

УДК 502.3(517); 551.510.42(517); 543.3: 535.379.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ИОННОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

Шарипов С.Р.

Таджикский аграрный университет имени Шириншоҳ Шотемур

Ключевые слова: аэрозоль, неорганические ионы, воздушные массы, полиномиальной регрессии.

Атмосферные ионы участвуют в образовании аэрозолей. Ионы могут расти достаточно, чтобы стать стабильными аэрозольными частицами. Для роста ионов необходимо присутствие в атмосфере газовых примесей, способных присоединяться к ионам.

Скорость роста ионов, которая увеличивается с концентрацией таких газовых примесей, должна быть достаточно большой, чтобы обеспечить рост ионов в течение относительно короткого времени жизни иона. Однако такие условия выполняются только в определенных атмосферных условиях. Поэтому вопрос о том, вносит ли ионно-индуцированное образование аэрозоля значительный вклад в баланс атмосферного аэрозоля, остается открытым [1]. PM_{10} или крупные частицы ($PM_{10-2.5}$), также называемые вдыхаемыми частицами, представляют собой частицы размером менее 10 микрометров, но более 2,5 микрометров в диаметре, они считаются загрязнителями, состоящими из жидких и твердых материалов самого разного состава и размера, которые обнаружены в воздухе и могут генерироваться как мобильными, так и стационарными источниками естественным или антропогенным путем. Обычно они связаны с неконтролируемым горением, некоторые связаны с механическим распадом вещества, или повторным взвешиванием частиц в окружающей среде.

Сюда входят процессы горения в транспортных средствах, в основном тех, которые используют дизельное топливо, литейную промышленность, краску, керамику и электростанции. Было установлено, что частицы состоят из 7 химических компонентов или видов геологических материалов, сульфатов аммония, нитратов аммония, органического материала, элементарного углерода, соли и микроэлементов [2]. Можно утверждать, что существуют научные данные, которые коррелируют воздействие атмосферных твердых частиц с различными последствиями для здоровья.

