

ПРОБЛЕМЫ ЗАПЫЛЕННОСТИ АТМОСФЕРЫ ЕСТЕСТВЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

Б.С.Тлеумуратова – доктор физико-математических наук

Э.П.Уразымбетова – базовый докторант

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук ККО АН РУз

Таян сўзлар: атмосферанинг чангланиши, соғлиққа таъсири, иқлимга таъсири, мониторинг, заифлаштириш чоралари.

Ключевые слова: запылённость атмосферы, влияние на здоровье, влияние на климат, мониторинг, меры ослабления.

Key words: dustiness of the atmosphere, impact on health, impact on climate, monitoring, mitigation measures.

Введение. Запыленность атмосферы (ЗА) является важной частью глобальной проблемы загрязнения окружающей среды (ОС). ЗА актуальна для многих стран мира, особенно для расположенных в зоне пустынь, в том числе и для Узбекистана, обширные территории которого заняты пустынями Кызылкумы, Устюрт, Аралкум и частично Каракумами.

Об актуальности проблемы ЗА свидетельствует множество публикаций, большая часть которых посвящена пылевым бурям (ПБ), являющимся основным естественным источником пыли. Как известно, участвовавшие в последние десятилетия случаи экстремальных метеоситуаций (тайфуны, наводнения, волны тепла) связывают с глобальным потеплением климата. Случаев беспрецедентных по масштабам ПБ в Центральной Азии (ЦА) 27-28 мая 2018г. с концентрацией пыли 23000 мкг/м³ в Нукусе и 3-4 ноября 2021г. с концентрацией пыли 18000 мкг/м³ в Ташкенте [1] кроме глобального потепления, очевидно, способствует и растущее опустынивание. Эти случаи ПБ с превышением предельно допустимой концентрации (ПДК) пыли в десятки раз, а также существующие неопределенности в механизме возникновения ПБ требуют дальнейших углубленных исследований проблемы ЗА.

Песчаные и пыльные бури являются обычным явлением в пустынях и представляют серьезную экологическую, климатическую, экономическую опасность и опасность для здоровья человека. Наиболее запыленные районы Юго-западной, Юго-восточной и Центральной Азии находятся в Казахстане (Аралкум, пустыни Сарыесик Атырау, Муюнкум), Туркменистане (Каракумы), Узбекистане (Кызылкум, Устюрт), в восточной и южной частях Аравийского полуострова, в пустыне Оман, сирийско-иракской пустыне, Монголии (Гоби), Китае (пустыни Такламакан, Гурбантунгут) [2].

По данным метеостанции (МС), дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и результатам моделирования общая масса пыли, поступающая в атмосферу Земли оценивается от нескольких сотен до нескольких тысяч млн. тонн в год [2]. В составе пыли кроме почвенных частиц, содержатся тяжелые металлы, пестициды и микробы.

Чрезмерная запыленность атмосферы влияет на рост заболеваемости населения, региональную окружающую среду и климат, изменяя биогеохимические циклы, оказывая радиационное воздействие на атмосферу, подавляя активность циклонов и влияя на микрофизику облаков и гидрологический цикл.

Кроме механизма выноса аэрозоля во время пыльных бурь, существует и другой, практически ежедневно действующий, механизм выноса мелкодисперсного аэрозоля конвективными потоками воздуха за счет нагревания поверхности земли Солнцем [3]. Конвективный вынос является причиной накопления пыли во всей толще нижней тропосферы непосредственно над очагами выноса. Получены значения средних многолетних фоновых сухих выпадений, вызванных конвективными потоками в Приаралье. На МС Тахиаташ они достигают в год 79 т/км², в Северном Приаралье (МС Аральское Море) - 45 т/км² [3]. Таким образом, конвективный вынос (КВ) также является фактором роста ЗА.

