

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

УДК 631.95

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.003.23-28

Воздействие пыльных бурь на пахотные земли на северо-востоке Ставропольского края в 2022 г.

Валерия Витальевна Дорошенко✉, м.н.с., doroshenko-vv@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-3253-1132
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info.vfanc.ru,
400062, Университетский проспект, 97, Волгоград, Россия

Аннотация. Существует проблема оперативного выявления очагов дефляции пахотных земель после пыльных и песчаных бурь. В статье представлена методика определения очагов дефляции с учетом климатических данных. Представлены результаты камерального дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли, а также полевых исследований воздействия пыльных бурь в августе и сентябре 2022 г. на пашню в пределах северо-восточных районов Ставропольского края (Арзгирского, Левокумского, Нефтекумского). В рамках исследования проведено визуальное дешифрирование космических снимков «Landsat-8,9» (пространственное разрешение 30 м) с применением комбинации каналов, включающей ИК-диапазон, для определения последствий пыльных бурь на пахотных землях. В том числе измерены пылевые шлейфы, состоящие из развеваемых ветром верхних слоев почвы. При полевых исследованиях в сентябре 2022 г. проводились замеры толщины наносов песка для определения влияния полезащитных лесных насаждений на эоловый перенос минерального материала, проведена фото-фиксация. Получены данные о продолжительности и интенсивности пыльных бурь (всего 19 дней, наиболее продолжительная буря 20-28 августа). Составлена схема пространственного расположения зон активной дефляции и повреждений пашни с учетом почвенных контуров. Выявлено, что наиболее активно дефляция проявлялась в Левокумском районе, что соответствует данным о развитии процессов опустынивания на прилегающих территориях края и в соседних регионах; наименее пострадавшим является Арзгирский район. Оперативное картографирование последствий пыльных бурь позволит планировать мелиоративные мероприятия и в кратчайшие сроки выявлять наиболее пострадавшие участки. Использование материалов ДЗЗ для мониторинга последствий пыльных бурь позволяет увеличить повторяемость исследований без значительного увеличения трудозатрат.

Ключевые слова: Ставропольский край, пахотные земли, опустынивание, дефляция, пыльные бури, дистанционное зондирование, ГИС-технологии.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100406-6 «Теоретические основы и математико-картографические модели функционирования агролесомелиоративных систем в защите почв от дефляции».

Цитирование. Дорошенко В.В. Воздействие пыльных бурь на пахотные земли на северо-востоке Ставропольского края в 2022 г. // Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 23-28. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.003.23-28

Поступила в редакцию: 22.06.2023

Принята к печати: 11.09.2023

Введение. Восточная часть Ставропольского края в последние годы подвергается воздействию значительно участвовавших пыльных и песчаных бурь [10]. Они приводят к образованию очагов дефляции и массивов открытых песков на открытых участках и пастбищных землях [2; 9]. При этом ветровое воздействие на распаханые территории приводит к дефляции – выдуванию верхнего плодородного слоя почвы и формированию пыльных бурь. Почвы на востоке Ставропольского края имеют легкий гранулометрический состав, что способствует их развеванию [3; 7]. В условиях изменения частоты пыльных бурь актуальным является не только исследование незащищенных территорий, например, пастбищ, лишенных защитных насаждений, но и пашни, которая подвергается значительному эоловому воздействию даже при наличии полезащитных лесных полос [8].

По данным метеостанций, август и сентябрь 2022 г. прогнозировались и отмечались как месяцы с наибольшей продолжительностью и значительной интенсивностью пыльных бурь, приводящих как к развитию процессов опустынивания, так и к дефляции на распаханых территориях.

Цель исследования заключалась в выявлении воздействия пыльных бурь в августе и сентябре 2022 г. на пахотные земли на северо-востоке Ставропольского края с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Материалы и методы. Исследование проводилось на территории трех административных районов Ставропольского края – Арзгирского, Левокумского и Нефтекумского. Данные районы располагаются на северо-востоке региона и подвергались наибольшему воздействию пыльных бурь в 2022 г. [2; 10]. Согласно агроклиматическому

районированию, территория районов относится к очень засушливому агроклиматическому району [1]. Значительная часть территории исследования (более 60%) занята пахотными землями, в основном тяготеющими к западной границе, остальная часть территории относится к пастбищам, за исключением территории соленых озер на севере зоны исследования и участков, на которых располагаются нефтедобывающие устройства [8]. Исследуемая территория располагается в пределах Прикаспийской низменности и характеризуется относительно плоским рельефом [4; 11]. Пашня на данной территории оснащена сетью полезащитных лесных насаждений [5].

