestnik. 2021. N 3(58). S. 130-141.

4. Skripchinskii A.V., Antonov S.A. Kosmicheskii monitoring pastbishch vostochnykh raionov Stavropol'skogo kraia. Nauka. Innovatsii. Tekhnologii. 2019. N 2. S. 125-136.

5. Yuferev V.G., Belyaev A.I., Sinel'nikova K.P. Opustynivanie zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya v Chernozemel'skom raione Kalmykii. *Izv. Nizhnevolzhskogo agrouniversitet. kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*. 2022. N 4 (68). S. 465-473.
6. Melikhova A.V. Kartografirovaniye protsessov opustynivaniya v Astrakhanskom Zavolzh'e s primeneniem GIS-tekhnologii. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*. 2023. N 3(122). S. 40-45. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.006.40-45.
7. Chichagov V.P. Dorogi i istoriya dorozhnoi destruktzii v Kalmykii. *Vestnik Kalmytskogo instituta sotsial'no-ekonomicheskikh i pravovykh issledovaniy*. 2004. N 1. S. 209-216.
8. Doroshenko V.V. Dinamika ploshchadi otkrytykh peskov na severo-vostoke Stavropol'skogo kraya v 2022 g. *Geograficheskii vestnik*. 2023. N 4(67). S. 127-136. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-4-127-136.
9. Kulik K.N. Agrolesomeliativnoe kartografirovaniye i fitoekologicheskaya otsenka aridnykh landshaftov. Volgograd: izd. VNIALMI, 2004. 248 s.
10. Doroshenko V.V. Pyl'nye buri na vostoке Stavropol'skogo kraya v 2017-2022 gg. *Voprosy stepevedeniya*. 2023. N 3. S. 41-48. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-41-48.
11. Lapenko N.G., Eroshenko F.V., Storchak I.G. Rastitel'nost' stepnykh fitotsenozov i osobennosti ee vegetatsii v usloviyakh Stavropol'skogo kraya. *Agrarnyi vestnik Urala*. 2020. N 2 (193). S. 9-19.
12. Doroshenko V.V. Geoinformatsionnoe kartografirovaniye sorovykh ponizhenii i solonchakov v Stavropol'skom krae. *Izv. Nizhnevolzhskogo agrouniversitet. kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*. 2022. N 4 (68). S. 553-561.
13. Pishchulov S.A. Kompleksnaya kharakteristika sorovykh ponizhenii Severo-Zapadnogo Prikaspiya (na primere Astrakhanskoi oblasti). *Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*. 2013. N 2 (24). S. 123-126.
14. Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V. Prostranstvennoe raspredeleniye sorovykh ponizhenii na yuge evropeiskoi Rossii po dannym distantsionnogo zondirovaniya. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*. 2022. N 4 (119). S. 6-11.
15. Dzybov D.S. Rastitel'nost' Stavropol'skogo kraya = Vegetation of Stavropol Region: monografiya. Stavropol': AGRUS Stavropol'skogo gos. agrarnogo un-ta, 2018. 492 s.

Сведения об авторах:

Дорошенко Валерия Витальевна

Младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)

ORCID 0000-0003-3253-1132

Doroshenko Valeriya

Junior Researcher, Laboratory of Geoinformation modeling and Mapping of agroforestry landscapes, Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of Agroecology of the RAS)

Синельникова Ксения Павловна

Младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)

ORCID 0000-0003-0778-1762

Sinelnikova Kseniya

Junior Researcher, Laboratory of Geoinformation modeling and Mapping of agroforestry landscapes, Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of Agroecology of the RAS)

Воронина Валентина Павловна

Д.с.-х.н., старший научный сотрудник кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

ORCID 0000-0002-3441-5314

Voronina Valentina

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Department of Agroecology and Forest Reclamation of Landscapes, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University

Для цитирования: Дорошенко В.В., Синельникова К.П., Воронина В.П. Динамика площадей открытых песков на тестовом полигоне на северо-востоке Ставропольского края в 2022-2023 гг. // Вопросы степеведения. 2024. № 2. С. 26-33. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-2-26-33