Влияние на здоровье населения. Болезни связанные с запыленностью атмосферы возникают при вдыхании частиц пыли вместе с микробами, тяжелыми металлами, пестицидами и другими загрязняющими веществами, содержащимися в почве. Благодаря микро- и нано-размерам, частицы легко попадают в легкие и проникают в кровоток. Согласно оценкам экспертов в 2014 году, воздействие пылевых частиц стало причиной около 400 тыс. преждевременных смертей от сердечно-легочных заболеваний в населения в возрасте свыше 30 лет. ПБ способствуют росту таких заболеваний, как астма, трахеит, пневмония, аллергический ринит и силикоз [4].

В настоящее время ЗА является самой большой проблемой здравоохранения стран Приаральского региона, поскольку пыль с осушенного дна Арала (ОДА), содержащая токсичные сульфаты опасна вдвойне. Наибольшую значимость представляют болезни системы кровообращения, злокачественные новообразования, туберкулез. Особенно актуально решение этих задач для Каракалпакстана, основное население которого проживает в центральном оазисе, окруженном со всех сторон пустынями Кызылкум, Каракумы, Устюрт и Аралкум, являющимися источником масштабного загрязнения атмосферы при пылевых бурях. В Приаралье заболеваемость туберкулезом, раком пищевода, болезнями крови и кроветворной системы, болезнями органов пищеварения в несколько раз выше средних по Узбекистану показателей [5].

Корреляционный анализ пространственно-временной динамики заболеваемости и динамики ЗА в Каракалпакстане [6] показал, например, что рост числа заболеваний дыхательной системы значительно зависит от динамики концентрации сульфатов в атмосфере (средний по региону коэффициент корреляции 0, 67).

Влияние на климат. Растущая во всем мире ЗА, влияя на радиационный и тепловой балансы за счет поглощения и рассеяния солнечной радиации [7], а также на процессы осадкообразования и криосферу [7, 8] становится существенным климатообразующим фактором.

Наряду с широко известными эффектами Альбрехта, Воейкова, Туми, обнаружено влияние пыли на циклоническую деятельность, проявляющееся в усилении фронтогенеза в нижних слоях атмосферы, ослаблении тропических циклонов и интенсивности Африканского восточного струйного течения [9]. Влияние рассеяния радиации пылевыми частицами на приповерхностный ветер исследовано в Австралии и Иране обнаружили значительное влияние пылевых аэрозолей на среднетропосферное потепление над Индо-Гангскими равнинами и Гиндукушем и снижение альбедо ледников из-за осадения пыли. Аналогичное влияние пыли с Ближнего Востока и Юго-Западной Азии на ускорение таяния ледников в западных Гималаях.

Безусловно, кроме исследований влияния ЗА на процессы синоптического масштаба, актуально изучение локальных, региональных факторов климатического изменения (КИ), обусловленных ЗА. В частности, изменение климата в Приаралье связано с аэрозольным загрязнением атмосферы выносом солей с ОДА и КВ пыли в пустынях. Результаты моделирования влияния

сульфатов, выносимых с ОДА, на климат Приаралья показали, что вклад рассеивающего солевого аэрозоля в КИ состоит в уменьшении температуры воздуха в среднем по региону на 1,5К и увеличении годового количества осадков на 8,3 мм [7, 10].

В работе [11] выявлено, что увеличение ЗА в Южном Приаралье за счет КВ влияет на повышение приповерхностной температуры воздуха микрочастицами почвы выносимыми конвективными потоками в пустынных местностях. Модельные и экспериментальные исследования для условий северных Кызылкумов, Устюрта и ОДА показали, что вклад этого нового фактора повышения температуры воздуха для частиц почвы с размерами 0,2-0,4 мкм достигает 6-8К. Указанный нововывявленный эффект наиболее полноценно действует в штилевых условиях с июня до октября [12]. КИ, вызванные ЗА, в особенности тепловой эффект ЗА, влияют также на здоровье. Таким образом, ЗА воздействует на здоровье человека как непосредственно, так и косвенно – через изменения климата.