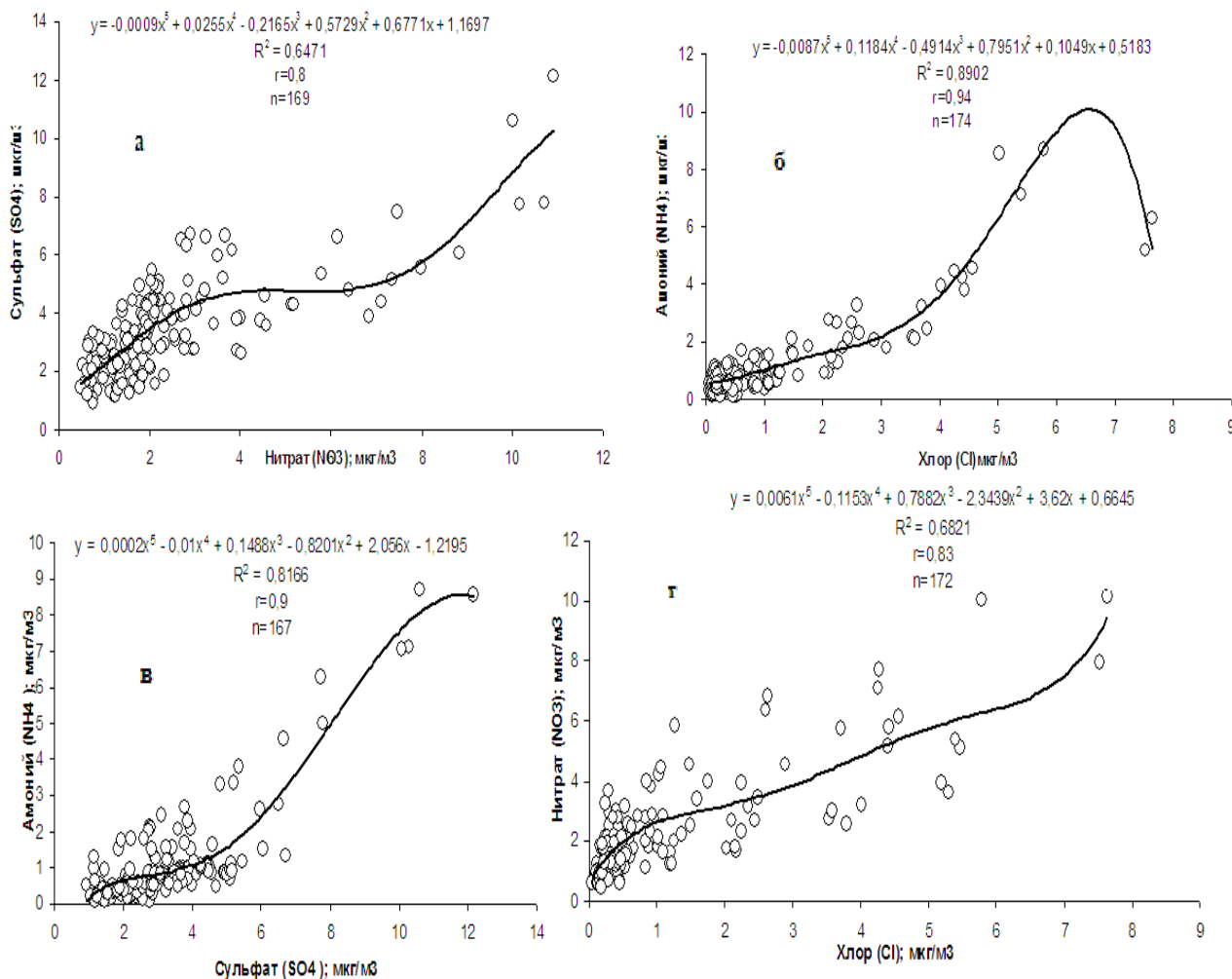
Эти эпидемиологические исследования показывают, что воздействие различных загрязнителей окружающей среды, даже на уровнях ниже международных и национальных норм, связано с увеличением заболеваемости астмой, серьезностью ухудшения функции легких, а также большей тяжестью респираторных заболеваний, у детей и подростков, в дополнение к общим симптомам, таким как раздражение глаз, кашель, дискомфорт в горле, головная боль и т.д. Другие эффекты наносят ущерб экономике, из-за стоимости болезней, повреждение растительности, снижение видимости, кислотных дождей, вреда животным и фотосинтезу растений. [3]. Таким образом, химический состав аэрозоля дает важную информацию об изменениях свойств аэрозоля и их последующем воздействии на окружающую среду. Страны Центральной Азии окружены множеством пустынь, которые являются потенциальными источниками пыли. Значительное воздействие на радиационное действие минеральной пыли, требует более внимательного изучения регионов с высокой пылевой активностью для понимания будущей эволюции выбросов пыли, и их химических свойств. В Душанбе, в ходе исследований, были обнаружены смеси различных типов пыли из Сахары, Ближнего Востока и Центральной Азии [4].

В этой статье мы обсудим содержание в атмосферном аэрозоле четырех неорганических ионов (NO_3^{-1} (нитрат) SO_4^{-2} (сульфат), NH_4^{+1} (аммоний) и Cl^{-1} (хлор)). Согласно [6], источники концентрации ионов нитратов, сульфатов, аммония и хлора более многочисленны в промышленных зонах, или районах с интенсивным движением транспорта. Сначала мы составляем и определяем уравнение полиномиальной регрессии и коэффициент корреляции между этими неорганическими ионами, чтобы определить, имеют ли они один источник происхождения.

Экспериментальные данные были подвергнуты статистической обработке методом полиномиальной регрессии, который является одним из форм регрессионного анализа.

При построении регрессии – подбирается такая линия (т.е. функция), которая наиболее точно аппроксимирует множество экспериментальных точек [7]. Полиномиальная регрессия позволяет определить взаимосвязь концентраций ионного ряда атмосферного аэрозоля и характерные коэффициенты детерминации и корреляции.

На Рис.1 (а,б,в,г,д) приведены результаты применения метода полиномиальной регрессии для оценки взаимосвязи содержания ионного ряда в составе аэрозоля (NO_3^- (нитрат) SO_4^{2-} (сульфат), NH_4^+ (аммоний) и Cl^- (хлор)). Взаимозависимость концентраций ионного ряда моделировалась полиномом 5-й степени от х. Рис.1 (а,б,в, г,д) видно, что при концентрациях SO_4^{2-} (сульфат) менее 5 мкм/м³ и NO_3^- (нитрат) менее 3 мкм/м³, NH_4^+ (аммоний) менее 2 мкм/м³ и Cl^- (хлор) менее 3 мкм/м³, NH_4^+ (аммоний) менее из 2 до 8 мкм/м³ и SO_4^{2-} (сульфат) менее 6 до 11 мкг/м³ между ними можно заметить линейную связь. При более высоких концентрациях этих компонентов, их связь становится нелинейной.



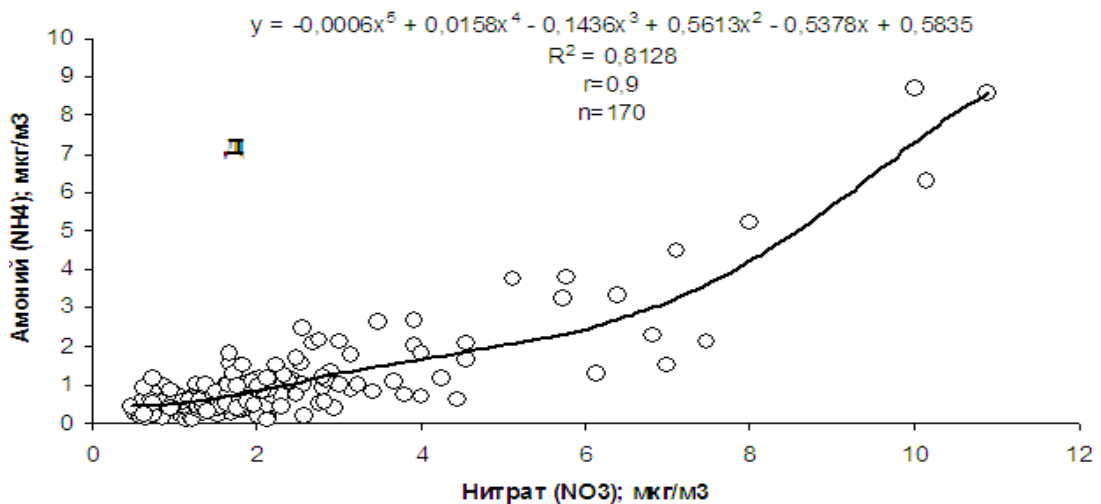


Рис.1 (а, б, в, г, д). Полиномиальная регрессия между концентрациями ионного ряда в составе аэрозоля (NO_3^- (нитрат) SO_4^{2-} (сульфат), NH_4^+ (аммоний) и Cl^- (хлор)).

На рис. 2 (а, б, в, г) показано сравнение концентраций неорганических аэрозольных ионов (NO_3^- (нитрат) SO_4^{2-} (сульфат), NH_4^+ (аммоний) и Cl^- (хлор)) в атмосфере полуаридной зоны Таджикистана с другими регионами мира. Как видно из рис.2, средние концентрации аэрозольных ионов в Душанбе, полученные в 2015 и в 1983 годах значительно отличаются. Это, очевидно, отражает изменение экологической ситуации в регионе.

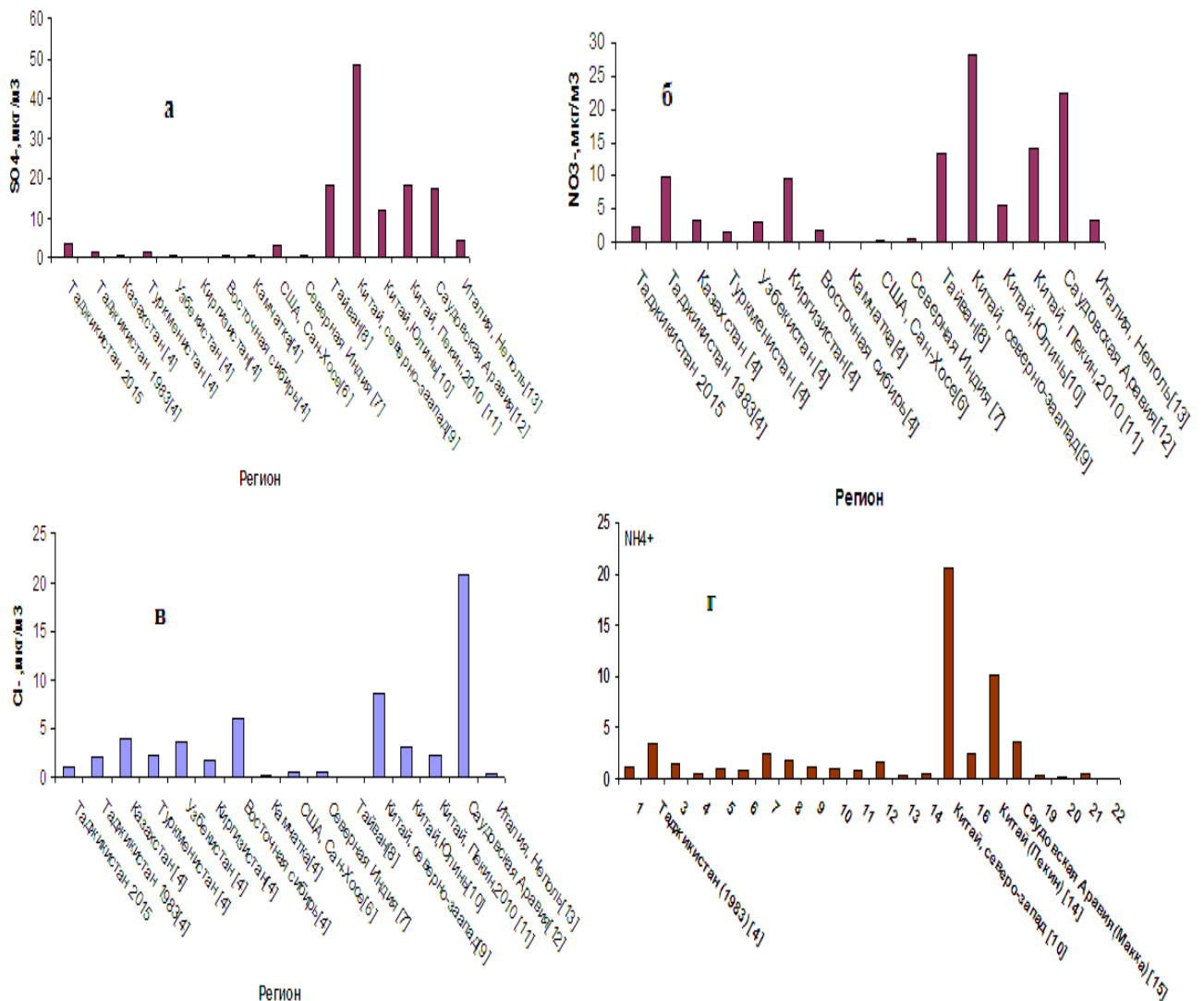


Рис.2 (а,б,в,г). Средние концентрации ионов (нитратов, сульфатов, аммония и хлор) атмосферного аэрозоля в Таджикистане и других регионах мира.

Приведенные данные позволяют оценить связь изменений ионного состава аэрозоля в Душанбе через 30 лет с конкретными источниками ионов в стране. Исследования показали, что из шести протестированных анионов, самую высокую концентрацию в атмосфере имеют сульфат-ионы.

Увеличение содержания сульфат-ионов в 3 раза связано, видимо, не столько с увеличением промышленных выбросов, сколько с резким увеличением количества автотранспорта. Уменьшение содержания нитрат ионов коррелирует с уменьшением применения в сельском хозяйстве Таджикистана азотных удобрений.

Максимальные концентрации ионов нитратов и сульфатов отмечены в северо-западной части Китая [9]. Сульфаты – это наиболее распространенный вид аэрозольных ионов в Китае. Города Китая лидируют по высоким средним концентрациям в атмосферном аэрозоле сульфатов и нитратов. Основными источниками сульфатов и нитратов являются выбросы промышленных предприятий, ТЭЦ и транспорт [4, 9-11].

Сжигание биомассы и вторичные аэрозоли в сельской местности, также приводят к высокому содержанию этих солей в аэрозоле [9]. Значительная часть сульфатов имеет и почвенное происхождение. Причиной высоких концентраций ионов хлора и фосфатов в Саудовской Аравии (Мекка), предположительно, являются высокие объемы дорожного движения и строительные работы [12]. Фосфаты, также поступают в атмосферу с удобрениями и необработанными сточными водами. Изменение содержания этих ионов, как правило, имеет антропогенное происхождение.

Для выявления роли процессов дальнего переноса ионов были проведены расчеты траекторий движения воздушных масс методом обратных траекторий. Этот метод является эффективным инструментом для анализа переноса в атмосфере загрязняющих примесей и определения их возможных источников. С его помощью исследуются типичные пути дальнего переноса атмосферных примесей во многих регионах земного шара [10-15].

Определение обратной траектории позволяет оценить возможные источники загрязнения воздушных масс, достигающих точки наблюдения на разной высоте. Этот метод использован для выяснения расположения возможных источников, создававших максимальные концентрации ионов аэрозоля в г. Душанбе, в период эксперимента (рис. 5).

Для определения обратной траектории загрязнения использовались данные HYSPLIT (Hybrid Single Particles Lagrangian Integrated Trajectory model), лаборатории атмосферных ресурсов NOAA [15]. Время движения воздушных масс выбрано 168 часа.

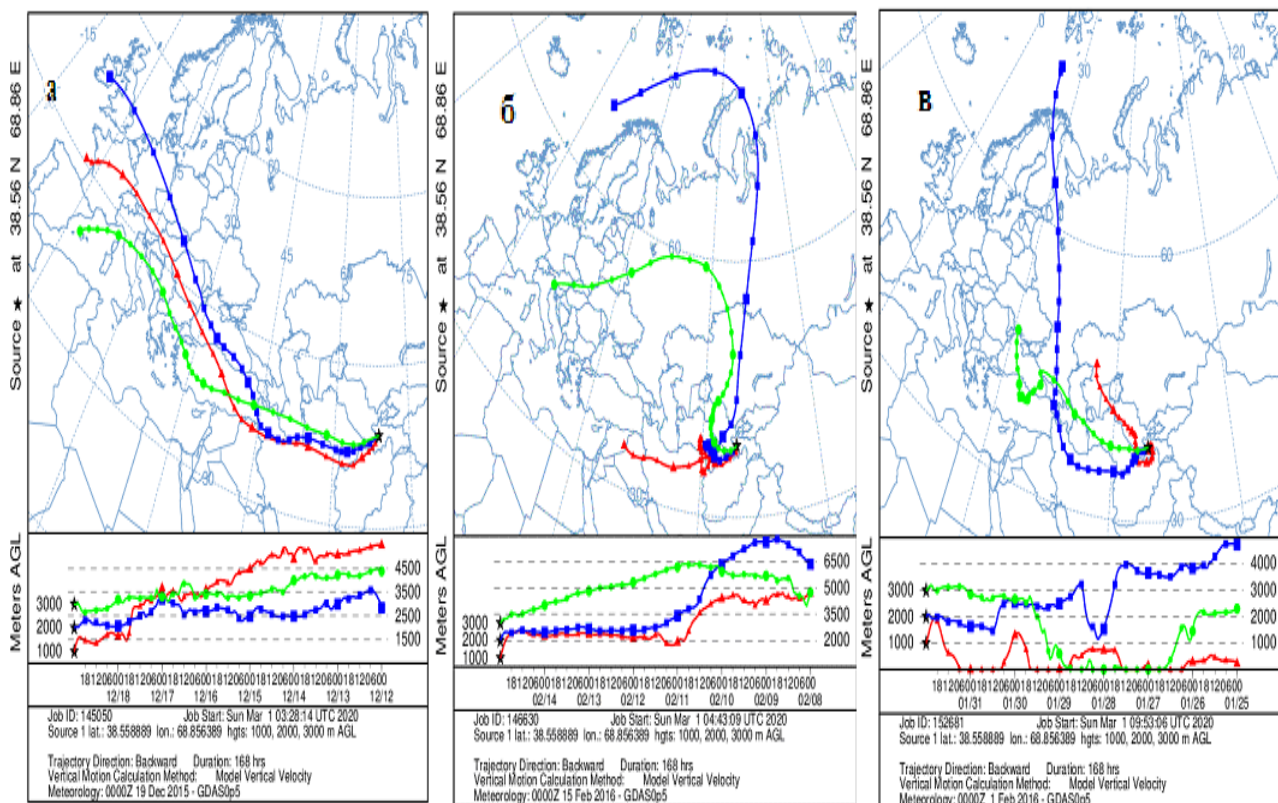
Обратные траектории воздушных потоков в точке сбора проб аэрозоля рассчитывались на высотах 1000, 2000 и 3000 м. Анализ состава атмосферных аэрозольных ионов в полуаридной зоне Таджикистана, измерявшегося в ходе двухлетнего мониторинга (2014-2016 гг.) позволил оценить факторы, влияющие на содержание ионов.

Из рисунка видно, что возможным источником анионов хлора является: на высоте 1000 м. - Бискайский залив, 2000 м. - территория Ирландии и 3000 м. - Балеарское море (рис.3а). Максимальное значение Cl^- зарегистрировано 19.12.2015 (7.64 мкг/м^3), при среднем 1.113 мкг/м^3 .

Возможным источником анионов нитрата и сульфата является: на высоте 1000 м. - Сирийская Арабская Республика, 2000 м. - Норвежское море и 3000 м. - Италия вблизи Адриатического моря (рис.3б).

Возможным источником катионов аммония: на высоте 1000 м. - Казахстан вблизи Каспийского моря, 2000 м.- вблизи Шпицберген, между Норвежским и Баренцевым морями и 3000 м. – Украина, вблизи Чёрного моря и Молдовы (рис.3в).

Результаты анализа состава атмосферных аэрозольных ионов в полуаридной зоне Таджикистана, полученные в ходе двухлетнего исследования (2014-2016 гг.), показали, что источники концентрации ионов нитратов, сульфатов, аммония и хлора более многочисленны в промышленных зонах или районах с интенсивным движением транспорта. Проведена статистическая обработка результатов методом полиномиальной регрессии. Методом обратной траектории определены возможные направления переноса ионного состава аэрозоля.



Максимальное значение Cl- зарегистрировано 19.12.2015 (7.64 мкг/м³) при среднем 1.113 мкг/м³.

Максимальное значение анионов нитрата (NO₃-) (10,902 мкг/м³) и сульфата (SO₄²⁻) (12,155 мкг/м³) - зарегистрировано 15.02.2016.

Максимальное значение катионов аммония (NH₄⁺) (8,696 мкг/м³) зарегистрировано 01.02.2016.

Рис.3 (а,б,в). Обратные траектории воздушных масс с наибольшими концентрациями ионов.

ЛИТЕРАТУРА

- Salve P.R., Krupadam R.J., Wate S.R. A study on major inorganic ion composition of atmospheric aerosols. - Journal of Environmental Biology 2007,28(2) 241-244.
- Покровский В.А. Гигиена. - М.: Медицина, 1979. 497 с.
- Абдуллаев С.Ф., Шарипов С.Р., Фомба К.В. и др. Мониторинг ионного состава атмосферного аэрозоля частиц до 10 мкм (PM10) полурядной зоны Таджикистана. - ФТИ им. С.У. Умарова АН РТ, г. Душанбе, 2018, 14 с. Деп. в ГУ НПИЦентр 2018 г. 05.11.18. №990/013.
- Абдуллаев С.Ф., Шарипов С.Р., Фомба К.В. и др. Ионный состав атмосферного аэрозоля в период CADEX (2014 - 2016) в Таджикистане - Вестник ТНУ, 2018, №4, т.264, с. 115-122.
- Толмачев Г.Н. Горизонтальное распределение ионно-элементного состава атмосферного аэрозоля над территорией СССР. - Сбор. матер. конф. «Естественные и антропогенные аэрозоли», 1983, с.142-151.
- Rupakheti D., Kang S., Rupakheti M., Abdullaev S., Yin X. Columnar aerosol properties and radiative effects over Dushanbe, Tajikistan in Central Asia. - Environmental Pollution 265(2020) 114872 doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114872.
- Herrera J., Rodriguez S., Baez A. P. Chemical Composition and Sources of PM10 Particulate Matter Collected in San José, Costa Rica. - Atmos. Sci. J, 2009, v.3, pp. 124-130.
- Salve P.R., Krupadam R.J., Wate S.R. A study on major inorganic ion composition of atmospheric aerosols. - J. of Environ. Biology, 2007, v.28, №2, pp. 241-244.
- Ying I. T., Chien-Lung C. Atmospheric aerosol composition and source apportionments to aerosol in southern Taiwan. - Atmos. Env, 2006, v.40, pp. 4751-4763.
- Chong-Shu Z., Jun-Ji C., Zhen-Xing S. et al. Indoor and Outdoor Chemical Components of PM_{2.5} in the Rural Areas of Northwestern China. - Aerosol and Air Qual. Res., 2012, v.12, pp. 1157-1165.
- Yali L., Zhenxing S., Zhuoyue T., et. al. Aerosols chemical composition, light extinction, and source apportionment near a desert margin city, Yulin, China. - Peer. J, 2020, pp.1-18.
- Yan-Ju Liu., Ting-Ting Zhang., Qing-Yang Liu., et. al. Seasonal Variation of physical and Chemical Properties in TSP, PM10 and PM2.5 at a Roadside Site in Beijing and Their Influence on Atmospheric Visibility. - Aerosol and Air Quality Res., 2014, v.14, pp. 954-969.
- Turki M.A. Habeebullah. Source apportionment of PM2.5 emissions in Makkah, Saudi Arabia: using a positive matrix factorization model - Ass. Univ. Bull. Environ. Res., 2017, v. 20, pp.21-34.

13. Chianese E., Tirimberio G., Riccio A. PM_{2.5} and PM₁₀ in the urban area of Naples: chemical composition, chemical properties and influence of air masses origin - J. of Atmos. Chem., 2019, v.76, pp. 151-169.
14. Куценогий К.П., Трубина Л.К. Комплексный мониторинг атмосферных аэрозолей Сибири. - Гео-Сибирь, 2005, т.5, с. 9-18.
15. Аргучинцев В.К., Ариунсанаа Б.Э., Аргучинцева А.В. Распределение примесей в атмосфере г. Улан-Батора. - Известия Иркутского Гос. Унив., 2013. т.6, №2. с. 35-46.

АНОТАТСИЯ

ТАҲҚИҚИ ИОНҲОИ ҒАЙРИОРГАНИКИИ АСОСӢ ДАР ТАРКИБИ АЭРОЗОЛИ АТМОСФЕРА

Дар мақола таркиби ионҳои зарраҳои то 10 микрометр дар аэрозоли атмосфера дар минтақаи нимхушкии Тоҷикистон таҳқиқ карда шудааст. Манбаъҳо, таъсири онҳо ба организмҳои зинда (наботот, ҳайвонот ва инсон), таҳлили муқоисавии концентратсияи онҳо бо минтақаҳои дигари ҷаҳон, муодилаҳои регрессияи полиномӣ ва траекторияи баръакси онҳо низ баррасӣ карда мешаванд.

Калимаҳои калидӣ: аэрозол, ионҳои органикӣ, массаҳои ҳаво, регрессияи полиномӣ.

ANNOTATION

RESEARCH OF BASIC INORGANIC IONIC COMPOSITION OF ATMOSPHERIC AEROSOLS

In the article investigates the composition of ions of particles up to 10 microns in size in the atmospheric aerosol of the semi-arid region of Tajikistan. They are also examined, sources, their influence on living organisms (plants, animals and people), a comparative analysis of their concentration with other regions of the world, polynomial regression equations and their opposite trajectories.

Key words: Aerosol, inorganic ions, air masses, polynomial regression.

Сведение об авторе:

Шарипов Сафарали Раджабалиевич - ассистент кафедры физики Таджикского аграрного университета имени Шириншоҳ Шотемур, 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки 146, E-mail: safarali.r.sharipov@mail.ru, Тел: +992905959099.