Области активной дефляции и последствия пыльных бурь дешифрировались визуально с использованием мультиспектральных спутниковых снимков «Landsat-8,9» (пространственное разрешение 30 м) в искусственных цветах (зеленый, ближний ИК, коротковолновый ИК). Такая комбинация каналов позволяет более заметно выделить зоны, в которых минеральный материал поднимается ветром с поверхности земли. Использовались спутниковые снимки с номерами тайлов 170029 (таблица 1). Определение границ пашни по состоянию на 2022 г. проводилось с использованием мультиспектральных спутниковых снимков «Sentinel-2» (пространственное разрешение 10 м) в комбинации каналов «естественные цвета» (красный, зеленый, синий) и материалов сервиса «Google Earth».

Данные о типах почв и их пространственном расположении получены с помощью Национального атласа почв Российской Федерации [6]. Карта типов почв на северо-востоке Ставропольского края была векторизована для упрощения подсчетов и присвоения атрибутов путем оверлейных операций.

Определение участков, засыпанных песком или перенесенным минеральным материалом в результате пыльных бурь, проводилось путем сравнения цветовых характеристик и структуры пашни до и после бури.

Обработка растровых материалов космической съемки и векторных данных проводилась в геоинформационном ПО «QGIS 3.26», статистическая обработка данных проводилась в «MS Excel».

Данные о датах (таблица 1) и характеристиках пыльных бурь были получены с сайта «Погода и климат» (<http://www.pogodaiklimat.ru/>) для метеостанции в г. Арзгир, а также ближайших метеостанций в г. Буденновск и г. Зеленокумск.

Результаты и обсуждение. Использование данных ДЗЗ сокращает временные затраты на определение площади пашни и позволяет оперативно выявлять очаги дефляции, наблюдать состояние территории до и после бури, а при совпадении дат съемки и пыльной бури – оценивать интенсивность и дальность эолового переноса частиц. Поля, подвергшиеся дефляции или засыпанию песком, или перенесенным минеральным материалом, резко изменяют цвет на более светлый, приобретают более гладкую структуру, а также приобретают менее четкие границы.

Таблица 1. Даты спутниковой съемки и пыльных бурь

Даты пыльных бурь	Даты спутниковой съемки
-	02.08
10.08-15.08	18.08
18.08	
20.08-28.08	25.08 26.08
04.09	02.09
	03.09
	10.09
12.09	11.09
19.09	18.09
	26.09
-	13.10

В сентябре 2022 г. было проведено полевое исследование последствий пыльной бури 20-28 августа, в том числе, обследованы подвергшиеся эоловому воздействию поля (рисунок 1), проведены замеры длины осевшего шлейфа и толщины наносного слоя.



Рисунок 1. Полезащитная полоса (гледичия трехколючковая (*Gleditsia triacanthos*)), подвергшаяся воздействию пыльной бури (06.09.2022 г., Нефтекумский район, 44.98115° с.ш., 44.59457° в.д.)

Большое влияние оказывают полевые насаждения как препятствие для распространения ветров, что приводит к осаждению перед ними и в них минеральных частиц. Но это в том случае, если полевые полосы посажены в соответствии с рекомендованными нормами [5]. При пыльных бурях на незащищенной пашне происходит сдувание верхнего слоя почвы и перенос его на значительное расстояние.

На исследуемой территории (Нефтекумский район, 44.98115° с.ш., 44.59457° в.д.) полевые полосы не соответствуют нормам: полоса состоит из одного ряда (*Gleditsia triacanthos*) с расстояниями между деревьями от 3 до 20 метров и большим количеством выпавших деревьев.

В результате дешифрирования границ пахотных земель выделено 3900 полей, общей площадью 555,2 тыс. га. Пашня занимает наибольшую долю площади в Арзгирском районе, в то время как восточная часть Левокумского и северо-восточная часть Нефтекумского районов практически не распаханы.

Всего в результате дешифрирования выявлено 76 участков пашни с видимыми повреждениями: выдуванием частиц почвы на соседние поля и формированием наносов. Также по космическим снимкам от 25.08.2022 г. выявлено 10 зон дефляции с протяженными шлейфами поднятых в воздух минеральных частиц (рисунок 2). Дефляция на территориях, не занятых пашней, в данном исследовании не учитывалась (рисунок 3). При составлении схемы последствий пыльных бурь также учитывались почвенные контуры.

Наиболее активно дефляция проявлялась на полях Левокумского района, граничащих с нераспаханной частью территории края. Данная область подвергалась наиболее сильному воздействию пыльных бурь в 2022 г., которые привели к образованию крупных массивов песков, подверженных развеванию [9]. Пострадавшие поля располагаются преимущественно на светло-каштановых почвах.

Согласно данным сайта «Погода и климат», всего за август и сентябрь 2022 г. было зарегистрировано 6 пыльных бурь общей продолжительностью 19 дней, что составляет 65% от общей продолжительности пыльных бурь в течение года. При этом наиболее продолжительной и интенсивной была пыльная буря 20-28 августа, зарегистрированная на всех трех метеостанциях; в это время наблюдался восточный ветер 7-20 м/с, видимость по отметкам метеостанций составляла от «менее 2 км» до «менее 4 км» (рисунок 4). Длина видимых пылевых шлейфов, зарегистрированных космическим снимком от 25.08.2022 г., варьировалась от 3,8 до 109 км.

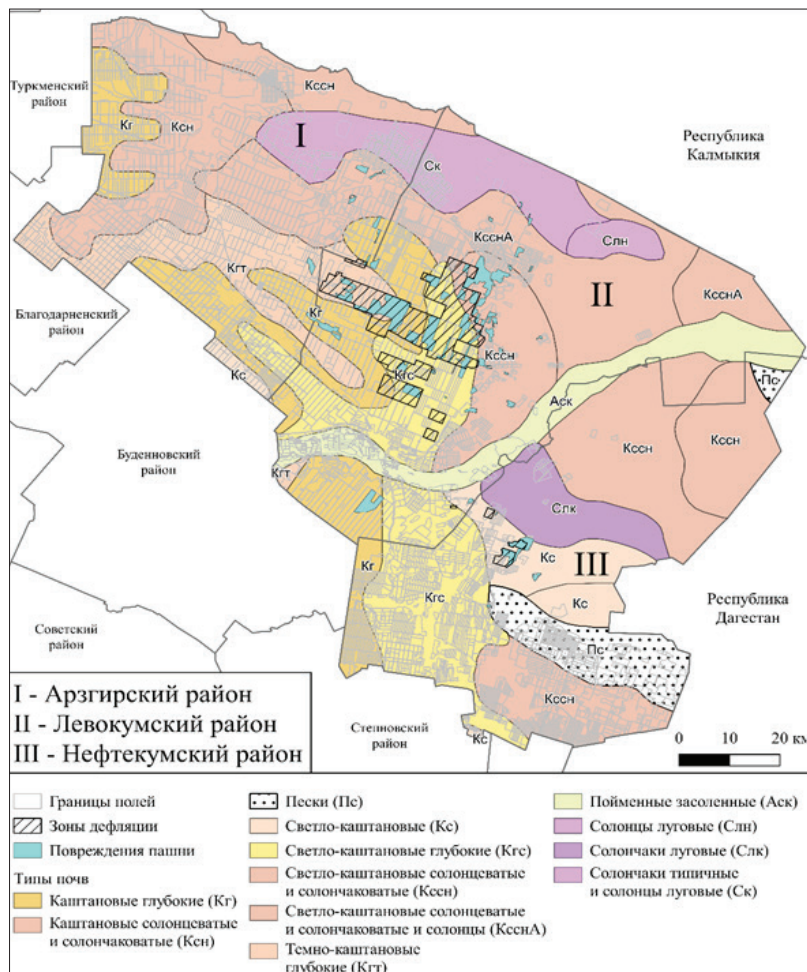


Рисунок 2. Схема расположения зон дефляции и поврежденных полей относительно почвенных контуров