Мониторинг ЗА. Наблюдение за состоянием атмосферного воздуха в большинстве исследований служит для выявления и количественной оценке ситуаций, которые могут привести к ЗА и создавать угрозу жизни и здоровью граждан. В публикациях по данной теме широко используются данные ДЗЗ. Главной проблемой мониторинга ЗА методами ДЗЗ является облачный покров, препятствующий качественному отображению аэрозольной среды и состояния подстилающая поверхность (ПП).

Кроме данных ДЗЗ государственный мониторинг ЗА осуществляется наземными измерениями на МС, крайне неравномерно распределенных по странам (рис.1.) и нередко с ограниченным спектром производимых измерений, что представляет проблему с репрезентативностью данных.

Известны только несколько попыток по частной инициативе оценить наземными измерениями солепылевынос с ОДА [13]. В этих работах изучались преимущественно сухие аэрозольные выпадения (САВ) на планшеты, при экспонировании которых не проводилась дифференциация по направлениям ветра, что конечно сказывается на чистоте экспериментов.

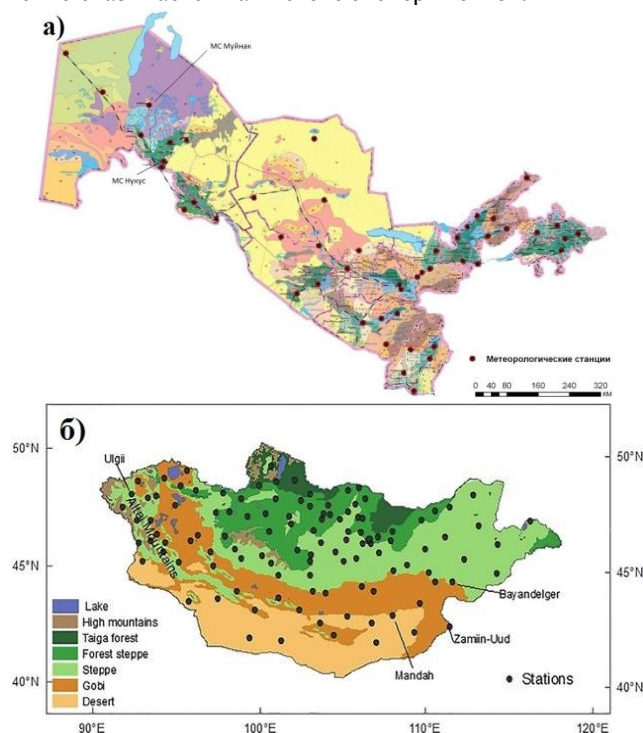


Рис.1. Сеть метеостанций в Узбекистане (а) и Монголии (б).

Наиболее трудной задачей мониторинга ЗА является количественная оценка 3Д-распределения пыли в атмосфере, решение которой возможно практически только методами математического моделирования. Разработаны множество моделей как стационарного, так и остроуго ЗА [10].

Наземный мониторинг важен и в области моделирования как источник многочисленных входных данных и данных для валидации модельных результатов.

Меры ослабления ЗА. Мировой опыт показывает, что единственной мерой против ПБ и выветривания почв является озеленение. Так в 30-е годы прошлого столетия серия ПБ, названная «Пыльный котел», вынудила правительство США реализовать проект «Защитный пояс Великих равнин», высадив 200 млн. деревьев, и значительно снизив при этом количество ПБ в Техасе. В СССР в борьбе с ветровой эрозией почв были созданы лесополосы общей протяженностью 5000 км. Самое масштабное озеленение в рамках проекта «Великая зеленая стена» проводится в Китае в целях защиты от ПБ в пустыне Гоби, расширяющейся ежегодно на 3600 кв.км. Высадка миллиардов деревьев позволила приостановить расширение Гоби и существенно уменьшить запыленность воздуха в стране. Аналогичная «зеленая стена» создается в Африке для ослабления воздействий ПБ в Сахаре.

В Узбекистане масштабные лесопосадки предприняты только на ОДА. По Концепции охраны окружающей среды [14] намечено доведение площади лесопосадок на узбекской части высохшего дна Аральского моря с 28% (0,9 млн га) до 60% (2 млн га).

Из вышеизложенного следует, что растения являются практически единственным сдерживающим загрязнение атмосферы фактором, однако в научной литературе мало количественных оценок этой экосистемной услуги растительного покрова (РП).

Расчеты, проведенные в работе [15] с использованием формулы ослабления ветра РП показали, что РП с общим проективным покрытием (ОПП)=0,3 снижает скорость приповерхностного ветра на 20-30%, а с ОПП=0,6 – на 40-50%. Очевидно, что при этом снижается и мощность пылеиспускания ПП.

В этой же работе [15] изложен метод оценки эффективности лесопосадок в аспекте выноса солей с ОДА. Реализация этого метода показала, что к примеру, в 2019 году, когда площадь лесопосадок была равна 483000 га, общий вынос солей с ОДА по сравнению с модельными данными уменьшился с этих территорий на 16,1 млн.т/год [15].

Озеленение является эффективной мерой для уменьшения ЗА и при КВ. Модельные и полевые исследования КВ показали [11], что растительный слой с ОПП= 0,2 уменьшает конвективные потоки пыли на 9%, а с ОПП=0,4 – на 30%.

Вывод. Далеко не исчерпывающий обзор многочисленных исследований ЗА естественными источниками показал следующее:

1. Большинство исследований по ЗА носит качественный характер, преимущественными методами являются сопоставление ДЗЗ со статистикой стандартных метеоданных и БД реанализа. Хотя надо отметить и достаточное количество модельных разработок, в том числе и численных моделей. Актуальность моделирования обосновывается и тем, что более 2/3 пылевых бурь не регистрируются ДЗЗ из-за облачного покрова. Это обстоятельство значительно затрудняет статистический анализ многолетней динамики ПБ в частности, а в целом вывод закономерностей и общетеоретических положений по ЗА.

2. Главной проблемой ЗА общепризнано влияние на здоровье, которое исследуется главным образом с применением статистического (корреляционного) анализа.

Чисто медицинских исследований непосредственного влияния ЗА на физиологические и функциональные расстройства человеческого организма явно недостаточно, особенно в Узбекистане.

3. Существенная взаимозависимость ЗА и климата требует более углубленного изучения нелинейных связей опустынивания и запыленности воздуха, которым в настоящее время в научных публикациях уделяется недостаточно внимания. В то же время очевидно, что

меры уменьшения ЗА тесно связаны с мерами борьбы с опустыниванием.

4. В целом для усовершенствования контроля ЗА необходимы дальнейшие исследования и разработки по технологиям ДЗЗ, наземного мониторинга, прогноза ПБ. Многочисленность факторов и предпосылок ЗА, объединенных нелинейными связями, требуют применения системного анализа и соответственно системного моделирования.

Литература

1. Eurasianet (2021) Film explores a dirty problem in Kyrgyzstan and Uzbekistan.
2. Prospero J.M. et al. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product //Reviews of geophysics. 2002. Т. 40. №. 1. -С. 2-1 – 2-31.
3. Семенов О.Е., Шапов А.П., Галаева О.С., Идрисова В.П. Ветровой вынос и песчано-солевые выпадения с осушенной части дна Аральского моря. // Аридные экосистемы. – 2006. Т. XII. 29. -С. 47–58.
4. Wu Y. et al. Sand and dust storms in Asia: a call for global cooperation on climate change The Lancet Planetary Health. 2021. Т. 5. №. 6. –Р. 329-330.
5. Вейсов С.К. и др. Ситуационный анализ. Песчаные и пыльные бури в Центральной Азии. // Региональные подходы в борьбе с песчаными и пыльными бурями и засухой в Центральной Азии. –Алматы: 2021. –С. 78.
6. Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М., Мустафаева Р. Моделирование выноса солей с обсохшего дна Аральского моря и его последствий. //Евразийское научное объединение. 2015. Т. 3. №. 10. – С. 238-242.
7. Тлеумуратова Б.С. Математическое моделирование влияния трансформаций экосистемы Южного Приаралья на почвенно-климатические условия. Дисс. ... д-ра физ.-мат. наук. – Ташкент: 2018. –С. 209.
8. Creamean J.M. et al. Dust and biological aerosols from the Sahara and Asia influence precipitation in the western US //science. 2013. – Т. 339. №. 6127. – С. 1572-1578.
9. Tao Z. et al. Microphysics and radiation effect of dust on Saharan air layer: An HS3 case study //Monthly Weather Review. 2018. Т. 146. №. 6. – С. 1813-1835.
10. Арушанов М.Л., Тлеумуратова Б.С. Динамика экологических процессов Южного Приаралья //Гамбург: Palmarium.–2012.–183 с.
11. Тлеумуратова Б.С., Нарымбетов Б.Ж. Конвективный вынос аэрозоля в Южном Приаралье. // Вестник ККО АН РУ. 2021. №1. - С.69 –72.
12. Shi L. et al. Temporal variation of dust emissions in dust sources over Central Asia in recent decades and the climate linkages //Atmospheric Environment. 2020. Т. 222. – С. 117-176.
13. Толкачева Г.А., Ковалевская Ю.И., Шардакова Л.Ю. Оценка миграции солей в бассейне Аральского моря. // Проблемы освоения пустынь. 1998. №3–4.
14. Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года. // Национальная база данных законодательства. 31.10.2019 г. № 06/19/5863/3979; 13.11.2020.. № 06/20/6110/1512.
15. Квбланов Ж.Ж., Тлеумуратова Б.С. Оценка эффективности антропогенных воздействий на осушенном дне Аральского моря по ослаблению выноса солей. //Universum: химия и биология. 2023. №. 2-1 (104). – С. 15-20.

РЕЗЮМЕ. Умумлаштирувчи характердаги мақолада атмосфера чангланишининг соғлиққа таъсири, иқлим ва мониторинг муаммолари каби асосий масалалари келтирилган. Бундан ташқари, атмосфера чангланишини ўрганишининг баъзи услубий муаммолари кўриб чиқилади. Энг катта атмосфера чангланиши чанг бўрони пайтида ва ундан кейин 1-2 кун ичида кузатилганлиги сабабли, мақолада чанг бўронларининг метеорологик шароитларига муҳим ўрин ажратилган. Мақоланинг якуний қисми атмосферадаги чанг миқдори камайтиришининг амалда ягона чораси бўлган фитомелиорацияга бағишланган.

РЕЗЮМЕ. В статье обзорного характера представлены такие основные проблемы запыленности атмосферы, как влияние на здоровье, на климат и проблемы мониторинга. Кроме того, затрагиваются некоторые методологические проблемы исследования запыленности атмосферы. Так как наибольшая запыленность атмосферы наблюдается во время пылевой бури и в течение 1-2 суток после нее, значительное место в статье уделено метеорологическим условиям пылевых бурь. Заключительная часть статьи посвящена фитомелиорации, как практически единственной мере ослабления запыленности атмосферы.

SUMMARY. The review article presents such main problems of atmospheric dustiness as the impact on health, climate and monitoring problems. In addition, some methodological problems of the study of the atmospheric dustiness are touched upon. Since the greatest intensity is observed during a dust storm and within 1-2 days after it, a significant place in the article is given to the meteorological conditions of dust storms. The final part of the article is devoted to phytomelioration, as practically the only measure to reduce the dustiness of the atmosphere.