

Влияние пыльных бурь на объекты инфраструктуры на востоке Ставропольского края

В. В. Дорошенко ✉

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук, Российская Федерация
(400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97)

Аннотация. Цель исследований – изучение воздействия пыльных бурь 2022 г. на дорожную сеть, населенные пункты и объекты инфраструктуры на северо-востоке Левокумского и Нефтекумского районов Ставропольского края.

Материалы и методы. Картографирование дорожной сети, объектов инфраструктуры (загонов, кошар) и участков открытых песков проводилось методом визуального дешифрирования материалов космической съемки («Landsat-8, 9» с пространственным разрешением 30 м) и ГИС. Зона исследования (354 тыс. га) включает территории, подвергшиеся наиболее заметному воздействию пыльных бурь в 2022 году. В исследовании использованы материалы полевых исследований.

Результаты и обсуждение. Пространственное положение открытых песков (53,1 тыс. га) соответствует их состоянию на начало сентября 2022 года, т. е. максимальной площади открытых песков в 2022 году. Всего дешифрировано 3,4 тыс. км дорог (полевых, с твердым покрытием, в т. ч. трассы регионального и федерального значения), 5 населенных пунктов и 253 объекта инфраструктуры.

Выводы. В результате разрастания песчаных массивов транспортная доступность снизилась для 56 % объектов инфраструктуры, включая один постоянный населенный пункт (аул Бакрес), часть из них не имеют альтернативных подъездных путей. Полностью засыпаны песком в результате пыльной бури 30 % объектов инфраструктуры. Пересечение дорожной сети с песчаными массивами отмечено на участках протяженностью более 580 км.

Ключевые слова: опустынивание, пыльные бури, инфраструктура, Ставропольский край, ГИС-технологии, дистанционное зондирование, кошара.

Источник финансирования: 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. Влияние пыльных бурь на объекты инфраструктуры на востоке Ставропольского края // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2024, № 4, с. 15-22. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/15-22>

ВВЕДЕНИЕ

Согласно проведенным ранее исследованиям, восточная часть Левокумского и Нефтекумского районов Ставропольского края подвергалась воздействию участвовавших и усилившихся пыльных и песчаных бурь с 2017 года, что привело к разрастанию существовавших песчаных массивов и появлению новых (так, площадь открытых песков на территории Левокумского и Нефтекумского районов увеличилась с 1,4 тыс. га в 2010 году до 56,1 тыс. га в 2020 году) [4, 15, 12]. В результате пыльных бурь конфигурация и расположение песков могут радикально изменяться в течение нескольких дней, что неблагоприятно воздействует на транспортную доступность расположенных на данной территории объектов инфраструктуры и населенных пунктов [5]. Несмотря на наличие разветвленной сети полевых дорог, отдаленные населенные пункты или скотоводческие постройки могут быть отрезаны вследствие засыпания или разрушения полевых дорог. Также отмечается негативное влияние пыльных бурь на дороги с твердым покрытием, связанное с

выдуванием частиц подстилающей поверхности из-под покрытия и его последующим разрушением [5].

Исследования, проводимые ранее на территории Ставропольского края и соседних регионов (Республика Калмыкия, Республика Дагестан), показывают повсеместное разрастание песчаных массивов на территории Прикаспийской низменности [15, 12, 16, 18]. Огромное влияние на этот процесс оказывают пыльные и песчаные бури [15]. Исследуемая территория располагается в переходной зоне между полупустыней и степью, в связи с чем возобновление растительности на подвергшихся опустыниванию территориях затруднено [13, 20]. Также особенностью исследуемой территории является высокая степень засоления почв и наличие большого количества соровых понижений и солончаков [3]. Географически территория исследования относится к Терско-Кумской низменности и Кумо-Манычской впадине, в связи с чем имеет относительно плоский рельеф, что, как и от-



существование значительных по площади древесных насаждений, приводит к беспрепятственному распространению ветров и переносимого ими минерального материала [3, 6, 19]. Также это означает, что дороги с твердым покрытием находятся на одном уровне с поверхностью, что увеличивает риск образования песчаных переветов. Придорожные насаждения редки или отсутствуют [8].

Целью исследования является изучение последствий воздействия пыльных бурь на дорожную сеть, населенные пункты и объекты сельскохозяйственной инфраструктуры в 2022 году.

Использование данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных методов совместно с климатическими данными позволяет сократить трудозатраты на выявление последствий пыльных бурь и оперативно отслеживать пострадавшие участки дорожной сети, а также планировать восстановительные мероприятия [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Территория исследования выбрана в соответствии с зоной наиболее интенсивного воздействия пыльных бурь и взрывного роста площадей открытых песков – северо-восточная часть Левокумского и Нефтекумского районов Ставропольского края [4, 12]. Общая площадь территории исследования составляет 354 тыс. га (более 40 % от площади административных районов) и исключает участки с высоким засолением (север Левокумского района) и распаханые территории (западная часть территории Левокумского района, западная и южная часть Нефтекумского района) [17].

