

ОПУСТЫНИВАНИЕ В РОССИИ: ВИД СВЕРХУ



ШИНКАРЕНКО Станислав Сергеевич,

кандидат сельскохозяйственных наук

БАРТАЛЁВ Сергей Александрович,

доктор технических наук

Институт космических исследований РАН



DOI: 10.7868/50044394826030035

Поступила в редакцию 26.10.2025
Принята к публикации 26.10.2025

Осенью 2020 г. юг европейской части России накрыли масштабные пыльные бури, протяженность которых составила сотни километров, площадь песчано-пылевого облака по оценкам из космоса превысила 10–11 млн га, а пылевой шлейф достиг территории Республики Беларусь. Но источником выноса стали не привычная пустошь Аралкум на дне высохшего Аральского моря и не пустыни Средней Азии, а пастбища российских регионов: Калмыкии, Дагестана, Астраханской области и Ставрополья (рис. 1).

Пыльные бури на юге России начиная с 2020 г. заметно участились, они не фиксировались из космоса только

в 2023 и 2025 гг. С этого момента в СМИ чаще стали появляться заголовки в стиле «пустыня наступает», а термин «опустынивание» стал привычным не только для исследователей засушливых областей, но и прочно вошел в обиход.

ЧТО ТАКОЕ ОПУСТЫНИВАНИЕ?

Следует различать понятия «опустынивание» и «пустыня», поскольку эти термины зачастую связывают между собой и путают. Пустыня – это природная зона, расположенная в соответствующих почвенно-климатических условиях, которая характеризуется

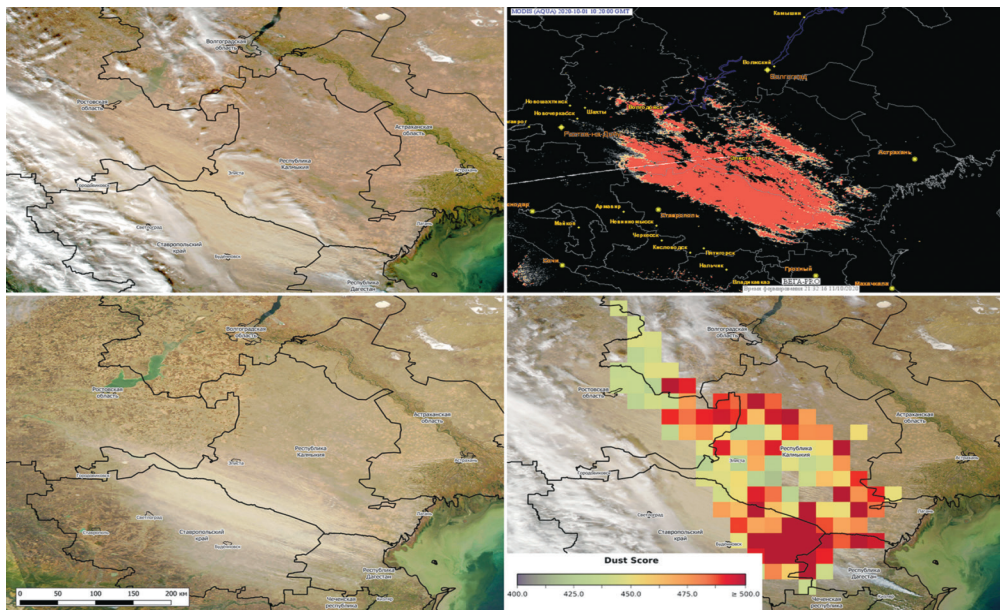


Рис. 1. Спутниковые изображения пыльных бурь 1 и 9 октября 2020 г. в оптическом диапазоне. Идентификация песчано-пылевого шлейфа в атмосфере по разнице измерений потоков излучения на длинах волн 11 и 12 мкм в спектральных каналах прибора MODIS (ИСЗ Aqua, США), оценка пыльной бури от 30 сентября 2020 г. NASA, система «Beza-Science»

присущим ей растительным покровом. Поэтому под опустыниванием зачастую понимают проникновение пустынных видов растений в другие природные зоны (смещение границы пустынной зоны). Вследствие этого при таком подходе к пустыне нельзя применять термин «опустынивание», т.к. пустыня не может опустыниваться, поскольку уже расположена в соответствующих природных условиях. В России пустынная зона представлена только в регионах Прикаспия – Астраханской области, Республиках Калмыкия и Дагестан (рис. 2). Причем граница, которая отделяет ее от южной подзоны степей, достаточно стабильна и никуда не сдвигается со временем. В 2025 г. ведущим научным сотрудником Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН доктором биологических наук Ириной Николаевной Сафроновой с соавторами на основе многолетних полевых иссле-

дований разработана и опубликована «Карта современной растительности Северо-Западного Прикаспия», на которой обозначена граница степной и пустынной зон. Поэтому пустыня как природная зона никуда в России не наступает.

Под опустыниванием зачастую также подразумевают превращение ранее плодородных земель в открытые пески, а под пустыней понимают значительные пространства без растительного покрова, будь то песчаные, глинистые или каменистые пустоши. В 1994 г. была принята, а в 1996 г. вступила в силу «Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке» (далее – Конвенция ООН). В этом документе содержатся ключевые опре-



Рис. 2. Характерные растительные сообщества для степной (слева, ковыльное сообщество) и пустынной зон России (справа, полынно-мятликовое). Фото С.С. Шинкаренко

деления, которые касаются опустынивания земель:

- «опустынивание» означает деградацию земель в засушливых, полужасушливых и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека;
- «деградация земель» означает снижение или потерю биологической и экономической продуктивности и сложной структуры богарных пахотных земель (неорошаемые пашни в засушливых условиях), орошаемых пахотных земель или пастбищ, лесов и лесистых участков в засушливых, полужасушливых и сухих субгумидных районах, в результате землепользования или действия одного или нескольких процессов, в том числе связанных с деятельностью человека и структурами расселения, таких как:
 - * ветровая и/или водная эрозия почв;
 - * ухудшение физических, химических и биологических или экономических свойств почв;
 - * долгосрочная потеря естественного растительного покрова.

Засушливые, полужасушливые и сухие субгумидные районы означают районы (помимо полярных и субполярных районов), в которых отношение среднего ежегодного уровня осадков к потенци-

альной эвапотранспирации¹ колеблется в диапазоне от 0.05 до 0.65.

Опустынивание, согласно Конвенции ООН, – это не смещение границ пустынной зоны и не только образование пустошей на месте плодородных земель, а деградация растительного и почвенного покрова, которая происходит в условиях недостаточного атмосферного увлажнения. Поэтому территории, где среднее многолетние значения коэффициента увлажнения ($KУ$ – отношение годовых сумм осадков и потенциальной испаряемости) менее 0.65, относят к зоне риска опустынивания, а расположенные здесь страны и районы в соответствии с Конвенцией ООН считают «затрагиваемыми» опустыниванием. Это не значит, что районы, которые расположены в более влажном климате, не подвержены деградации, но проявления негативных процессов здесь по Конвенции ООН не считаются опустыниванием. Поэтому, говоря об опустынивании, мы понимаем деградацию растительного покрова и верхних почвенных горизонтов вплоть до их полной долговременной потери, в том числе с образованием

¹ Эвапотранспирация – количество влаги, переходящее в атмосферу в виде водяного пара в результате испарения и поглощения почвенной влаги растениями с последующим испарением.

массивов подвижных песков, в районах с КУ менее 0.65.

В соответствии с целями устойчивого развития человечества Генеральная Ассамблея ООН постановила: *«К 2030 году бороться с опустыниванием, восстановить деградировавшие земли и почвы, включая земли, пострадавшие от опустынивания, засухи и наводнений, и стремиться к созданию мира, нейтрального в отношении деградации земель»*. Конвенцией ООН разработано руководство по надлежающей практике оценки индикатора достижения цели – нейтрального баланса деградации земель, который базируется на трех субиндикаторах: динамика содержания почвенного органического углерода, продуктивности растительности и наземного покрова. Последние два субиндикатора могут быть оценены в масштабах страны по спутниковым данным в результате дистанционного зондирования на основе временных рядов вегетационных индексов и ежегодных карт типов наземных экосистем, которые разрабатываются Институтом космических исследований РАН (ИКИ РАН).

ГДЕ ВОЗМОЖНО ОПУСТЫНИВАНИЕ В РОССИИ?

Общая площадь районов, в которых имеются территории с засушливым (аридным), полусушливым (полуаридным) и сухим субгумидным климатом в нашей стране составляет около 200 млн га, в том числе 124 млн га земель сельскохозяйственного назначения (рис. 3). Площадь сельскохозяйственных угодий, на которых деградация в соответствии с Конвенцией ООН считается опустыниванием, составляет 115 млн га. Сюда относятся пустынная и степная зоны, а также частично южная подзона лесостепной зоны России.

Согласно данным Минсельхоза РФ, большая часть сельскохозяйственных

угодий в зоне риска опустынивания представлена пахотными землями (около 68 млн га) и пастбищами (35 млн га). Еще около 6.5 млн га сельскохозяйственных угодий относятся к сенокосам, примерно 0.5 млн га являются залежами, а 4.7 млн га – это защитные лесные насаждения и колхозные леса.

Методы оценки процессов деградации земель существенно зависят от вида их использования, поэтому должны отличаться для пастбищ и сенокосов, которые находятся в условно естественном состоянии, и пахотных земель. Показатели деградации почвенного покрова регламентированы согласно ГОСТ Р 70526–2022 «Мелиорация земель. Почвы. Оценка степени деградации». Состояние посевов зависит не только от гидротермических условий года и степени деградации почв, но и от их типа, количества внесенных удобрений, сельскохозяйственной культуры и ее сорта, агротехнических приемов, времени сева, культуры-предшественника и множества других факторов, которые практически невозможно оценить из космоса. Поэтому в настоящее время оценка состояния пашни производится преимущественно на основе результатов наземных агрохимических обследований. Изменения наземной фитомассы природных пастбищ и сенокосов возможно оценить по спутниковым данным, на основе которых строятся многолетние ряды вегетационных индексов, чувствительных к содержанию хлорофилла в растениях. Наиболее распространен нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI, который определяется как разница коэффициентов спектральной яркости подстилающей поверхности в ближнем инфракрасном и красном диапазонах спектра, отнесенная к их сумме. Многочисленные исследования показали наличие статистически значимой связи между проективным покрытием – степенью перекрытия почвы растительностью и фитомассой с NDVI.

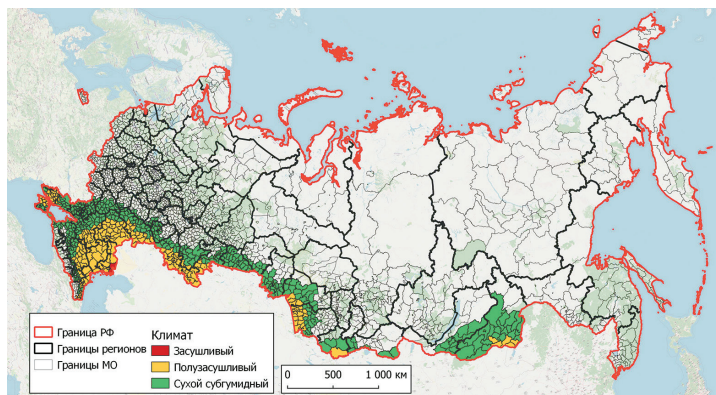


Рис. 3. Карта климатических зон России, заданных в границах регионов на юге страны, где деградация земель считается опустыниванием

Наиболее надежно по спутниковым данным идентифицируются полностью деградированные территории с долговременной утратой естественного растительного покрова, в первую очередь подвижные (открытые) пески, представляющие крайнюю степень деградации. Их площадь является индикатором опустынивания как по Конвенции ООН, так и по ГОСТ Р 70526–2022. Кроме того, именно массивы подвижных песков служат одним из основных источников эолового материала при формировании песчаных и пыльных бурь. В нашей стране массивы подвижных песков расположены преимущественно в регионах Прикаспия – Рес-

публиках Дагестан, Калмыкия и Чечня, Астраханской области и Ставропольском крае. Это наиболее засушливые территории страны, где потенциальная испаряемость в разы превышает количество выпадающих осадков. Именно здесь в последние годы фиксируется большая часть пыльных бурь. Территория Прикаспийской низменности – это достаточно молодая морская равнина, вышедшая на поверхность после Позднехвалынской трансгрессии Каспия от 10 до 20 тыс. лет назад. Вследствие этого почвенный покров здесь маломощный и с низким содержанием органического вещества, но высокой минерализацией (рис. 4).



Рис. 4. Прикаспийская низменность. Астраханская область, Харабалинский район. Фото С.С. Шинкаренко

Значительная часть Прикаспийской низменности лежит ниже уровня моря и сложена песками и песчаными почвами, а собственно граница пустынной зоны примерно совпадает с нулевой горизонталью. Поэтому нерациональное сельскохозяйственное использование песчаных земель пустынной зоны способствует их стремительной деградации вплоть до полной утраты естественного растительного покрова. Неконтролируемый выпас овец и коз приводит не только к уничтожению растительности, но и разрушению верхних горизонтов почв. Из-за этого песчаные почвы не могут противостоять сильным устойчивым ветрам, дующим с востока и юго-востока со скоростями зачастую более 20 м/с. В результате выдувания семян растений, самых мелких почвенных частиц (глинистой фракции) и органического вещества остаются только перевеянные подвижные пески, которые постепенно дрейфуют по направлениям преобладающих ветров. Кроме засыпания поверхности песком у этого явления есть еще ряд негативных последствий – например, из-за абразивного воздействия растительность стачивается в потоке песка, а сальтация песчинок (скачкообразное перемещение) способствует нарушению поверхности почв, из-за чего они уже не могут в должной мере противостоять разрушению под действием ветра – дефляции. При снижении пастбищных нагрузок и наступлении благоприятных гидротермических условий массивы открытых песков могут частично или полностью покрываться растительностью, распадаться на отдельные участки. Спутниковый мониторинг дает возможность анализировать динамику площади подвижных песков и определять ее основные движущие факторы.

Неконтролируемый выпас скота, засуха, ландшафтные пожары, вспышки численности саранчи способствуют утрате естественного растительного покрова

на песчаных пастбищах с образованием массивов открытых песков, а сильные ветра приводят к существенному росту их площади. Особенно эти процессы усугубляются в периоды сильных продолжительных засух – например, в 2020 г. площадь подвижных песков в перечисленных выше регионах увеличилась с 300 тыс. га весной до 1.5 млн га осенью, а из-за бескормицы поголовье домашнего скота сократилось не менее чем на 500 тыс. голов. С этого периода в ИКИ РАН ведется мониторинг изменений площади подвижных песков и пыльных бурь в российской части Прикаспия, а его результаты ежегодно публикуются в журнале «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса».

В Прикаспии существуют объекты кроме массивов подвижных песков и дефлированных участков, растительный покров на которых практически полностью отсутствует. Это солончаки, в том числе соровые понижения (соры)², поверхность которых покрыта водой, коркой соли, солевой пылью, переувлажненным грунтом или густой сетью трещин такыра³ (рис. 5). Это древние русла рек, котловины выдувания, компенсационные понижения растущих возвышенностей соляных куполов или бывшие заливы ушедшего после трансгрессий Каспийского моря, которые имеют достаточно стабильную площадь и специфический почвенный покров в силу действия соответствующих природных факторов: высокой минера-

² Сор – это бессточное понижение различного генезиса с временным пересыхающим водоемом и активным развитием засоления поверхностной морфолитосистемы, приводящим к образованию солончаков с ярко выраженным солончаковым горизонтом (*Лищулов С.А.* Соры как форма аридного рельефа // *Геоморфология*, 2013. № 3. С. 89–96).

³ Такыр – форма рельефа, образуемая при высыхании засоленных почв в засушливых условиях. На поверхности такыра возникают трещины усыхания, образующие характерный узор на глинистом грунте.

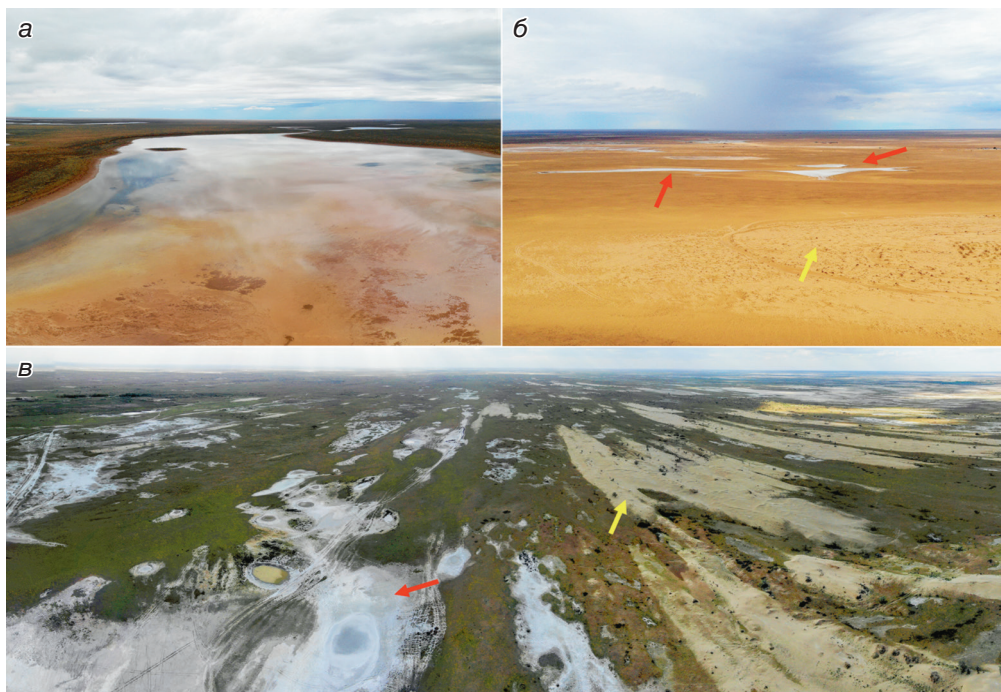


Рис. 5. Соровые понижения в Калмыкии: а – заполненные водой, б – пересохшие (июнь 2021), в Дагестане (апрель 2023). Красная стрелка – солончаки, желтая – открытые пески. Фото С.С. Шинкаренко

лизации окружающих почв и близких к поверхности засоленных грунтовых вод. В условиях высокой испаряемости,кратно превышающей количество выпадающих осадков, формируется непромывной или выпотной⁴ водный режим почв, когда вода испаряется, оставляя на поверхности или в верхнем почвенном горизонте растворенные в ней вещества. Лишь небольшая часть специализированных растений-галофитов (например, солерос солончаковый, сарсазан шишковатый), способных выдерживать высокую минерализацию почв и грунтовых вод, может выживать по окраинам подобных солончаков.

⁴ При близком залегании грунтовых вод возможно превышение испарения над количеством осадков, из-за чего грунтовые воды поднимаются по капиллярам вместе с растворенными солями.

В то же время солончаки и подвижные пески имеют близкие спектрально-отражательные характеристики, из-за чего перепутываются между собой и не учитываются многими исследователями при оценках площади деградации пастбищ. В отличие от массивов открытых песков большая часть солончаков относится к природным образованиям, и отсутствие на них растительного покрова связано в первую очередь не с интенсивными процессами дефляции, а с их природными особенностями. Тем не менее иногда солончаки могут служить источником для выноса материала при пыльных бурях. В ИКИ РАН разработана карта соровых понижений и солончаков Северного Прикаспия, которая позволяет отличить их от подвижных песков и других лишённых растительности дефлированных участков (рис. 6). В российской части

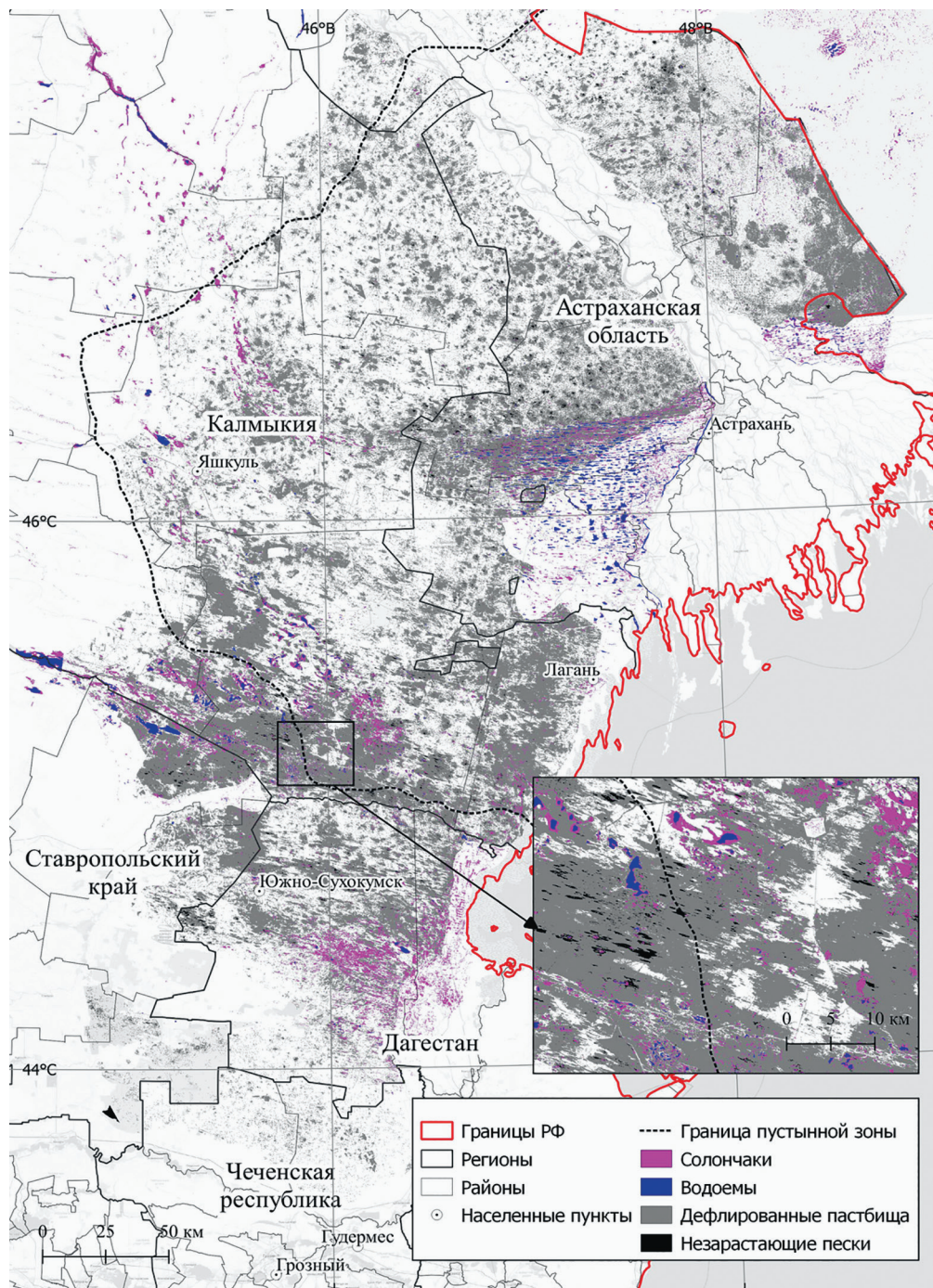


Рис. 6. Карта районов дефлированных пастбищ (отсутствие растительности фиксировалось не менее одного наблюдения), длительно не зарастающих песков (растительность постоянно отсутствовала в течение 2019–2025 гг.) и солончаков в российских регионах Прикаспия. Во врезке – увеличенный фрагмент, отмеченный черным прямоугольником

Прикаспия площадь соров и солончаков составляет около 250 тыс. га.

Площадь районов в России с коэффициентом увлажнения менее 0.65, где деградация земель считается опустыниванием, достигает около 200 млн га, в том числе сельскохозяйственных угодий около 115 млн га. В наибольшей степени деградация проявляется на пастбищах Прикаспия в Астраханской области, Ставропольском крае, Республиках Дагестан и Калмыкия, где в результате воздействия засух, сильных ветров и чрезмерного выпаса на песчаных землях образуются массивы подвижных песков.

МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ ОТКРЫТЫХ ПЕСКОВ

Площади открытых песков характеризуются значительной сезонной и многолетней динамикой в зависимости от условий увлажнения, пастбищных нагрузок и ветрового режима. При этом могут изменяться как контуры массивов песков, так и их внутренняя структура (рис. 7). Поэтому исследования многолетней динамики площади подвижных песков должны основываться на многих данных дистанционного зондирования Земли не на какую-то одну дату в году, а на разносезонных сведениях, получаемых не менее 2–3 раз за год.

Совместное использование разновременных наземных данных, материалов аэросъемки беспилотным летательным аппаратом и спутниковых изображений позволило разработать методику картографирования изменений, занимаемых открытыми песками земель с применением методов машинного обучения. Это дает возможность оценивать сезонную динамику процессов дефляции, выделять как устойчивые не зарастающие растительностью песчаные массивы, так и области накопления выносимого

с них ветром материала. Для этих целей используются формируемые на основе разработанных ИКИ РАН технологий и данных, полученных тремя ИСЗ дистанционного зондирования Sentinel-2 (ESA), запущенных в 2015, 2017 и 2024 гг. в рамках проекта глобального мониторинга окружающей среды, композитные спутниковые изображения с устраненным влиянием облачности и пространственным разрешением 10 м (рис. 8). Данные ИСЗ Sentinel-2 обеспечивают глобальное непрерывное покрытие каждые пять-семь дней, проходят процедуры радиометрической калибровки и коррекции атмосферных искажений, а также свободно распространяются Европейским космическим агентством. Ряды однородных атмосферно скорректированных данных с этих спутников доступны с 2019 г. Готовится к запуску еще один космический аппарат, что обеспечит непрерывное продолжение миссии.

Стремительный рост площади открытых песков в российской части Прикаспия начался летом 2020 г. вследствие катастрофической засухи и чрезмерных пастбищных нагрузок. Из-за этих причин площадь лишенных растительности участков выросла до 1.1 млн га летом того же года. Сильнейшие ветра в конце сентября – начале октября 2020 г. привели к развитию масштабных пыльных бурь, увеличивших дефлированные площади до рекордных 1.5 млн га. В течение весны 2021 г. продолжалась засуха, которая привела к пыльным бурям и в этот год. Тем не менее вторая половина лета 2021 г. была достаточно влажной, что привело к зарастанию перевеянных песков растительностью, в результате их площадь к концу года сократилась до 660 тыс. га. В 2022 г. пыльные бури наблюдались на протяжении практически всего августа, но они носили не такой масштабный характер, как в 2020–2021 гг., в результате их воздействия

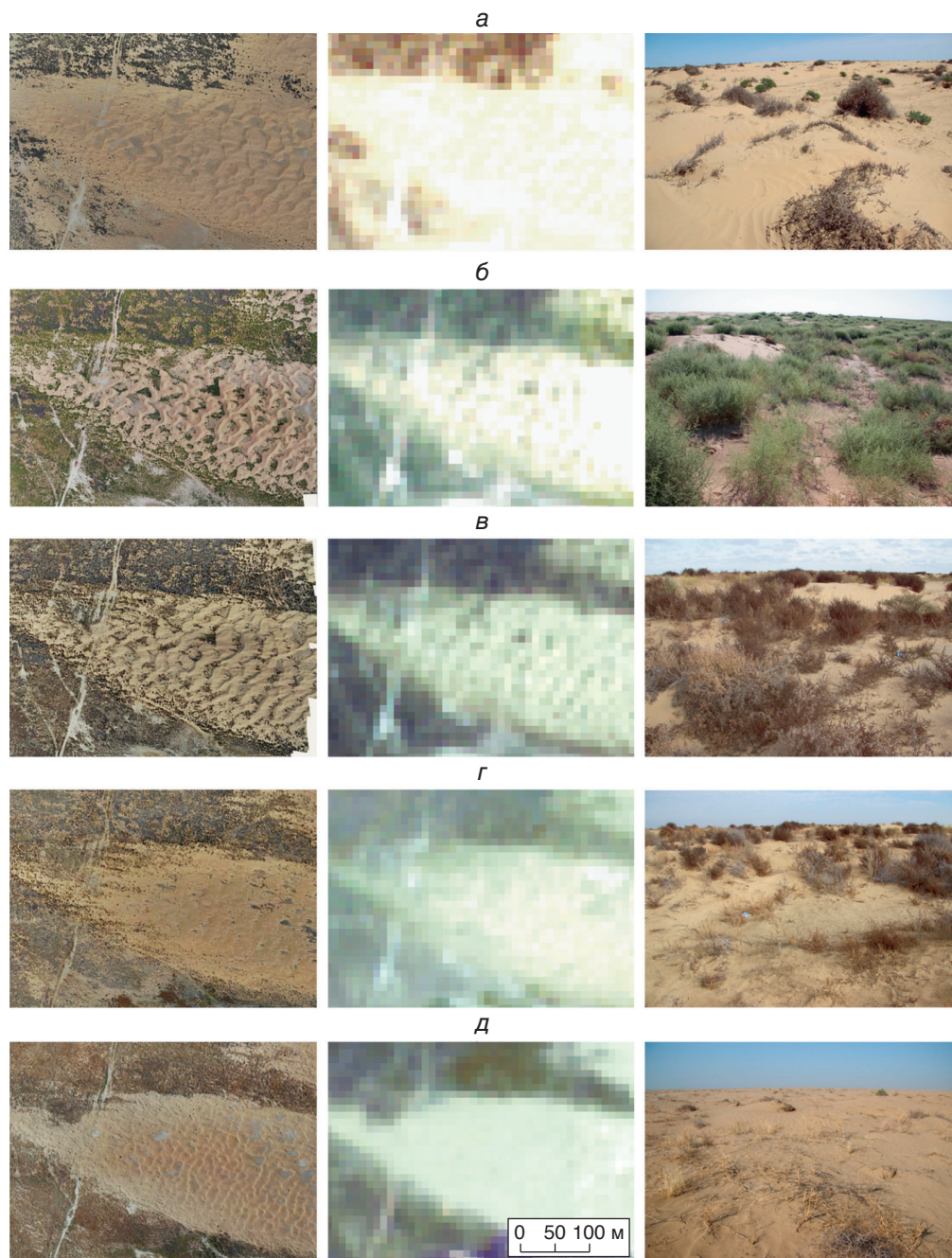


Рис. 7. Примеры аэросъемки, спутниковых изображений ИСЗ Sentinel-2 (ESA) – слева и наземных фотографий исследованного массива подвижных песков (справа): а – апрель 2023 г., б – июль 2023 г., в – октябрь 2023 г., г – октябрь 2024 г., д – июль 2025 г. Заращение песков однолетней солянкой сорной и изменение яркости спутникового изображения в зависимости от проективного покрытия растительности. Аэросъемка и наземные фото С.С. Шинкаренко, спутниковые изображения – система «Вега-Science»

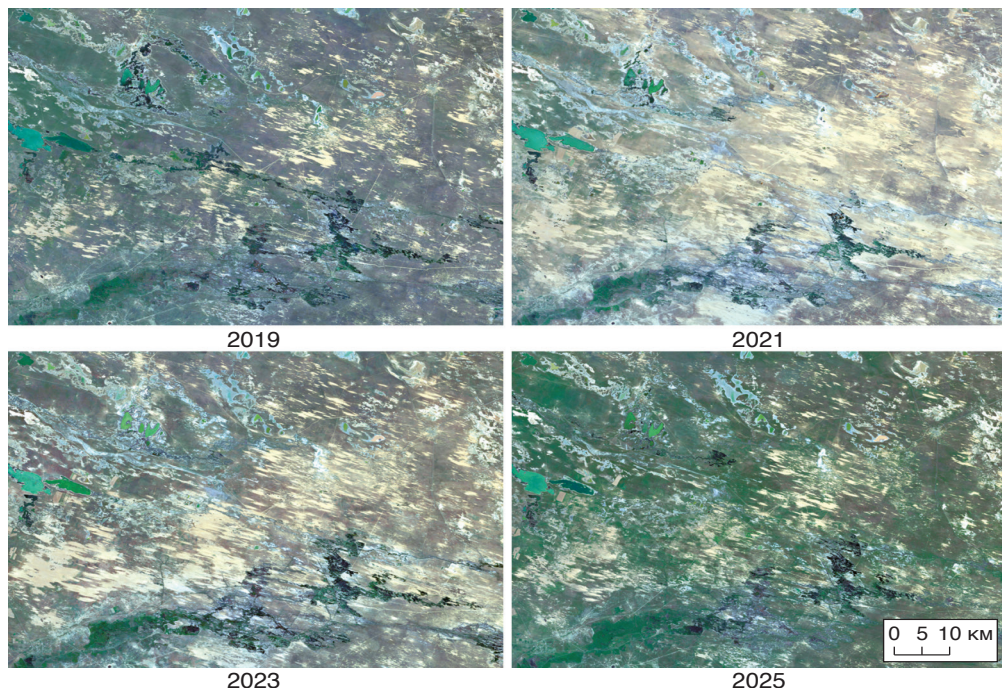


Рис. 8. Фрагменты спутниковых изображений ИСЗ Sentinel-2 (ESA), иллюстрирующие динамику площади открытых песков в 2019, 2021, 2023 и 2025 гг. Массивы песков выделяются более светлым желтоватым тоном. Наибольшие площади открытых песков и дефлированных пастбищ зафиксированы после масштабных пыльных бурь в 2020–2024 гг. В 2025 г. произошло повсеместное зарастание растительностью значительных площадей дефлированных территорий. Система «Beza-Science»

площадь переветренных песков достигла почти 1 млн га (рис. 9).

Благоприятные условия увлажнения 2023 г. позволили стабилизировать ситуацию, особенно в Астраханской области, Республике Дагестан и Ставропольском крае. Этот год стал первым после 2019 г., когда в российской части Прикаспия не было зафиксировано пыльных бурь по данным дистанционного зондирования из космоса. В итоге площадь открытых песков и дефлированных территорий сократилась до уровня начала 2020 г. примерно в 300 тыс. га. Восстановление растительности на пастбищах в течение 2023 г. создало условия для возникновения и развития природных пожаров, которые не регистрировались с 2020 г.

по причине отсутствия горючего материала. Рост площади песков без растительного покрова в Астраханской области и Дагестане в 2024–2025 гг. связан в первую очередь с ландшафтными пожарами на пастбищах, а не чрезмерным выпасом. В Чеченской Республике площадь открытых песков на протяжении 2019–2025 гг. не превышала 7–8 тыс. га. Пыльные бури осени 2024 г. затронули пастбища на юге Калмыкии и частично северо-востоке Ставропольского края, но основной урон они нанесли посевам озимых культур на пашне на границе Калмыкии, Ростовской и Волгоградской областей. Влажный и относительно нежаркий 2025 г. способствовал восстановлению растительности на пастбищах, в результате площадь

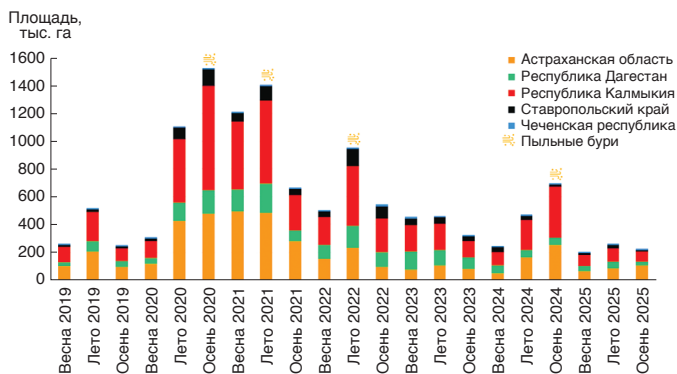


Рис. 9. Диаграмма динамики площади открытых песков и дефлированных территорий в 2019–2025 гг. (значком показаны пыльные бури). По результатам картографирования открытых песков

открытых песков вернулась к уровню 2019 г. – периода до начала катастрофической интенсификации дефляционных процессов в регионе. Восстановление растительности подтверждается и возобновлением природных пожаров на пастбищах пустынной зоны. В 2019–2023 гг. количество пожаров резко сократилось, т.к. гореть было нечему.

Тем не менее полевые исследования, которые проводились совместно с Дагестанским федеральным исследовательским центром в 2023–2025 гг., свидетельствуют о сохранении высокого риска роста площади открытых песков и интенсификации дефляционных процессов. Растительный покров, восстановившийся на перевеянных песках, представлен преимущественно однолетними растениями, вегетация которых сильно зависит от условий каждого отдельного года. Поэтому при повторении засух угроза деградации пастбищ и повторения пыльных бурь достаточно велика. Необходимы разработка и принятие комплекса мер по регулированию поголовья скота, проведении фитомелиоративных мероприятий по закреплению песков и подсеву многолетних трав. Для этих целей на основе данных спутниковых наблюдений идентифицированы полностью деградированные участки пастбищ с долговременной утратой растительного покрова, которые были лишены расти-

тельности на протяжении 2022–2024 гг. Их площадь составляет примерно 150 тыс. га, именно на этих территориях необходима первоочередная реализация мер по восстановлению растительного покрова.

«ОТРОДЯСЬ ТАКОГО НЕ БЫВАЛО, И ОПЯТЬ ТО ЖЕ САМОЕ»

Проблема пыльных бурь и роста площади подвижных песков в Прикаспии не нова, регион уже сталкивался с ней как минимум один раз – в 1960–1980-х гг. не только чрезмерный выпас, но и распашка для посева зерновых, кормовых культур и многолетних трав уже приводили к катастрофе. Пастбища Прикаспия столетиями служили для выпаса скота кочевников, а также формировались под влиянием диких стад копытных. Поэтому для нормального функционирования этой территории выпас необходим, иначе возникает риск увеличения пожароопасности, что также приведет к деградации растительности и почв. В условиях практически полного отсутствия крупных диких травоядных определяющим фактором формирования степных и пустынных экосистем становится домашний скот. Традиционные зимние пастбища Прикаспия после закрепления их за колхозами в середине

XX в. стали круглогодичными, рост поголовья овец и сельскохозяйственное освоение привели к катастрофе к началу 1970-х гг. Разрушение верхних горизонтов песчаных почв при распашке полностью лишило их устойчивости против дефляции, в результате которой площадь подвижных песков в Калмыкии, Астраханской области и на севере Дагестана существенно увеличилась. Но даже в этот период их площадь не превышала 0.5 млн га.

Для предотвращения дальнейшей деградации пастбищ Калмыкии, Дагестана и Астраханской области в 1986 г. была принята «Генеральная схема по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» (части Прикаспийской низменности на правом берегу Волги в Калмыкии (рис. 10) и Астраханской области (Черные земли)⁵, Дагестане, Чечне и Ставропольском крае (Кизлярские пастбища). Реализация мероприятий в рамках Генеральной схемы предусматривала ограничение и перераспределение выпаса, проведение мелиоративных работ (закрепление песков кустарниками, подсев многолетних трав, в том числе методом аэросева,

⁵ Черные земли – это не только заповедник, но и более обширный экологический регион, который вместе с Кизлярскими пастбищами входит в Прикаспийскую низменность.

обводнение пастбищ и другие мероприятия), создание сети особо охраняемых природных территорий, включая заповедник «Черные земли», в котором выпас полностью запрещен. Период 1986–1996 гг. характеризовался ростом количества выпадающих осадков, тогда как в 1990-х гг. из-за ухудшения социально-экономических условий поголовье скота стало снижаться, достигнув минимальных значений в 2000 г. (0.5 млн голов против 2.5 млн в период 1980–1990 гг.). Комплекс этих факторов привел к восстановлению растительности на перевейанных песках (рис. 11), в период относительной стабильности в 2000–2013 гг. площадь открытых песков не превышала 100 тыс. га. Рост поголовья скота примерно до 2.5 млн голов к 2015 г. и ухудшение условий увлажнения привели к негативным последствиям, которые были описаны выше.

«НЕ ТАК СТРАШЕН ЧЕРТ, КАК ЕГО МАЛЮЮТ»

Таким образом, решение проблемы интенсификации процессов дефляции на пастбищах Прикаспия существует, т.к. ситуация пока еще обратима. Спутниковый мониторинг состояния пастбищ позволяет определить территории



Рис. 10. Массивы подвижных песков в Калмыкии (слева) и закрепленных посадками кустов джужгуна безлистного (справа). Фото С.С. Шинкаренко

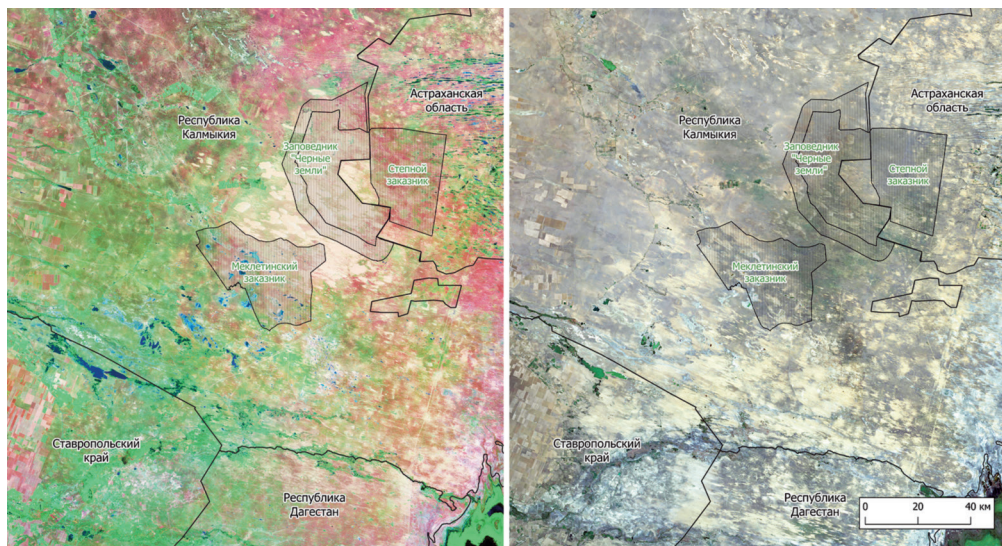


Рис. 11. Фрагменты спутниковых изображений южных регионов России ИСЗ Landsat-5 и Sentinel-2 (ESA) с обозначением особо охраняемых природных территорий (слева – лето 1986 г., справа – осень 2020 г.). В результате проведения фитомелиорации, создания заповедника и заказников, где запрещен выпас скота, восстановился растительный покров на голых песках в 1980-х гг. Сейчас в пески превратились другие территории, где ранее не было отмечено настолько сильно деградации. Система «Beza-Science»

с долгосрочной утратой растительного покрова и разработать своевременные меры по их восстановлению. Аэро-съёмка и дистанционное зондирование из космоса уже помогли при разработке Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием, востребованы они и сейчас, когда количество источников данных выросло многократно, а технологии автоматизации и искусственного интеллекта позволяют существенно удешевить и ускорить мониторинг состояния пастбищ. Долговременный архив спутниковых изображений с середины 1970-х гг. позволяет отследить историю каждого массива подвижных песков, определить периоды их появления и зарастания, что дает возможность разработать наиболее эффективные мероприятия по их восстановлению и использованию.

Несмотря на риск пыльных бурь и негативное воздействие на окружающее пространство, массивы открытых песков

важны для биоразнообразия Прикаспия. Также массивы песков с их высокой проницаемостью способствуют инфильтрации атмосферных осадков, благодаря чему пополняются грунтовые воды. Представители флоры и фауны, жизнь которых непосредственно связана с подвижными песками, до сих пор встречаются в регионе, при этом большинство из них внесены в федеральную или региональные Красные книги (рис. 12). Во-первых, это свидетельствует о наличии здесь подвижных песков, существующих весь период с последней крупной трансгрессии Каспия 10–12 тыс. лет назад, а во-вторых, требует осторожности при выборе массивов песков для их закрепления кустарниками и травами, т.к. могут быть разрушены местообитания редких видов. Технологии спутникового мониторинга состояния пастбищ и площади подвижных песков позволяют определить и такие длительно существующие массивы откры-



Рис. 12. Ушастая круглоголовка (популяция Предкавказья в Красной книге РФ, слева) и песчаный удавчик (Красная книга РФ, справа) – типичные обитатели подвижных песков, которые приспособились в них зарываться. Фото С.С. Шинкаренко

тых песков, потенциально пригодные для сохранения связанного с ними биоразнообразия. Анализ спутниковых данных с 1976 г. позволил идентифицировать около 5 тыс. га открытых песков, которые существовали весь этот полувековой период, а также не представляют угрозы роста своей площади в настоящее время. Кроме того, площадь полностью деградированных пастбищ (представляющих пески), на которых отсутствует растительный покров в течение не менее трех лет, вдвое меньше, чем в период 1970–1980 гг. Поэтому своевременное принятие мер по регулированию выпаса и проведению фитомелиорации наиболее опасных массивов песков позволят нивелировать угрозу дальнейшего увеличения площади подвижных песков, а также не навредить редким видам животных и растений. Спутниковый мониторинг дает возможность идентифицировать как наиболее подверженные дефляции территории, так и необходимые для сохранения биоразнообразия устойчивые против ветров пески.

Материалы, использованные в статье, выполнены по государственному заданию ИКИ РАН «Мониторинг» (госрегистрация № 122042500031–8) с использованием сервиса «Bera-Science» и инфраструктуры Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг».

Рекомендуем прочитать

1. Барталёв С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А. и др. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016.
2. Куст Г.С., Андреева О.В., Зонн И.С. и др. Деградация земель, опустынивание и устойчивое землепользование: концепции и терминология / под ред. Г.С. Куста. М.: МАКС Пресс, 2024. 208 с.
3. Кулик К.Н., Петров В.И., Рулев А.С., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. К 30-летию «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» // Аридные экосистемы, 2018. № 1. С. 5–12.
4. Куст Г.С., Андреева О.В., Лобковский В.А. Достижение нейтрального баланса деградации земель – путь преодоления тихого кризиса планеты // Земля и Вселенная, 2024. № 5 (359). С. 5–17.
5. Сафронова И.Н., Степанова Н.Ю., Каримова Т.Ю., Калмыкова О.Г. и др. Карта современной растительности Северо-Западного Прикаспия. М 1:300 000. Пояснительный текст и легенда к карте. СПб., 2025. 80 с.
6. Шинкаренко С.С., Барталёв С.А., Биарсланов А.Б., Полтарин В.С. Метод картографирования сезонной динамики площадей открытых песков и дефлированных территорий на основе спутниковых данных высокого разрешения и машинного обучения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2025. Т. 22. № 3. С. 207–221.
7. Шинкаренко С.С., Барталёв С.А., Сайгин И.А., Смялянский И.Э. Уточнение занимаемых пустынями и степями территорий при спутниковом картографировании наземных экосистем России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2025. Т. 22. № 4. С. 218–235.