Рисунок 3. Дефляция на территориях, не занятых пашней

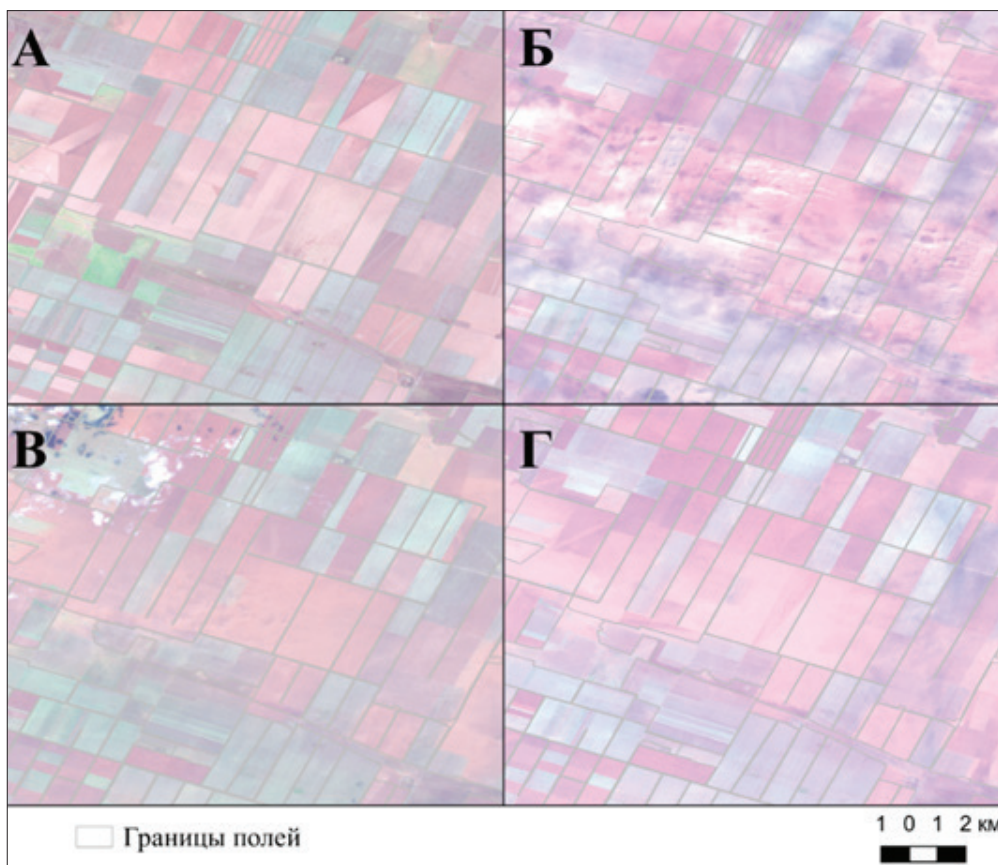


Рисунок 3. Состояние полей: А – до пыльной бури (02.08.2022 г.),
 Б и В – во время пыльной бури (25.08.2022 г. и 03.09.2022 г.),
 Г – после пыльной бури (18.09.2022 г.)
 (Нефтекумский район, 44.6746° с.ш., 45.0618° в.д.)

Наиболее длинный пылевой шлейф протянулся от полей на каштановых глубоких и светло-каштановых глубоких почвах в центре Левокумского района на запад через Арзгирский, Благодарненский, Туркменский районы Ставропольского края [6, 7]. Зоны дефляции имеют протяженную форму и ориентированы на восток, в соответствии с направлением ветра во время пыльной бури. Также зарегистрированы шлейфы выносимого материала с восточной части района, где располагаются массивы открытых песков [2], но в подсчетах площадей зон активной дефляции данные территории не учитывались. При этом занятые песками участки могут служить источниками минерально-

го материала, в связи с чем большое значение имеет расстояние от поврежденных дефляцией полей до песчаных массивов. Если в Левокумском и Нефтекумском районах расстояние до песчаных массивов составляет от 8 до 45 км, в зависимости от пространственного положения поля, то в Арзгирском районе расстояние от поврежденных полей до песчаных массивов 41 км и более.