Материалом для визуального дешифрирования открытых песков послужили космические снимки «Landsat-8, 9» с пространственным разрешением 30 м в комби-

нации «естественные цвета» (красный, зеленый и синий спектральные каналы) от 11.09.2022 (идентификатор сцены 170029). В связи с наличием мелких облаков на южной части территории исследования в качестве вспомогательного использован снимок от 26.08.2022 (идентификатор сцены 170029). Пески дешифрировались по прямым признакам (цвету, структуре); также были использованы полученные предварительно данные о распространении сорных понижений в зоне исследования, которые имеют схожие спектральные характеристики и могут влиять на оценку площадей песков [2, 3]. Наиболее важным признаком при дифференциации песчаных массивов и сорных понижений можно считать конфигурацию границ и пространственную ориентацию – большинство песчаных массивов образовались в результате влияния пыльных и песчаных бурь, в связи с чем имеют продолговатую форму с языками, вытянутыми по направлению преобладавших восточных ветров [4, 15]. На выбор дат использованных космических снимков также повлияли данные о зарегистрированных пыльных бурях на ближайших к зоне исследования метеостанциях в городах Буденновск, Арзгир и Зеленокумск [12]. Высокую интенсивность и значительный прирост площадей открытых песков показала пыльная буря, продолжавшаяся с 20 по 28 августа 2022 года [5]. По данным сайта «Погода и климат» (<http://www.pogodaiklimat.ru/>), во время этой бури скорость ветра достигала 20 м/с, а видимость составляла менее 4 км.

Для дешифрирования объектов инфраструктуры использовались данные космической съемки сверхвысокого разрешения «GoogleEarth», поскольку пространственное разрешение спутниковых снимков «Landsat» не позволяет точно дешифрировать узкие линейные

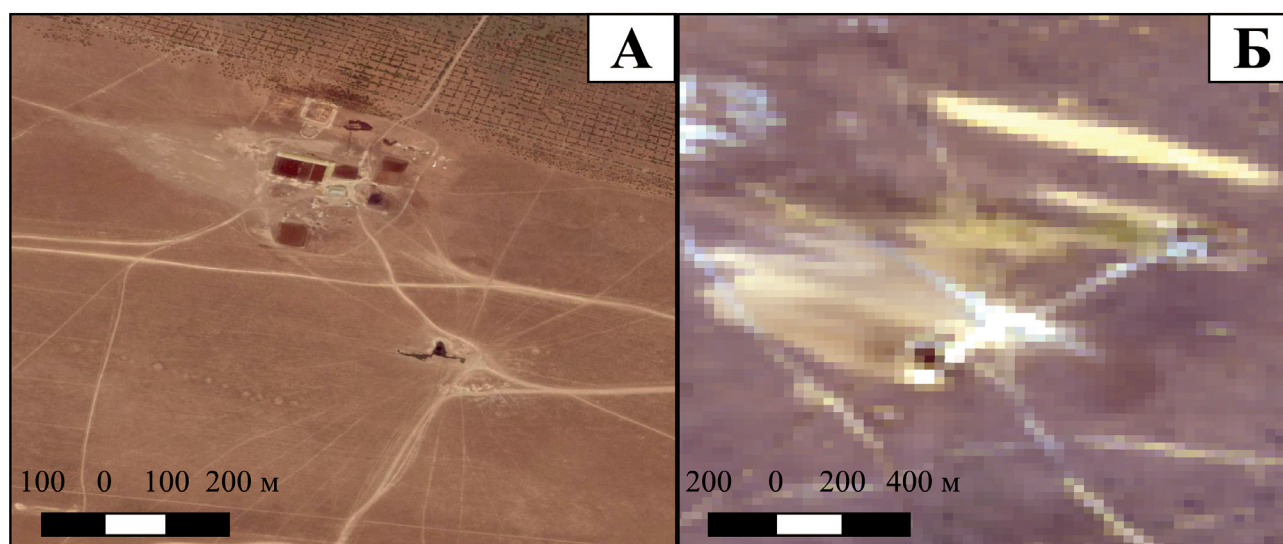


Рис. 1. Примеры изображения дешифрируемых объектов на космических снимках:

- А – скотоводческая стоянка и участок дорожной сети («GoogleEarth», май 2020 г., 44,64147° с. ш., 45,41361° в. д.);
Б – песчаные массивы, в центре сельскохозяйственная постройка («Landsat-9», 11.09.2022 г., 44,80912° с. ш., 45,60371° в. д.)

[Fig. 1. Examples of images of deciphered objects in satellite images:

- А – a cattle station and a fragment of the road network («GoogleEarth», May 2020, 44.64147° n.l., 45.41361° e.l.);
Б – sand massifs, in the center of an agricultural building («Landsat-9», 11.09.2022, 44.80912° n. l., 45.60371° e. l.)]

