УДК: 631.459:551.58(575.15)

ПОДВЕРЖЕННОСТЬ ПОЧВ ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ В СУРХАНДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Маматкулов Аслиддин Рустамбек угли,
д.ф.с/х.н. (PhD), старший научный сотрудник,
e-mail: a.mamatkulov@soil.uz

Баходиров Зафар Абдувалиевич
д.б.н (DSc), старший научный сотрудник,
e-mail: zafarbahodirov@gmail.com

Эшмуродов Собир Жахонгир угли,
магистрант,
e-mail: sobireshmurodov1@gmail.com

Институт почвоведения и агрохимических исследований

Аннотация. Пылевые бури в аридных районах Сурхандарьинской области сопровождаются интенсивным перемещением почвенных частиц и ухудшением качества атмосферного воздуха. Цель исследования - оценить роль подверженности почв ветровой эрозии в формировании пылевой нагрузки при воздействии сильных ветров. Исследование проведено на основе почвенных, метеорологических, геоинформационных и дистанционных данных с применением модели RWEQ (Revised Wind Erosion Equation). Определены пространственное распределение и степень потенциальной эрозионной опасности почв, а полученные результаты сопоставлены с характеристиками пылевых событий, концентрациями PM_{10} и $PM_{2.5}$ и направлением ветра. Установлено, что высокая потенциальная способность почв к дефляции характерна для значительной части исследуемой территории, однако сама по себе не свидетельствует о формировании конкретного пылевого события. Показана необходимость совместного анализа эрозионной опасности, метеорологических условий и спутниковых данных для разграничения локальной дефляции и дальнего переноса пылевых масс.

Ключевые слова: ветровая эрозия; пылевые бури; пылевая нагрузка; RWEQ; PM_{10}; $PM_{2.5}$; дистанционное зондирование; ГИС; дефляция почв; Сурхандарьинская область.

Annotatsiya. Surxondaryo viloyatining arid hududlarida yuzaga keladigan chang bo‘ronlari tuproq zarrachalarining jadal ko‘chishi va atmosfera havosi sifatining yomonlashuvi bilan kuzatiladi. Tadqiqotning maqsadi kuchli shamollar ta’sirida havoning chang bilan ifloslanish darajasining shakllanishida tuproqlarning shamol eroziyasiga moyilligi rolini baholashdan iborat. Tadqiqot tuproq, meteorologik, geoinformatsion va masofadan zondlash ma’lumotlari asosida RWEQ (Revised Wind Erosion Equation) modelini qo‘llagan holda olib borildi. Tuproqlarning potensial eroziya xavfining hududiy taqsimlanishi va darajasi aniqlandi hamda olingan natijalar chang hodisalarining xususiyatlari, PM_{10} va $PM_{2.5}$ konsentratsiyalari hamda shamol yo‘nalishi bilan taqqoslandi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, hududning katta qismida tuproqlarning deflyatsiyaga potensial moyilligi yuqori ekanligi aniqlandi. Biroq, bu holatning o‘zi muayyan chang hodisasining shakllanishini anglatmaydi. Mahalliy deflyatsiya va chang massalarining uzoq masofalarga ko‘chishini farqlash uchun eroziya xavfi, meteorologik sharoitlar va sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlarini birgalikda tahlil qilish zarurligi ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar: shamol eroziyasi; chang bo‘ronlari; havoning chang bilan ifloslanish darajasi; RWEQ; PM_{10}; $PM_{2.5}$; masofadan zondlash; GIS; tuproq deflyatsiyasi; Surxondaryo viloyati.

Annotation. Dust storms in the arid areas of Surkhandarya Region are accompanied by intensive transport of soil particles and deterioration of ambient air quality. The aim of the study was to assess the role of soil susceptibility to wind erosion in the formation of dust

loading under strong wind conditions. The study was conducted using soil, meteorological, geoinformation, and remote sensing data with the application of the RWEQ (Revised Wind Erosion Equation) model. The spatial distribution and degree of potential erosion hazard of soils were determined, and the obtained results were compared with the characteristics of dust events, PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentrations, and wind direction. It was established that a high potential susceptibility of soils to deflation is characteristic of a significant part of the study area; however, this factor alone does not indicate the occurrence of a specific dust event. The necessity of a joint analysis of erosion hazard, meteorological conditions, and satellite data was demonstrated to distinguish local deflation from the long-range transport of dust masses.

Key words: wind erosion; dust storms; dust loading; RWEQ; PM_{10}; $PM_{2.5}$; remote sensing; GIS; soil deflation; Surkhandarya Region.

Введение. Ветровая эрозия является одним из наиболее опасных процессов деградации почв аридных и семиаридных территорий. При усилении ветра происходит отрыв и перенос наиболее подвижных почвенных частиц, что приводит к деградации верхнего слоя почвы и одновременно способствует формированию пылевых аэрозолей. Интенсивность этих процессов определяется сочетанием свойств почвенной поверхности, растительного покрова, влажности почвы и метеорологических условий [1–3].

Для юга Узбекистана проблема имеет особое значение вследствие засушливого климата и повторяемости сильных пылевых бурь. Исследования, выполненные для Термеза, показывают, что пылевые события сопровождаются значительным повышением концентраций PM_{10} и $PM_{2.5}$, причём наиболее высокие значения PM_{10} и общего содержания взвешенных частиц наблюдаются при сильном ветре, особенно юго-западного направления [4].

Сурхандарьинская область относится к территориям Узбекистана, подверженным воздействию сильных пылевых и сухих горячих ветров. По данным ПРООН, в южные районы региона могут проникать пылевые массы при скоростях ветра порядка 20-25 м/с, а повторяемость подобных явлений может достигать 19 случаев в год. Такие процессы имеют не только метеорологическое, но и почвенно-экологическое значение, поскольку сопровождаются выносом мелкозёма и ухудшением состояния плодородного слоя почвы.

Для Термезского района данный вопрос особенно важен в связи с воздействием сильных юго-западных воздушных потоков, включая ветровые ситуации, традиционно связываемые с афганским ветром. В этих условиях оценка пылевой нагрузки требует одновременного учёта состояния почвенной поверхности, её потенциальной подверженности дефляции, скорости и направления ветра, а также пространственного происхождения пылевых масс.

Современные геоинформационные технологии и методы дистанционного зондирования позволяют проводить такую комплексную оценку. Применение моделей ветровой эрозии, в частности RWEQ (Revised Wind Erosion Equation), даёт возможность определить пространственную неоднородность потенциальных потерь почвы и выделить территории с различной степенью эрозионной опасности. Использование спутниковых данных, в свою очередь, позволяет сопоставлять потенциальную способность почв к дефляции с фактическим пространственным проявлением пылевых событий [5–7].

Цель исследования - оценить потенциальную подверженность почв

ISSN 2181-0826 3/2026 y.

ветровой дефляции и определить её возможную роль в формировании пылевой нагрузки при воздействии сильных ветров на территории Термезского района Сурхандарьинской области.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. определить пространственное распределение потенциальной ветровой эрозии почв с использованием модели RWEQ;

2. сопоставить полученную оценку с характеристиками зарегистрированных пылевых событий и метеорологическими условиями;

3. на основе спутниковых данных оценить пространственное проявление пылевой бури и возможное направление переноса пылевых масс;

4. разграничить потенциальную способность местных почв к дефляции и возможность поступления пыли из удалённых источников.

Литературный обзор. Исследования ветровой эрозии и пылевых бурь в Центральной Азии показывают, что формирование пылевой нагрузки определяется взаимодействием природных и антропогенных факторов. К основным из них относятся скорость и направление ветра, влажность и гранулометрический состав почвы, состояние растительного покрова, степень деградации поверхности и характер землепользования [1–3].

Существенный вклад в развитие методов оценки ветровой эрозии внесло применение математических моделей и геоинформационных технологий. Модель RWEQ (Revised Wind Erosion Equation) позволяет количественно оценивать потенциальные потери почвы и выделять территории с различной степенью подверженности дефляции. Для Центральной Азии её применение в сочетании с дистанционным зондированием позволило получить пространственные оценки потенциальной ветровой эрозии и выявить территории с повышенной эрозионной опасностью [5, 6].

Важным направлением современных исследований является изучение связи между ветровой эрозией почв и атмосферной пылью. Пылевые частицы, поднятые с поверхности, могут не только формироваться в непосредственной близости от пункта наблюдения, но и переноситься воздушными потоками на значительные расстояния. Поэтому высокая концентрация PM_{10} не всегда может рассматриваться как прямой показатель локальной дефляции. Для установления источников пыли используются спутниковые наблюдения, анализ направления ветра и методы оценки траекторий переноса воздушных масс [2, 7].

Для Центральной Азии проблема дальнего переноса пыли имеет особое значение. Исследования последних лет показывают значительную пространственно-временную изменчивость пылевых бурь в регионе и необходимость комплексного анализа метеорологических и дистанционных данных [2, 7, 8]. Отдельные исследования Сурхандарьинской области и района Термеза также свидетельствуют о связи интенсивных пылевых событий с сильными ветрами и повышением концентраций взвешенных частиц [4, 8].

Таким образом, анализ опубликованных исследований показывает, что оценка потенциальной ветровой эрозии и анализ фактической пылевой активности должны рассматриваться совместно. При этом карта RWEQ характеризует прежде всего потенциальную способность почв к дефляции, тогда как установление фактического источника конкретного пылевого события требует дополнительного учёта метеорологических и спутниковых данных. Именно такой

комплексный подход использован в настоящем исследовании.

Материалы и методы. Исследование проведено на территории массива «Дўстлик» в Термезском районе Сурхандарьинской области Узбекистана. Площадь исследуемой территории составляет 1681,6 га. Территория характеризуется аридными климатическими условиями и периодическим воздействием сильных ветров, создающих предпосылки для развития дефляционных процессов и формирования пылевых аэрозолей.

В работе использованы почвенные, метеорологические, геоинформационные и дистанционные данные. Для оценки потенциальной подверженности почв ветровой эрозии применена модель RWEQ (Revised Wind Erosion Equation). Расчёт позволил определить пространственную неоднородность потенциальной интенсивности дефляции и выделить участки с различной степенью эрозионной опасности.

Для характеристики степени эродированности орошаемых почв по интенсивности их потерь в результате ветровой эрозии использована усовершенствованная классификация, разработанная Маматкуловым А. Р. и Баходировым З. А. В отличие от подходов, основанных преимущественно на скорости ветра, данная классификация учитывает количественный объём почвенных потерь, выраженный в т/км²/год. Согласно разработанной классификации, орошаемые почвы подразделяются на пять категорий по степени проявления ветровой эрозии: неэродированные - менее 50 т/км²/год; слабая степень – 50-2500 т/км²/год; средняя – 2500-5000 т/км²/год; сильная – 5000-10000 т/км²/год; очень сильная - более 10000 т/км²/год.

Пространственный анализ результатов RWEQ выполнен с использованием ГИС. Полученные значения потенциальных эрозионных потерь были сопоставлены с указанной классификацией, что позволило определить пространственное распределение территории по степени потенциальной подверженности ветровой эрозии. Для каждой выделенной категории определены площадь и её доля в общей площади исследуемого массива.

Для характеристики фактической пылевой активности использованы данные о зарегистрированных пылевых событиях, скорости и направлении ветра, а также концентрациях PM_{10} и $PM_{2.5}$. Метеорологические показатели сопоставлялись с результатами оценки потенциальной ветровой эрозии.

Для выявления пространственного проявления пылевых масс использованы данные дистанционного зондирования Земли. Спутниковые наблюдения применялись для определения площади распространения пылевой завесы и оценки возможного направления перемещения пылевых масс. Совместное использование спутниковых и метеорологических данных позволило разграничить потенциальную способность местных почв к дефляции и возможный перенос пыли из удалённых источников.

Результаты и обсуждение.

Пространственное распределение потенциальной ветровой эрозии почв. Результаты моделирования RWEQ показали выраженную пространственную неоднородность потенциальной подверженности почв ветровой дефляции на исследуемой территории площадью 1681,6 га. Наибольшая площадь - 706,2 га (42 %) - относится к категории сильной потенциальной эрозионной опасности. Средняя степень опасности выявлена на 420,4 га (25 %), слабая - на 252,3 га (15 %), тогда как 302,7 га (18 %) характеризуются отсутствием выра-

ISSN 2181-0826 3/2026 y.

женного проявления эрозии. Результаты моделирования RWEQ показывают, что исследуемая территория характеризуется выраженной пространственной неоднородностью потенциальной ветровой эрозии почв

Распределение площади исследуемой территории по классам потенциальной эрозионной опасности представлено в табл. 1.

Таблица 1

Распределение площади исследуемой территории по классам потенциальной ветровой эрозионной опасности

Класс потенциальной эрозионной опасности	Площадь, га	Доля от общей площади, %
Без выраженного проявления эрозии	302,7	18
Слабая потенциальная эрозионная опасность	252,3	15
Средняя потенциальная эрозионная опасность	420,4	25
Сильная потенциальная эрозионная опасность	706,2	42
Итого	**1681,6**	**100**

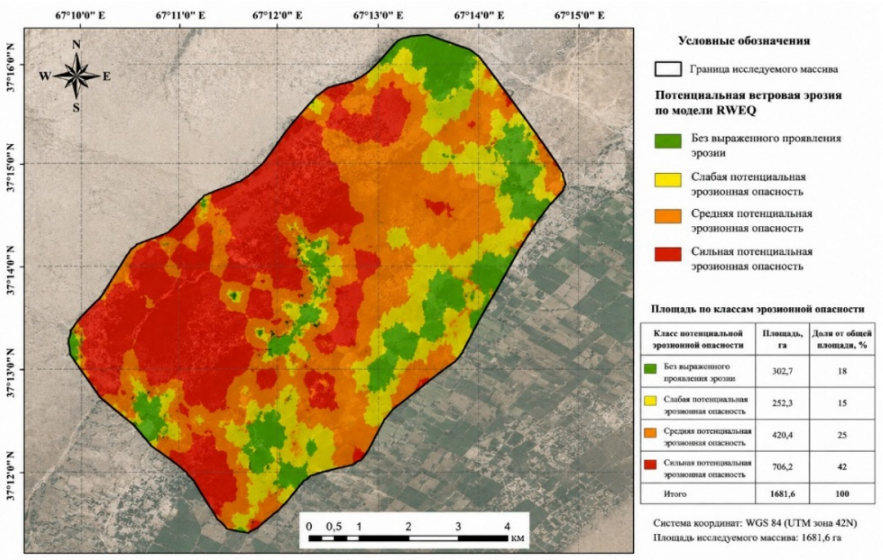
Наибольшая интенсивность потенциальных эрозионных потерь отмечена в июне - 50 т/га, а также в июле - 47 т/га. В весенний период наблюда-лось последовательное увеличение показателя с 14 т/га в марте до 34 т/га в мае. В августе-сентябре интенсивность снизилась до 24 и 21 т/га соответственно, после чего в октябре отмечено повторное увеличение до 34 т/га. Годовая расчётная величина составила 85 т/га, что соответствует 8500 т/км²/год и относится к категории сильной ветровой эрозии.

Таблица 2

Сезонная динамика потенциальных эрозионных потерь по модели RWEQ в 2025 г.

Месяц	Потенциальные эрозионные потери, т/га
Январь	0
Февраль	0
Март	14
Апрель	18
Май	34
Июнь	50
Июль	47
Август	24
Сентябрь	21
Октябрь	34
Ноябрь	28
Декабрь	9
Годовое значение	**85**

Полученное пространственное распределение показывает, что значительная часть исследуемого массива при возникновении благоприятных метеорологических условий потенциально способна участвовать в формировании дефляционного потока. При этом модель RWEQ отражает прежде всего потенциальную способность поверхности к ветровой дефляции, а не фактическое происхождение конкретного пылевого события (Рис. 1). Поэтому участки с высокой эрозионной опасностью следует рассматривать как потенциальные источники пылевого материала.



Класс потенциальной эрозионной опасности	Площадь, га	Доля от общей площади, %
Без выраженного проявления эрозии	302,7	18
Слабая потенциальная эрозионная опасность	252,3	15
Средняя потенциальная эрозионная опасность	420,4	25
Сильная потенциальная эрозионная опасность	706,2	42
Итого	1681,6	100

Рисунок 1. Пространственное распределение потенциальной ветровой эрозии почв по модели RWEQ на территории исследуемого массива.

Следует отметить, что результаты моделирования RWEQ и анализ зарегистрированных пылевых событий относятся к различным временным периодам и используются в исследовании для решения взаимодополняющих задач. Расчёты по модели RWEQ выполнены для 2025 г. и характеризуют пространственную неоднородность потенциальной подверженности почв ветровой дефляции на исследуемой территории. Данные о пылевых событиях 2023 г., напротив, рассматриваются как фактические примеры проявления пылевой активности при определённых метеорологических условиях. Таким образом, данные двух периодов не используются для прямого количественного сопоставления годовых показателей, а позволяют рассмотреть взаимосвязь между пространственным потенциалом почв к дефляции и фактическим проявлением пылевых процессов. Такой подход позволяет оценить, при каких метеорологических условиях потенциальная эрозионная опасность может реализовываться в виде пылевых явлений, одновременно учитывая возможность поступления пылевых масс из удалённых источников.

Сопоставление результатов моделирования с метеорологическими характеристиками пылевых событий показывает, что реализация потенциальной способности почв к дефляции определяется прежде всего сочетанием состояния поверхности и силы ветрового воздействия.



Рисунок 2. Пыльная буря в г. Термез 9 июня 2023 г.

ISSN 2181-0826 3/2026 y.

На рис. 2 представлен пример интенсивного пылевого события в городской части Термеза, сопровождавшегося резким снижением видимости вследствие высокой концентрации пылевого аэрозоля. Связь эрозионной опасности с пылевой активностью. Сопоставление результатов моделирования с метеорологическими характеристиками пылевых событий показывает, что реализация потенциальной способности почв к дефляции определяется прежде всего сочетанием состояния поверхности и силы ветрового воздействия. При увеличении скорости ветра вероятность вовлечения мелкодисперсных почвенных частиц в воздушный поток возрастает, что может сопровождаться повышением концентраций PM_{10} и $PM_{2.5}$.

Характеристики зарегистрированных пылевых событий, включая скорость и направление ветра, а также концентрации PM_{10} и $PM_{2.5}$, представлены в табл. 3.

Таблица 2

Характеристики зарегистрированных пылевых событий в Термезе и Сурхандарьинской области

Дата / период	Территория и характеристика события	Скорость ветра, м/с	Направление ветра	PM_{10}, мкг/м³	$PM_{2.5}$, мкг/м³	Предполагаемый механизм
9 июня 2023 г.	Термез и ряд районов Сурхандарьинской области; сильная пылевая буря, продолжительность около 8–9 ч	4-12*	Западное–юго-западное направление	-	-	Сильный ветер и перенос пылевых масс
3 июля 2023 г.	Термез; интенсивное увеличение пылевой нагрузки	≈11	Требует уточнения	719-7363	-	Ветровое поднятие и перенос пыли
2010–2023 гг.	Термезская метеостанция; повторяющиеся пылевые бури (SDS)	-	Преимущественно W–WSW	-	-	Региональный перенос и локальная эмиссия
2010–2023 гг.	Сурхандарьинская область; высокая сезонная активность SDS	-	Преимущественно западное и юго-западное	-	-	Сочетание локальных и региональных источников

Анализ представленных эпизодов показывает, что интенсивные пылевые явления в районе Термеза связаны с усилением ветрового воздействия и изменением концентрации взвешенных частиц в атмосферном воздухе. Наиболее выраженное увеличение концентрации PM_{10} зафиксировано 3 июля 2023 г., когда её значение изменялось в диапазоне от 719 до 7363 мкг/м³ при скорости ветра около 11 м/с. Вместе с тем наличие высокой концентрации PM_{10} само по себе не позволяет установить локальное происхождение пылевого материала. Для определения вероятного источника необходимо учитывать направление ветра, пространственное положение пылевой завесы и характер её перемещения.

Для дополнительной характеристики ветрового режима в периоды

пылевой активности были рассмотрены данные о направлениях ветра во время зарегистрированных пылевых бурь. Согласно данным Rakhmatova et al. (2025), полученным по материалам метеорологических станций Узбекистана за 2010–2023 гг., на станции Термез отмечена выраженная преобладающая направленность ветров в периоды SDS-событий.

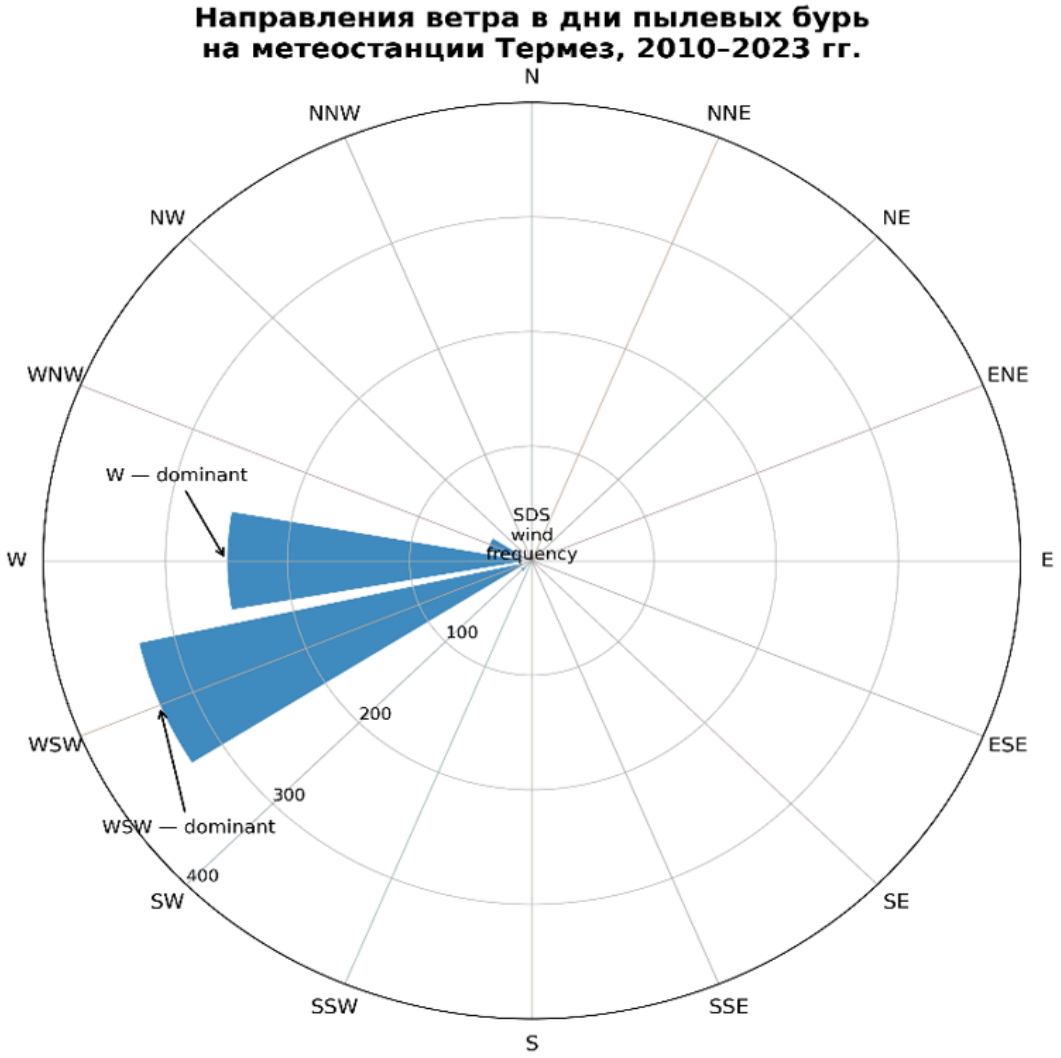


Рисунок 3. Роза направлений ветра в дни пылевых бурь на метеостанции Термез за 2010–2023 гг.

Как видно из рисунка 3, в дни пылевых бурь на метеостанции Термез преобладали западные и западно-юго-западные направления ветра, причём направление WSW характеризовалось наиболее выраженной частотой. Такая направленность воздушного потока имеет важное значение для интерпретации пылевой нагрузки в исследуемом районе, поскольку при усилении ветра именно западный и западно-юго-западный перенос может способствовать поступлению пылевых масс со стороны аридных территорий, расположенных западнее и юго-западнее Термеза. По данным Rakhmatova et al. (2025), высокая повторяемость SDS в Термезе и преобладание западных и западно-юго-западных ветров указывают на устойчивый характер данного направления переноса в периоды пылевой активности.

ISSN 2181-0826 3/2026 y.

Вместе с тем преобладание западных и западно-юго-западных ветров не следует рассматривать как самостоятельное доказательство происхождения конкретного пылевого эпизода. Направление ветра характеризует условия атмосферного переноса, тогда как модель RWEQ отражает потенциальную подверженность поверхности почвы ветровой дефляции. Поэтому пространственное распределение потенциальной эрозионной опасности и направление атмосферного переноса должны рассматриваться совместно, но не как взаимозаменяемые характеристики одного и того же процесса.

При интерпретации полученных результатов необходимо разграничивать три взаимосвязанных, но не идентичных компонента формирования пылевой нагрузки: потенциальную подверженность почв ветровой дефляции, метеорологическое воздействие и атмосферный перенос пылевых масс. Потенциальная подверженность характеризует пространственную способность поверхности почвы подвергаться дефляции при наличии соответствующих условий и в настоящем исследовании оценивается с использованием модели RWEQ. Метеорологические условия, прежде всего скорость, направление и продолжительность воздействия ветра, определяют возможность реализации данного потенциала в конкретный период. Атмосферный перенос, в свою очередь, характеризует направление и пространственное перемещение уже поднятого в атмосферу пылевого материала. Таким образом, высокая потенциальная подверженность территории по данным RWEQ не может непосредственно рассматриваться как доказательство того, что конкретный пылевой эпизод сформировался именно на данной территории. Аналогично, преобладающее направление ветра характеризует условия переноса, но само по себе не позволяет однозначно установить источник пылевого материала. Для более обоснованной интерпретации пылевых событий необходимо совместно учитывать пространственное распределение потенциальной эрозионной опасности, метеорологические характеристики и данные о пространственном перемещении пылевых масс.

Анализ представленных эпизодов показывает, что интенсивные пылевые явления в районе Термеза связаны с усилением ветрового воздействия и изменением концентрации взвешенных частиц в атмосферном воздухе. Наиболее выраженное увеличение концентрации PM_{10} зафиксировано 3 июля 2023 г., когда её значение изменялось в диапазоне от 719 до 7363 мкг/м^3 при скорости ветра около 11 м/с. Вместе с тем наличие высокой концентрации PM_{10} само по себе не позволяет установить локальное происхождение пылевого материала. Для определения вероятного источника необходимо учитывать направление ветра, пространственное положение пылевой завесы и характер её перемещения.

Сопоставление пространственного положения пылевой массы с направлением сильного ветра позволяет предположить возможный путь её перемещения. Такой подход имеет особое значение для Термеза, поскольку пылевой аэрозоль может формироваться не только за счёт локальной дефляции, но и поступать из удалённых районов.

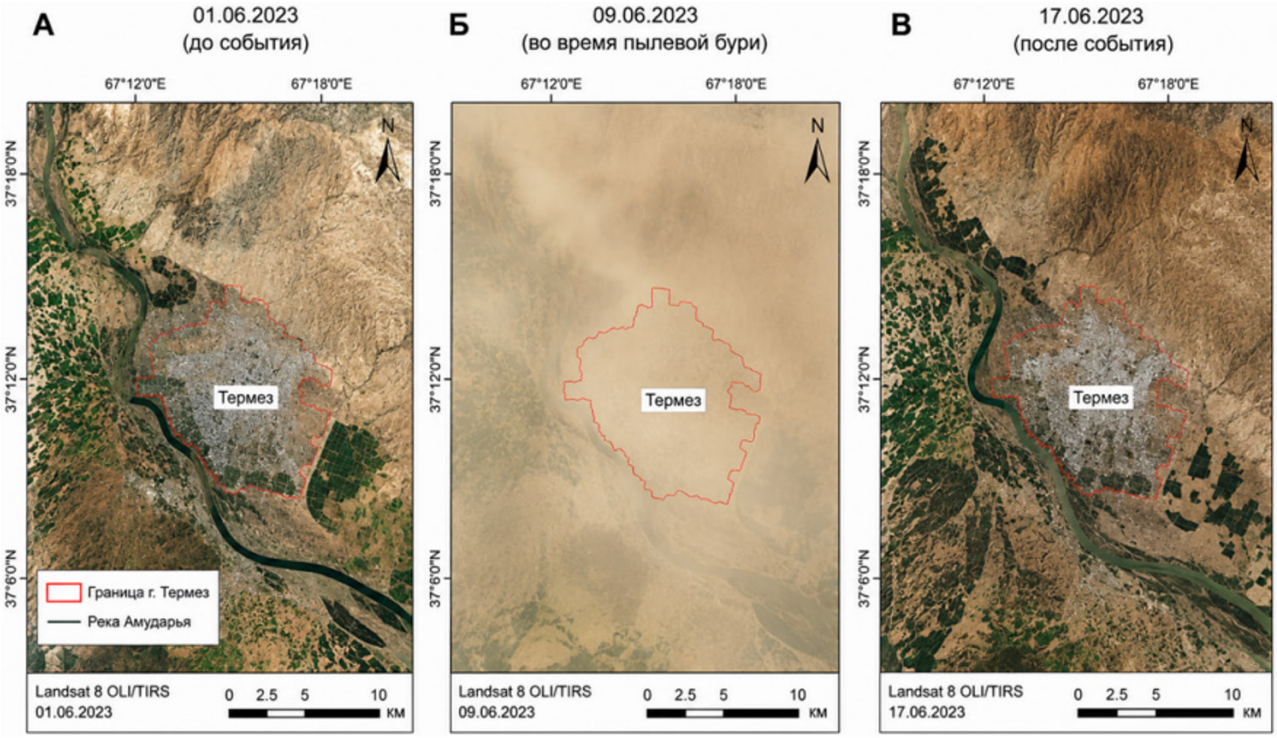


Рисунок 4. Спутниковое проявление пылевой бури и направление возможного переноса пылевых масс в районе Термеза.

Таким образом, результаты подтверждают необходимость комплексного использования модели RWEQ, метеорологических наблюдений и дистанционного зондирования. RWEQ позволяет определить где существуют потенциальные источники дефляции, тогда как метеорологические и спутниковые данные позволяют оценить когда и в каком направлении может происходить перенос пылевого материала.

Заключение и предложения. Проведённое исследование показало, что территория массива «Дўстлик» в Термезском районе Сурхандарьинской области характеризуется значительной потенциальной подверженностью почв ветровой дефляции. При общей площади исследуемой территории 1681,6 га наиболее значительная её часть - 706,2 га (42 %) - относится к категории сильной потенциальной эрозионной опасности, 420,4 га (25 %) - к средней, 252,3 га (15 %) - к слабой, а 302,7 га (18 %) характеризуются отсутствием выраженного проявления эрозии.

Расчёты по модели RWEQ показали выраженную сезонную изменчивость потенциальных эрозионных потерь. Наибольшие расчётные значения отмечены в июне (50 т/га) и июле (47 т/га), тогда как в весенний период наблюдалось постепенное увеличение показателя с 14 т/га в марте до 34 т/га в мае. Согласно расчётам, годовая величина потенциальных эрозионных потерь составила 85 т/га, или 8500 т/км^2/год.

Сопоставление результатов моделирования с зарегистрированными пылевыми событиями показало, что реализация потенциальной способности почв к дефляции определяется не только степенью эрозионной опасности поверхности, но и метеорологическими условиями, прежде всего скоростью и направлением ветра. В частности, 3 июля 2023 г. в Термезе при скорости ветра около 11 м/с концентрация PM_{10} изменялась в диапазоне от 719 до 7363 мкг/м^3, что свидетельствует о значительном усилении пылевой

ISSN 2181-0826 3/2026 y.

нагрузки в период интенсивного ветрового воздействия.

Вместе с тем высокая потенциальная подверженность почв ветровой эрозии не может рассматриваться как прямое доказательство того, что конкретное пылевое событие сформировалось исключительно за счёт локальной дефляции. Пылевая нагрузка является результатом последовательного взаимодействия трёх взаимосвязанных компонентов: потенциальной способности почвенной поверхности к дефляции, метеорологического воздействия, обеспечивающего подъём частиц в атмосферу, и последующего пространственного переноса пылевых масс. Поэтому результаты RWEQ, метеорологические наблюдения и данные дистанционного зондирования характеризуют различные этапы единого процесса пылеобразования и не должны интерпретироваться как взаимозаменяемые показатели.

Полученные результаты позволяют рекомендовать использование карты потенциальной ветровой эрозии в качестве основы для выделения участков, требующих первоочередного мониторинга и проведения мероприятий по снижению дефляционных процессов. Для повышения достоверности определения источников отдельных пылевых событий целесообразно совместно использовать данные о пространственном распределении потенциальной эрозионной опасности, скорости и направлении ветра, концентрациях PM_{10} и $PM_{2.5}$, а также спутниковые данные о распространении пылевых масс.

Список использованных литературы:

1. Li J., Ma X., Zhang C. Predicting the spatiotemporal variation in soil wind erosion across Central Asia in response to climate change in the 21st century / Science of the Total Environment. 2020. V. 709. 136060. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.136060.

2. Li J., Yuan X., Su Y., Qian K., Liu Y., Yan W., Xu S., Yang X., Luo G., Ma X. Trade-offs and synergistic relationships in wind erosion in Central Asia over the last 40 years: A Bayesian Network analysis / Geoderma. 2023. V. 437. 116597. DOI: 10.1016/j.geoderma.2023.116597.

3. Wang W., Samat A., Ge Y., Ma L., Tuheti A., Zou S., Abuduwaili J. Quantitative Soil Wind Erosion Potential Mapping for Central Asia Using the Google Earth Engine Platform / Remote Sensing. 2020. V. 12, No. 20. 3430. DOI: 10.3390/rs12203430.

4. Khamidjonov S. K., Doniyorova X. S. Analysis of a sand and dust storm event in Termez, Surkhandarya Region, Uzbekistan: impacts and insights / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. V. 1284. 012001. DOI: 10.1088/1755-1315/1284/1/012001.

5. Katra I. Soil Erosion by Wind and Dust Emission in Semi-Arid Soils Due to Agricultural Activities / Agronomy. 2020. V. 10, No. 1. 89.

6. Rakhmatova N., Nishonov B. E., Shardakova L., Akhmedova A., Belikov D. A. Analysis of sand and dust storm activity in Central Asia for the period 2019–2023: Detection and analysis using an integrated approach / Science of the Total Environment. 2025. V. 1002. 180586. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2025.180586.

7. Rakhmatova N., Nishonov B. E., Shardakova L., Akhmedova A., Khudoyberdiev A., Rakhmatova V., Belikov D. A. Temporal and Spatial Dynamics of Dust Storms in Uzbekistan from Meteorological Station Records (2010–2023) / Atmosphere. 2025. V. 16, No. 7. 782. DOI: 10.3390/atmos16070782.

8. Shardakova L. Y., Akhmedova A. R., Rakhmatova N. I., Nishonov B. E. Analysis of Dust Storms in Surkhandarya Region Based on Ground Observation Data / Hydrometeorological and Environmental Monitoring. 2024. No. 3. P. 88–99.

9. Ravi S., D'Odorico P., Breshears D. D., Field J. P., Goudie A. S., Huxman T. E., Li J., Okin G. S., Swap R. J., Thomas A. D. et al. Aeolian Processes and the Biosphere / Reviews of Geophysics. 2011. V. 49. RG3001. DOI: 10.1029/2010RG000328.

10. Shao Y. Physics and Modelling of Wind Erosion. 2nd ed. Dordrecht: Springer, 2008.

11. Tegen I., Fung I. Modeling of mineral dust in the atmosphere: Sources, transport, and optical thickness / Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 1994. V. 99, No. D11. – P. – 22897–22914.

12. Prospero J. M., Ginoux P., Torres O., Nicholson S. E., Gill T. E. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer absorbing aerosol product / Reviews of Geophysics. 2002. V. 40, No. 1. 1002.

13. Gao X., Zhao D. Seasonal differences in the drivers of soil wind erosion trends in Central Asia from 1982 to 2022 / Journal of Hydrology: Regional Studies. 2025. V. 62. 102816. DOI: 10.1016/j.ejrh.2025.102816.

14. Bahodirov Z. A., Mamatkulov A. R. GAT texnologiyalari yordamida tuproq shamol eroziyasini baholash va modellashtirish [Assessment and modeling of soil wind erosion using GIS technologies] / Science and Innovation. 2022. No. 5. – P. – 100–104.

15. Bahodirov Z. A., Mamatkulov A. R., Nurullaev A. K. GAT texnologiyalari va YMZ ma'lumotlari asosida shamol eroziyasini aniqlash hamda eroziya xavfini baholash [Identification of wind erosion and assessment of erosion risk based on GIS technologies and remote sensing data] / Tuproqshunoslik va agrokimyo. 2025. No. 2. P. 68–73.

16. Mamatkulov A. R., Bahodirov Z. A., Nurullaev A. K. Monitoring of soil wind erosion using dust collectors [Monitoring of soil wind erosion using dust collectors] / Innovatsionnoe razvitie sovremennoi nauki: teoriia i praktika: materialy XXXI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Anapa, 2024. – P. – 42–47.