

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Научная статья

УДК 631.95

doi: 10.17072/2079-7877-2023-4-127-136

**ДИНАМИКА ПЛОЩАДИ ОТКРЫТЫХ ПЕСКОВ
НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ В 2022 Г.****Валерия Витальевна Дорошенко**

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

doroshenko-vv@vfanc.ru, Author ID: 1143179, Scopus ID: 57223023789

Аннотация. Рассматривается ежемесячная динамика пространственного размещения открытых песков (очагов опустынивания и песчаных массивов) за 2022 г. в северо-восточной части Ставропольского края – Левокумском и Нефтекумском районах. Картографирование открытых песков проводилось с использованием ГИС-технологий и материалов дистанционного зондирования Земли (Landsat-8, 9) за каждый месяц 2022 г., за исключением января, ноября и декабря. Минимальная выявленная площадь открытых песков составляет 19,5 тыс. га (июнь), максимальная – 53,3 тыс. га (август), что составляет 6,3% общей площади территории исследования. Общий прирост площади открытых песков на конец года составил 25,9 тыс. га (в 2 раза по сравнению с началом года). За весь период исследования выявлено почти 4 тыс. участков, занятых песками, общей площадью более 300 тыс. га. За рассматриваемый период зарегистрировано 14 пыльных бурь (общая продолжительность составила 29 дней). Наиболее интенсивная зарегистрированная пыльная буря с наибольшей скоростью ветра и наименьшей видимостью за весь исследуемый период в начале марта 2022г. привела к увеличению площади песков в 1,5 раза. Наибольший прирост площади открытых песков наблюдался в августе (в 2,1 раза, на 28 тыс. га), когда были отмечены самые продолжительные в году пыльные бури. Установлена зависимость между продолжительностью пыльных бурь в течение месяца и приростом площади открытых песков. В исследовании учтена площадь засоления в виде сорных понижений.

Ключевые слова: опустынивание, пыльные бури, открытые пески, Ставропольский край, данные ДЗЗ, ГИС-технологии

Благодарности. 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».

Для цитирования: Дорошенко В. В. Динамика площади открытых песков на северо-востоке Ставропольского края в 2022 г. // Географический вестник = Geographical bulletin. 2023. № 4(67). С.127–136. DOI:10.17072/2079-7877-2023-4-127-136

ECOLOGY AND NATURE USE

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2023-4-127-136

DYNAMICS OF THE AREA OF OPEN SANDS IN THE STAVROPOL REGION IN 2022**Valeriya V. Doroshenko**Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the RAS, Volgograd, Russia
doroshenko-vv@vfanc.ru, Author ID: 1143179, Scopus ID: 57223023789

Abstract. The article examines monthly dynamics of spatial distribution of open sands (desertification hotbeds and sand masifs) in the north-eastern part of the Stavropol region (Levokumsky and Neftekumsky districts) for 2022. The sands were mapped using GIS technologies and Earth remote sensing materials (Landsat-8, 9) for each month of 2022, with the exception of January, November, and December. The minimum identified area of open sands is 19.5 thousand ha (June), the maximum is 53.3 thousand ha (August), which is 6.3% of the total study area. The total increase in the area of open sands at the end of the year was 25.9 thousand ha (a twofold increase compared to the beginning of the year). For the entire period under study, almost 4 thousand sand plots were identified, with a total area of more than 300 thousand ha. During the study period, 14 dust storms were registered (with the total duration of 29 days). The most intense dust storm of these, with the highest wind speed and the lowest visibility, occurred in early March 2022, and it led to a 1.5-fold increase in the sand area. The largest increase in the area of open sands was noted in August (by 2.1 times, by 28 thousand ha), when the longest dust storms of the year occurred. The relationship between the duration of dust storms during a month and the increase in the area of open sands has been established. The study takes into account the salinization area in the form of sor depressions.

Keywords: desertification, dust storms, open sands, Stavropol region, remote sensing data, GIS technologies



Экология и природопользование
Дорошенко В.В.

Acknowledgments: the study was carried out as part of the state assignment of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, research No. 122020100405-9 'Cartographic modeling of the state, functioning, and dynamics of processes on deserted territories with the use of information technologies'.

For citation: Doroshenko, V.V. (2023). Dynamics of the area of open sands in the Stavropol region in 2022. *Geographical Bulletin*. No. 4(67). Pp. 127–136. DOI:10.17072/2079-7877-2023-4-127-136

Введение

Пыльные бури, значительно участившиеся с 2017 г., оказывают огромное влияние на развитие процессов опустынивания на территории Прикаспийской низменности [17; 20]. Увеличение площадей открытых песков приводит к сокращению продуктивности и площади пастбищ у регионов с животноводческой специализацией. Последствия пыльных бурь обусловливает разрушение объектов инфраструктуры и ухудшение транспортной доступности отдаленных населенных пунктов [8]. Массивы открытых песков, образовавшиеся в результате переноса песков во время бурь, могут служить очагами дефляции и способствовать формированию последующих пыльных бурь.