объекты или небольшие постройки. Объекты инфраструктуры отмечены точечным способом (без разделения по назначению) по результатам визуального дешифрирования (рис. 1), к ним отнесены скотоводческие стоянки (кошары, чабанские точки), загоны и иные малогабаритные и малочисленные постройки с точечным принципом размещения [1]. Границы селитебных территорий отмечены полигонально в соответствии с видимым положением строений или дворовых хозяйств.

Данные о численности населения, проживающего на территории зоны исследования, получены с помощью Базы данных показателей муниципальных образований (<https://www.gks.ru/dbscripts/munst/>). Полученные данные частично представлены не по состоянию на 2022 год, а на более ранний период, но все равно могут быть использованы для анализа распределения населения относительно наиболее пострадавших от пыльных бурь территорий.

Обработка и дешифрирование данных космической съемки, создание и оформление итоговых картографических материалов проводились в ГИС «QGIS 3», статистическая обработка полученных данных проводилась в «MS Excel».

Полевое исследование последствий пыльных и песчаных бурь и их влияния на объекты инфраструктуры проводилось в сентябре (05-09) 2022 года в рамках экспедиции на территорию Ставропольского края, Республики Дагестан и Республики Калмыкия: обследование дорожной сети (дорог полевых, пастбищных, с твердым покрытием), объектов инфраструктуры (загонов, действующих и заброшенных кошар), измерение песчаных наносов, образовавшихся в результате пыльных бурь, а также опрос местного населения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После пыльной бури 20-28 августа 2022 года результаты дешифрирования показали наибольшую площадь открытых песков в зоне исследования – 53,1 тыс. га. Количество выявленных очагов опустынивания и песчаных массивов составило 359 шт., при этом объектов площадью до 100 га – 321 шт., средний размер массива открытых песков – 147,9 га. Минимальная площадь объекта составила 0,16 га, максимальная – 21,5 тыс. га.

По результатам дешифрирования выявлено, что в территорию исследования входят четыре населенных пункта общей площадью 1,4 тыс. га и с общей численностью населения 12,6 тыс. человек – ПГТ Затеречный (6,4 тыс. чел.), село Величаевское (4,7 тыс. чел.), поселок Зимняя Ставка (1 тыс. чел.), хутор Кочубей (0,5 тыс. чел.), аул Бакрес (200 чел.). Также выявлено 253 объекта инфраструктуры, но оценка постоянно проживающего на их территории населения затруднена в связи с тем, что, зачастую, скотоводческие стоянки используются только в определенную часть года при отгонном животноводстве. Также часть выявленных объектов представляет собой только загоны для скота с хозяйственными пристройками, непригодными для проживания.

Протяженность дорожной сети в зоне исследования составляет 3,4 тыс. км. Более 80 % дорог не имеет

твердого покрытия и располагается в наименее населенной части территории исследования. Полевые дороги частично не используются или используются в определенный сезон, а также имеют большое количество дублирующихся маршрутов [14]. Среди наиболее важных дорог в зону исследования входят следующие: трасса регионального значения Р-285 Буденновск – Минеральные воды, трасса регионального значения Р-263 Лагань – Минеральные воды, трасса федерального значения А-167 Кочубей (Республика Дагестан) – Нефтекумск – Зеленокумск – Минеральные Воды.

По результатам дешифрирования составлена схема (рис. 2) взаимного пространственного расположения дорожной сети, селитебных территорий и объектов инфраструктуры относительно максимальных площадей песков в 2022 г.

В результате возрастания площадей опустынивания из-за пыльных бурь полному или частичному засыпанию песком подверглись более 400 участков дорожной сети общей протяженностью 582,3 км. Наиболее серьезное влияние на транспортную доступность оказывает засыпание или образование песчаных переметов на двух участках трассы федерального значения А-167 (1,3 км и 0,9 км), а также на протяженном участке трассы регионального значения Р-263 (15,5 км). Согласно полученным в результате полевых работ данным, толщина песчаных наносов непосредственно на полотне дорог с твердым покрытием может достигать 70 см.

Для полевых дорог характерно углубление колеи относительно окружающей поверхности, но при совпадении направления дороги и ветра происходит выдувание незакрепленного растительностью верхнего слоя почвы, что приводит к дальнейшему углублению колеи. Также в результате продолжительного воздействия ветра могут образовываться выдутые участки глубиной до метра, что делает невозможным проезд [14]. В случае разрушения полевых дорог местное население при необходимости проезда прокладывает дополнительный маршрут вблизи старой колеи, причем зачастую несколько раз и с разных сторон. Такие многоколейные участки из-за механического воздействия практически лишены растительности и служат источниками минерального материала при последующих пыльных бурях. При этом расчистка трасс регионального и федерального значения может быть проведена в краткие сроки, а расчистка переметов и наносов на дорогах местного значения с твердым покрытием затруднена необходимостью привлечения специальной техники.

Среди населенных пунктов на территории исследования наиболее уязвимыми при прохождении пыльной бури в августе 2022 года оказались хутор Кочубей и аул Бакрес, причем подъезд к аулу Бакрес с южной стороны затруднен из-за близко прилегающего песчаного массива, а с севера незатронутых песчаной бурей дорог не осталось. Вблизи остальных населенных пунктов значительные по площади песчаные массивы не образовывались.

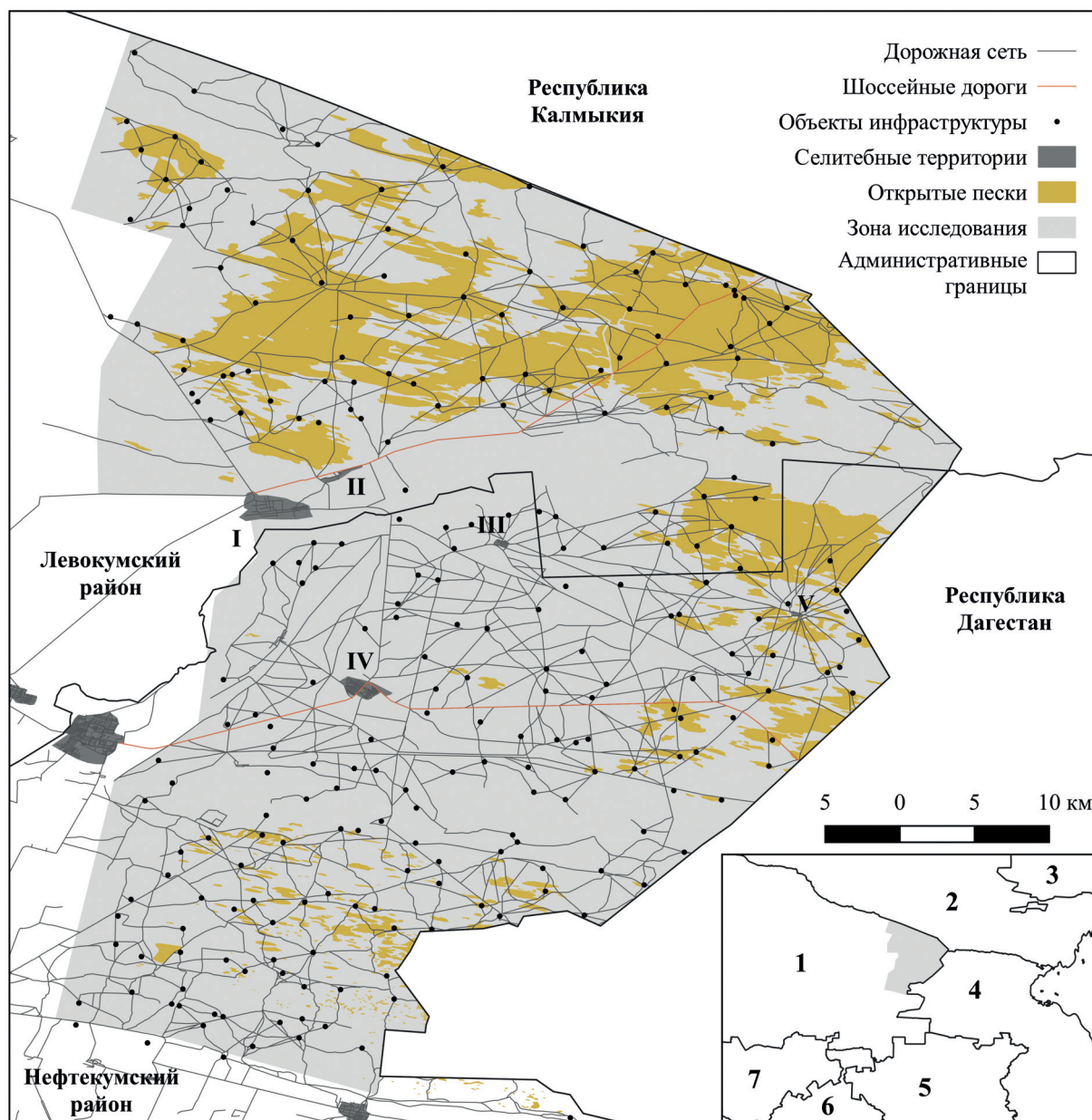


Рис. 2. Схема взаимного расположения объектов инфраструктуры, дорог и открытых песков в зоне исследования (1 – Ставропольский край, 2 – Республика Калмыкия, 3 – Астраханская область, 4 – Республика Дагестан, 5 – Чеченская Республика, 6 – РСО-А, 7 – КБР; I – село Величаевское, II – хутор Кочубей, III – поселок Зимняя Ставка, IV – ПГТ Затеречный, V – аул Бакрес)
 [Fig. 2. The scheme of the relative location of infrastructure, roads and open sands in the study area (1 – Stavropol Region, 2 – Republic of Kalmykia, 3 – Astrakhan Region, 4 – Republic of Dagestan, 5 – Chechen Republic, 6 – RNO-A, 7 – RKB; I – Velichaevskoye village, II – Kochubey farm, III – Winter Rate village, IV – Zaterechny urban - type settlement, V – Bakres village)]

Среди исследуемых объектов инфраструктуры полностью засыпано песком оказалось 75 шт. (30 % от общего количества), еще 30 шт. граничат с песчаными массивами, что затрудняет или делает невозможным их использование в сельскохозяйственных целях [7, 10]. Катастрофическое увеличение площадей открытых песков на северо-востоке территории исследования приводит к непригодности использования этой местности в качестве пастбищ, в связи с чем можно прогнозировать снижение поголовья скота и рост количества заброшен-

ных скотоводческих стоянок. Так, в Левокумском районе из исследуемой территории в 168 тыс. га открытыми песками занято 45 тыс. га, еще 5,6 тыс. га занимает солончатое озеро Дадынское, т.е. площадь пригодных для выпаса территорий сократилась на треть, что приведет к сокращению поголовья малого рогатого скота и переводу оставшихся отар на другие территории со значительным увеличением пастбищной нагрузки. В Нефтекумском районе открытые пески занимают 8,1 тыс. га, что составляет 4,4 % от исследуемой территории.

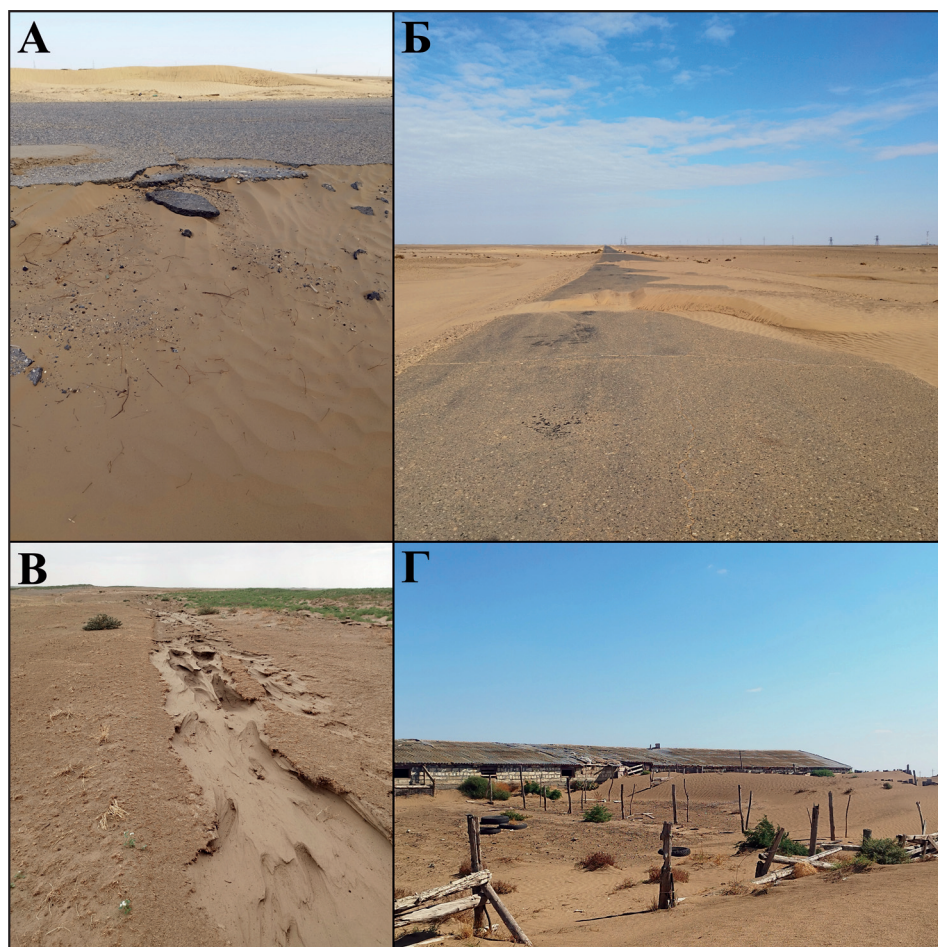


Рис. 3. Материалы полевых исследований (А – разрушение асфальтового покрытия, Нефтекумский район;

Б – песчаные наносы и переметы на дороге с твердым покрытием, Левюкумский район;

В – выдувание материала с поверхности заброшенной грунтовой дороги, Левюкумский район;

Г – засыпанный песком хлев на заброшенной скотоводческой стоянке (кошаре), Левюкумский район)

[Fig. 3. Field research materials (A – destruction of asphalt pavement, Neftekumsky district;

B – sand deposits and overflows on a paved road, Levokumsky district;

C – blowing of material from the surface of an abandoned dirt road, Levokumsky district;

D – a barn filled with sand at an abandoned cattle station (koshara), Levokumsky district)]

Воздействие пыльных бурь дешифрируется на подъездных путях к 142 объектам инфраструктуры, что составляет 56 % от общего количества. Из них 89 не имеют альтернативных маршрутов, не подвергшихся воздействию бури, поэтому в случае разрушения дорог или образования мощных наносов транспортная доступность таких объектов снижается до нуля.