Необходимо отметить, что 03.09.2022 г. по данным сайта «Погода и климат» пыльная буря не наблюдалась, но на космическом снимке видна активная дефляция.

Согласно проведенным полевым исследованиям на территории Левокумского и Нефтекумско-

го районов, полезащитные лесные полосы даже при наличии повреждений и выпадов оказывают значительное влияние на перенос и накопление минерального материала во время пыльных бурь. Переносимые частицы почвы и песка аккумулируются в лесных полосах. Так, при восточном ветре толщина наносов восточнее лесополос составляла от 10 до 22 см, непосредственно в лесополосе – от 30 до 45 см, западнее лесополосы – 20-35 см. Длина «языков» выноса частиц почвы с полей при наличии полезащитных насаждений составляла от 4 до 10 м с быстрым убыванием толщины наносов, тогда как без полезащитных насаждений или при широких промежутках между деревьями минеральные частицы выносились на расстояние до 50 м. В Арзгирском районе обследованная лесная полоса (44.25005° с.ш., 45.35419° в.д.) выгорела в мае 2022 г., но после пыльной бури наблюдалась схожая картина – толщина наносов восточнее лесополос составляла 2-3 см, в лесополосе до 10 см. Замеры толщины наносов западнее лесополос осложнялись тем, что при расчистке занесенной песком дороги на этом месте скопился слой песка толщиной до 47 см, в связи с чем оценить толщину слоя песка эолового происхождения не представлялось возможным.

Выводы. Использование дистанционных методов оценки последствий пыльных бурь сокращает трудозатраты, связанные с поиском активных зон дефляции и нарушений почвенного покрова, а также временные затраты на анализ состояния выявленных участков. В результате дешифрирования определены зоны активной дефляции и повреждения пашни – заносы минеральным материалом, переносимым ветром, и выдувание верхнего слоя почвы.

Данные полевых обследований и материалы дистанционного зондирования показывают, что наиболее сильной дефляции подвергалась пашня на территории Левокумского района, менее выражены данные процессы были на территории Нефтекумского района. В Арзгирском районе практически не отмечались зоны активной дефляции, а накопление переносимых ветром минеральных частиц было более слабым, чем в других районах территории исследования. Такое распределение может быть связано с пространственным положением, более удаленным от основного источника минерального материала – песчаных массивов, сформировавшихся в результате воздействия климатических и антропогенных факторов на паст-

бищах Левокумского и Нефтекумского районов, а также Ногайского района Республики Дагестан, которые располагаются восточнее исследуемой территории.

Выявление постоянных зон активной дефляции с помощью ретроспективного анализа позволит планировать создание и модернизацию сети полезащитных лесных полос.

Литература:

1. Антонов С.А., Каторгин И.Ю. Картографирование характеристик изменения климата в Ставропольском крае // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 2021. Т. 27. №3. С. 171-182. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-171-182
2. 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
3. Казеев К.Ш., Кузнецова Ю.С. Эколого-биологические особенности аридных почв Прикаспийской низменности // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2010. №5(159). С. 83-85. EDN: MZIEHX
4. Кулик К.Н., Петров В.И., Юферев В.Г., Ткаченко Н.А., Шинкаренко С.С. Геоинформационный анализ опустынивания северо-западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2(83). С. 16-24. EDN: TJYXNB
5. Лошаков А.В., Хасай Н.Ю. Мониторинг качественного состояния защитных лесных насаждений Ставропольского края // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 5. С. 13. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10219
6. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель: АСТ. 2011. 632 с.
7. Цховребов В.С., Фаизова В.И. Почвы и климат Ставрополья // Вестник АПК Ставрополья. 2015. № S2. С. 21-34. EDN: TSLIIP
8. Шаповалов Д.А., Ключин П.В., Савинова С.В. Экологические проблемы сельскохозяйственного землепользования в Ставропольском крае // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2(83). С. 57-62. EDN: HQLAFJ
9. 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
10. Шинкаренко С.С., Барталев С.А. Последствия пыльных бурь на юге европейской части России в сентябре-октябре 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. №7. С. 270-275. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-270-275
11. Юферев В.Г., Мелихова А.В., Балынова В.В. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Манычской впадины // Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12. № 2. С. 67-76. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.003.23-28

The Impact of Dust Storms on Arable Land in the North-East of the Stavropol Region in 2022

Valeria V. Doroshenko[✉], Junior Researcher, doroshenko-vv@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-3253-1132, “Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences” (FSC of Agroecology of the RAS), e-mail: info.vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 97, Volgograd, Russia

Abstract. There is an urgent need to promptly identify the arable land deflation foci after dust and sand storms. The article presents a method for determining the deflation foci taking into account climatic data. The Earth remote sensing materials desk interpretation results, as well as the impact of dust storms in August and September 2022 on arable land within the north-eastern districts of the Stavropol Territory (Arzgirsky, Levokumsky, Neftekumsky) field studies results are presented. The visual decoding of «Landsat-8,9» satellite images (spatial resolution of 30 m) was carried out to determine the effects of dust storms on arable land using a combination of channels, including the IR range, as part of the study. In particular, dust trails consisting of upper layers of soil blown by the wind were measured. During field studies in September 2022, measurements of the sand deposits thickness were carried out to determine the effect of protective forest plantations on the aeolian transfer of mineral material. Photo documentation was carried out. Data on the duration and intensity of dust storms were obtained (19 days in total, the longest dust storm was on August 20-28). A map of the zones of active deflation spatial arrangement and damage to arable land, taking into account soil contours, has been compiled. It was revealed that deflation was most active in the Levokumsky district, which corresponds to the desertification processes development data in the adjacent territories of the region and in neighboring regions. Arzgirsky district was the least affected. Promptly mapping of the dust storms consequences will allow planning land reclamation measures and identifying the most affected areas in shortest time. The use of remote sensing materials for monitoring the dust storms effects makes it possible to increase the repeatability of studies without significantly increasing of labor costs.

Keywords: Stavropol Region, arable lands, desertification, deflation, dust storms, remote sensing, GIS technologies

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. Doroshenko V.V. The Impact of Dust Storms on Arable Land in the North-East of the Stavropol Region in 2022. *Scientific Agronomy Journal.* 2023;3(122): 23-28. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.003.23-28

Received: 22.06.2023

Accepted: 11.09.2023

References:

1. Antonov S.A., Katorgin I.Yu. Mapping the characteristics of climate change in the Stavropol Region. *Intercarto. Intergis.* 2021; 27(3): 171-182. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-171-182
2. 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
3. Kazeev K.Sh, Kuznetsova Yu.S. Ecological and biological features of the Caspian lowland arid soils. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki = Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskii Region. Natural Science.* 2010; 5(159): 83-85. (In Russ.) EDN: MZIEHX
4. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G. et al. Geoinformation analysis of desertification in the North-Western Near-Caspian Region. *Aridnye ekosistemy = Arid Ecosystems.* 2020; Vol 26, 2(83): 16-24. (In Russ.) EDN: TJYXNB
5. Loshakov A.V., Khasaj N.Yu. Monitoring of the qualitative state of protective forest plantations in the Stavropol Region. *International Agricultural Journal.* 2020; 63(5): 13. (In Russ.) DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10219
6. National Atlas of Soils of the Russian Federation. M. “Astrel’: AST” Publ. house. 2011: 632.
7. Tskhovrebov VS, Faizova VI. Soils and climate of Stavropol Region. *Vestnik APK Stavropol'ya = Agricultural Bulletin of Stavropol Region.* 2015; (S2): 21-34. (In Russ.) EDN: TSLIIP
8. Shapovalov D.A., Klyushin P.V., Savinova S.V. Ecological problems of agricultural land use in the Stavropol Region. *Aridnye ekosistemy = Arid Ecosystems.* 2020. Vol. 26, 2(83): 57-62. (In Russ.) EDN: HQLAFJ
9. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V. Satellite monitoring of desertification processes in the South of 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. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327
10. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Consequences of dust storms in the south of the European part of Russia in September-October 2020. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space.* 2020; 17(7): 270-275. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-270-275
11. Yuferev V.G., Melikhova A.V., Balynova V.V. Geoinformation analysis of the Kuma-Manych depression relief. *Prirodnye sistemy i resursy = Natural Systems and Resources.* 2022; 12(2): 67-76. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9 (In Russ.) EDN: TDGQVF

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.