Исследования, проводимые ранее на востоке Ставропольского края, например [7; 16; 15; 20], как правило, учитывают площадь открытых песков, зафиксированную в рамках вегетационного периода или в один период года – в период максимальной (конец весны или начало лета) или минимальной (конец лета и начало осени) вегетации, и не учитывают сезонную динамику процессов опустынивания [4]. При этом необходим также учет воздействия пыльных и песчаных бурь, оказывающих значительное влияние на динамику площади открытых песков вне зависимости от вегетационного периода [20]. В связи с этим целью настоящего исследования является проведение картографирования открытых песков с учетом количества и продолжительности пыльных бурь по состоянию на каждый месяц 2022 г., кроме января, ноября и декабря (в связи с невозможностью получения безоблачных спутниковых снимков).

Зона исследования охватывает часть Кумо-Манычской впадины и Терско-Кумской низменности, которые являются частью Прикаспийской низменности [9]. В административном отношении территория исследования включает в себя Левокумский и Нефтекумский муниципальные районы, расположенные на северо-востоке Ставропольского края. Данная территория располагается в переходной зоне между степной и полупустынной природными зонами, по агроклиматическому районированию относится к очень засушливому агроклиматическому району [2]. На севере и востоке к зоне исследования примыкают территории Республики Калмыкия (Ики-Бурульский и Черноземельский районы) и Республики Дагестан (Ногайский район), также в значительной мере подверженные опустыниванию и воздействию пыльных бурь [8; 11; 12; 15; 18; 19; 22; 23]. Очаги опустынивания, распространенные также в Курском и Степновском районах Ставропольского края, прилегающих с юга к зоне исследования, являются стабильными и мало подвержены воздействию пыльных и песчаных бурь, их площади и конфигурация незначительно изменились в течение последних 30 лет [7].

Материалы и методы

Использование данных дистанционного зондирования позволяет значительно снизить трудовые и временные затраты на проведение исследований ландшафтов, а значит, – увеличить периодичность исследований, повысить их оперативность и проводить ретроспективный анализ даже для участков, на которые отсутствуют данные наземных наблюдений [14; 24]. В исследовании использовались мультиспектральные космические снимки «Landsat-8, 9» с пространственным разрешением 30 м. Дешифрирование очагов опустынивания и массивов открытых песков проводилось визуальным способом с использованием комбинации каналов «естественные цвета» (красный-зеленый-синий спектральные каналы), которая обеспечивает достаточную контрастность для дифференциации песков и элементов окружающего ландшафта (рис. 1). Для обеспечения максимально объективного учета ежемесячной ди-

Экология и природопользование
Дорошенко В.В.

намике площадей песков были использованы спутниковые снимки с датами, наиболее приближенными к концу месяца (табл. 1). Конфигурация сцен «Landsat» и границ зоны исследования позволяет использовать одну сцену для картографирования открытых песков по состоянию на определенный месяц, но при наличии облачного покрова или других помех применялись дополнительные снимки с иными датами и номерами сцен. В связи со сплошным облачным покровом, сохранявшимся в течение января, ноября и декабря 2022 г., картографирование песков по состоянию на эти месяцы не проводилось. Похожие метеорологические условия складывались на прилегающей территории Ногайского района (Республика Дагестан) в ноябре 2022 г. [4]. Подробно методика выполнения работ описана в [7, 20]. Полевая верификация результатов дешифрирования материалов космической съемки с использованием данной методики показала достаточную степень достоверности [20].

Таблица 1

Даты съемки использованных космических снимков
Dates when the satellite images used in the study were shot

Месяц	Основной снимок		Дополнительный снимок	
	№ сцены и витка	Дата съемки	№ сцены и витка	Дата съемки
Февраль	170029	15.02	170029	07.02
Март		30.03	170029	22.03
Апрель		28.04	-	-
Май		30.05	-	-
Июнь		23.06	170029	07.06
			171029	30.06
Июль		26.07	170029	25.07
Август		26.08	-	-
Сентябрь		26.08	-	-
Октябрь		13.10	-	-

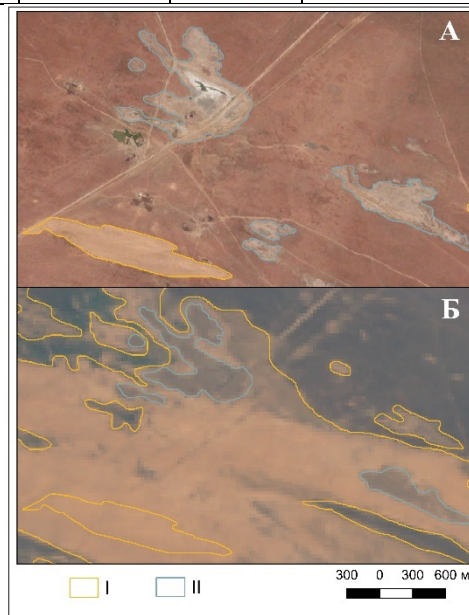


Рис. 1. Фрагмент космического снимка (45.53438° с. ш., 45.1344° в. д.): А – материалы Google Earth (август 2020 г.); Б – материалы Landsat-8 (март 2022 г.); I – границы песчаных массивов; II – границы соровых понижений
Fig. 1. A fragment of a satellite image (45.53438° N, 45.1344° E): A – Google Earth materials (August 2020); Б – Landsat-8 materials (March 2022); I – boundaries of sand massifs; II – boundaries of sor depressions

Среднегодовое количество осадков в зоне исследования составляет около 300 мм (по данным метеостанций в г. Южно-Сухокумск и г. Буденновск), но в последние 10 лет наблюдается тренд к аридизации климата (сокращению среднегодового количества осадков и повышению среднегодовых температур), что благоприятствует развитию процессов опустынивания [2; 7]. Данные о пыльных бурях были получены с помощью сервиса

Экология и природопользование
Дорошенко В.В.

(<http://www.pogodaiklimat.ru/>) как о днях с отметкой явления «пыльная буря» и дальностью видимости менее 4 км для ближайших метеостанций в городах Арзгир, Буденновск, Зеленокумск.

Левокумский и Нефтекумский районы Ставропольского края подвержены антропогенному воздействию, оказывающему значительное воздействие на аридные пастбища. Западная часть зоны исследования почти не подвержена эоловому накоплению песков благодаря высокой степени распаханности и наличию сети защитных лесных насаждений, в то время как восточная часть практически лишена не только древесных, но и кустарниковых насаждений, способных противостоять переносу минеральных частиц во время пыльных и песчаных бурь. Также сохранению энергии ветров способствует равнинный тип рельефа Прикаспийской низменности и, в частности, Кумо-Манычской впадины [21]. Большое влияние на развитие процессов опустынивания оказывает наличие нефтедобывающих устройств, т.к. их создание и эксплуатация приводят к формированию разветвленной сети дорог без твердого покрытия, которые также могут служить очагами дефляции.

Значительное воздействие на интенсивность процессов опустынивания в восточной части зоны исследования оказывает выпас малого рогатого скота. Сокращение площади открытых пастбищ вследствие перевыпаса и засыпания пастбищных угодий песком в результате пыльных и песчаных бурь с 2010 по 2022 г. привело к сокращению поголовья овец и коз более чем на 400 тыс. голов [7]. При этом пастбищная нагрузка на оставшиеся территории снизилась незначительно или осталась неизменной в связи с сокращением пригодных для выпаса земель.

В исследовании учитывались границы сорных понижений и солончаков, полученные в ходе предварительных исследований данной территории. Соры имеют сходные с открытыми песками спектральные характеристики, а потому могут искажать площади опустынивания, получаемые в результате визуального или полуавтоматического дешифрирования материалов спутниковой съемки [3; 6; 13].

Обработка растровых материалов космической съемки и их дешифрирование, а также формирование картографических материалов проводились в программной среде ГИС «QGIS 3», статистическая обработка полученных данных выполнялась в среде «MS Excel».

Результаты и обсуждение

В результате экспертного дешифрирования материалов спутниковой съемки за весь период исследования (февраль-октябрь 2022 г.) выявлено более 3,8 тыс. очагов опустынивания и песчаных массивов общей площадью 311,2 тыс. га (рис. 2).

В количественном отношении преобладают очаги опустынивания площадью до 10 га (2,4 тыс. участков, 63,2% общего количества), при этом их площадь составляет всего 7 тыс. га. В площадном отношении наибольший вес имеет класс объектов с площадью более 1 тыс. га – всего выявлено 48 таких участков с общей площадью 204,5 тыс. га (65,7% общей площади).

Полученные данные проанализированы с дифференциацией по месяцам (табл. 2) и сопоставлены с продолжительностью пыльных бурь, зарегистрированных ближайшими метеостанциями.

Экология и природопользование
Дорошенко В.В.

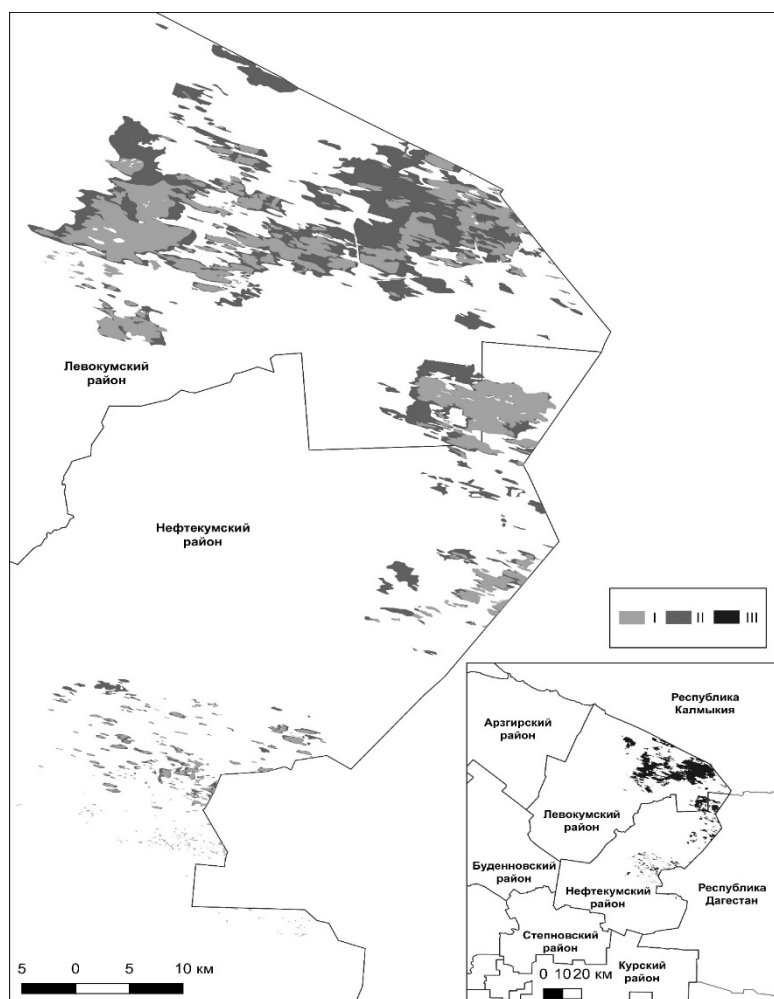


Рис. 2. Пространственное распределение открытых песков в зоне исследования в 2022 г.: I – неизменная в течение года площадь, II – прирост площадей на конец года, III – максимальная площадь (по состоянию на август 2022 г.)
Fig. 2. Spatial distribution of open sands in the study area in 2022 (I – area unchanged during the year, II – area increase at the end of the year, III – maximum area (as of August 2022))

Таблица 2

Ежемесячная динамика площади открытых песков
Monthly dynamics of the area of open sands

Показатель	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Площадь песков, тыс. га	24,5	37,8	28,4	23,1	19,5	25,3	53,3	48,9	50,4
Количество очагов	494	468	458	357	305	559	384	428	395
Средняя площадь очага, га	49,6	80,8	62,0	64,7	63,9	45,3	138,8	114,3	127,6
Пыльные бури, кол-во дней	-	4	3	-	1	1	16	3	1
Прирост площади песков, %	-	54,3	-24,9	-18,7	-15,6	29,7	110,7	-8,6	3,1

Полученные данные о площадях опустынивания соответствуют данным, полученным в других исследованиях, например [20], где площадь опустынивания по состоянию на май 2022 г. составила 22,5 тыс. га.

Экология и природопользование
Дорошенко В.В.

Общая площадь территории исследования составляет 848,4 тыс. га (468,7 тыс. га – Лёвокумский район, 379,7 тыс. га – Нефтекумский район). Таким образом, на начало 2022 г. доля площади открытых песков составляла 2,9% общей площади исследуемой территории; в июне, когда была зарегистрирована наименьшая площадь, занятая песками, – 2,3%; в августе в результате продолжительных пыльных бурь доля песков увеличилась до 6,3%; на конец года доля площади открытых песков составила 5,9% общей площади. В случае формирования пыльных бурь в конце 2022 г. или начале 2023 г., до начала вегетационного периода и возможного закрепления открытых песков растительностью, зафиксированная на конец года площадь песков может рассматриваться как потенциальный источник минерального материала, подверженного эоловому переносу.

В 2022 году было зарегистрировано 14 пыльных и песчаных бурь общей длительностью 29 дней. При этом большая часть бурь сопровождалась восточным ветром со скоростью от 5 до 26 м/с. Дальность видимости, отмеченная на метеостанциях, может быть использована в качестве индикатора интенсивности пыльной бури и переноса песка наряду со скоростью ветра. В 2022 г. она, в основном, составляла от «менее 2 км» до «менее 4 км», но во время пыльной бури (04.03-05.03), зарегистрированной на метеостанциях в городах Арзгир, Буденновск и Зеленокумск, видимость оставляла «менее 0,2 км» и «менее 0,05 км» (рис. 3).

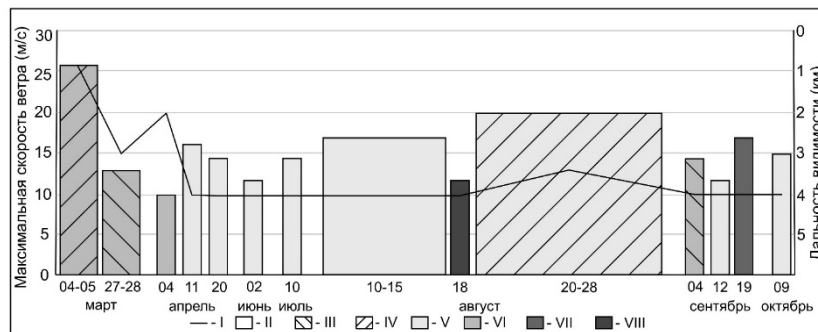


Рис.3. График продолжительности и интенсивности пыльных бурь в 2022 г.: I – средняя дальность видимости, II – на одной метеостанции, III – на двух метеостанциях, IV – на трех метеостанциях, V – преобладание восточного ветра, VI – западного ветра, VII – северо-западного ветра, VIII – северного ветра

Fig. 3. Schedule of duration and intensity of dust storms in 2022 (I – average visibility range, II – a dust storm was registered at one weather station, III – a dust storm was registered at two weather stations, IV – a dust storm was registered at three weather stations, V – predominance of the east wind, VI – predominance of the west wind, VII – predominance of the north-west wind, VIII – predominance of the north wind)

Между количеством дней с зарегистрированными пыльными бурями и приростом площадей открытых песков выявлена сильная положительная связь ($r = 0,83$). Тренд прироста площадей песков в соответствии с количеством дней, в которые были зарегистрированы пыльные бури, показывает достоверность данных ($R^2 = 0,7$). Наибольшее изменение отмечено между площадями открытых песков по состоянию на июль и август – в связи с масштабной пыльной бурей, длившейся с 20.08 по 28.08 (9 дней), площадь открытых песков увеличилась на 28 тыс. га (в 2,1 раза). При этом не менее значительно изменение площадей в марте по сравнению с февралем, когда в результате непродолжительной (с 04.03 по 05.03) пыльной бури площадь открытых песков увеличилась в 1,5 раза. Эта буря характеризовалась наибольшей зарегистрированной скоростью ветра (26 м/с) и наименьшей видимостью (от 0,05 до 2 км) на всех трех рассматриваемых метеостанциях, следовательно, данная пыльная буря была наиболее интенсивной в 2022 г. При последовательных пыльных бурях принесенный ветром ранее материал может подвергаться повторному выдуванию, что обуславливает дальнейшее нарастание площади открытых песков. Похожая ситуация могла наблюдаться в августе 2022 г., когда были зарегистрированы три пыльные бури с минимальными по продолжительности перерывами: с 10.08 по 15.08 (6 дней), 18.08 и с 20.08 по 28.08 (9 дней). В отсутствие пыльных бурь или при их малой продолжительности и интенсивности площадь

Экология и природопользование
Дорошенко В.В.

открытых песков постепенно снижается, вероятно, в результате зарастания тонкого слоя перенесенного ветром песка или распространения растительности, приспособленной к произрастанию на песке. В связи с тем, что во время песчаных бурь вместе с минеральными частицами переносятся также семена растений, при подходящих условиях зарастание песков может происходить в течение короткого времени [8]. В то же время отмечается небольшой (до 20%) прирост площади открытых песков в июле несмотря на то, что пыльные бури в июне и июле имели минимальную продолжительность. Это может быть связано с особенностями вегетации растительности в засушливой зоне Ставропольского края – к середине лета наблюдается спад вегетации растительности, снижается проективное покрытие, в связи с чем увеличивается площадь участков, которые могут распознаваться как открытые пески при дешифрировании материалов спутниковой съемки [10].

Также показателем развития процессов опустынивания может служить средняя площадь песчаного массива или очага опустынивания. На юге зоны исследования располагается несколько очагов опустынивания, слабо изменяющихся с течением времени даже в условиях учащения пыльных бурь, но в северной её части площади песчаных массивов значительно видоизменяются в течение года. В начале периода исследования, в феврале, когда площадь опустынивания была близка к минимальной, а пыльные бури не регистрировались, средняя площадь очага составляла 46,6 га, при этом площадь крупнейшего объекта составила 6 тыс. га. В мае, когда площадь открытых песков была на уровне, сопоставимым с февральским, средняя площадь очага возросла на 12,4 га, а количество выявленных объектов уменьшилось, что свидетельствует об объединении многих небольших песчаных массивов в результате пыльных бурь. Площадь наибольшего выявленного объекта при этом осталась практически неизменной и составила 6,2 тыс. га. В августе зарегистрированы наибольшая продолжительность пыльных бурь (как отдельной бури, насчитывавшей 9 дней, так и в сумме дней за месяц), наибольшая площадь открытых песков и наибольшая средняя площадь очага. Наибольший объект за весь период исследования также отмечен в августе, его площадь составляет 21,5 тыс. га.

До 2017 года, после которого отмечаются учащение и интенсификация пыльных бурь, очаги опустынивания в зоне исследования по конфигурации соответствовали антропогенному способу образования, представляя собой небольшие (до 5 га) участки открытых песков, расположенные вблизи пастушеских стоянок, колодцев, устройств нефтедобычи и других подобных объектов. Очаги опустынивания такого вида медленно увеличиваются по площади и в случае сокращения или исчезновения антропогенной нагрузки могут зарости без вмешательства человека [7]. В 2022 г. более 98% выявленных песчаных массивов имеет вытянутую в направлении преобладающих ветров форму, что свидетельствует об их формировании в результате пыльных бурь.

Учет соровых понижений в процессе дешифрирования открытых песков необходим, т.к. позволяет более объективно оценивать развитие опустынивания [3; 5; 6]. При этом представляется важным не просто исключение засоленных участков из площадей, занятых песками, но и учет возможности засыпания соров песком в результате интенсивных пыльных и песчаных бурь. Накопленный в понижении материал может быть перенесен далее при последующих пыльных бурях, или возможно даже зарастание соров, заполненных песком [1]. Большая часть соровых понижений остается чистой от перемещаемого ветром песка, но при этом они могут служить котловинами выдувания – выдуваемый с поверхности соров материал отличается от песка по цвету и, как правило, формирует примыкающий к сору с подветренной стороны тонкий шлейф, не превышающий 2 км в длину. За исследованный период было отмечено полное засыпание песком более 1 тыс. соровых понижений общей площадью 2,6 тыс. га. При этом средний размер засыпанного сора составил 2,5 га, а максимальная площадь не превышает 200 га. Соровые понижения более крупных размеров были засыпаны

Экология и природопользование
Дорошенко В.В.

только частично в результате пыльных и песчаных бурь, наблюдавшихся в августе 2022 г. При этом оценка объемов песка в сорových понижениях с использованием исключительно дистанционных материалов возможна только приблизительно в связи с отсутствием данных о толщине слоя наносов, которая не может быть приравнена к глубине сора относительно окружающей местности [6].

Заключение

Последовательное дешифрирование материалов спутниковой съемки, фиксирующей состояние открытых песков на конец каждого месяца в исследуемый период, позволило выявить взаимосвязь между продолжительностью и интенсивностью пыльных бурь и приростом площади открытых песков. В результате определена динамика площадей открытых песков в 2022 г. и выявлен прирост их в 2 раза (на 25,9 тыс. га). На конец года открытые пески занимали почти 6% общей площади зоны исследования. Максимальная зафиксированная площадь песков составляла 53,3 тыс. га (август 2022 г.), в этот же период наблюдалась наиболее продолжительная пыльная буря. Данные территории могут служить источником минерального материала для формирования последующих пыльных бурь. Выявлена положительная статистическая связь между продолжительностью пыльных бурь и приростом площадей открытых песков. После 2017 г. основным фактором, влияющим на рост площадей открытых песков, стал климатический, а не антропогенный. Тем не менее перевыпас и другие виды антропогенного воздействия содействуют появлению очагов дефляции как источников материала для пыльных бурь. Проведен анализ воздействия пыльных бурь на сорových понижения, которые могут аккумулировать песок до следующей пыльной бури.

Данные о динамике площадей открытых песков, полученные путем дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли, могут оперативно обновляться для выявления кризисных территорий. Полученные оперативные данные позволят планировать мелиоративные мероприятия и использоваться при регулировании поголовья малого рогатого скота.

Список источников

1. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» / под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. М.: Изд-во «МБА», 2021. 700 с.
2. Антонов С. А. Изменение агроклиматического районирования территории Ставропольского края для повышения продуктивности агроландшафтов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 3(71). С. 8–11. doi:10.25930/0erb-cm88.
3. Берденгалиева А. Н., Дорошенко В. В. Пространственное распределение сорových понижений на юге европейской России по данным дистанционного зондирования // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4(119). С. 6–11. doi:10.34736/FNC.2022.119.4.001.06-11.
4. Биарсланов А. Б., Шинкаренко С. С., Гаджиев И. Р. Картографирование и анализ сезонной динамики площадей опустынивания на севере Дагестана по ежемесячным композитам Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20, № 1. С. 160–175. doi: 10.21046/2070-7401-2023-20-1-160-175.
5. Гасанов Г. Н., Асадулаев З. М., Асварова Т. А., Гасанова З. У., Гаджиев К. М., Баширов Р. Р., Абдулаева А. С., Ахмедова З. Н., Мусаев М. Р., Магомедов Н. Р., Айтеемиров А. А., Десинов С. Л. Экологические аспекты формирования солончака реградированного в Терско-Кумской низменности Прикаспия // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14, № 4. С. 86–97.
6. Дорошенко В. В. Геоинформационное картографирование сорových понижений и солончаков в Ставропольском крае // Известия Нижневолжского агроуниверситета. комплекса: наука и высшее образование. 2022. № 4 (68). С. 553–561. doi: 10.32786/2071-2022-04-64.
7. 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.
8. Дорошенко В. В., Балынова В. В. Оценка современных процессов опустынивания в Республике Дагестан на примере локального песчаного массива // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4(119). С. 24–29. doi: 10.34736/FNC.2022.119.4.004.24-29.
9. Кулик К. Н. Агроресомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ, 2004. 248 с.
10. 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. doi: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-9-19.

Экология и природопользование
Дорошенко В.В.

11. Манаенков, А. С., Сурхаев Г. А., Сурхаев И. Г. Актуальные задачи лесной мелиорации в Терско-Кумском междуречье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2017. № 2(46). С. 97–104.
12. Очир-Горяева М. А., Экмайер А., Вайцензегер В. Динамика процессов опустынивания в Республике Калмыкия с середины 1980-х гг. до настоящего времени // Oriental Studies. 2020. Т. 13. № 6. С. 1613–1622. doi: 10.22162/2619-0990-2020-52-6-1613-1622.
13. Пищулов С.А. Комплексная характеристика сорных понижений Северо-Западного Прикаспия (на примере Астраханской области). // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 2 (24). С. 123–126.
14. Рулев А. С., Юферев В. Г., Юферев М. В. Методология геоинформационного моделирования // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. № 5. С. 5–6.
15. Титкова Т. Б., Золотокрылин А. Н. Мониторинг подверженных опустыниванию земель Республики Калмыкия // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 2. С. 130–141. doi: 10.21046/2070-7401-2022-19-2-130-141.
16. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Оценка площади опустынивания на юге европейской части России в 2021 г // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. С. 291–297. doi: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-291-297.
17. 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. 2021. Т. 17. №7. С. 270–275.
18. Шинкаренко С. С., Джамирзоев Г. С., Васильченко А. А. Проблема опустынивания в биосферном резервате ЮНЕСКО Кизлярский залив // Географический вестник. 2021. № 4(59). С. 99–112. doi: 10.17072/2079-7877-2021-4-99-112.
19. Шинкаренко С. С. Пространственно-временная динамика опустынивания на Черных землях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 155–168.
20. 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.
21. Юферев В. Г., Мелихова А. В., Бальнова 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.
22. Юферев 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.
23. Dedova E. B., Goldvarg B. A., Tsagan-Mandzhiev N. L. Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Methods // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10, No. 2. P.140–147. doi: 10.1134/S2079096120020043.
24. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B. A new approach to the monitoring of desertification centers // Arid Ecosystems. 2011. Vol. 1. No. 3. P. 125-130. doi: 10.1134/S2079096111030127.

References

1. National report "Global climate and soil cover of Russia: manifestations of drought, prevention, control measures, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry)" (2021), ed. by R.S.-H. Edelderiev, Moscow: Publishing house "IBA Publishing House", 700 p.
2. Antonov S. A. (2018), Changing the agro-climatic zoning of the Stavropol Territory to increase the productivity of agricultural landscapes, *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*, no. 3(71), pp. 8–11. doi: 10.25930/0erb-cm88.
3. Berdengalieva, A. N., Doroshenko, V. V. (2022), Spatial distribution of sor depressions in the south of European Russia according to remote sensing data, *Scientific and Agronomic Journal.*, no 4(119), pp. 6–11. doi: 10.34736/FNC.2022.119.4.001.06-11.
4. Biarslanov, A. B. Shinkarenko, S. S., Gadzhiev, I. R. (2023), Mapping and analysis of seasonal dynamics of desertification areas in the north of Dagestan by monthly composites Sentinel-2, *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, vol. 20, no. 1, pp. 160–175, doi: 10.21046/2070-7401-2023-20-1-160-175.
5. Gasanov, G.N., Asadulaev, Z.M., Asvarova, T.A., Gasanova, Z.U., Gadzhiev, K.M., Bashirov, R.R., Abdulaeva, A.S., Akhmedova, Z.N., Musaev, M.R., Magomedov, N.R., Aitemirov, A.A., Desinov, S.L. (2019), Ecological Aspects of the Formation of Regraded Solonchak in the Terek-Kuma Lowland of the Caspian, *South of Russia: ecology, development*, no. 14(4), pp. 86–97, doi: 10.18470/1992-1098-2019-4-86-97.
6. Doroshenko, V. V. (2022), Geoinformation mapping of sor depressions and salt marshes in the Stavropol Territory *Izv. Nizhnevolszhskiy agrouniversitet. complex: science and higher education*, no. 4 (68), pp. 553–561, doi: 10.32786/2071-2022-04-64.
7. Doroshenko, V. V. (2022), Geoinformation analysis of the development of desertification processes in the Stavropol Territory, *Scientific and agronomic Journal*, no. 3(118), pp. 31–36, doi: 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36.
8. Doroshenko, V. V., Balynova, V. V. (2022), Assessment of modern desertification processes in the Republic of Dagestan on the example of a local sand massif, *Scientific and Agronomic Journal*, no. 4(119), pp. 24–29, doi: 10.34736/FNC.2022.119.4.004.24-29.
9. Kulik, K. N. (2004). Agroforestry mapping and phytocological assessment of arid landscapes, Volgograd: ed. VNIALMI, 248 p.
10. Lapenko, N. G., Eroshenko, F. V., Storchak, I. G. (2020), Vegetation of steppe phytocenoses and features of its vegetation in the conditions of the Stavropol Territory, *Agrarian Bulletin of the Urals*, no. 2(193), pp. 9–19, doi: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-9-19.
11. Mанаенков, А. С., Сурхаев, Г. А., Сурхаев, И. Г. (2017), Actual problems of forest reclamation in the Tersko-Kum interfluvium, *Izv. Nizhnevolszhskiy agrouniversitet. complex: science and higher education*, 2017, no. 2(46), pp. 97–104.

Экология и природопользование
Дорошенко В.В.

12. Ochir-Goryaeva, M. A., Ekmayer, A., Vaitzenegger, V. (2020), Dynamics of desertification processes in the Republic of Kalmykia from the mid-1980s to the present, *Oriental Studies*, vol. 13, no. 6, pp. 1613–1622, doi: 10.22162/2619-0990-2020-52-6-1613-1622.
13. Pishchulov, S.A. (2013), Complex characteristics of the sor depressions of the North-Western Caspian Sea (on the example of the Astrakhan region), *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, no. 2 (24), pp. 123–126.
14. Rulev, A. S., Yuferev, V. G., Yuferev, M. V. (2011), Methodology of geoinformation modeling, *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 2011, no. 5, pp. 5–6.
15. Titkova, T. B., Zolotokrylin, A. N. (2022), Monitoring of desertification-prone lands of the Republic of Kalmykia, *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, vol. 19, no. 2, pp. 130–141, doi: 10.21046/2070-7401-2022-19-2-130-141.
16. Shinkarenko, S. S., Bartalev, S. A. (2021), Assessment of the area of desertification in the south of the European part of Russia in 2021, *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, vol. 18, no. 4, pp. 291–297, doi: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-291-297.
17. Shinkarenko, S. S., Bartalev, S. A. (2021), Consequences of dust storms in the south of the European part of Russia in September–October 2020, *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, vol. 17, no. 7, pp. 270–275.
18. Shinkarenko, S. S., Jamirzoev, G. S., Vasilchenko, A. A. (2021), The problem of desertification in the UNESCO Kizlyar Bay Biosphere Reserve, *Geographical Bulletin*, no. 4(59), pp. 99–112, doi: 10.17072/2079-7877-2021-4-99-112.
19. Shinkarenko, S. S. (2019), Spatio-temporal dynamics of desertification on Black lands, *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, vol. 16, no. 6, pp. 155–168.
20. Shinkarenko, S. S., Bartalev, S. A., Berdengalieva, A. N., Doroshenko, V. V. (2022), Satellite monitoring of desertification processes in the south of European Russia in 2019–2022, *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, vol. 19, no. 5, pp. 319–327, doi: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327.
21. Yuferev, V. G., Melikhova, A.V., Balynova, V. V. (2022), Geoinformation analysis of the relief of the Kumo-Manych depression, *Natural systems and resources*, vol. 12, no. 2, pp. 67–76, doi: 10.15688/SMP.jvolsu.2022.2.9.
22. Yuferev, V. G., Belyaev, A. I., Sinelnikova, K. P. (2022), Desertification of agricultural lands in the Chernozemelsky district of Kalmykia, *Izv. Nizhnevolzhskiy agrouniversitet. complex: science and higher education*, no. 4(68), pp. 465–473, doi: 10.32786/2071-9485-2022-04-55.
23. Dedova, E. B., Goldvarg, B. A., Tsagan-Manjiev, N.L. (2020), Land degradation of the Republic of Kalmykia: problems and methods of recultivation, *Arid Ecosystems* vol. 10, no. 2, pp. 140–147, doi: 10.1134/S2079096120020043.
24. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B. (2011), A new approach to monitoring desertification centers, *Arid Ecosystems*, vol. 1, no. 3, pp. 125–130, doi: 10.1134/S2079096111030127.

Статья поступила в редакцию: 11.04.2023, одобрена после рецензирования: 03.07.2023, принята к опубликованию: 12.12.2023.

The article was submitted: 11 April 2023; approved after review: 3 July 2023; accepted for publication: 12 December 2023.

Информация об авторе

Валерия Витальевна Дорошенко

младший научный сотрудник
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук,
400062 Россия, г. Волгоград, пр. Университетский, 97

Information about the author

Valeriya V. Doroshenko

Junior Researcher, Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences;

97, prospekt Universitetskiy, Volgograd, 400062, Russia
e-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru