

Рафиков В.А.,

доктор географических наук, профессор.
Самаркандский государственный университет имени Шарафа Рашидова,
Самарканд, Республика Узбекистан.

Курбаниязов А.К.,

кандидат географических наук, профессор.
Международный университет туризма и гостеприимства, Школа «Туризма»,
Туркестан, Республика Казахстан, Каспийский университет технологии и
инжиниринга имени Ш.Есенова, Республика Казахстан, г. Актау.

Рафикова Н.А.,

доктор философии по географическим наукам (PhD), доцент.
Самаркандский государственный университет имени Шарафа Рашидова,
Самарканд, Республика Узбекистан.

ОЦЕНКА ПЕРЕНОСА ПЫЛЕ-ПЕСЧАНО-СОЛЕВОГО МАТЕРИАЛА С ОБСОХШЕГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы оценки переноса пыле-песчано-солевого материала с обсохшего дна Аральского моря, а также условия возникновения и развития, их динамика, локальная структура, ареалы распространения и другие.

Оценена выпадения массы песчанно-солевого аэрозоля из потоков бурь на поверхность Аральского региона.

На основе численной модели переноса тяжелой примеси была проведена оценка количества пылевого материала, выносимого с осушившейся части дна Аральского моря во время мощных пыльных бурь.

Разработанные модели формирования выноса и выпадения Аральского аэрозоля позволили впервые оценить в чистом виде вклад песчано-солевых бурь в процессе образования сухих выпадений в регионе.

Полученная карта сухих выпадений в Приаралье позволила оценить этот процесс в среднем многолетнем аспекте. Однако выпадения от отдельных мощных бурь могут существенно отличаться от этой средней картины. Представим упрощенную модель трансформации ветропесчаного потока бури по мере его удаления от источника выноса.

Ключевые слова. Обсохшее дно Аральского моря; очаг поступления пыли и солей; пыле-песчано-солевые бури; трансформации ветропесчаного потока бури; оценка пылевого материала.

Rafikov V.A.,

Doctor of Geographical Sciences, Professor.
Samarkand State University named after Sharaf Rashidov,
Samarkand, Republic of Uzbekistan.

Kurbaniyazov A.K.,

Candidate of Geographical Sciences, Professor.
International University of Tourism and Hospitality, School of Tourism,
Turkistan, Republic of Kazakhstan, Caspian University of Technology and
Engineering named after Sh. Yessenov, Republic of Kazakhstan, Aktau.

Rafikova N.A.,

Doctor of Philosophy in Geographical Sciences (PhD), Associate Professor.
Samarkand State University named after Sharaf Rashidov,
Samarkand, Republic of Uzbekistan.

ASSESSMENT OF DUST-SAND-SALT MATERIAL TRANSFER FROM THE DRIED BOTTOM OF THE ARAL SEA

Abstract. The article considers the issues of assessing the transfer of dust-sand-salt material from the dried bottom of the Aral Sea, as well as the conditions of occurrence and development, their dynamics, local structure, areas of distribution, etc.

The fallout of sand-salt aerosol mass from storm flows onto the surface of the Aral region was estimated.

Based on the numerical model of heavy impurity transfer, an estimate was made of the amount of dust material carried out from the dried part of the Aral Sea bottom during powerful dust storms.

The developed models of the formation of the removal and fallout of the Aral aerosol made it possible for the first time to estimate in pure form the contribution of sand-salt storms to the formation of dry fallout in the region. The obtained map of dry fallout in the Aral Sea region allowed us to estimate this process in the average long-term aspect. However, fallout from individual powerful storms may differ significantly from this average picture. Let us present a simplified model of the transformation of the wind-sand flow of a storm as it moves away from the source of removal.

Key words. Dried bottom of the Aral Sea; source of dust and salts; dust-sand-salt storms; transformation of the wind-sand flow of a storm; assessment of dust material.

Введение. Быстрое падение уровня воды в Аральском море привело к образованию новых больших площадей суши. Значительная часть бывшего дна моря занята отложениями легкого механического состава, в том числе песками, и подвергается интенсивным процессам выветривания. Этот мощный очаг поступления пыли и солей в атмосферные потоки в последние годы отчетливо прослеживается по космическим снимкам и вызывает обоснованное беспокойство в связи с его негативным влиянием на природу, здоровье людей и хозяйственную деятельность в Приаралье.

Усыхание Аральского моря сопровождается формированием на осушившемся дне песчано-солевой пустыни, что приводит к образованию и развитию мощного источника пыле-солевых бурь. Начиная с 1975 года, съемкой с помощью искусственного спутника земли (ИСЗ) стали регистрироваться мощные пылевые выносы с восточного побережья Аральского моря [1]. Отмечено, что за время наблюдений на северо-восточном побережье моря произошли значительные изменения. Если в 1975 г. площадь интенсивного перевеивания оценивалась в 3000 км², то в 1980 г. она уже достигла 4800 км² [2], а в 2018 году эти цифры достигли 5700 км². Увеличение этих площадей приводит к возрастанию мощности пыльных бурь. Об этом свидетельствуют такие данные: если в 1975 г. из десяти зафиксированных космической съемкой пыльных бурь только одна достигала противоположного берега Аральского моря, то в 2009 г., наоборот, только в одном из семи случаев пылевой вынос не достиг противоположного берега.

Основная часть. Протяженность пылевых потоков, видимых из космоса, обычно составляет 200-300 км. В отдельных случаях пылевые потоки перемещались на расстояние до 500 км [2]. В Приаралье ежегодно происходит до десяти мощных пылевых выносов, прослеживаемых из космоса. Из анализа снимков было выявлено, что в 60% случаев перенос пыли осуществляется на юго-запад, в сторону дельты Амударьи; в 25% случаев пылевые потоки движутся в западном направлении, в сторону плато Устюрт. Следовательно, в 85% случаев пыль переносится над морем. Районы выпадения пыли в основном соответствуют районам распространения пылевых облаков [3].

В ближайшем будущем, по мере падения уровня Аральского моря, произойдет дальнейшее увеличение размеров осушившейся полосы как в восточной, так и в его южной части. При этом, когда ширина этой полосы достигнет критического значения, мощные пылевые выносы возникнут и там [4].

Методика изучения проблемы. Ближайшей задачей является изучение количественной стороны дефляции, количества выносимой пыли и солей, выявление районов их аккумуляции.

Оценка выпадения массы песчанно-солевого аэрозоля из потоков бурь на поверхность Аральского региона. По результатам многолетних измерений [3] осадений Аральского аэрозоля в дельте Амударьи получена аппроксимирующая зависимость, которая позволяет описать выпадение массы частиц в зависимости от удаления X от источника выноса

$$(M - M_{\varphi}) = (M_o - M_{\varphi}) \exp\left(\frac{-X}{35}\right) \quad (1)$$

Фоновые сухие выпадения M_{φ} в Приаралье рассчитаны по радиационно-балансовой модели и оцениваются от 45 т/км² в северном Приаралье до 79 т/км² в дельте Амударьи. Формула (1) получена по материалам измерений нескольких лет, поэтому ее можно использовать лишь для оценок средних многолетних масс сухих выпадений за год.

Для определения нагрузки выпадающих масс на районы Северного и Восточного Приаралья были использованы средние многолетние розы ветров выносимых масс песчано-солевого аэрозоля с осушенной части дна Арала. Для этого была найдена связь между вектором выносимой массы $M_{\varphi i}$ и вектором осаждаемой массы M_o на границе источника выдувания по результатам экспедиционных измерений [5] 1992 года. Вектор ветрового выноса песчано-солевого аэрозоля не содержит в себе фоновых значений сухих выпадений $M_{\varphi i}$. Поэтому вычисление массы выпадающих из потоков бурь аэрозолей по информации о розах векторов переноса рассчитана по формуле

$$M(X) = 0.15 \cdot M_{\varphi} \cdot \exp\left(\frac{-X}{35}\right) \quad (2)$$

Для построения карты сухих выпадений в Приаралье вся территория региона на карте масштаба 1:1000000 была разбита на прямоугольники со сторонами 20'x20'. Для центров этих прямоугольников и рассчитывались массы сухих выпадения $M(X)$ по известному значению M_ϕ каждого румба от всех пяти источников выноса аэрозоля казахстанской части осушенного дна моря и расстоянию (X) от границ источников в этом направлении. Затем проводилось суммирование полученных значений сухих выпадений в каждом прямоугольнике от этих источников выноса. По полученным числовым значением масс осажденных частиц в центрах прямоугольников были проведены изолинии равных значений сухих выпадений. Расчеты выполнялись для размеров источников выноса Аральского аэрозоля, образовавшихся при падении уровня воды на 15 м, островов Лазарева, Возрождения, Барсакельмес, Восточного, Сарышыганакского и Кокаральского.

Модели формирования выноса и выпадения Аральского аэрозоля позволили впервые оценить в чистом виде вклад песчано-солевых бурь в процессе образования сухих выпадений в регионе. Сравнение карты сухих выпадений с данными в Южном Приаралье показывает, что в Восточном Приаралье в прибрежной части выпадает на поверхность примерно в 1,5 раза больше аэрозолей – до 145 т км² год. В северном Приаралье сухие выпадения по порядку величины совпадают с их значениями в дельте Амударьи 90-100 т км² год. Следует отметить, что на юго-востоке Приаралья сухие выпадения должны быть несколько больше полученных нами результатов, так как необходимо учитывать вынос и выпадение аэрозоля с узбекской части осушенного дна моря.

На территории Казахстана содержание солей выпадающего аэрозоля достигает 3%. По исследованиям узбекских ученых, в дельте Амударьи содержание солей в выпадающем аэрозоле достигает существенно больших

величин (5-6%), увеличиваясь непосредственно у солончаков до 20-30% и даже изредка до 40%. Поэтому солевые выпадения в Северном и Восточном Приаралье существенно меньше, чем в дельте Амударьи, достигая в прибрежной полосе 1,5-3,0 т км² год. Хорошее согласование рассчитанных нами величин сухих выпадений с измеренными в дельте Амударьи узбекскими учеными позволят сделать вывод о правильной оценке мощности Аральского источника выноса аэрозолей 50% обеспеченности – 1,17 млн т год, которая была положена в основу расчетов.

Полученная карта сухих выпадений в Приаралье позволила оценить этот процесс в среднем многолетнем аспекте. Однако выпадения от отдельных мощных бурь могут существенно отличаться от этой средней картины. Представим упрощенную модель трансформации ветропесчаного потока бури по мере его удаления от источника выноса.

Для стационарного многодисперсного двухмерного потока частиц в пограничном слое атмосферы уменьшение массы аэрозоля в нем вдоль координаты X прямо пропорционально массе частиц песка M , гидродинамической крупности ω_g и обратно пропорционально высоте подъема H и динамической скорости потока u .

$$\left(\frac{dM}{dX} = -K \frac{\omega_g}{u_\varphi} \right) \cdot \frac{M}{H} \quad (3)$$

Решение (3) дает выпадение массы аэрозоля из шлейфа бури на различные расстояния от источника в виде

$$M = M_o \exp\left(-0.22 \frac{\omega_g}{u_\varphi} \frac{X}{H}\right) \quad (4)$$

В таблице 1 приведены полученные расстояния, на которых сухие выпадения уменьшаются в 100 раз по сравнению с их величинами на границе источника выдувания.

Несмотря на простоту модели, полученные по ней расстояния переноса мелких частиц, согласуются с масштабами шлейфов выноса Аральского аэрозоля космических снимков, которые оцениваются, как известно, в 250-400 км.

Размер частиц, мкм	Динамическая скорость, см/с				Высота подъема частиц, км
	40	60	80	100	
30	105,0	157,0	209,0	262,0	1,0
60	28,0	42,0	56,0	70,0	1,0
80	1,7	2,5	3,4	4,2	0,1
100	1,1	1,7	2,2	2,8	0,1
120	0,9	1,4	1,9	2,3	0,1

Составлен авторами по: [3]

Это позволяет надеяться на перспективу количественного дешифрирования снимков пыльных бурь из космоса на основе предложенной модели (таблица 2 и 3).

Таблица 2 – Среднее число дней с пыльной бурей в регионе Аральского моря

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VI I	VII I	IX	X			
Каракалпакская	0,1	0,1	0,2	0,7	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5	0,2	0,1	0,1	5
Муйнак	0,6	0,3	0,7	1,4	1,9	1,3	1,4	0,7	0,7	0,4	0,1	0,2	10

Кунград	0,0 2	0, 1	0, 3	0, 5	0, 5	0, 9	0,8	0,4	0, 4	0, 2	0, 1	0,0	4
Чимбай	0,1	0, 2	1	2	2	2	2	2	0, 9	0, 3	0, 2	0,1	13
Нукус	0,5	1	3	5	4	4	3	3	2	1	0, 7	0,3	28
Тахиаташ	1	2	3	5	5	5	4	3	2	2	1	0,4	33

Составлен авторами по: [3]

Таблица 3 – Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VI I	VII I	IX	X	XI	XI I	Го д
Каракалпак я	4, 3	4, 5	4, 6	4, 5	4, 2	3, 9	3,9	3,6	3, 4	3, 7	3, 9	4,1	4,0
Муйнак	4, 3	4, 6	4, 8	5, 0	5, 0	4, 5	4,3	4,3	4, 2	4, 2	4, 4	4,2	4,5
Кунград	3, 4	3, 6	4, 0	4, 1	3, 8	3, 4	3,0	2,8	2, 7	2, 8	3, 0	3,1	3,3
Чимбай	2, 6	2, 7	3, 2	3, 2	2, 9	2, 7	2,3	2,1	1, 8	1, 8	2, 1	2,2	2,4
Нукус	3, 8	4, 0	4, 4	4, 6	4, 4	4, 1	3,9	3,8	3, 4	3, 2	3, 3	3,5	3,9
Тахиаташ	3, 2	3, 5	3, 7	3, 9	3, 6	3, 4	3,2	3,2	2, 8	2, 7	2, 9	2,9	3,2

Составлен авторами по: [3]

На основе численной модели переноса тяжелой примеси была проведена оценка количества пылевого материала, выносимого с осушившейся части дна Аральского моря во время мощных пыльных бурь.

Численные расчеты проводились в предположении, что частицы песка на подстилающей поверхности распределяются по логарифмически нормальному закону с $x_0 = 100$ мкм. Площадь источника была принята равной 5700 км². Считалось, что перенос пылевого материала происходит в условиях нейтральной стратификации. При оценке массы песка, выносимой с осушившейся части дна Аральского моря, предполагалось, что в год происходит до десяти мощных пыльных бурь со средней продолжительностью 1 суток при скоростях географического ветра 25-30 м/с (таблица 2 и 3). Расчеты показали, что на акватории моря выносятся порядка 25-30 млн т пыли в год. По приближенным оценкам, сделанным на основе анализа космических снимков, эта величина составляет 15-75 млн т.

С учетом основного направления выноса пыли, которое совпадает со средним годовым максимумом повторяемости ветра в Приаралье, была проведена оценка массы пылевого материала, выпадающего на район дельты Амударьи. Оказалось, что на площадь в 10 тыс. км² выпадает около 90-100 тыс. т (90-100 кг/га) ежегодно. По данным [5], полученным на горизонтальных и вертикальных пескоулавливающих установках, за год в районе ст. Муйнак накопление пыли составляет 1242 кг/га. Поэтому можно предположить, что основная масса пыли, переносимая в районе дельты Амударьи, определяется не удаленными, а местными источниками. На район плато Устюрт площадью в 13 тыс. км² выпадает порядка 40-50 тыс. т (31-39 кг/га).

Численные эксперименты по выносу песка из восточной осушившейся части Аральского моря выявили его значительный ослабляющий эффект. Основная часть песчаного аэрозоля оседает на водную поверхность.

Расчеты, проведенные по численной модели, носят предварительный, оценочный характер и, по-видимому, завышены. Причиной такого завышения может быть идеализация источника частиц на песчаной поверхности, принятие слишком большой длительности мощных пылевых

бурь, предположение об их стационарности. Для уточнения результатов необходимо более детально определить параметры распределения частиц песка по размерам по всей площади источника, степень закреплённости песков, их влажность, наличие солей. Требуется совершенствования и сама модель; необходимо учесть нестационарный характер процесса переноса примеси, температурную стратификацию атмосферы, уточнить спектр размеров частиц, вовлекаемых в атмосферу.

Результаты проведенных исследований. Изучение переноса песка в регионе показало, что наибольшие объёмы его перемещаются из района осушившегося дна Аральского моря. Продолжающееся быстрое падение уровня моря, который к моменту выполнения расчетов опустился уже ниже 10-метровой изобаты, привело к образованию обширных высохших площадей дна моря и к интенсивному развитию на них процессов дефляции. Поскольку все почвогрунты бывшего дна моря сильно засолены, то при ветровой переработке во время бурь вместе с частицами песка и пыли перемещаются и соли.

Расчеты выноса массы песка и солей выполнены для двух мощных очагов выдувания. Первым из них является залив Большой Сары-Чаганак, и второй очаг – это обсохшая часть дна моря, протянувшаяся широкой полосой вдоль восточного берега моря от устья Сырдарьи на севере до Акпеткинского архипелага на юге. Для расчетов использованы средние многолетние розы векторов переноса песка двух станций: Аральское море – для первого, северного очага и Уялы – для второго, восточного.

Контуры очагов выветривания для расчетов были сняты с крупномасштабной карты Аральского моря. Контур северного очага повторял форму залива Большой Сары-Чаганак. Контур восточного очага выдувания образован прежней береговой линией и изобатой 10 м, вблизи которой находился к моменту выполнения расчетов уровень моря. По полученным контурам вновь образовавшейся суши для каждого из 16 румбов

была определена ширина фронта переноса твердой фазы. При этом было принято допущение, что перенос происходит на всей площади очага с одинаковым расходом и сам очаг однороден. Такая идеализация очагов на первом этапе расчетов является вынужденной. Она должна приводить к некоторому завышению полученных оценок масс песка. На самом деле очаги представляются по условиям дефляции достаточно изменчивым по площади как по своим дисперсным характеристикам, так и по другим физическим, химическим и биологическим параметрам. Однако на данном этапе исследований учесть это многообразие условий для расчетов выветривания не представляется возможным. Далее привлекались средние многолетние розы векторов переноса песка, с помощью которых рассчитывалась масса песка, выносимая ветром через фронт переноса каждого румба.

Обсуждение. Средние многолетние значения массы песка, выносимой за пределы контуров осушившейся части дна Аральского моря в различных направлениях, представлены в таблице 4 и на рисунке 1.

На рисунке отчетливо видны наиболее опасные направления переноса. Из залива Большой Сары-Чаганак вынос должен осуществляться в основном в секторе северо-восток – востоко-юго-восток. В этом направлении должно перемещаться свыше $8 \cdot 10^5$ т песка в год. В восточном очаге вынос преимущественно направлен на западо-северо-запад – юго-юго-восток и достигает $3,4 \cdot 10^6$ т в год, хотя и в секторе северо-восток – юго-восток должны выноситься достаточно большие массы песка и солей – около $2 \cdot 10^6$ т в год.

Таблица 4 – Оценка масс песка, переносимых ветром в различных направлениях за год и выносимых за пределы контуров осушившейся части дна Аральского моря, определенных по изобате 10 м.

Направление	Перенос в приземном слое	Вынос за пределы контуров осушившейся
-------------	-----------------------------	--

переноса, румб	атмосферы, фронт переноса 1 км, т/км		части дна Аральского моря (т) из очагов выдувания	
	Аральское море	Уял ы	Северный	Восточный
Север	320	1260	10 000	94 000
Север-северо- восток	1 000	330	30 000	40 000
Северо-восток	13 000	5360	390 000	700 000
Восток-северо- восток	8 400	2070	210 000	290 000
Восток	1 240	2000	48 000	300 000
Восток-юго- восток	3 570	2830	180 000	280 000
Юго-восток	800	3580	40 000	290 000
Юг-юго-восток	940	2070	47 000	120 000
Юг	1 600	2710	51 000	200 000
Юг-юго-запад	3 390	3640	100 000	440 000
Юго-запад	4 260	6660	130 000	860 000
Запад-юго-запад	3 470	3430	38 000	480 000
Запад	770	8490	30 000	1 300 000
Запад-северо- запад	1 120	3600	55 000	360 000
Северо-запад	660	1090	33 000	87 000
Север-северо- запад	1 220	20	60 000	3 000
Сумма по всем направлениям			1 500 000	5 800 000

Составлен авторами по: [3]

Суммарный вынос твердой фазы воздушными потоками по всем направлениям из залива Большой Сары-Чаганак будет равен в среднем $1,5 \cdot 10^6$ т в год, из восточного, более крупного очага – $5,8 \cdot 10^6$ т в год. Выносимая масса из обоих очагов может быть оценена в $7,3 \cdot 10^6$ т в год. Масса солей, как уже говорилось выше, составляет примерно 0,7-1,5% всей переносимой массы твердой фазы, т.е. вынос солей из этих очагов может быть принят в объеме 50-70 тыс. т в год.

Полученные массы выносимого ветром песка носят несколько абстрактный характер. По ним трудно определить масштабы явления – много или немного песка и соли выносятся ветром. Поэтому приведем другие, легко воспринимающиеся образные оценки. Чтобы перевезти переносимую ветром за год массу песка, нужно свыше 3000 железнодорожных составов из 40 вагонов грузоподъемностью 60 т каждый и 30 таких составов для перевозки солей.

Приняв плотность песка равной $1,5 \text{ т/м}^3$, получим, что весь годовой объем выноса составляет 5 млн м^3 . Площадь рассматриваемых очагов оценивается на 2020 г. примерно в $2,5 \cdot 10^9 \text{ м}^2$. Объем выдутого за пределы контуров высыхания эолового материала и площадь этих очагов позволяют определить скорость денудации почвогрунтов осушившейся части дна моря. Она достигает в среднем за многолетие 2 мм/год.

Имеются и другие прогностические оценки выноса масс песчаного и солевого аэрозоля с осушившейся части дна Аральского моря. Российские ученые [6] по результатам обработки космических снимков пылевых бурь получили, что годовой вынос аэрозоля из восточного очага выветривания в юго-западном направлении составляет 15-75 млн т. Интенсивность денудации дна моря в соответствии с этим значением должна достигать примерно 5-20 мм/год.

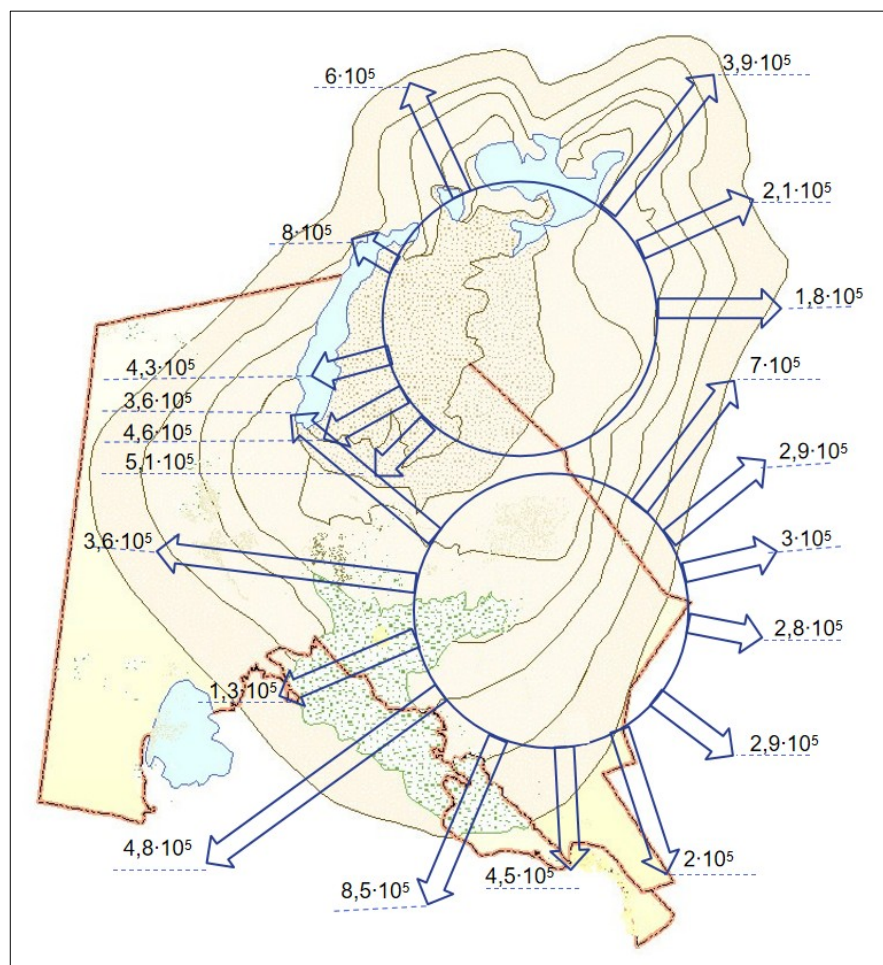


Рисунок 1 – Средние многолетние массы (т) твердой фазы, выносимые в различных направлениях за пределы двух основных очагов выветривания осушившегося дна Аральского моря. Составлен автором по: [1]

Н.В.Рубанов и Н.М.Богданова [7] определили годовой ветровой вынос солей со всей осушившейся к настоящему времени части дна моря в 39-42 млн т/год. Это значение кажется чрезмерно завышенным. Так, если принять, по нашим оценкам, содержание солей в ветропесчаном потоке равным 1%, то общая масса выносимого ветром аэрозоля должна, исходя из результатов названных авторов, достигать примерно 4 млрд т. Слой выдувания в этом случае должен быть порядка 0,15 м в год, т.е. высохшее дно моря должно углубляться почти с той же скоростью, что и падение уровня моря. В действительности такая интенсивность выдувания не наблюдается.

Сравнение годового слоя выветривания указывает на то, что полученная нами скорость денудации дна моря ближе к действительной, хотя и она, как уже говорилось выше, несколько завышена. Все приведенные здесь оценки свидетельствуют, что эоловые процессы на осушившемся дне Аральского моря является мощным современным геологическим процессом уже в настоящее время. По мере увеличения обсохшей площади выносимая масса твердой фазы должна возрастать. Появление в ближайшие годы из-под воды поверхностей с тяжелым механическим составом (илистых отложений) должно привести к увеличению частиц твердой фазы, способных переноситься ветром на значительные расстояния, так как возрастает доля мелких частиц, взвешиваемых в воздушном потоке.

Заключение. Определение будущих объемов переноса с новых контуров осушившейся части дна Аральского моря и корректировка уже полученных значений может быть выполнена в ближайшие годы с помощью усовершенствованной модели песчано-солевых бурь. Оценивая полученные объемы выноса, следует отметить, что они являются, по-видимому, максимальными, так как в основу расчета положено условие сухости переносимого ветром песка. В реальных условиях перенос песка части происходит при достижении им критической влажности, что значительно снижает твердый расход. Поэтому более точные значения могут быть получены при климатических расчетах, учитывающих вероятностный характер переноса песка ветром.

Для разработки комплекса мероприятий, призванных смягчить отрицательные последствия выноса частиц твердой фазы на сопредельные территории, необходимо решить ряд сложных задач по определению перемещаемых ветром масс песка и направлений переноса, содержанию в них солей, дальности выноса частиц различного размера, выпадения их из потока и целый ряд других вопросов науки этого опасного явления природы.

Литературы.

[1] Григорьев А.А., Липатов В.Б. Динамика и очаг пылевых бурь в Приаралье по наблюдениям из космоса. – М.: Изв. РАН. Сер. геогр. – №5. – 1982. – С. 93-98.

[2] Григорьев А.А., Липатов В.Б. Распространение пылевых загрязнений в Приаралье по наблюдением из космоса. – М.: Изв. РАН. Сер. геогр. – №4. – 1983. – С. 73-77.

[3] Арушанов М.Л., Рахматова Н.И. Простой метод расчета индекса засушливости SPI на основе аппроксимации кубическим полиномом эмпирической функции частоты распределения осадков. Материалы международной научно-практической конференции. – Ташкент, 2019. – С. 44-47.

[4] Орловский Н.С., Орловская Л., Индуиту Р. Опасные и особо опасные пыльные бури в Средней Азии// Аридные экосистемы. – М.: 2013. Т. 19. № 4 (57). – С. 123-128.

[5] Исследовать ветровой перенос солей в составе твердой фазы приземного слоя атмосферы при пыльных бурях в районе осушенной части дна Аральского моря: Отчет о НИР/КазНИИ Госкомгидромета. – №ГР01.84.0011618; инв. №0286.0028614. – Алма-Ата, 1985. – 57 с.

[6] Кондратьев К.Я., и др. Метеорологическое зондирование подстилающей поверхности из космоса. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 246 с.

[7] Рубанов Н.В., Богданова Н.М. Количественная оценка солевой дефляции на постаквальных ландшафтах. – Ашхабад. Проблемы освоения пустынь. 1987. №3. – С. 9-16.