Перечисленные выше последствия воздействия пыльных и песчаных бурь на объекты инфраструктуры и дорожную сеть подтверждаются материалами полевых исследований (рис. 3).

Появление песчаных массивов вблизи скотоводческих стоянок связано не только с высокой степенью механической нагрузки на почву при постоянном прогоне скота, а также с катастрофическим сокращением проективного покрытия растительности в результате объединения, в том числе, с превышением норм выпаса, но и с тем, что возвышающиеся над поверхностью земли постройки являются препятствием для движения ветро-

вых потоков, что приводит к осаждению минерального материала [1, 10, 11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на то, что основным фактором роста площадей открытых песков в Ставропольском крае после 2017 года является климат, а не антропогенное воздействие, что затрудняет предсказание дальнейшего развития экологической ситуации, наличие объективных данных о пространственном расположении открытых песков позволяет выявлять не только пострадавшие, но и находящиеся в потенциальной опасности объекты инфраструктуры и участки дорожной сети. Также появляется возможность предсказывать маршруты перемещения скотоводов на пастбища, не пострадавшие от воздействия пыльных бурь, подсчитывать вероятную пастбищную нагрузку. В связи со значительным ростом площадей открытых песков можно прогнозировать увеличение количества заброшенных кошар. При этом результаты дешифрирования показали, что 30 % объектов

инфраструктуры полностью засыпаны песком, а транспортная доступность из-за пыльных бурь снизилась для более чем половины объектов, включая аул Бакрес.

Полученные данные могут быть использованы для выявления потенциально подверженных воздействию пыльных бурь участков дорожной сети, обнаружения пострадавших от разрастания песчаных массивов населенных пунктов и объектов инфраструктуры, планирования мелиоративных мероприятий, в том числе, размещения придорожных насаждений. Использование материалов ДЗЗ позволит оперативно обновлять данные о взаимном расположении открытых песков и объектов инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ влияния антропогенных нагрузок на процессы опустынивания в северном Прикаспии по спутниковым данным / С. С. Шинкаренко, А. А. Выприцкий, А. А. Васильченко, А. Н. Берденгадиева // *Исследование Земли из космоса*, 2023, № 3, с. 44-57.
2. Берденгадиева 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.
3. Дорошенко В. В. Геоинформационное картографирование сорových понижений и солончаков в Ставропольском крае // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование*, 2022, № 4 (68), с. 553-561.
4. Дорошенко В. В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае // *Научно-агрономический журнал*, 2022, № 3 (118), с. 31-36.
5. Дорошенко В. В., Батынова В. В. Оценка современных процессов опустынивания в Республике Дагестан на примере локального песчаного массива // *Научно-агрономический журнал*, 2022, № 4 (119), с. 24-29.
6. Кулик К. Н. Агроресурсомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. Волгоград: Издательство «ВНИАЛМИ», 2004. 248 с.
7. 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.
8. Манасников 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.
9. Рулев А. С., Юферев В. Г., Юферев М. В. Методология геоинформационного моделирования // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*, 2011, № 5, с. 5-6.
10. Рыбашлыкова Л. П., Беляев А. И., Пугачева А. М. Мониторинг сукцессионных изменений пастбищных фитоценозов в «потухших» очагах дефляции Северо-Западного Прикаспия // *Юг России: экология, развитие*, 2019, т. 14, № 4, с. 78-85.
11. Скрипчинский А. В., Антонов С. А. Космический мониторинг пастбищ восточных районов Ставропольского края // *Наука. Инновации. Технологии*, 2019, № 2, с. 125-136.
12. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019-2022 гг. / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев, А. Н. Берденгадиева, В. В. Дорошенко // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 2022, т. 19, № 5, с. 319-327.
12. Хонина О. В., Шипилов И. А. Способы решения проблемы деградации природных кормовых угодий и пастбищ в Ставропольском крае // *Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии*, 2021, т. 10, № 1, с. 199-202.
13. Чичагов В. П. Дороги и история дорожной деградации в Калмыкии // *Вестник Калмыцкого института социально-экономических и правовых исследований*, 2004, № 1, с. 209-216.
14. 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.
15. 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.
16. Экологические аспекты формирования солончака реградированного в Терско-Кумской низменности Прикаспия / Гасанов Г. Н., Асадулаев З. М., Асварова Т. А. и др. // *Юг России: экология, развитие*, 2019, т. 14, № 4, с. 86-97.
17. Юферев В. Г., Беляев А. И., Синельникова К. П. Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование*, 2022, № 4 (68), с. 465-473.
18. Юферев В. Г., Мелихова А. В., Батынова В. В. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Манычской впадины // *Природные системы и ресурсы*, 2022, т. 12, № 2, с. 67-76.
19. Яковлева Е. П. Негативные свойства агроэкосистем юга европейской части России и стратегия мелиоративных мероприятий // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 2016, № 60, с. 345-349.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 19.07.2023

Принята к публикации: 02.12.2024

Impact of Dust Storms on Infrastructure Facilities in the East of the Stavropol Region

V.V. Doroshenko ✉

*Federal Scientific Centre for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation
(97, Universitetskii ave., Volgograd, 400062)*

Abstract. The purpose of the research is to study the impact of dust storms in 2022 on the road network, settlements and infrastructure facilities in the north-east of the Levokumsky and Neftekumsky districts of the Stavropol Region.

Materials and methods. Mapping of the road network, infrastructure facilities (paddocks, cattle barns) and areas of open sands was carried out by visual interpretation of space imagery (Landsat-8, 9 with a spatial resolution of 30 m) and GIS. The study area (354 thousand hectares) includes the territories most noticeably affected by dust storms in 2022. Materials of field studies were used in the study.

Results and discussion. The spatial position of open sands (53.1 thousand ha) corresponds to their condition as of the beginning of September 2022, i.e. the maximum area of open sands in 2022. A total of 3.4 thousand kilometres of roads (field, paved, including regional and federal roads), 5 settlements and 253 infrastructure facilities have been interpreted.

Conclusions. As a result of sand massifs, transport accessibility has decreased for 56 % of infrastructure facilities, including one permanent settlement (Bakres village), some of which have no alternative access roads. As a result of the dust storm, 30 % of infrastructure facilities were completely covered with sand. The road network intersection with sand massifs was noted on the sections with the length of more than 580 km.

Key words: desertification, dust storms, infrastructure, Stavropol Region, GIS-technologies, remote sensing, cattle barn.

Funding: The work was carried out within the framework of the state assignment of the Federal Scientific Centre of Agroecology of the Russian Academy of Sciences research work No. 122020100405-9 «Cartographic modelling of the state, functioning and dynamics of processes of deserted territories with the use of information technologies».

For citation: Doroshenko V.V. Impact of Dust Storms on Infrastructure Facilities in the East of the Stavropol Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2024, no. 4, p. 15-22 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/15-22>

REFERENCES

1. Shinkarenko S.S., Vyprickij A.A., Vasil'chenko A.A., Berdengalieva A.N. Analiz vlijanija antropogennyh nagruzok na processy opustynivaniya v severnom Prikaspii po sputnikovym dannym [Analysis of the impact of anthropogenic loads on desertification processes in the northern Caspian region based on satellite data]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2023, no. 3, pp. 44-57. (In Russ.)
2. Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V. Prostranstvennoe raspredelenie sorovyh ponizhenij na jube evropejskoj Rossii po dannym distancionnogo zondirovaniya [Spatial distribution of sor depressions in the south of European Russia based on remote sensing data]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*, 2022, no. 4 (119), pp. 6-11. (In Russ.)
3. Doroshenko V.V. Geoinformacionnoe kartografirovanie sorovyh ponizhenij i solonchakov v Stavropol'skom krae [Geoinformation mapping of sor depressions and solonchaks in Stavropol Krai]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*, 2022, no. 4 (68), pp. 553-561. (In Russ.)
4. Doroshenko V.V. Geoinformacionnyj analiz razvitiya processov opustynivaniya v Stavropol'skom krae [Geoinformation analysis of the development of desertification processes in Stavropol Krai]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*, 2022, no. 3 (118), pp. 31-36. (In Russ.)
5. Doroshenko V.V., Balynova V.V. Ocenka sovremennyh processov opustynivaniya v Respublike Dagestan na primere lokal'nogo peschanogo massiva [Assessment of modern desertification processes in the Republic of Dagestan using a local sand massif as an example]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*, 2022, no. 4 (119), pp. 24-29. (In Russ.)
6. Kulik K.N. *Agrolesomeliorativnoe kartografirovanie i fitoekologicheskaja ocenka aridnyh landshaftov* [Agroforestry mapping and phytocological assessment of arid landscapes]. Volgograd: Izdatel'stvo «VNIILMI», 2004. 248 p. (In Russ.)
7. Lapenko N.G., Eroshenko F.V., Storchak I.G. Rastitel'nost' stepnyh fitocenozov i osobennosti ee vegetacii v usloviyah Stavropol'skogo kraja [Vegetation of steppe phytocenoses and features of its vegetation in the conditions of the Stavropol Territory]. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2020, no. 2 (193), pp. 9-19. (In Russ.)
8. Manaenkov A.S., Surhaev G.A., Surhaev I.G. Aktual'nye zadachi lesnoj melioracii v Tersko-Kumskom mezhdurech'e [Actual tasks of forest melioration in the Terek-Kuma interfluvium]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*, 2017, no. 2 (46), pp. 97-104. (In Russ.)
9. Rulev A.S., Juferev V.G., Juferev M.V. Metodologija geoinformacionnogo modelirovaniya [Methodology of geoinformation modeling]. *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk*, 2011, no. 5, pp. 5-6. (In Russ.)

