

Тлеумуратова Б.С.

Доктор физико-математических наук, профессор Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан

Кубланов Ж.Ж.

Доктор философии по биологическим наукам (PhD), старший научный сотрудник Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан

Нарымбетов Б.Ж.

Доктор философии по техническим наукам (PhD), старший научный сотрудник Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан

Урумбаев А.Е.

Базовый докторант Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан

ЗАСОЛЕННОСТЬ ОСУШЕННОГО ДНА АРАЛСЬКОГО МОРЯ И ПОТЕНЦИАЛ ДАЛЬНОГО ВЫНОСА СОЛЕЙ

Аннотация. В статье представлены результаты исследования динамики засоленности осушенного дна Аральского моря (ОДА) и оценки потенциала дальнего выноса солей при пылевых бурях. Исследование выполнено на основе ГИС-картографирования пространственно-временной динамики засоленности, полевых экспериментов и расчетного моделирования. В июле 2025 г. на юго-восточной части ОДА были обследованы пять типичных ландшафтных участков, различающихся по механическому составу, степени засоленности, влажности почвы, растительному покрову и наличию солевой корки. Установлено увеличение засоленности почв за 2020–2025 гг. на 0,1% на старых осушках и до 0,5% на осушках последних десятилетий. Показано, что при скоростях ветра 5–8 м/с дальность выноса солей не превышает 100 км, тогда как при 15 м/с дальний перенос наблюдается примерно в 50% случаев и достигает в среднем 200 км. При штормовых скоростях ветра около 30 м/с вынос солей на расстояния

свыше 100 км возможен для всех исследованных участков, а средняя дальность составляет около 300 км. Выявлена выраженная сезонная зависимость, с максимальным потенциалом дальнего выноса в теплый период года. Полученные результаты подтверждают высокую экологическую опасность засоленных участков ОДА как источников дальнего атмосферного переноса солевых аэрозолей.

Ключевые слова: осушенное дно Аральского моря, Аралкум, засоленность почв, пылевые бури, солевой аэрозоль, дальний перенос солей, дефляция, ГИС-картографирование, экологический риск, Аральское море.

Tleumuratova B.S.

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Karakalpak Research Institute of Natural Sciences, Karakalpak Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Kublanov Zh.Zh.

Doctor of Philosophy (PhD) in Biological Sciences, Senior Researcher, Karakalpak Research Institute of Natural Sciences, Karakalpak Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Narymbetov B.Zh.

Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Senior Researcher, Karakalpak Research Institute of Natural Sciences, Karakalpak Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Urumbaev A.E.

Basic Doctoral Student, Karakalpak Research Institute of Natural Sciences, Karakalpak Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

SALINITY OF THE DRAINED ARAL SEA BED AND THE POTENTIAL FOR LONG-RANGE SALT TRANSPORT

Abstract. This study presents the results of an investigation into the dynamics of salinity on the drained Aral Sea bed (DASB) and an assessment of the potential for long-range salt transport during dust storms. The study was based on GIS mapping of the spatial and temporal dynamics of soil salinity, field experiments, and computational modelling. In July 2025, five representative landscape sites in the southeastern part of the DASB were surveyed. The sites differed in soil texture, degree of salinity, soil moisture, vegetation cover, and the presence of a salt crust. An increase in soil salinity during 2020–2025 was established, amounting to 0.1%

on older exposed areas and up to 0.5% on areas exposed during the last several decades. The results showed that at wind speeds of 5–8 m/s, the salt transport distance did not exceed 100 km, whereas at 15 m/s, long-range transport occurred in approximately 50% of cases, reaching an average distance of about 200 km. At storm wind speeds of approximately 30 m/s, salt transport over distances exceeding 100 km was possible from all investigated sites, with an average transport distance of approximately 300 km. A pronounced seasonal dependence was identified, with the highest potential for long-range salt transport occurring during the warm period of the year. The findings confirm the high environmental hazard posed by saline areas of the DASB as sources of long-range atmospheric transport of salt-containing aerosols.

Keywords: drained Aral Sea bed, Aralkum, soil salinity, dust storms, salt aerosol, long-range salt transport, deflation, GIS mapping, environmental risk, Aral Sea.

Введение. Глобальное потепление, увеличивая энергетику атмосферных процессов, в частности скорость ветра, способствует увеличению масштабов и количества ПБ на планете (11, 12, 18, 19, 20). Важно отметить, что кроме климатических изменений экологическими предпосылками увеличения ПБ является повсеместно растущее опустынивание и уменьшение растительного покрова, существенно сдерживающего пыление поверхности. Планетарное значение интенсификации ПБ определено провозглашением ООН 2025-2034 гг. «десятилетием борьбы с пылевыми и песчаными бурями» в связи с многочисленными негативными последствиями.

Особое место в глобальной проблеме ПБ занимает антропогенная пустыня Аралкум с увеличивающейся площадью и засоленностью ввиду выноса вместе с почвенными частицами канцерогенных сульфатов. Помимо роста заболеваний вследствие выноса солей с осушенного дна Арала (ОДА), осаждение частиц солей на ледниках Памиро-Алая и Тянь-Шаня может вызвать их ускоренное таяние, что усугубляет и без того острую проблему

водных ресурсов в регионе. Твердые частицы из бассейна Аральского моря могут переноситься на несколько сотен или даже тысяч километров, затрагивая Ферганский бассейн (долина в Центральной Азии, простирающаяся через восточный Узбекистан, южный Кыргызстан и северный Таджикистан), который находится в 1000 км от бассейна Аральского моря (16, 21). Мелкодисперсный материал из бассейна Аральского моря может также воздействовать на прибрежные районы Грузии и центральной и восточной Сибири, а также на арктические районы России (16, 17, 21) и на северо-западе Ирана (13, 15). Пыль из бассейна Аральского моря также может переноситься в Беларусь и Литву на северо-западе и в Афганистан на юго-востоке (14, 11).

Увеличение солевого выноса в атмосферу сказалось на минерализации атмосферных осадков, которая возросла в Приаралье в 6–7 раз. Увеличилось содержание аэрозолей (пыли) в атмосфере до 8 ПДК, достигая 10–12 ПДК во время пыльных бурь (9). В составе Аральской пыли содержание сульфатных солей достигает 25-48%, хлоридных - 18-30%, карбонатных – 10-20% (2).

В связи с вышесказанным актуальна цифровизация динамики засоленности ОДА и оценки потенциала дальности переноса солей. С этой целью проведены агрегированная модельная картография ПВД засоленности ОДА и расчеты потенциала отдельных участков поставкальной суши экологически опасного выноса солей на расстояния свыше 100 км. В работе для уточнения и подтверждения полученных при моделировании данных (4, 5) использовались результаты полевых экспериментов, выполненных в рамках проектов Министерство высшего образования, науки и инноваций РУз «AL-9424114994-Количественная оценка метеорологических и экологических условий прогноза пылевых бурь на осушенном дне Аральского моря».

Методы. Областью исследования является (рис. 1), юго-восточная часть осушенного дна Аральского моря (ОДА) как наименее изученная с точки зрения пылящих свойств подстилающей поверхности (ПП). В первой

экспедиции (июль, 2025) проложен маршрут, по которому выбраны экспериментальные участки с различными параметрами механического и вещественного состава почвы, покрытости растительностью.



Рис. 1. Маршрут экспедиционных выездов.

По ходу маршрута были выбраны 5 экспериментальных участков с наиболее типичными для осушенного дна Аральского моря ландшафтами (рис.2.2). Нумерация участков соответствует обозначенным на рис.2.

Ландшафт №1. Супесь.

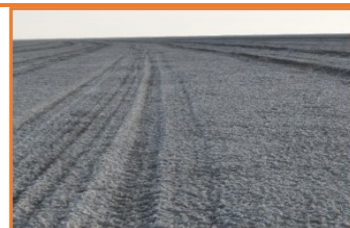
Координаты: Ш. 44°28'12 Д.58°56'15. Влажная темно-серая супесь, остатки ракушек. Соленость 19,8%. Песок покрыт твердой коркой толщиной 0,5-1 см. Растительности нет.

Ландшафт №2. Песок.

Координаты: Ш. 44°45'28 Д.58°49'20. Сухой светло-серый песок, с остатками ракушек, их мелкими фракциями и примесью растительных остатков. Соленость 5,2%. Растительный покров 60%.

Ландшафт №3. Песок.

Координаты: Ш. 44°44'56 Д.58°46'6. Серая супесь с остатками ракушек. Соленость 8,6%. Растительный покров 30%.



Ландшафт №4. Засоленные земли.
Координаты: Ш. 44°43'34 Д.59°1'12. Светло-серый песок с мелкими фракциями ракушек. Засоленная почва с твердой коркой толщиной 1-1,5 см. Соленость 2,8%. Растительности нет.



Ландшафт №5. Солончак.
Координаты: Ш. 44°43'21 Д.58°43'14.
Влажная темно-серая глинистая почва с фрагментами ракушек. Солончак с твердой коркой толщиной 1-2 см. Соленость 13,6%. Растительности нет.



Рис.2. Экспериментальные участки маршрута.

Полевые эксперименты по эродированности различных ландшафтов проводились с помощью приборов для измерения концентрации пыли (счетчики аэрозольных частиц SorhisSX-L301T, АЗ-10-0,3), скорости ветра (UNI-T UT363), температуры и влажности воздуха (Testo 625), ветрогенератор 345BT, прибор для определения влажности и температуры почвы (ЕСНО РВ-770, измерительРН) и Мини-лаборатория ФТ-ГТ5 (рис. 3).

Исследование почвенных образцов проводилось методом водной вытяжки, изложенным в методах исследования почв и почвенного покрова (6). Водную вытяжку почв опытных участков готовили по общепринятой методике – почва/вода в соотношении 1:5 (1). Степень засоления почвогрунтов оценивали по шкале (3).

Содержание в фильтрате сульфатов определялось арбитражным методом. Сульфаты осаждались в кислой среде 0,05 н раствором хлористого бария, осадок фильтровался через обеззоленный фильтр "синяя лента", прокаливался в муфельной печи при 400-450 °С до постоянного веса. Суммарное содержание натрия и калия учитывалось по разнице суммы анионов – карбонатов, бикарбонатов, хлоридов, сульфатов и катионов – кальция и магния.



Рис.3. Ипользованные приборы

Данные полевых экспериментов обрабатывались также на предмет содержания солей в поднятой пыли.

Методика моделирования засоленности почв ОДА подробно изложена в работах (7, 8). При картографировании использованы ГИС-технологии (QGIS и ArcMap).

Наибольшее экологическое и практическое значение имеет дальний (более 100 км) вынос солей с ОДА. Основная цель решения данной задачи – определить потенциал дальнего выноса солей при ПБ каждого из исследуемых участков.

Масштабный вынос солей при ПБ средней продолжительности (3 часа) определен как превышение ПДК сульфатов (30 мкг/м³) на расстояниях больше 100км. Схема вычислений следующая:

$$C_{\text{ПДК}}(x, y) = C_H \exp(-0,015x - 0,6) \quad C_{\text{ПДК}}(x, X) = C_H \exp(-0,015x - 0,6) \quad (1)$$

где $C_H = 3,3k$ (Тлеум 2018), $k = 7,7\text{м}^{-1}$, $V = F_{\text{ЭКСП}} T_6$, T_6 – продолжительность ПБ.

Мощность источника (мкг/м²/с) по результатам экспериментов определяется по формуле:

$$F_{\text{ЭКСП}}(U) = C_S C_{\text{ЭКСП}} / M \quad (2)$$

где M – время экспозиции счетчика аэрозоля, C_s – засоленность почвы (%), $C_{\text{эксп}}$ – показание счетчика аэрозоля.

По формуле (2) определяется расстояние x , если оно больше 100 км соответствующий ансамбль характеристик подстилающей поверхности (ПП) считается благоприятствующим масштабному дальнему выносу солей с осушенного дна Аральского моря. Таким образом были проведены расчеты для каждого экспериментального участка.

Результаты. В рамках проекта «AL-9424114994-Количественная оценка метеорологических и экологических условий прогноза пылевых бурь на осушенном дне Аральского моря» выполнена картография динамики засоленности ОДА с использованием ГИС-технологий и результатов полевых исследований (рис.4).

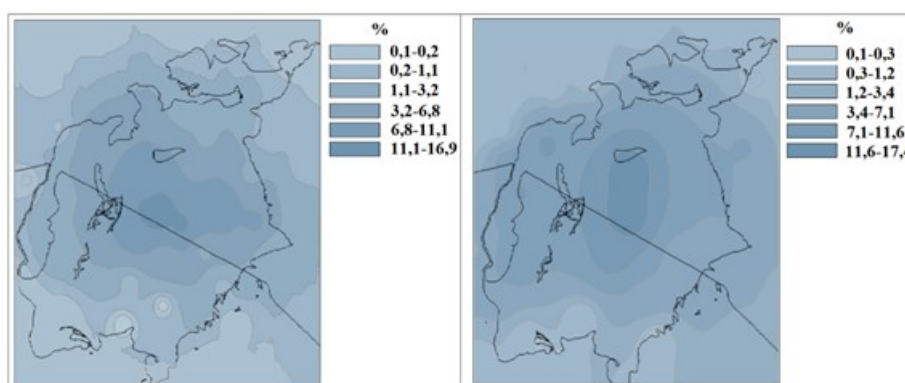


Рис. 4. Агрегированная засоленность ОДА (%) в 2020г. и 2025гг.

Сравнивая карты засоленности почв на 2020 и 2025 годы, можно отметить возрастание засоленности за 5 лет с 0,1% на старых осушках до 0,5% на осушках последних десятилетий. Возрастание засоленности на старых осушках вопреки сложившемуся мнению, что на них происходит непрерывное рассоление, можно объяснить масштабным ветровым перераспределением при ПБ. Замеры засоленности почв на экспериментальных участках осредненные за год совпадают со значениями в соответствующих точках карты на 2025г. Результаты картографии засоленности ОДА с использованием ГИС- технологий сравнивались с

выполненными ранее (4, 5) расчетами средней засоленности десятилетних полос осушения без применения ГИС-технологий. Сравнительный анализ показал хорошее согласие результатов картографии по обоим вариантам расчетов, несмотря на сплайновую интерполяцию, применяемую в ГИС-технологиях (рис.5).

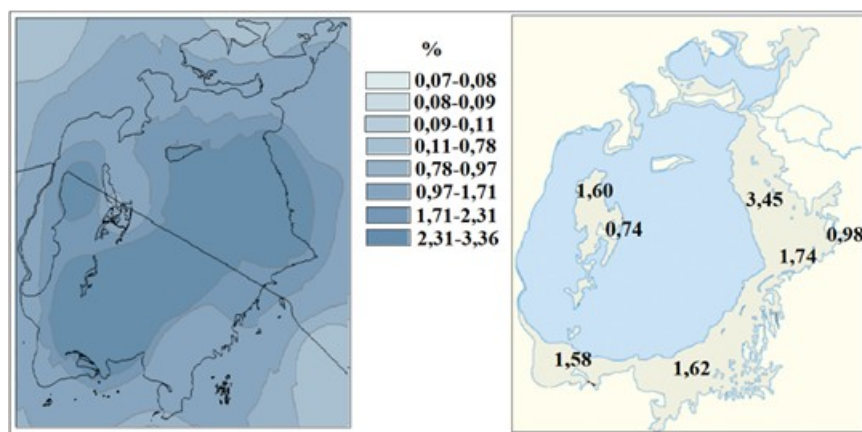


Рис.5. Картография засоленности ОДА в 1990г. по двум вариантам расчетов

Имеющий важное экологическое и практическое значение вынос солей с ОДА на прилегающие территории определен в данной работе как расстояние сезонного распространения потока солей с единицы площади. Предварительно на основе обработки экспериментальных данных вычисляется содержание солей в поднятой ветрогенераторами пыли. Результаты по участкам и месяцам приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Расчетная концентрация (мг/м^3) солей
в поднимаемой пыли на исследуемых участках

0	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4	Участок 5
Август	0,38	0,091	0,89	0,02	0,13
Сентябрь	0,009	0,190	0,13	0,22	0,06
Октябрь	0,01	0,05	0,01	0,02	0,01
Ноябрь	0,37	0,75	0,08	2,47	4,49
Февраль	0,78	0,02	0,016	0,173	0,004
Март	0,89	0,03	0,019	0,205	0,006
Апрель	0,29	0,005	0,008	0,015	0,003

Май	0,34	0,008	0,012	0,021	0,004
Июнь	0,46	0,015	0,019	0,019	0,008

Вычисленная $C_s C_{\text{ЭКСП}}$ подставляется в (2) для определения потенциала дальнего выноса солей с каждого экспериментального участка (табл.2). Потенциал конкретных ландшафтов по масштабному выносу солей оценивался по расстоянию, на котором пыль с данного участка во время одной ПБ превышает ПДК сульфатов (30 мкг/м³).

Таблица 2

Расстояние от источника ПП с содержанием солевой пыли выше ПДК (км)

Место эксперимента	скорость ветра м/с	Месяцы									
		II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Участок-1	5	17	19	97	43	50	47	0	2	3	28
	15	92	38	125	69	66	61	173	7	5	91
	30	261	288	307	334	400	421	427	47	108	163
Участок-2	5	89	99	87	50	42	38	132	19	38	44
	15	184	187	103	138	141	146	397	236	212	87
	30	261	288	307	334	396	478	489	463	415	302
Участок-3	5	37	45	22	41	32	52	34	95	16	4
	15	118	128	52	86	88	92	175	149	66	7
	30	261	288	261	345	404	418	427	466	345	271
Участок-4	5	118	133	60	79	84	92	16	32	34	81
	15	319	328	140	183	186	192	71	90	65	196
	30	345	361	261	288	386	261	261	307	261	311
Участок-5	5	2	0	31	63	75	85	39	8	17	54
	15	17	5	101	203	211	215	172	122	48	166
	30	215	215	261	288	386	261	261	288	215	307

Примечание: закрашенные ячейки – вынос солей с превышением ПДК сульфатов на расстояния более 100 км.

Выявлено, что при умеренных скоростях ветра (5-8 м/с) вынос солей для всех участков не превышает 100 км, т.е. не достигает орошаемых территорий. При скорости ветра 15м/с дальний вынос происходит в 50% случаев со средним значением 200км и представляет средний экологический риск. При этом наиболее опасны 2 и 4 участки. При пылевых бурях со скоростью ветра 30м/с дальний вынос солей (со средним значением 300км) происходит на всех участках. Таким образом потенциал дальнего выноса солей для всех исследуемых участков достаточно высок при штормовых

метеоусловиях. Отметим, что незначительный вынос в сентябре объясняется тем, что эксперименты проведены через сутки после выпавших осадков и влажность почвы была поэтому достаточно высокой. Это лишний раз доказывает значимость осадков в подавлении пылевых явлений.

Заключение. Проведённое исследование показало, что осушенное дно Аральского моря (ОДА) сохраняет высокий потенциал формирования и дальнего атмосферного переноса солесодержащего аэрозоля. Совместное использование ГИС-картографирования, полевых исследований и расчётного моделирования позволило оценить пространственно-временную динамику засоленности почв и установить зависимость дальности переноса солей от характеристик подстилающей поверхности и метеорологических условий.

1. Засоленность ОДА продолжает увеличиваться. За период 2020–2025 гг. её прирост составил около 0,1% на старых осушках и до 0,5% на осушках последних десятилетий. Полученные результаты свидетельствуют о сохранении процессов перераспределения и аккумуляции солей на поверхности ОДА, в том числе вследствие ветрового переноса солесодержащего материала.

2. Потенциал дальнего выноса солей имеет выраженную сезонную зависимость. Максимальные значения характерны для тёплого периода года (апрель–сентябрь), когда сочетание повышенной сухости подстилающей поверхности и благоприятных ветровых условий способствует усилению дефляционных процессов. После выпадения осадков дальность переноса существенно снижается вследствие повышения влажности почвы.

3. Скорость ветра является одним из основных факторов, определяющих дальность переноса солей. При скоростях 5–8 м/с дальность переноса, как правило, не превышает 100 км. При скорости около 15 м/с дальний вынос на расстояния более 100 км отмечается примерно в половине рассмотренных случаев, а средняя дальность достигает около 200 км. При штормовых скоростях порядка 30 м/с превышение порога 100 км наблюдается для всех

исследованных участков, при этом средняя расчётная дальность переноса составляет около 300 км.

4. Наиболее высоким потенциалом дальнего выноса характеризуются участки с сочетанием повышенной доступности солесодержащего материала и благоприятных условий дефляции. В условиях ветра 15 м/с наиболее опасными по расчётным показателям оказались участки №2 и №4. Однако при штормовых условиях различия между участками уменьшаются, и дальний перенос становится возможным практически со всех исследованных ландшафтов.

5. Засоленность почвы и состояние поверхности определяют интенсивность формирования солесодержащего аэрозоля. Наличие плотной солевой корки, повышенная влажность и растительный покров ограничивают дефляцию и, соответственно, уменьшают потенциальную дальность переноса. Наиболее существенное кратковременное снижение пылеобразования наблюдается после выпадения осадков, что подтверждается низкими значениями дальности переноса в сентябре после увлажнения почвы.

6. Экологическая опасность ОДА определяется не только локальным пылеобразованием, но и возможностью трансграничного переноса солесодержащего аэрозоля. При сильных и штормовых ветрах сформировавшийся аэрозоль может распространяться на сотни километров, что создаёт потенциальную угрозу прилегающим территориям, сельскохозяйственным угодьям и природным экосистемам.

Таким образом, полученные результаты подтверждают необходимость учёта засоленности почв, влажности, состояния солевой корки, растительного покрова и скорости ветра при оценке риска дальнего переноса солей с ОДА. Разработанный подход может быть использован для пространственного районирования ОДА по степени потенциальной опасности, совершенствования прогноза пылевых бурь и обоснования

приоритетных мероприятий по закреплению наиболее опасных участков Аралкума.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Академии наук РУз, а также проектов Министерство высшего образования, науки и инноваций РУз «AL-9424114994-Количественная оценка метеорологических и экологических условий прогноза пылевых бурь на осушенном дне Аральского моря» и AL-392103042 «Моделирование экологических и метеорологических процессов в зонах опустынивания Южного Приаралья».

Использованные источники:

1. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв: учебное пособие / Е. В. Аринушкина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Изд-во Московского университета (МГУ), 1970. — 487 с.
2. Двухгодичный отчет о прозрачности Республики Узбекистан по рамочной конвенции ООН об изменении климата в рамках проекта «Первый и Второй двухгодичный отчеты о прозрачности Республики Узбекистана и Пятое национальное сообщение» - Ташкент., 2024 г., С.231
3. Ковда, В. А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов / В. А. Ковда. — Москва: Наука, 1984. — 242 с. (Примечание: шкала оценки степени и типов засоления почвогрунтов профессора В. А. Ковды также детально изложена в его фундаментальном двухтомнике «Основы учения о почвах», 1973, и нормативных методиках ВНИИГиМ)
4. Кубланов Ж.Ж., Тлеумуратова Б.С. ДИНАМИКА ЗАСОЛЕННОСТИ ОСУШЕННОГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ КАК ФУНКЦИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СОЛЕННОСТИ ВОДЫ // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2022. 11(101). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/14418>

5. Рубанов И.В., Пинхасов Б.И., Курбаниязов А.К. Процессы соленакопления в акватории Аральского моря. //В сб. Проблемы освоения пустынь. – 1998. – №3-4. – С.31 – 37.
6. Семендяева, Н. В. Методы исследования почв и почвенного покрова: учебное пособие / Н. В. Семендяева, А. Н. Мармулев, Н. И. Добротворская ; Новосибирский государственный аграрный университет, Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации СФ НЦ РАН. — Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2011. — 202 с.
7. Тлеумуратова Б.С. Математическое моделирование выноса солей с осушившегося дна Аральского моря при пылевых бурях // Объединенный научный журнал. – М., 2002. – № 28(51). – С.40 – 42.
8. Тлеумуратова Б.С., Статов В.А. Модель водно-солевого режима Аральского моря и прибрежной зоны //Вестник ККО АН РУз. – 2005. – №5 – 6. – С. 5 – 6.
9. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан.— Ташкент: САНИГМИ, 2000.— 252с.
10. Goudie A. S. Desert dust and human health disorders //Environment international. – 2014. – Т. 63. – С. 101-113.; 102.
11. Goudie, A. S., & Middleton, N. J. (2006). Desert Dust in the Global System. Springer. <https://doi.org/10.1007/3-540-32355-4>).
12. Iwasaka, Y. (2006). Studies on Asian dust transport and atmospheric environment (dust aerosol observations in East Asia). <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.02.011>; 41.
13. Kaskaoutis, D. G., Rashki, A., Houssos, E. E., Goto, D., Moya-Álvarez, A., & Dumka, U. C. (2015). Meteorological regimes modulating dust outbreaks in southwest Asia: The role of pressure anomaly and Inter-Tropical Convergence Zone on the 1–3 July 2014 case. Aeolian Research, 18, 83–97.).
14. Létolle, R., & Mainguet, M. (1993). Aral. Springer-Verlag. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-2-8178-0910-6>

15. Masoumi, A., Kholesifard, H. R., Bayat, A., & Moradhaseli, R. (2013). Retrieval of aerosol optical and physical properties from ground-based measurements for Zanjan, a city in Northwest Iran. *Atmospheric Research*, 134, 225–233.;
16. Micklin P. P. Desiccation of the Aral Sea: a water management disaster in the Soviet Union // *Science*. – 1988. – T. 241. – №. 4870. – C. 1170-1176.;
17. Micklin P. The Aral sea disaster // *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* – 2007. – T. 35. – №. 1. – C. 47-72.)
18. MK Weather (2021). Dust storm coverage / meteorological reports on Central Asia dust event (November 2021). <https://mkweather.com/uzbekistan-dust-storm-november-2021/>
19. Shao, Y., & Dong, C. (2006). A review on East Asian dust storm climate, modelling and monitoring. *Global and Planetary Change*, 52, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.02.011>
20. Shi L., Zhang J. Temporal variation of dust emissions in dust sources over Central Asia in recent decades and the climate linkages. *Atmospheric Environment* 222 (2020) 117176.; 30. Eurasianet (2021) Film explores a dirty problem in Kyrgyzstan and Uzbekistan.
21. Singer A. et al. The PM10 and PM2.5 dust generation potential of soils/sediments in the Southern Aral Sea Basin, Uzbekistan // *Journal of Arid Environments*. – 2003. – T. 54. – №. 4. – C. 705-728.;