© Doroshenko V.V., 2024

✉ Valeriya V. Doroshenko, e-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

10. Rybashlykova L. P., Beljaev A. I., Pugacheva A. M. Monitoring sukcesionnyh izmenenij pastbishhnyh fitocenozov v «potuhshih» ochagah defljacii Severo-Zapadnogo Prikaspija [Monitoring successional changes in pasture phytocenoses in the «extinct» foci of deflation of the North-Western Caspian region]. *Jug Rossii: jekologija, razvitie*, 2019, vol. 14, no. 4, pp. 78-85. (In Russ.)
11. Skripchinskij A. V., Antonov S. A. Kosmicheskij monitoring pastbishh vostochnyh rajonov Stavropol'skogo kraja [Space monitoring of pastures in the eastern regions of the Stavropol Region]. *Nauka. Innovacii. Tehnologii*, 2019, no. 2, pp. 125-136. (In Russ.)
12. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A., Berdengalieva A. N., Doroshenko V. V. Sputnikovyy monitoring processov opustynivaniya na juge Evropejskoj Rossii v 2019-2022 gg. [Satellite monitoring of desertification processes in the south of European Russia in 2019-2022]. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2022, vol. 19, no. 5, pp. 319-327. (In Russ.)
13. Honina O. V., Shipilov I. A. Sposoby resheniya problemy degradacii prirodnyh kormovyh ugodij i pastbishh v Stavropol'skom krae [Ways to solve the problem of degradation of natural forage lands and pastures in the Stavropol Territory]. *Sbornik nauchnyh trudov Krasnodarskogo nauchnogo centra po zootehnii i veterinarii*, 2021, vol. 10, no. 1, pp. 199-202. (In Russ.)
14. Chichagov V. P. Dorogi i istorija dorozhnoj destrukcii v Kalmykii [Roads and the history of road destruction in Kalmykia]. *Vestnik Kalmyckogo instituta social'no-jekonomicheskikh i pravovyh issledovanij*, 2004, no. 1, pp. 209-216. (In Russ.)
15. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A. Posledstviya pyl'nyh bur' na juge evropejskoj chasti Rossii v sentjabre-oktjabre 2020 g. [Consequences of dust storms in the south of the European part of Russia in September-October 2020]. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, vol. 17, no. 7, pp. 270-275. (In Russ.)
16. Shinkarenko S. S., Dzhampirzoev G. S., Vasil'chenko A. A. Problema opustynivaniya v biosfernom rezervate JuNESKO Kizljarskij zaliv [The problem of desertification in the UNESCO Kizlyar Bay Biosphere Reserve]. *Geograficheskij vestnik*, 2021, no. 4 (59), pp. 99-112. (In Russ.)
17. Jekologicheskie aspekty formirovaniya solonchaka regadirovannogo v Tersko-Kumskoj nizmennosti Prikaspija [Ecological aspects of the formation of regraded solonchak in the Terek-Kuma Lowland of the Caspian region] / G. N. Gasanov, Z. M. Asadulaev, T. A. Asvarova i dr. *Jug Rossii: jekologija, razvitie*, 2019, vol. 14, no. 4, pp. 86-97. (In Russ.)
18. Juferev V. G., Beljaev A. I., Sinel'nikova K. P. Opustynivanie zemel' sel'skohozjajstvennogo naznacheniya v Chernozemel'skom rajone Kalmykii [Desertification of agricultural lands in the Chernozemelsky district of Kalmykia]. *Izvestija Nizhevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*, 2022, no. 4 (68), pp. 465-473. (In Russ.)
19. Juferev V. G., Melihova A. V., Balynova V. V. Geoinformacionnyj analiz rel'efa Kumo-Manychskoj vpadiny [Geoinformation analysis of the relief of the Kuma-Manych depression]. *Prirodnye sistemy i resursy*, 2022, vol. 12, no. 2, pp. 67-76. (In Russ.)
20. Jakovleva E. P. Negativnye svoystva agrojekosistem juga evropejskoj chasti Rossii i strategija meliorativnyh meroprijatij [Negative properties of agroecosystems in the south of the European part of Russia and the strategy of melioration measures]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, no. 60, pp. 345-349. (In Russ.)

Conflict of interests: The author declares no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 19.07.2023

Accepted: 02.12.2024

Валерия Витальевна Дорошенко

Младший научный сотрудник Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-3253-1132, e-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru

Valeriya V. Doroshenko

Junior Researcher at the Federal Scientific Centre of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-3253-1132, e-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru