

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. С.У.УМАРОВА**

На правах рукописи



УДК 551.510.42; 502.3; 551.510(575.3).

ШАРИПОВ Сафарали Раджабалиевич

**ИОННЫЙ И КАРБОНОВЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНОГО
АЭРОЗОЛЯ Г.ДУШАНБЕ**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук по специальности
25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология**

Душанбе – 2023

Работа выполнена в лаборатории физики атмосферы Физико-технического института им. С.У.Умарова Национальной академии наук Таджикистана.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор, зав. лабораторией физики атмосферы ФТИ им.С.У.Умарова Национальной академии наук Таджикистана
Абдуллаев Сабур Фузайлович

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией климатологии атмосферного состава ФГБУ Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук (г.Томск)
Белан Борис Денисович

кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой органической и прикладной химии Худжандского Государственного Университета им. академика Б. Гафурова

Тиллобоев Хакимджон Ибрагимович

Ведущая организация: Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана (г.Душанбе)

Защита состоится «25» мая 2023 г. в 14⁰⁰ на заседании диссертационного совета **6D.KOA-055** при Физико-техническом институте им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана, по адресу: 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Айни, 299/1, факс (+992-372)25-79-14. Зал заседаний Ученого совета ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ. E-mail: shuro.ift@gmail.com.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Физико-технического института им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана и на сайте www.phti.tj.

Автореферат разослан « » 2023 г.

**Ученый секретарь
диссертационного совета,**

кандидат физико-математических наук, доцент

Низомов З.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и необходимость проведения исследований по теме диссертации. Атмосферные аэрозоли (АА) играют ключевую роль во многих атмосферных процессах (облако- и осадкообразование, радиационный теплообмен и др.). Они оказывают существенное влияние на качество окружающей среды, климат, химию и физику атмосферы. Поэтому в последние годы внимание к изучению атмосферных аэрозолей неуклонно растет. Изучение ионного и карбонового компонента атмосферного аэрозоля является актуальной проблемой атмосферных исследований. Для понимания связи распределения по размерам частиц аэрозоля с содержанием ЕС и ОС важно изучение источников аэрозолей. Анализ вариаций ионного состава, ОС, ЕС, ОС/ЕС и СОС позволяет лучше понять источники, механизмы образования и методы контроля карбоновых аэрозолей в атмосфере, их влияние на ослабление света, на региональный и глобальный климат, и на здоровье человека [1-13].

Основными водорастворимыми компонентами атмосферного аэрозоля, являются анионы сульфатов (SO_4^{2-}), нитратов (NO_3^-), нитритов (NO_2^-), и брома (Br^-), фтора (F^-), фосфатов (PO_4^{3-}) и катионы (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}). Карбоновые компоненты аэрозоля представлены ЕС, ОС и ТС.

1. Ионы:

-составляют 60–70 % общего количества взвешенных частиц (TSP) в атмосфере.

- способствуют образованию кислотных дождей.

Анионы SO_4^{2-} , NO_3^- и катион NH_4^+ являются вторичными ионами, которые могут повлиять на кислотность TSP и ускорить образование опасных твердых частиц в атмосфере.

-ионы (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- и SO_4^{2-}) атмосферного аэрозоля могут влиять на разложение растительных остатков за счет подкисления и засоления почвы, что приводит к снижению активности почвенных микроорганизмов (изопод).

-Пыль, содержащая ионы (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- и SO_4^{2-}), осевшая на растениях, ухудшает процесс фотосинтеза в растениях.

2. Кроме того аэрозольные ионы и карбоны оказывают существенное влияние на радиационный баланс Земли:

-Увеличение концентрации элементарного углерода в атмосферном аэрозоле приводит к потеплению климата из-за нагрева атмосферы (особенно тропосферы), так как частицы элементарного углерода благодаря высокому коэффициенту поглощения, поглощают солнечный свет и нагреваются. Их нагрев приводит к нагреву атмосферы.

- Увеличение концентрации органического углерода вызывает охлаждение атмосферы, так как слабопоглощающие частицы органического углерода отражают солнечный свет и вызывают охлаждение атмосферы.

-Ионы, находящиеся в атмосферном аэрозоле в связанной форме (например, во фторированных и хлорсодержащих соединениях - фреоны) усиливают разрушение озонового слоя стратосферы.

Существует три типа аэрозолей, которые существенно влияют на климат Земли. Первый - это вулканический аэрозоль, который образуется в стратосфере после крупных извержений вулканов, таких как Пинатубо. Этот аэрозольный слой образован из газообразного диоксида серы, который превращается в капли серной кислоты в стратосфере в течение недели или нескольких месяцев после извержения.

Второй тип аэрозолей, которые могут оказать существенное влияние на климат, - это пыль пустынь. На снимках с метеорологических спутников часто видны пылевые завесы, струящиеся над Атлантическим океаном из пустынь Северной Африки. Осадки из этой пыли наблюдались в различных местах на американском континенте.

Третий тип аэрозолей возникает в результате деятельности человека. Большая часть антропогенных аэрозолей поступает в виде дыма от горящих лесов, и основной компонент - это сульфатные аэрозоли, образующиеся при сжигании угля и нефти. Концентрация антропогенных сульфатных аэрозолей в атмосфере значительно выросла с начала промышленной революции. Считается, что при нынешнем уровне производства антропогенные сульфатные аэрозоли перевешивают сульфатные аэрозоли, производимые естественным путем. Концентрация аэрозолей наиболее высока в северном полушарии, где интенсивнее промышленная деятельность. Сульфатные аэрозоли не поглощают солнечный свет, но отражают его, тем самым уменьшая количество солнечного света, достигающего поверхности Земли. Считается, что сульфатные аэрозоли могут находиться в атмосфере около 3-5 дней [1-5].

Степень изученности научной проблемы, теоретическая и методологическая основы исследований. Неизученным остается целый ряд вопросов, связанных с источниками образования и распространением пыли в полуаридной зоне.

Вторая половина XX века ознаменовалась не только бурным развитием наук об атмосфере, но и ростом внимания к возможным негативным последствиям глобального потепления, к прогнозированию атмосферных и климатических изменений. [13].

Атмосферный аэрозоль является сложной структурой, состоящей из различных химических элементов и их соединений. Компоненты органического аэрозоля (ОА) составляют большую, иногда даже доминирующую, фракцию частиц воздуха. Они влияют на физические и химические свойства аэрозольных частиц и, таким образом, влияют на атмосферу и климат путем взаимодействия с химически активными следовыми газами, водяным паром, облаками, осадками и солнечной радиацией. Они воздействуют на биосферу и здоровье человека при распространении репродуктивных материалов и микроорганизмов, воздействуют на дыхательные и сердечно-сосудистые функции, способствуя аллергическим и инфекционным заболеваниям. В настоящее время наши знания о составе ОА, физических и химических свойствах, источниках, характеристиках преобразования и удаления из атмосферы очень

ограничены, а оценки их фактического воздействия на окружающую среду весьма неполные. Таким образом, климатология и изучение источников частиц, их свойств и трансформации необходимы для количественной оценки, надежного прогнозирования и эффективного контроля воздействия природных и антропогенных аэрозолей на климат и здоровье людей [5].

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследования. Цель настоящей работы заключается в исследовании содержания ионных и карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля размеров до 10 мкм (PM10) в полуаридной зоне Республики Таджикистан на примере г. Душанбе. Полученные данные дают возможность изучить миграционную способность аэрозольных частиц по изменениям их ионного и карбонового состава, а также оценить уровень загрязнения атмосферы и выявить источники аэрозолей.

Объектом исследования в данной работе являлись дисперсные системы - атмосферные аэрозоли.

Предметом исследования были пробы атмосферного аэрозоля, отобранные на территории полигона атмосферного мониторинга лаборатории физики атмосферы ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ (координаты: широта 38°33'33"; долгота 68°51'23"; высота 876 м над ур. моря) в г. Душанбе в период с 2015 по 2016 гг. Всего проанализирована 181 проба с размерами частиц до 10 мкм.

Задачи исследования:

1. Определить степень загрязнения территории г. Душанбе аэрозолями, содержащими ионные и карбоновые составляющие;
2. Исследовать временные (дневные, месячные и сезонные) вариации концентрации ионов и карбоновых составляющих атмосферных аэрозолей;
3. Исследовать возможности применения данных о содержании составляющих компонентов АА и траекторий движения воздушных масс для выявления источников загрязнения атмосферы ионными и карбоновыми компонентами;
4. Исследовать содержание ионов и карбонов в атмосферном аэрозоле полуаридной зоны с применением методов статистического и корреляционного анализа.

Методы исследования. Сбор атмосферного аэрозоля с частицами размеров до 10 мкм (PM10) на поверхность кварцевых фильтров типа quartz fiber filters (МК 360, MUNKTELL) проводился высокообъемным пробоотборником DHA-80, DIGITEL в течение 72 часов (объем пробоотбора в период эксперимента CADEX составлял 1520м³). Используются методы ионной хроматографии и термографии. Общее количество проб атмосферного аэрозоля с частицами до 10 мкм – 181.

Отрасль исследования. Тема диссертационного исследования соответствует паспорту номенклатуры специальностей ВАК при Президенте Республики Таджикистан по специальности 25.00.30 - Метеорология, климатология агрометеорология, в частности пунктам 8, 12, 16 и 18.

Этапы исследования включали отбор и подготовку проб, анализ проб. Далее проводился корреляционный анализ измеренных концентраций ионов и карбонов для оценки их взаимосвязи в составе атмосферных аэрозолей полуаридной зоны Республики Таджикистана на примере г. Душанбе.

Основная информационная и экспериментальная база. Для исследования аэрозоля использовались эффективные экспериментальные установки: для анализа ионов - ионный хроматограф **Dionex ICS-3000**, а для анализа карбоновых компонентов – термограф **C-mat 5500** (Ströhlein, Germany) с недисперсионным инфракрасным датчиком (NDIR). Статистический анализ результатов измерений выполнялся в среде пакета прикладной статистики стандартных программ Excel. Для выявления возможных источников поступления загрязняющих веществ в атмосферу, в которой высока концентрация ионов и карбоновых компонентов, была использована модель HYSPLIT для расчета обратных траекторий, переносящих загрязнения воздушных масс.

Достоверность диссертационных результатов. В работе использованы известные методики сбора и обработки исходных данных. Проведенные исследования содержания ионных и карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля частиц до 10 мкм в полуаридной зоне являются репрезентативными. Достоверность результатов подтверждена статистической обработкой данных с помощью стандартных программ. Экспериментальные результаты сопоставлены с данными, полученными другими исследователями.

Научная новизна исследования состоит в том, что впервые:

1. Создан банк данных по содержанию ионных и карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля с частицами до 10 мкм в г. Душанбе;

2. Изучены временные вариации содержания ионов и карбоновых компонентов в атмосферном аэрозоле за период 2015-2016 гг;

3. Исследовано содержание ОС, ЕС, ТС, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, Br⁻, F⁻, PO₄³⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺ и Ca²⁺ в пробах аэрозоля в сравнении с другими регионами мира, дана оценка их временной вариации в составе АА. Выявлены источники загрязнений ионами и карбоновыми компонентами на территории полуаридной зоны, с учетом воздушного дальнего переноса аэрозоля;

4. Вычислены коэффициенты корреляции содержания ионов и карбоновых компонентов в пробах аэрозоля, проведен их статистический анализ.

Теоретическая ценность исследования.

Выявлены:

– закономерности изменения концентрации ионов и карбоновых компонентов в составе атмосферного аэрозоля, что позволило оценить их воздействие на окружающую среду;

– природные (пылевые вторжения) и антропогенные (транспорт, промышленность, бытовые выбросы и сельское хозяйство) факторы,

определяющие содержание ионов и карбонов в г. Душанбе, а также миграцию ионов и карбоновых компонентов в атмосферном аэрозоле;

– значимая корреляция между концентрациями ОС, ТС, NH_4^+ , и Cl^- в пробах аэрозоля, указывающая на одинаковые источники загрязнения;

– значимая корреляция (0.82) между концентрациями катионов Mg^{2+} и Ca^{2+} в пробах АА, указывает, что соединения, в состав которых они входят, пути, источники и время поступления этих элементов подобны;

– взвешенные частицы воздушных масс вносят значительный вклад в загрязнение атмосферы города.

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы при математическом моделировании переноса загрязнения воздушными потоками, для оценки загрязнения воздушной среды районов города Душанбе ионными и карбоновыми компонентами.

Практическая ценность исследования:

1. Результаты проведенных экспериментальных исследований предполагается использовать в качестве базы данных при дальнейшем изучении загрязнения АА ионами и карбоновыми компонентами;

2. Полученные результаты по фоновым концентрациям ионов и карбонов: ОС, ЕС, ТС, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , Br^- , F^- , PO_4^{3-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} и Ca^{2+} в АА г. Душанбе могут служить критерием оценки степени загрязнения территории города указанными компонентами;

3. Результаты исследования могут быть использоваться в учебном процессе в ВУЗах для подготовки специалистов в области метеорологии и климатологии, экологии, физики и химии атмосферы.

Положения, выносимые на защиту:

1. По изменению содержания ионов и карбоновых компонентов в атмосферном аэрозоле за период 2015-2016 гг. установлено, что максимальные концентрации этих загрязнителей наблюдаются преимущественно в зимнее время.

2. Сравнительный анализ содержания ионных и карбоновых компонентов в собранных пробах аэрозоля и их содержанием в атмосферах других регионов мира показал высокие концентрации фтора и кальция в городе Душанбе.

3. Выявлены возможные источники загрязнения воздуха ионами и карбонами за счёт воздушного дальнего переноса аэрозоля. С помощью метода обратных траекторий (HYSPLIT) установлено, что основные источники загрязнения в зимнее время находятся в Китае (пустыня Такла-Макан, Синьцзян) и Узбекистане (Аралкум, Бекабад).

4. Выявленными локальными источниками загрязнения г. Душанбе являются транспорт, цементный завод, ТЭЦ, отопительные системы ЖКХ, места сжигания отходов и листьев.

5. Методом статистического анализа обнаружено существование очень высокой корреляции между концентрациями ОС и ОМ, ОС и ТС, ТС и ОМ, ионов хлора и ОС, ОМ, ТС.

б. Установлено, что среднесезонные концентрации ОС в PM10 менялись в порядке зима> осень> лето> весна, в то время как концентрации ЕС варьировались в порядке осень> лето> зима> весна. Отношения ОС/ЕС составляли 9.79; 2.9; 2.83 и 2.41 зимой, осенью, летом и весной, соответственно, что указывает на обилие вторичных органических аэрозолей в г. Душанбе.

Личный вклад соискателя состоит: в подготовке материала, статистической обработке результатов анализа, и сопоставлении с литературными данными, участии в обсуждении и интерпретации результатов, в подготовке статей и тезисов докладов по материалам диссертации.

Апробация диссертации и информация об использовании её результатов. Основные положения и результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на семинарах ФТИ им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана (г. Душанбе, 2019 - 2022 гг.), на Международных и Республиканских конференциях:

– *международных:* на IV международной научной конференции «Вопросы физической и координационной химии». ТНУ-2019; международной научной конференции «Гидроклиматические факторы использования водных ресурсов Центральной Азии» ХГУ - 2019; Международной научно-практической конференции «Перспектива развития науки и образования. Часть 2» ТТУ-2019; 10-ой научно-практической конференции «Ломоносовские чтения», посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне (1941-1945 гг.). (25-26 сентября 2020г.) Ч.І. Естественные науки, Филиал МГУ имени М.В.Ломоносова в г. Душанбе; VII Международной конференции «Современные проблемы физики», Душанбе: изд-во «Дониш», 2020; Международной научно-практической конференции на тему: «Электроэнергетика Таджикистана. Проблемы энергосбережения, энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии» Национальный исследовательский университет филиала «МЭИ» в г. Душанбе, 2021.

– *республиканских:* на республиканской научно-практической конференции на тему: «Актуальные вопросы естественных наук и технологий», посвященной двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук. Российско-таджикский (славянский) Университет естественнаучный факультет, (Душанбе, 28 октября 2020 года); Республиканской научно-практической конференции на тему «Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физики», посвященной «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования», (г. Душанбе, 19 февраля 2020); Республиканской научно-теоретической конференции на тему «Основные средства развития и изучения естественных точных и математических наук: проблемы и пути их решения». Таджикский аграрный Университет им. Ш. Шотемур - 2021;

Опубликование результатов диссертации. По результатам диссертационной работы опубликовано 31 научных работ, в том числе 9 статей в рецензируемых журналах ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с подразделами, заключения, списка использованной литературы и глоссария. Диссертационная работа изложена на 137 странице компьютерного текста, из них 16 таблиц, 65 рисунков и 206 библиографических ссылок.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследований, изложены основные положения, выносимые на защиту, указаны научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава включает аналитический обзор литературы по ионным и карбоновым компонентам атмосферного аэрозоля и постановку задачи диссертационной работы. В этой главе описана исследования ионного и карбонового состава АА, представлено описание свойств ионов и карбоновых компонентов в АА, распространенных в атмосфере, изложены проблемы загрязнения окружающей среды ионами и карбоновыми компонентами. Подробно описаны предыдущие исследования по ионным и карбоновым компонентам АА. Исследование последствий техногенного загрязнения объектов окружающей среды, в том числе атмосферы ионным и карбоновым компонентам является актуальным вопросом экологии и контроля воздушной среды. В целом, первая глава отражает современные научные достижения в области исследования ионного и карбонового компонентов атмосферных аэрозолей.

Во второй главе представлены методика отбора проб, пробоподготовки АА. Материалом для исследований служили дисперсные системы: атмосферный аэрозоль. Сбор проб аэрозоля на территории полигона атмосферного мониторинга ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ с 2015 до 2016 гг. Всего было собрано и проанализировано 181 проба АА.

Подробно описана методика сбора, транспортировки и хранения проб. Описана экспериментальная установка, использовавшаяся для получения данных. Содержание ОС, ЕС, ТС, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, Br⁻, F⁻, PO₄³⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺ и Ca²⁺ определялось методами ионной хроматографии и термографии. Оборудование для анализа ионных и карбоновых компонент АА обладает высокой разрешающей способностью, что позволило получить репрезентативные данные.

В третьей главе приведены результаты исследования ионных и карбоновых компонентов АА. В качестве фонового значения каждого исследованного компонента принято наименьшее значение его концентрации при непрерывном сборе в период эксперимента.

Приведены дневные, месячные и сезонные вариации ионных компонентов АА: Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , Br^- , F^- , PO_4^{3-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} и Ca^{2+}

Ионный состав собранных образцов аэрозоля делится на две группы: анионы и катионы.

Анионная группа. Группа анионов состоит из 7 анионов: хлора (Cl^-), нитрата (NO_3^-), сульфата (SO_4^{2-}), нитрита (NO_2^-), брома (Br^-), фтора (F^-) и фосфата (PO_4^{3-}).

Анионы хлора. Основные источники анионов хлора имеют морского происхождения. Дневные вариации содержания анионов хлора Cl^- в атмосферном аэрозоле, полученные в ходе эксперимента, представлены на рисунке 1. На рисунке 2 приведены месячные изменения концентрации анионов хлора в атмосферном аэрозоле. На рисунке 3 представлены сезонные изменения содержания анионов хлора, наиболее высокие значения содержания зимой и минимальные – весной.

При максимальном содержании анионов хлора (7.64 мкг/м^3 , 9.12.2015). воздушный поток на высоте 1000м начинался над Бискайским заливом; 2000 м – над территорией Ирландии; 3000м – над Балеарским морем (рисунок 4). Среднее содержание анионов хлора (1.113 ± 0.0175) мкг/м^3 .

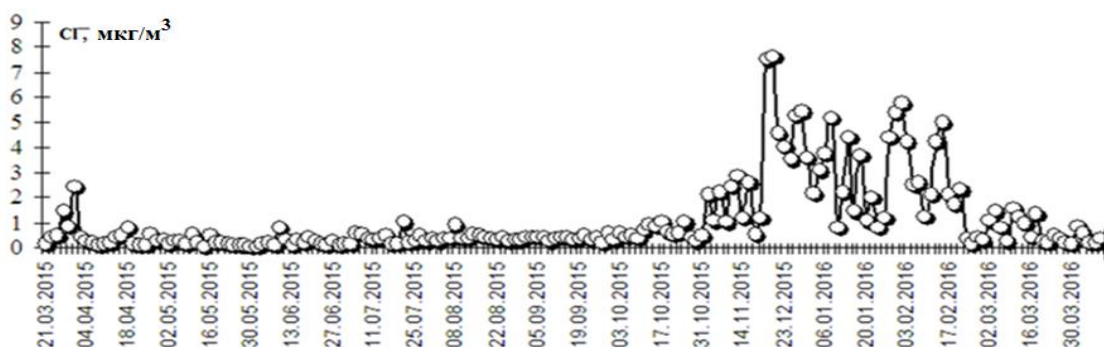


Рисунок 1. - Дневные вариации содержания анионов хлора Cl^- в атмосферном аэрозоле

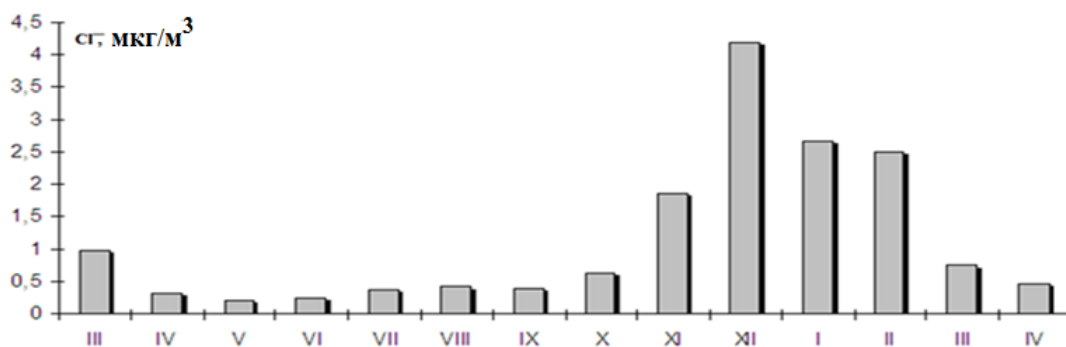


Рисунок 2. -Изменения среднемесячной концентрации анионов хлора

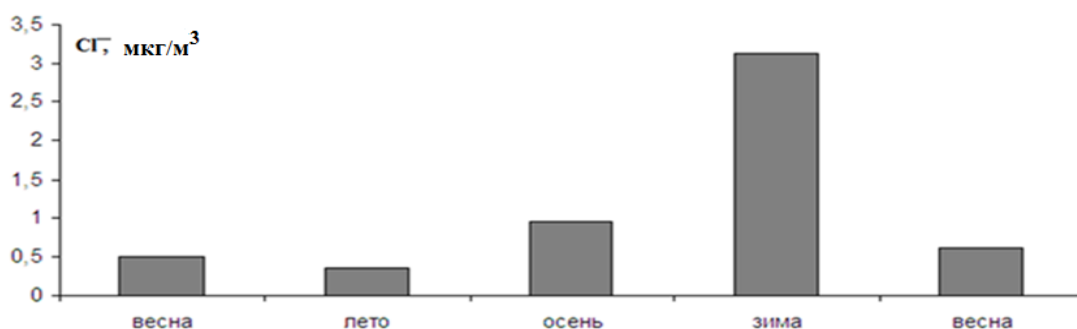


Рисунок 3. - Сезонные изменения концентрации анионов хлора

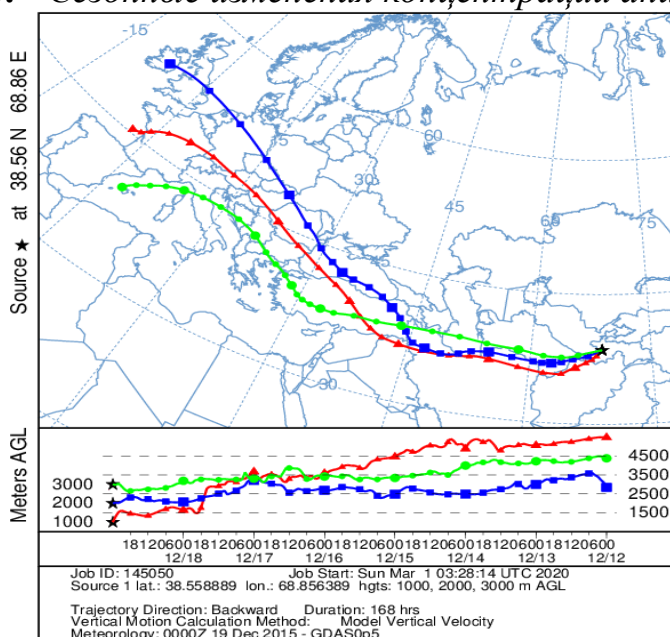


Рисунок 4. Обратная траектория воздушных потоков с анионами хлора

Анионы нитратов и сульфатов. Основными источниками ионов сульфата и нитрата являются выбросы промышленных предприятий, ТЭЦ и транспорта. Изучены дневные вариации содержания анионов нитрата NO_3^- в атмосферном аэрозоле, полученные в ходе эксперимента месячные изменения концентрации анионов нитрата в атмосферном аэрозоле.

В сезонном изменении содержания анионов сульфата наиболее высокое зимой, а минимальное – осенью. При максимальном содержании анионов нитратов (10.902 мкг/м^3) и сульфатов (12.155 мкг/м^3) – 15.2.2015 воздушный поток на высоте 1000 м начинался над Сирией; 2000м – над Норвежским морем; 3000м – над Италией. Среднее содержание анионов нитратов (2.603 ± 0.0242) мкг/м^3 и сульфатов (3.647 ± 0.0238) мкг/м^3

Анионы нитритов. Изучены временные вариации анионов нитратов. Содержания анионов нитрита наиболее высоки зимой, а низкие – весной. При максимальном содержании анионов нитритов (19.02.2016, 0.014 мкг/м^3) воздушный поток на высоте 1000м и 2000м – начинался над территорией Узбекистана; на высоте 3000м – над границей Ирана и Ирака. Среднее содержание анионов нитрита (0.004 ± 0.0001) мкг/м^3 Воздушные потоки по траекториям 1000м и 2000м - 16.02.2016г., приближается к поверхности Земли в точке с координатами (38,654 с.ш; 69,016 в.д.), где находится поселок Чуянгарон (Восточная часть г. Душанбе, 28км от точки сбора проб),

возможно, захват анионов нитрита происходит на данном участке траектории.

Анионы брома. К основным источникам анионов брома относится морская вода и соленые озера. Каждый год около 40 миллионов тонн брома выбрасывается в атмосферу из соленых морей и озер. Города вблизи моря имеют более высокие концентрации аниона брома в атмосфере, чем города, удаленные от моря. Сезонные изменения содержания анионов брома имеет наиболее высокие и низкие – зимой. При максимальном содержании анионов брома (17.12.2015, 0.038 мкг/м^3) воздушный поток на высоте 1000м начинался над Северным Ледовитым океаном, и 2000м – над территорией Саудовской Аравии вблизи Персидского залива и на высоте 3000м – над Египтом вблизи Красного моря. Среднее содержание анионов брома (0.011 ± 0.0002) мкг/м^3 . Воздушный поток по траектории на уровне 1000м - 14.12.2015г., опускается до поверхности Земли в точке с координатами (38,654 с.ш; 69,016 в.д.) около поселка Чуянгарон в 28км от точки сбора проб, поэтому захват брома мог происходить из верхнего слоя почвы в этой местности.

Анионы фтора. Количество фтора в атмосфере не так велико, но в промышленных зонах (особенно при производстве алюминия) концентрация анионов фтора в атмосфере выше. Такое загрязнение в основном связано с нестабильностью фторидных соединений из ванн с расплавленными криолитами при производстве алюминия. Из этого можно сделать вывод, что одним из источников анионов фтора является алюминиевый завод. Наиболее высокие значения фтора зимой, а минимальные – весной. При максимальном содержании анионов фтора (18.01.2016, $1,052 \text{ мкг/м}^3$) воздушный поток на высоте 1000м начинается над северной частью Атлантического океана; 2000м – над территорией России; 3000м – над Норвежским морем. Среднее содержание анионов фтора ($0,172 \pm 0,0021$) мкг/м^3 . Воздушный поток по траектории на уровне 2000м - 12.01.2015г., опускался к поверхности Земли в точке с координатами (39,478 с.ш; 67,581 в.д.) вблизи поселка Тошмунонр (Пенджикент, 150км к северо-западу от точки сбора), где, мог, и произойти захват ионов фтора.

Анионы фосфатов. Анионы фосфата образуются в атмосфере при широком использовании фосфатных удобрений (суперфосфат и т. д.) и полифосфатов (в качестве моющих средств). Исследованы временные вариации концентрации анионов фосфата в атмосферном аэрозоле. Наиболее высокие значения зарегистрированы зимой, и низкие – зимой. При максимальном содержании анионов фосфата (31.12.2015, 0.439 мкг/м^3) воздушный поток на высоте 1000м начинается над Северной частью Атлантического океана; 2000м – над территорией России; 3000м – над Заливом Святого Лаврентия в Канаде. Среднее содержание анионов фосфатов составляет (0.009 ± 0.0006) мкг/м^3 .

Катионная группа. В работе исследовано 5 катионов: натрия (Na^+), аммония (NH_4^+), калия (K^+), магния (Mg^{2+}) и кальция (Ca^{2+}).

Катионы натрия и магния. Крупнейшими источниками катионов натрия и магния в атмосферном аэрозоле являются океаны, моря и почвенно-эрозионные источники. Дневные вариации содержания катионов натрия в атмосферном аэрозоле, полученные в ходе эксперимента, представлены на рисунке 5. На рисунке 6 приведены месячные изменения концентрации катионов натрия в атмосферном аэрозоле. На рисунке 7 представлены сезонные изменения катионов натрия, наиболее высокие значения летом, а низкие – зимой.

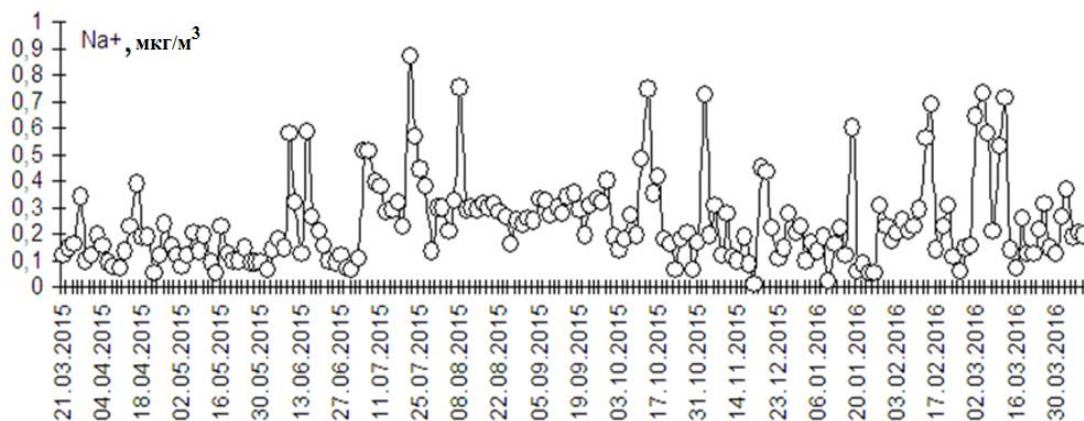


Рисунок 5. Дневные вариации содержания катионов натрия Na^+

Дневные вариации содержания катионов магния Mg^{2+} в атмосферном аэрозоле, полученные в ходе эксперимента, представлены на рисунке 8. На рисунке 9 приведены месячные изменения концентрации катионов магния в атмосферном аэрозоле. На рисунке 10 представлены сезонные изменения содержания катионов магния, наиболее высокие значения содержания летом, а низкие – осенью.

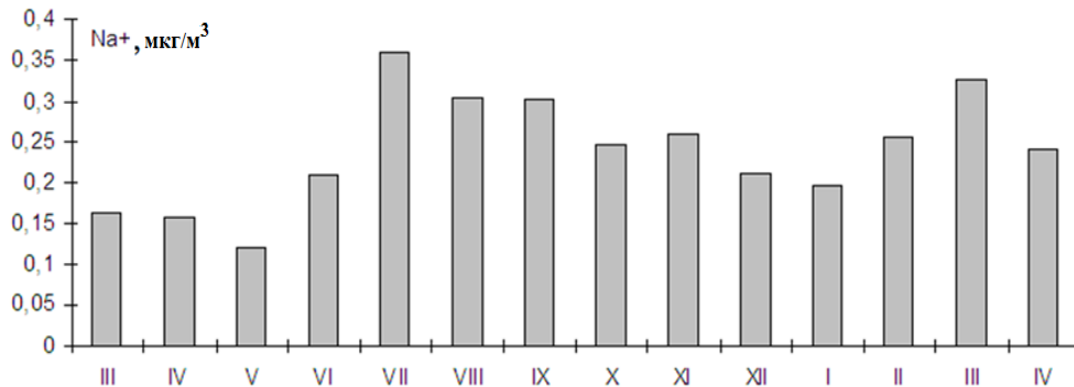


Рисунок 6. - Изменения среднемесячной концентрации катионов натрия

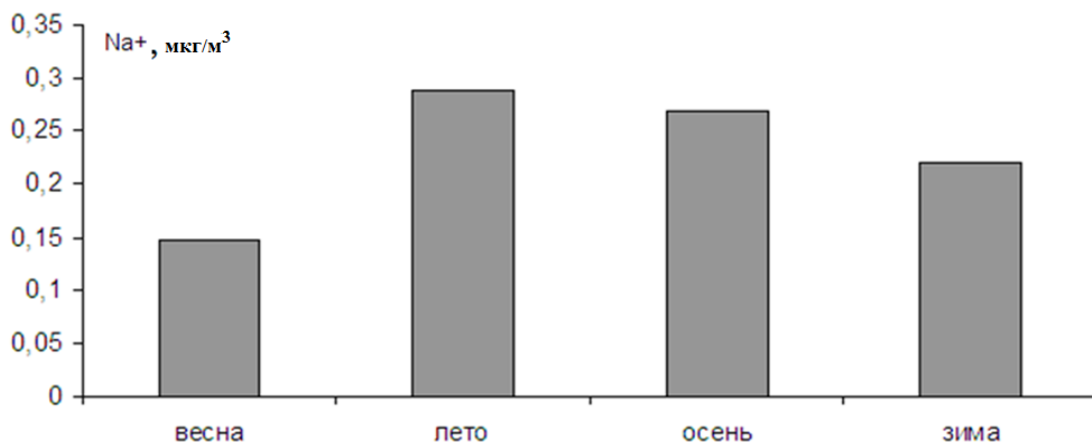


Рисунок 7. - Сезонные изменения концентрации катионов натрия

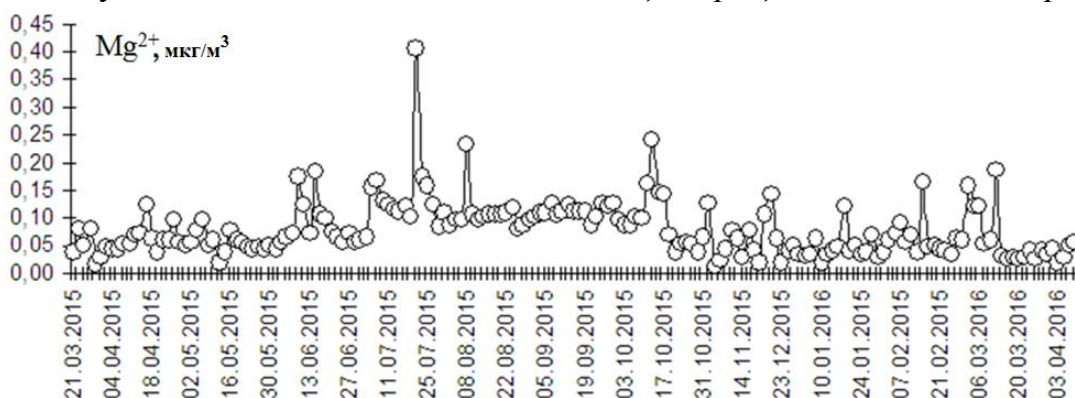


Рисунок 8. - Дневные вариации содержания катионов магния Mg²⁺

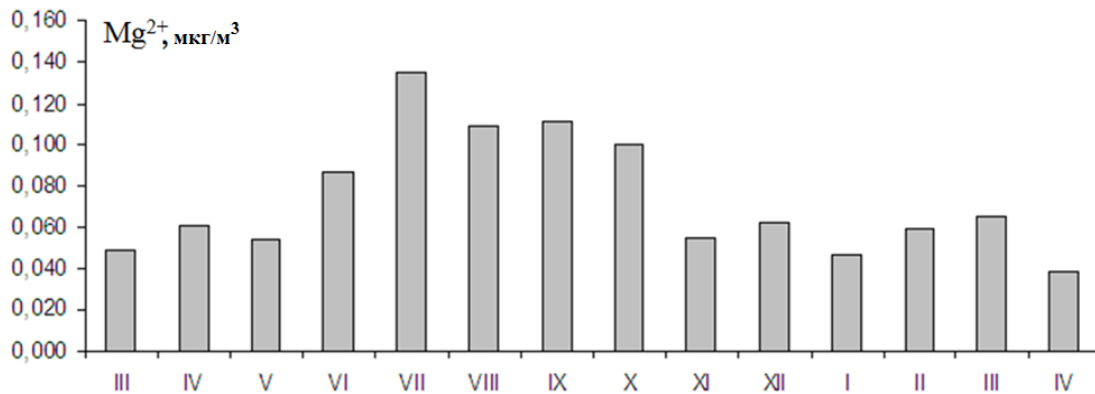


Рисунок 9. - Изменения среднемесячной концентрации катионов магния.

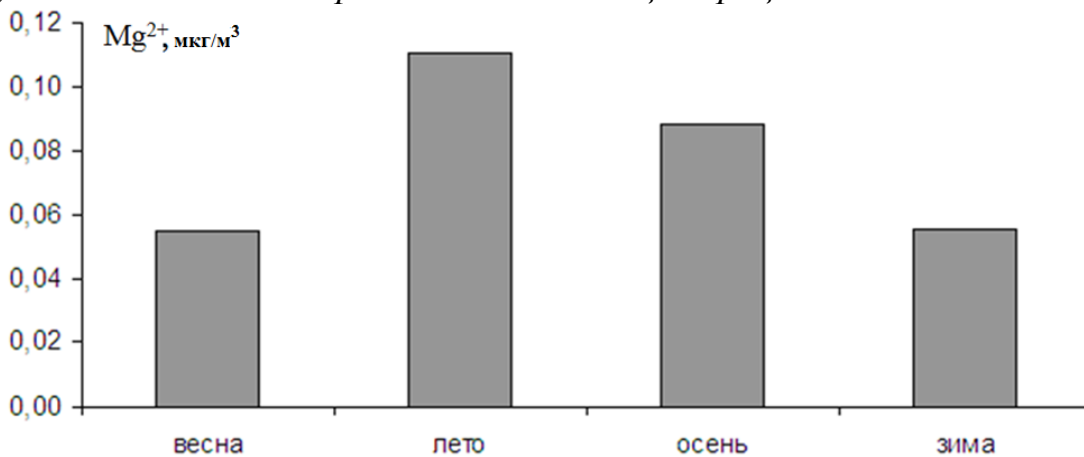


Рисунок 10. - Сезонные изменения концентрации катионов магния

При максимальном содержании катионов натрия (0.87 мкг/м^3) и магния ($0,406 \text{ мкг/м}^3$) - 21.07.2015г. воздушный поток на высоте 1000м - начинается над северной частью Атлантического океана; 2000м – над территорией Ирана; 3000м – над озером Балхаш (рисунок 11). Среднее содержание катионов натрия ($0,247 \pm 0,0019 \text{ мкг/м}^3$), магния ($0,081 \pm 0,0006 \text{ мкг/м}^3$)

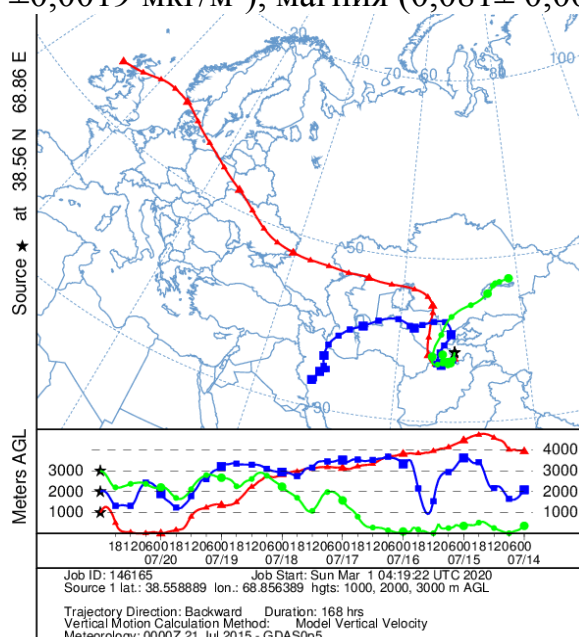


Рисунок 11. - Обратная траектория воздушных потоков с катионами магния

Воздушный поток по траектории на уровне 2000м (рисунок 11) - 14.07.2015г., опускается к поверхности Земли в точке с координатами (37,016 с.ш; 67,092 в.д.) в окрестностях поселка Задион (Афганистан, 280км к юго-западу от точки сбора проб), где, возможно, и произошел захват ионов натрия и магния из верхнего слоя почвы.

Катионы аммония. Катионы аммония в атмосферном аэрозоле в основном имеют газофазное происхождение. Обнаружено наиболее высокие концентрации зимой, а низкие – весной. При максимальном содержании катионов аммония (8.696 мкг/м^3 , 01.02.2016) воздушный поток на высоте 1000м начинается в Казахстане вблизи Каспийского моря; 2000м – вблизи Шпицбергена; 3000м – над территорией Украина. Среднее содержание катионов аммония ($1.282 \pm 0,0173 \text{ мкг/м}^3$). Воздушные потоки по траекториям на уровне 1000м и 2000м - 26.01.2016г. проходят около поверхности Земли с координатами (38,579 с.ш; 68,693 в.д.), где находится Западная ТЭЦ г.Душанбе (12км от точки сбора проб), где, возможно, произошел захват катионов аммония.

Катионы калия. Основными источниками катионов калия в атмосферных аэрозолях являются океаны. Наиболее высокие значения зимой, а низкие – весной. В день с максимальным содержанием катионов калия (1.65 мкг/м^3 , 27.12.2015) воздушный поток на высоте 1000м начинается над Чёрным морем; на высотах 2000м и 3000м – начинался над северной частью Атлантического океана. Среднее содержание катионов аммония ($0.551 \pm 0,0032 \text{ мкг/м}^3$). Воздушный поток по траектории 2000м - 22.12.2015,

опускается к поверхности Земли в точке с координатами (33,058 с.ш; 47,566 в.д.) вблизи поселка Бон-Баба-Ян (Иран, 2040км к юго-западу от точки сбора проб), где мог, произойти, захват катионов калия.

Катионы кальция. Катионы кальция, поступающего в атмосферу, появляются при переработке природного сырья, производстве цемента и в сточных водах при производстве бумаги, химикатов и фармацевтических препаратов, кальций содержится также в бытовых сточных водах. Другим источником кальция является почвенно-эрозионные процессы. Наиболее высокие концентрации весной, а низкие – осенью. При максимальном содержании катионов кальция (6.248 мкг/м³, 12.03.2016) воздушные потоки на высоте 1000, 2000 и 3000м начинались над Ираком. Среднее содержание катионов аммония (2.13± 0,0123 мкг/м³). Воздушный поток по всем траекториям - 10.0.2016г., проходит у поверхности Земли в точке с координатами (38,579 с.ш; 68,693 в.д.), где находится Западная ТЭЦ (12 км к западу от точки сбора проб), и, могли, быть захвачены катионы кальция.

В главе 3 также приведены результаты исследования карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны. Углеродные фракции, составляющие 10% – 50% концентрации аэрозольных частиц (PM), имеют ключевое значение для прозрачности атмосферы, здоровья человека, радиационного баланса Земли и для сохранения культурного наследия. Карбоновые аэрозоли обычно делятся на органический углерод (OC), элементарный углерод (EC), и неорганический карбонатный углерод (CC). OC обычно генерируются из первичных и вторичных источников, в то время как EC возникает, главным образом, при неполном сгорании топлива в промышленных и отопительных котлах/печах, при производстве чугуна и стали и в транспортных средствах. В предыдущих исследованиях отмечалось, что как OC, так и EC могут формироваться из выбросов при сжигании угля и другого топлива или биомассы и из отходов промышленной деятельности.

Сбор атмосферного аэрозоля с частицами размеров до 10 мкм (PM10) на поверхность кварцевых фильтров типа quartz fiber filters (МК 360, MUNKTELL) проводился высокообъемным пробоотборником DNA-80, DIGITEL в течение 72 часов (объем пробоотбора в период эксперимента CADEX составил 1520м³). Общее количество проб атмосферного аэрозоля с частицами до 10 мкм – 181. Собранные пробы отправлялись в Германию (Лейпциг) в Институт тропосферных исследований (TROPOS). Пробы хранились в специальных контейнерах в морозильной камере до момента лабораторного анализа. Взвешивание и химический анализ проб аэрозолей проводились в лаборатории химии TROPOS (Германия, Лейпциг).

В таблице 1 представлены статистические характеристики содержания карбона в атмосферном аэрозоле. Временные вариации содержания органического карбона (OC - organic carbon) в атмосферном аэрозоле в период эксперимента представлены на рисунке 12, максимум обнаружен 19.12.2015 (52.1 мкг/м³).

В день с максимальным содержанием всех углеродосодержащих компонентов атмосферного аэрозоля 19.12.2015г. воздушный поток, который на всех высотах начинался в пустыне Такла-Макан (рисунок 13).

На рисунке 12в представлены сезонные изменения ОС. Обнаружены наибольшие концентрации – зимой, наименьшие – весной и летом.

Максимальное значение ОС зарегистрировано 19.12.2015 (51.1 мкг/м³) минимальное – 0.007 мкг/м³ при среднем 11.6 мкг/м³. Рисунок 12г показывает месячные изменения состава ОС в атмосферном аэрозоле.

Обнаружена очень высокая корреляция между ОС и ТС (r=0.99) между концентрациями ОС и ОМ (r=1); между ОС и Cl⁻ (r=0.94) и значимая корреляция между ОС и NH₄⁺ (r=0.85), ОС и NO₃⁻ (r=0.73), ОС и K⁺ (r=0.73), (таблица 2). Уравнения регрессии при значительном коэффициенте корреляции ОС с другими компонентами приведены в таблице 3.

Таблица 1. - Статистические характеристики карбоновых компонентов АА в период эксперимента CADEX

Параметр, мкг/м ³	ОС	ЕС	ТС	ОМ	МС
<C>	12.24	2.89	14.45	18.72	79.67
C _{max}	52.11	8.68	53.88	83.38	433.91
C _{min}	0.01	0.00	0.01	0.01	2.03
σ	9.77	1.31	9.98	15.81	54.42
V	0.80	0.45	0.69	0.84	0.68
S _n	0.05	0.01	0.06	0.09	0.30
N	181	181	181	181	181
t _c	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
p	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
δ	2.43	0.3	2.48	3.92	13.51
D	14.66	2763.16	5281.86	7379.65	213.71

Дневные вариации содержания элементарного карбона (ЕС – elementary carbon) в атмосферном аэрозоле в ходе эксперимента представлены на рисунке 13а. Высокие концентрации характерны зимой, малые – весной и летом. Максимальное значение ЕС зарегистрировано 19.12.2015г. (8.67 мкг/м³) при среднем значении 2.9 мкг/м³.

Таблица 2. - Коэффициент корреляции концентрации компонентов атмосферного аэрозоля и ионов в период эксперимента CADEX

	ЕС	ТС	ОМ	МС	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	OX	NO ₂	F ⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
ОС	0.21	0.99	1.00	0.29	0.94	0.73	0.51	0.39	-0.04	0.21	0.20	0.85	0.73	0.37	0.08
ЕС		0.34	0.21	0.43	0.04	0.15	0.13	0.10	0.17	0.35	0.33	-0.03	0.38	0.38	0.37
ТС			0.99	0.34	0.91	0.72	0.51	0.39	-0.02	0.25	0.24	0.81	0.75	0.09	0.13
ОМ				0.29	0.94	0.73	0.51	0.39	-0.04	0.21	0.20	0.85	0.73	0.04	0.08
МС					0.17	0.37	0.56	0.45	0.05	0.48	0.76	0.19	0.46	0.88	0.71

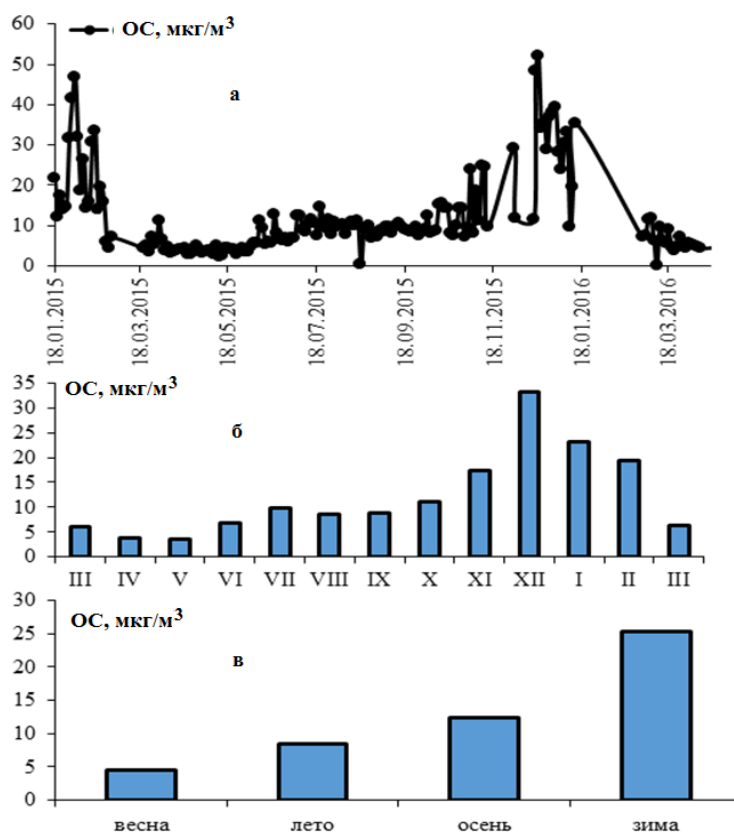


Рисунок 12. - Дневные (а), месячные (б) и сезонные(в) вариации содержания органического карбона

На рисунке 14б показаны среднемесячные изменения состава ЕС в атмосферном аэрозоле. На рисунке 14в представлены сезонные изменения ЕС, показывающие высокие значения осенью. ЕС изменяется в диапазоне 0.003-8.7 мкг/м³, что отличается от значений, полученных в обсерватории Кабо-Верде (таблица 3). Нет значимой корреляции между ЕС и другими компонентами.

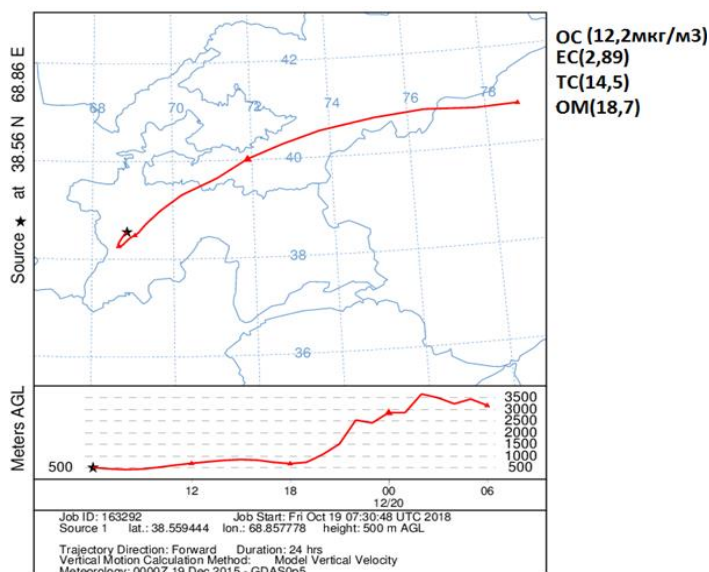


Рисунок 13. - Обратная траектория потока АА с карбонами

Обнаружены сезонные колебания их концентрации, причем наиболее высокий уровень ОС, зимой (52.1 ± 6.6 мкг/м³), и ЕС осенью (8.68 ± 0.63 мкг/м³), соответственно, а самые низкие уровни весной.

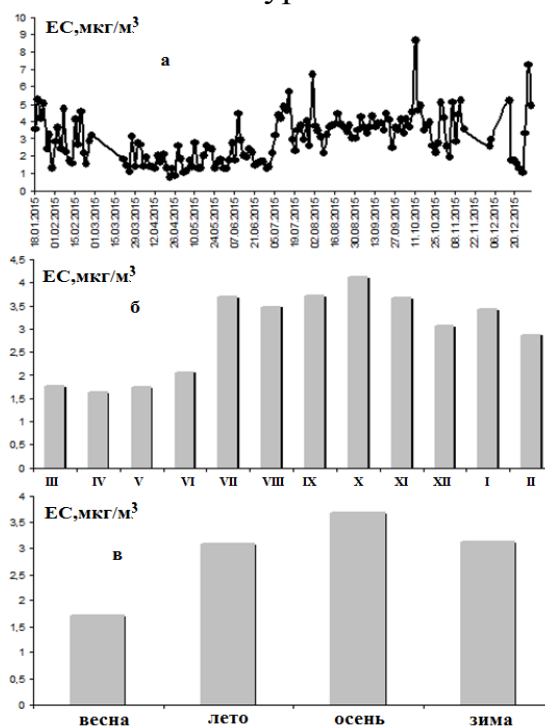


Рисунок 14. - Дневные (а), месячные (б) и сезонные (в) вариации содержания элементарного карбона

Обнаружены сезонные колебания концентрации карбоновых компонентов, причем наиболее высокий уровень ТС и ОМ зимой (53.9 ± 6.6 мкг/м³ и 83.4 ± 10.8 мкг/м³), МС летом (434.1 ± 39.7 мкг/м³), соответственно, а самые низкие уровни весной. Среднесезонные концентрации ОС (органический углерод) в PM10 менялась в порядке зима > осень > лето > весна, в то время как ЕС (элементарный углерод) варьировали в порядке осень > лето > зима > весна. Отношение ОС/ЕС составляли 9.79; 2.9; 2.83 и 2.41 зимой, осенью, летом и весной, соответственно, что указывает на обилие вторичных органических аэрозолей в Душанбе. Источники углеродсодержащего аэрозоля в PM10 значительно варьировались в зависимости от времени года, среди них преобладают выхлопные газы транспорта и продукты сжигания угля и биомассы.

Высокие концентрации общего содержания карбона (ТС – total carbon) отмечены зимой, малые – весной и летом. Максимальное значение ТС зарегистрировано 19.12.2015 (57 мкг/м³) при среднем 14.8 мкг/м³. Диапазон изменения ТС варьируется в интервале $0.001-54$ мкг/м³. Обнаружена очень высокая корреляция между ТС и ОМ ($r=0.98$), между ТС и Cl⁻ ($r=0.91$), между ТС и NH₄⁺ ($r=0.81$), значимая корреляция между ТС и NO₃⁻ ($r=0.72$) и между ТС и K⁺ ($r=0.75$).

Таблица 3. - Сравнение компонентов атмосферного аэрозоля в период эксперимента CADEX

Компонента	Кабо-Верде [14]	Душанбе
МС	47.2	2.03-434
Пыль	25.9	1.11-239
Морская соль	1.0	1,6
ОМ	1.02	0.011-83.4
ЕС	0.13	0.083-8.67

Наибольшие концентрации органических составляющих аэрозоля (ОМ – organic matter) – осенью-зимой, минимум – весной. Максимальное значение ОМ зарегистрировано 19.12.2015 (83.4 мкг/м³) при среднем 19 мкг/м³. ОМ изменяется в диапазоне 0.011-83.4 мкг/м³ и обнаружено максимум значения зимой и очень высокая корреляция между ОМ и Cl⁻ (r=0.94), значимая корреляция между ОМ и NH₄⁺ (r=0.85) и между ОМ и NO₃⁻ и K⁺ (r=0.73) (таблица 4.).

Высокие концентрации обнаружена летом, а низкие весной. Максимальная концентрация МС зарегистрировано 21.07.2015 (434 мкг/м³) при среднем значении 82.4 мкг/м³. МС изменяется в интервале 2.03-434 мкг/м³. Имеется значимая корреляция между содержанием МС и Mg²⁺ (r=0.88), между МС и Na⁺ (r=0.76) и между МС и Ca²⁺ (r=0.71) (таблице 4).

В таблице 5 подытожены сезонные вариации компонентов атмосферного аэрозоля в период эксперимента CADEX. Как видно обнаружена высокие концентрации ОС (52.1 мкг/м³), ТС (53.8 мкг/м³) и ОМ (83.4 мкг/м³) зимой, ЕС (8.7 мкг/м³) осенью и МС (434 мкг/м³) летом. В таблице 5 также приведены среднеквадратичные отклонения и доверительный интервал для этих компонентов.

Для определения концентрации вторичного органического углерода (SOC) и первичного органического углерода (POC) использованы соотношения:

$$SOC = OC_{total} - (OC/EC)_{min} \quad (1)$$

$$POC = OC_{total} - SOC \quad (2)$$

На рисунке 15 приведены вариации отношения ОС/ЕС, концентрации вторичного органического углерода (SOC) и первичного органического углерода (POC).

Таблица 4. - Сезонные вариации содержания МС в аэрозоле в период эксперимента CADEX

	весна	лето	осень	зима
МС: >200 мкг/м ³	-	5	1	-
МС: 90-200 мкг/м ³	2	20	16	7
МС: 20-90 мкг/м ³	33	20	23	16
МС: <20 мкг/м ³	1	1	-	1
Сумма	36	46	40	24

Таблица 5. - Сезонные вариации компонентов АА в период эксперимента CADEX

Сезон	Зима					Весна				
	<C>	C _{max}	C _{min}	σ	δ	<C>	C _{max}	C _{min}	σ	δ
ОС	28.4	52.1	7	12.6	6.6	4.1	11.1	2.2	1.6	0.9
ЕС	2.9	7.3	1	1.5	0.8	1.7	3.1	0.8	0.6	0.4
ТС	31.3	53.9	10.2	12.8	6.6	5.8	13.9	3.5	2	1.2
ОМ	45.4	83.4	11.2	20.2	10.5	6.6	17.8	3.6	2.5	1.5
Mass	79	152	31.5	31.7	16.4	44.5	108.9	18.4	20	12.1

Сезон	Лето					Осень				
	<C>	C _{max}	C _{min}	σ	δ	<C>	C _{max}	C _{min}	σ	δ
ОС	8.5	14.5	0.2	2.7	14	11	24.9	7.2	4.7	2.6
ЕС	3	6.7	0	1.3	07	3.8	8.7	1.9	1.1	0.6
ТС	11.5	18	0.2	3.7	1.9	15	28.9	9.9	5	2.8
ОМ	13.6	23.1	0.3	4.3	2.2	18	39.8	11.6	7.5	4.2
Mass	110.9	433.9	2	76.7	39.8	90	298.3	31.9	47	26.2

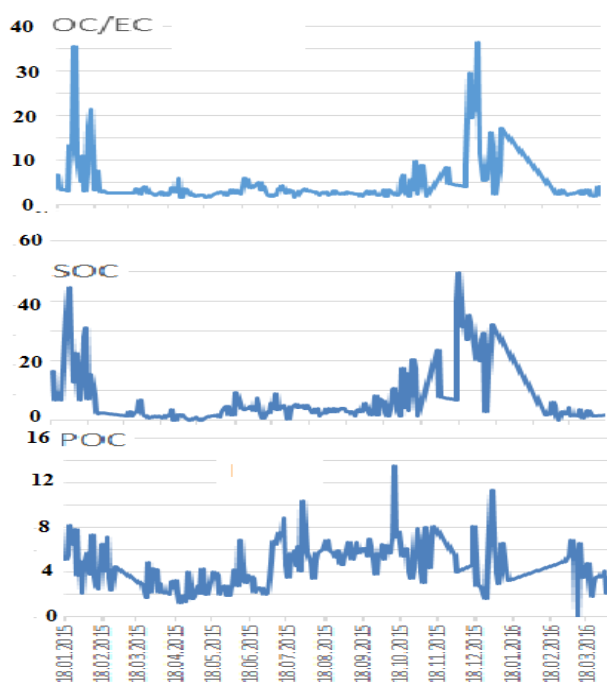


Рисунок 15. - Вариации отношения ОС/ЕС, концентрации вторичного органического углерода (SOC) и первичного органического углерода (POC)

Расчеты показали, что коэффициенты ОС/ЕС составляет 9.79; 2.9 и 2.83 и 2.41 зимой, осенью, летом и весной, соответственно, что указывает на обилие вторичных органических аэрозолей в г. Душанбе. Источники углеродсодержащего аэрозоля значительно варьировались в зависимости от

времени года, и в них преобладали выхлопные газы транспортных средств продукты и сжигания угля и биомассы в PM10.

Обнаружены сезонные колебания концентрации, причем наиболее высокий уровень ОС, ТС и ОМ зимой (52.1 ± 6.6 ; 53.9 ± 6.6 и 83.4 ± 10.8 $\mu\text{г}/\text{м}^3$), и МС летом (434.1 ± 39.7 $\mu\text{г}/\text{м}^3$) соответственно, а самые низкие уровни весной. Среднесезонные концентрации ОС (органический углерод) в PM10 менялась в порядке зима > осень > лето > весна, в то время как ЕС (элементарный углерод) варьировали в порядке осень > лето > зима > весна. Коэффициенты ОС/ЕС составляли 9.79; 2.9; 2.83 и 2.41 зимой, осенью, летом, и весной соответственно, что указывает на обилие вторичных органических аэрозолей в Душанбе. Источники углеродсодержащего аэрозоля значительно варьировались в зависимости от времени года, и в них преобладали выхлопные газы транспортных средств и сжигание угля и биомассы в PM10.

В таблице 6. показано, какой процент от общего количества собранных образцов составляют образцы, собранные в каждом сезоне. Из таблицы следует, что самая высокая концентрация органического углерода и общего углерода (ТС) наблюдается зимой, а элементарного углерода осенью.

В главе 3 также приведены сравнительный анализ ионного состава и карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля в полуаридной зоне Таджикистана с данными других регионов мира (таблицы 8-9.)

Диапазоны концентраций анионов в атмосфере г. Душанбе и в других регионах мира представлены в таблице 8.

Таблица 6. -Сезонное распределение концентрации углеродов

Сезон	ОС	ЕС	ТС
Весна %	7	12	8
Лето %	20	30	21
Осень %	22	32	24
Зима %	51	26	47

При высокой температуре воздуха, характерной для Таджикистана и других районов аридной и полуаридной зоны, высокая скорость химических реакций в газах обеспечивает интенсивное образование анионов в газовой фазе. Ионы сульфата поступают в атмосферу при выбросах предприятиями и транспортом сернистых соединений, при выветривании почв, с частицами морской соли и из сточных вод текстильных и пищевых предприятий. Анализ показывает, что высокое содержание сульфатов характерно не только для районов с высоким промышленным потенциалом и высоким выбросом в атмосферу сернистых соединений (Сан-Хосе, Тайвань, Пекин), но и для мест с жарким климатом, находящихся в пустынной и полупустынной зоне (Душанбе, Юлинь, Мекка).

Сопоставление данных, полученных в Душанбе, с составом аэрозольных ионов над городами с аналогичными климатическими

условиями, то есть находящимися в континентальной пустынной зоне, указывает на относительно более низкий уровень содержания ионов в городе. Основными причинами высоких концентраций анионов в атмосферном аэрозоле Таджикистана являются антропогенные источники, малое количество лесов и относительно высокая температура воздуха. Это позволяет надеяться на возможность прогнозирования ионного состава атмосферного аэрозоля.

Сравнение с данными по другим регионам мира позволило выявить факторы, влияющие на анионный состав аэрозоля. Обнаружено, что концентрации фтора, появляющегося от выбросов алюминиевого завода (ТАЛКО), и сульфатов являются наиболее высокими в Центрально-Азиатском регионе.

Исследования показали, что средняя концентрация катионов натрия, аммония и магния в атмосфере Таджикистана (в 2014-2016 годах) снизилась по сравнению с 1983 годом. Снижение среднего значения концентрации этих катионов в атмосфере Таджикистана связано с сокращением использования удобрений (таких как нитрат натрия, сульфат аммония и сульфат магния). Резкое сокращение концентрации катионов магния также связано с уменьшением выбросов алюминиевого завода (ТАЛКО) производство алюминия за это период сократилась в 4 раза, и сокращением выбросов Яванского электрохимического завода (Таджикхимпром) и Вахшский азотно-туковый комбинат, связанный с уменьшением производства и проведения экологических мероприятий по сокращению выбросов. Согласно данным, в 1980-1986 годах количество орошаемых земель составляло 662 тысячи гектаров, но согласно данным до 2014 году количество орошаемых земель достигло 592,3 тысячи гектаров, т.е. из-за роста населения и распределения земли около 70 тысяч гектаров орошаемых земель было сокращено. Из этого можно сделать вывод, что использование удобрений в сельском хозяйстве сократилось по сравнению с предыдущими годами.

Увеличение средней концентрации катионов калия в аэрозоле Таджикистана связано, видимо, с высыханием Аральского моря. Катионы калия попадают в атмосферу Таджикистана ветрами с пересохшего дна Аральского моря. Увеличение среднего значения концентрации катионов кальция в аэрозоле Таджикистана связано с заводом Таджикцемент.

Максимальная концентрация катионов натрия и магния отмечена в аэрозоле Улан-Батор (Монголия). Максимальная концентрация катионов магния и кальция обнаружена в аэрозоле Душанбе. Как упоминалось ранее, его основными источниками являются морская соль, удобрения, ТЭЦ, цементный завод и транспорт.

Проведенные исследования показывают, что социально экономические перемены в стране привели к серьёзным изменениям антропогенного вклада в катионное загрязнение атмосферного аэрозоля.

При сравнении концентраций катионов атмосферного аэрозоля (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) в полуаридной зоне Таджикистана и других регионах мира установлено, что среди пяти протестированных катионов, самая

высокая концентрация у ионов кальция. Причиной высокой концентрации кальция является ТЭЦ, завод «Таджикцемент» и транспорт.

Углеродсодержащие соединения включают в себя широкий спектр природных и антропогенных видов, различного состава и структуры, общей характеристикой которых является присутствие углерода. Для его изучения обычно различают элементарный углерод (ЕС), также известный как черный углерод (ВС), и органический углерод (ОС), выражая общую концентрацию углерода (ТС) как сумму обеих фракций. Вклад углеродистых частиц в массовые концентрации РМ очень важен, особенно для мелких частиц. Этот вклад зависит от типа источников, присутствующих в районе исследования, и от метеорологических условий, в основном от температуры окружающей среды, которая определяет, находятся ли полуплетучие органические соединения в паровой фазе или в форме частиц.

Самые высокие средние концентрации органического и элементарного углерода наблюдаются в пробах атмосферного аэрозоля некоторых китайских городов юго-восточной Азии (Сиань, Тайвань).

Статистический анализ результатов. Параметры, полученные при статистической обработке результатов измерений для выборок, состоящих из 181 элементов (проб аэрозоля), приведены в таблице 7 ($\langle C \rangle$, C_{\max} , C_{\min} – среднее, максимальное и минимальное содержание элементов в пробах атмосферного аэрозоля; σ – среднеквадратическое отклонение, V – коэффициент вариации, S_n – погрешность ($\delta / \langle C \rangle$), N – количество проб. I – индекс уровня загрязнения.)

Таблица 7. - Статистические характеристики компонентов атмосферного аэрозоля и ионов в период эксперимента CADEX

Параметр, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\langle C \rangle$	C_{\max}	C_{\min}	σ	δ	V	S_n	I	N
ОС	11,574	52,112	0,007	0,009	0,002	0,001	0,0001	10,09	181
ЕС	2,914	8,675	0,003	0,099	0,016	0,034	0,0055	19,93	181
ТС	14,759	53,882	0,01	0,756	0,122	0,051	0,0083	9,91	181
Mass	82,387	433,908	2,03	4,018	0,650	0,049	0,0079	4,76	181
Cl^-	1,113	7,642	0,049	0,108	0,018	0,097	0,0157	3,92	181
NO_3^-	2,603	10,902	0,472	0,15	0,024	0,058	0,0093	1,88	181
SO_4^{2-}	3,647	12,155	0,923	0,147	0,024	0,04	0,0065	1,40	181
NO_2^-	0,004	0,014	0,002	0,0003	0,000	0,061	0,0000	4,56	101
Br^-	0,011	0,038	0,001	0,001	0,000	0,06	0,0182	3,99	121
F^-	0,172	1,052	0,008	0,013	0,002	0,073	0,0122	3,87	181
PO_4^{3-}	0,009	0,439	0,004	0,004	0,001	0,071	0,0667	3,03	150
Na^+	0,247	0,87	0,009	0,012	0,002	0,049	0,0077	4,13	181
NH_4^+	1,282	8,696	0,088	0,107	0,017	0,083	0,0135	3,28	181
K^+	0,551	1,65	0,126	0,02	0,003	0,036	0,0058	1,54	181
Mg^{2+}	0,081	0,406	0,013	0,004	0,001	0,045	0,0074	2,08	181
Ca^{2+}	2,13	6,248	0,348	0,076	0,0123	0,036	0,00042	2,031	181

Наибольшее различие наблюдается между органическими и неорганическими компонентами ионов аэрозоля. Отношение максимальной и минимальной концентраций для ионов: от 7 раз (нитриты) до значения 120 (фтор). Для органики и карбона это отношение гораздо выше и меняется от 5000 до 7400.

Высокая корреляция концентраций ионов означает, что соответствующие ионы имеют общее происхождение, либо входят в состав одних и тех же химических соединений. То есть органический карбон входит в органические соединения вместе с ионами нитратов, хлора, аммония, калия. Такие же примерно корреляции для общего содержания органических веществ.

Органических веществ в аэрозоле меньше, чем неорганических, поэтому корреляции общего массового содержания ионов – совершенно другие. Основной вклад в неорганическую часть ионного состава дают сульфат-ионы, нитрат-ионы, ионы натрия, магния, кальция и частично калия.

Максимумы содержания ионов распределяются по оставшимся трем сезонам года. При этом приток аэрозоля из каждого региона имеет свой сезонный характер. Так, пылевые вторжения из пустыни Такла-Макан, приносящие наиболее мощные потоки карбона и органики – происходят зимой, в декабре.

Установлено, что среднее содержание ОС (11.574 ± 0.0015 мкг/м³); ЕС (2.914 ± 0.0160 мкг/м³); ТС (14.759 ± 0.1222 мкг/м³) и МС (82.387 ± 0.6495 мкг/м³).

Таблица 8. - Коэффициент корреляции компонентов атмосферного аэрозоля и ионов в период эксперимента CADEX

	ЕС	ТС	Mass	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	F ⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
ОС	0,21	0,99	0,29	0,94	0,73	0,51	-0,04	0,21	0,20	0,85	0,73	0,37	0,08
ЕС		0,34	0,43	0,04	0,15	0,13	0,17	0,35	0,33	-0,03	0,38	0,38	0,37
ТС			0,34	0,91	0,72	0,51	-0,02	0,25	0,24	0,81	0,75	0,09	0,13
Mass				0,17	0,37	0,56	0,05	0,48	0,76	0,19	0,46	0,88	0,71
Cl ⁻					0,72	0,50	-0,09	0,23	0,18	0,86	0,63	0,06	0,02
NO ₃ ⁻						0,73	-0,04	0,53	0,52	0,80	0,70	0,26	0,37
SO ₄ ²⁻							-0,21	0,65	0,71	0,72	0,56	0,53	0,50
NO ₂ ⁻								0,07	0,05	-0,14	0,08	0,09	0,19
F ⁻									0,82	0,26	0,41	0,56	0,69
Na ⁺										0,25	0,49	0,80	0,75
NH ₄ ⁺											0,57	0,00	-0,04
K ⁺												0,36	0,41
Mg ²⁺													0,82

Сопоставление с известными данными по химическому составу аэрозоля, полученными в Сибири, в Монголии и в Китае позволяет заключить, что водорастворимый аэрозоль в Душанбе формируется за счет местного и переносного происхождения и не имеет аналогов среди анализировавших данных.

Особенностью измерений в Душанбе является, в частности, низкое по сравнению с традиционными местами распространения пылевых вторжений, содержание сульфатов и нитратов. Но содержание этих веществ всё же выше, чем в лесах Сибири. Еще одним существенным отличием ионного состава аэрозоля в Душанбе является высокое содержание ионов фтора 19 мкг/м^3 , более чем в 10 раз превышающее содержание фтора в других местностях, даже таких экологически загрязненных, как Пекин. Причина этого отличия известна – это алюминиевый завод, расположенный к западу от г. Душанбе, преобладающие ветры от которого как раз направлены вглубь Гиссарской долины, к г. Душанбе.

Изучены вариация ионного состава атмосферного аэрозоля, сезонные изменения всех компонентов имеет максимум зимой и минимум весной. Выявлена что источником вторжения в атмосфере г. Душанбе ОС, ЕС, ТС, ОМ, ионов хлора, сульфатов, нитратов, оксалатов, формиатов и K^+ является пустыня Такла-Макан источниками других компонентов являются соседние страны Центральной Азии. Приведены статистические характеристики и пределы вариации концентрации компонентов, коэффициенты корреляции между компонентами. Для наиболее значимой корреляции между компонентами найдены уравнение линии, коэффициенты детерминации и корреляции. Для наиболее высоких концентраций ионов установлены возможные источники их образования методом обратной траектории HYSPLIT.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Пределы изменения концентраций ионов в атмосферном аэрозоле за период 2015-2016 гг с максимальными значениями в зимний период: анионов хлора ($0.049-7.64 \text{ мкг/м}^3$), нитрата ($0.472-10.902 \text{ мкг/м}^3$), сульфата ($0.923-12.155 \text{ мкг/м}^3$), нитрита ($0.002-0.014 \text{ мкг/м}^3$), брома ($0.001-0.038 \text{ мкг/м}^3$), фтора ($0.008-1.052 \text{ мкг/м}^3$), фосфата ($0.004-0.439 \text{ мкг/м}^3$), катионов натрия ($0.009-0.87 \text{ мкг/м}^3$), магния ($0.013-0.406 \text{ мкг/м}^3$), аммония ($0.088-8.696 \text{ мкг/м}^3$), калия ($0.126-1.65 \text{ мкг/м}^3$) и кальция ($0.348-6.248 \text{ мкг/м}^3$) ([9-А], [10-А], [11-А], [12-А]);

2. Пределы изменения концентраций карбоновых компонентов в атмосферном аэрозоле за период 2015-2016 гг: ОС ($0.007-52.112 \text{ мкг/м}^3$), ЕС ($0.003-8.675 \text{ мкг/м}^3$), ТС ($0.01-53.882 \text{ мкг/м}^3$) и МС ($2.03-433.908 \text{ мкг/м}^3$) с максимальными значениями в зимний период (ОС, ТС), осенью (ЕС) и летом (МС). Самые низкие уровни зарегистрированы весной ([1-А], [2-А], [3-А], [8-А]);

3. Обнаружены высокие концентрации фтора и кальция по сравнению содержания ионных и карбоновых компонентов в пробах аэрозоля в других регионах мира ([1-А], [11-А], [12-А]);

4. Проведен статистический анализ содержания ионов и карбоновых компонентов в пробах аэрозоля, вычислены их коэффициенты корреляции.

Обнаружена очень высокая корреляция между концентрациями ОС и ОМ ($r=1$), между ОС и ТС ($r=0.99$), между ТС и ОМ ($r=0.98$), между ОС и Cl^- и между ОМ и Cl^- ($r=0.94$), между ТС и Cl^- ($r=0.91$), между МС и Mg^{2+} ($r=0.88$) значимая корреляция между ОС и NH_4^+ между ОМ и NH_4^+ ($r=0.85$), между ТС и NH_4^+ ($r=0.81$), средняя корреляция между МС и Na^+ ($r=0.76$), между ТС и K^+ ($r=0.75$). Рассчитаны среднеквадратичные отклонения и доверительный интервал для всех компонентов ([1-А], [2-А], [3-А], [8-А], [9-А], [10-А]);

5. Среднесезонные концентрации ОС (органический углерод) в РМ10 менялась в порядке зима > осень > лето > весна, в то время как ЕС (элементарный углерод) варьировали в порядке осень > лето > зима > весна. Отношение ОС/ЕС составляли 9.79; 2.9; 2.83 и 2.41 зимой, осенью, летом и весной, соответственно, что указывает на обилие вторичных органических аэрозолей в г. Душанбе. Источники углеродсодержащего аэрозоля в РМ10 значительно варьировались в зависимости от времени года, среди них преобладают выхлопные газы транспорта и продукты сжигания угля и биомассы ([11-А], [12-А], [14-А], [18-А]);

6. Показано, что основная часть ионного и карбоновой концентрации аэрозоля в г. Душанбе обусловлена местными источниками загрязнителей атмосферы (промышленными, аграрными, бытовыми) ([3-А], [8-А], [9-А]).

7. Выявлены источники загрязнений ионами и карбонами территории г. Душанбе за счет воздушного дальнего переноса аэрозоля; источником ОС, ЕС, ТС, ОМ, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} и K^+ в атмосфере г. Душанбе является пустыня Такла – Макан, источниками других компонентов являются соседние страны Центральной Азии ([1-А], [2-А], [3-А], [8-А], [9-А], [10-А], [11-А], [12-А]).

Рекомендации по практическому использованию результатов.

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы при математическом моделировании переноса загрязнения воздушными потоками, для оценки загрязнения воздушной среды районов полуаридной зоны Республики Таджикистана ионами и карбоновыми компонентами. Результаты проведенных экспериментальных исследований предполагается использовать в качестве базы данных при дальнейшем изучении загрязнения АА ионами и карбоновыми компонентами. Полученные результаты по фоновым концентрациям ионов и карбонов в АА полуаридной зоны Таджикистана могут служить критерием оценки степени загрязнения территории региона указанными компонентами. Результаты исследования могут быть использоваться в учебном процессе в ВУЗах для подготовки специалистов в области метеорологии и климатологии, экологии, физике и химии атмосферы.

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованных журналах, определены ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

[1-А]. Абдуллаев, С.Ф. Ионный состав атмосферного аэрозоля в период CADEX (2014-2016) в Таджикистане / С.Ф. Абдуллаев, **С.Р. Шарипов**, К.В. Фомба// Вестник ТНУ. - 2018. – №4(264). - С.115-122.

[2-А]. Абдуллаев, С.Ф. Исследование карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана (часть 1)/ С.Ф. Абдуллаев, **С.Р. Шарипов**, К.В. Фомба// Вестник ТГУ. – 2018. - №4(44) - С.36-40.

[3-А]. Абдуллаев, С.Ф. Исследование карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана (часть 2)/ С.Ф. Абдуллаев, **С.Р. Шарипов**, К.В. Фомба// Вестник ТГУ. – 2018. - №4(44) - С.40-44.

[4-А]. Абдуллаев, С.Ф. Сезонные вариации ионного состава атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана/ С.Ф.Абдуллаев, **С.Р. Шарипов**, К.В. Фомба// Ученые записки. Серия естественных и экономические науки. Худжанд. -2019. - №1(48) - С.19-28.

[5-А]. **Шарипов, С.Р.** Вариация состава углеродсодержащей фракцииатмосферного аэрозоля в полуаридной зоне Таджикистан/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов//Доклады НАНТ-2020. - Том 63. - №3-4. - С.199 -205.

[6-А]. **Шарипов, С.Р.** Исследование неорганического ионного состава атмосферных аэрозолей/ С.Р.Шарипов// «Кишоварз» - 2021. - Том 93. - №4. - С.14 - 20.

[7-А]. **Шарипов, С.Р.** Анализ катионного состава атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана/ С.Р.Шарипов// Известия НАНТ – 2022. - Том 187. - №2. - С. 55 – 61.

[8-А]. **Шарипов, С.Р.** Органический И элементарный углерод в городской среде города Душанбе/ С.Р.Шарипов// «Кишоварз» - 2022. - Том 96. - №3. - С.122-127.

Депонированные научные работы

[9-А]. Абдуллаев, С.Ф. Мониторинг ионного состава атмосферного аэрозоля частиц до 10мкм (PM10) полуаридной зоны Таджикистана/ С.Ф. Абдуллаев, **С.Р. Шарипов**, К. В. Фомба/ ФТИ им. С.У. Умарова АН РТ.- г.Душанбе, 2018. – 14 с. – Библиограф.: 30 назв. – Рус. – деп. в ГУ НПИЦентр 2018г.

Статьи, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций:

[10-А]. **Шарипов, С.Р.** Состав атмосферного аэрозоля/ С.Р. Шарипов, С.Ф.Абдуллаев, К.В. Фомба//IV международной научной конференции «Вопросы физической и координационной химий». ТНУ - 2019. – С. 322-326.

[11-А]. Шарипов, С.Р. Ионный состав атмосферного аэрозоля. / С.Р. Шарипов, С.Ф.Абдуллаев, К.В. Фомба// IV международной научной конференции «Вопросы физической и координационной химии». ТНУ - 2019. – С. 326-329.

[12-А]. Шарипов, С.Р. Мониторинг катионного состава атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов//Материалы международной научной конференции «Гидроклиматические факторы использования водных ресурсов Центральной Азии» ХГУ - 2019. – С. 439-445.

[13-А]. Шарипов, С.Р. Сравнительный анализ изменения анионных компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана (часть 1)/ С.Р. Шарипов, С.Ф.Абдуллаев, К.В. Фомба// Материалы международной научно-практической конференции «Перспектива развития науки и образования. Часть2» ТГУ - 2019. – С. 310-313.

[14-А]. Шарипов, С.Р. Сравнительный анализ изменения анионных компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана (часть 2)/ С.Р. Шарипов, С.Ф.Абдуллаев, К.В. Фомба// Материалы международной научно-практической конференции «Перспектива развития науки и образования. Часть2». ТГУ - 2019. – С.313-315.

[15-А]. Шарипов, С.Р. Вариации анионных компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов// Материалы международной X-ой научно-практической конференции «Ломоносовские чтения», посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне (1941-1945 гг.). Ч.1. Естественные науки. (25-26 сентября 2020г. Филиал МГУ имени М.В.Ломоносова в г. Душанбе.) - С. 177-180.

[16-А]. Шарипов, С.Р. Анализ анионного состава атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана/ С.Р. Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов// Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук (г.Душанбе, 28 октября 2020 года Российско-таджикский (славянский) Университет естественнонаучный факультет «актуальные вопросы естественных наук и технологий») - С.320 - 322.

[17-А]. Шарипов, С.Р. Сезонные изменения массовой концентрации атмосферного аэрозоля и динамика аэрозоля/ С.Р. Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов// Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук (г.Душанбе, 28 октября 2020 года Российско-таджикский (славянский) Университет естественнонаучный факультет «актуальные вопросы естественных наук и технологий») - С.322 - 324.

[18-А]. Шарипов, С.Р. Катионный состав атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана / С.Р. Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В. А. Маслов //Республиканская научно-практическая конференция посвященной

«Двадцатилетием изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» на тему «Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физики» (г. Душанбе, 19 февраля 2020) - С.300 -303.

[19-А]. Шарипов, С.Р. Вариация состава углеродсодержащей фракции атмосферного аэрозоля в полуаридной зоне Таджикистан (часть 1)/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов// Материалы VII Международной конференции «Современные проблемы физики». г.Душанбе: изд-во «Дониш», - 2020. - С.250 – 253.

[20-А]. Шарипов, С.Р. Вариация состава углеродсодержащей фракции атмосферного аэрозоля в полуаридной зоне Таджикистан (часть 2)/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов// Материалы VII Международной конференции «Современные проблемы физики». г. Душанбе: изд-во «Дониш». – 2020. - С.340 – 342.

[21-А. Шарипов, С.Р. Концентрации элементарного и органического углерода в аэрозоле полуаридной зоны Таджикистана/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов, Р.Р. Вахобов// Республиканской научно – теоретической конференции на тему «Основные средства развития и изучения естественных точных и математических наук: проблемы и пути их решения». ТАУ им. Ш. Шотемур - 2021, -С.162 – 163.

[22-А]. Шарипов, С.Р. Аэрозольные ионы и происхождение аэрозолей /С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов, Р.Р. Вахобов // Материалы международной научно-практической конференции «Электроэнергетика Таджикистана. Проблемы энергосбережения, энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии. ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в г. Душанбе» - 2021. - С.170 – 174.

[23-А]. Шарипов, С.Р. Зависимость концентраций NO_3^- и NH_4^+ , измеренных в аэрозолях в полуаридной зоне Таджикистан/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов// Материалы респуб. конф. БГУ. имени Носири Хусрава. – 2021. – С. 31 – 33.

[24-А]. Шарипов, С.Р. Катионный состав атмосферного аэрозоля г.Душанбе// С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов // Материалы Симпозиума ФТИ. им. С.У. Умарова. – 2021. – С. 136 – 140.

[25-А]. Шарипов, С.Р. Сравнительный анализ неорганических аэрозольных ионов в полуаридной зоне Таджикистана/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов, А.М. Джураев// Материалы меж. конф. ТТУ. им. академика М.С. Осими. – 2021. – С.200-203.

[26-А]. Шарипов, С.Р. Сравнительный анализ концентрации углеродных компонентов в атмосферном аэрозоле г. Душанбе/ С.Р. Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, К. Нодиров// Материалы меж. конф. «Современные проблемы физики» ФТИ. им. С.У. Умарова. – С. 2022. - С. 252-256.

[27-А]. Шарипов, С.Р. Вариация концентрации элементарного углерода в атмосфере города Душанбе/ С.Р.Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, К.

Нодиров// Материалы меж. конф. «Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации» ТНУ-2022. – С. 84-87.

[28-А]. Шарипов, С.Р. Вариация концентрации элементарного углерода в атмосфере города Душанбе / С.Р. Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, К. Нодиров // Международная научная конференция «Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации». ТНУ - 2022. – С. 84-87с.

[29-А]. Шарипов, С.Р. Углеродные компоненты атмосферного аэрозоля / С.Р. Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, Д.С. Шерматов, А.М. Джураев, Р.Р.Вахобов // Научно-практической конференции «Современная медицина: традиции и инновации», том III. ТГМУ им. Абуали ибни Сино – 2022. – С. 603 -604.

[30-А]. Шарипов, С.Р. Катионный состав атмосферного аэрозоля/ С.Р. Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, С.Т. Рахимов, М.Т. Розикова // Научно-практической конференции «Современная медицина: традиции и инновации», том III. ТГМУ им. Абуали ибни Сино – 2022. – С. 604 -605.

[31-А]. Шарипов, С.Р. Влияние атмосферных аэрозолей на здоровье и окружающую среду - изменение климата/ С.Р. Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, С.Т. Рахимов, М.Т. Розикова // Научно-практическая конференция «Энергетика состояние и перспективы развития» - 2022. – С. 153 -157.

Список использованных источников

[1]. Рапуга, В. Ф. Оценка содержания нитратов и сульфатов в снегу окрестностей нефтегазового факела/ В. Ф. Рапуга, Б. С. Смоляков, К. П. Куценогий// Сибирский экологический журнал. - 2000. - №1. - С.103-107с.

[2]. Mikhailov, E.F. Long-term measurements (2010-2014) of carbonaceous aerosol and carbon monoxide at the ZOTINO tall tower observatory (ZOTTO) in Central Siberia / E.F. Mikhailov, D.Walter, U. Pöschl, M.O. Andreae, S. Mironova, G.Mironov , S.Vlasenko, et all // Atmospheric Chemistry and Physics. 2017. -V. 17. -N23. - p. 14365-14392.

[3]. Konovalov, I.B. Estimation of black carbon emissions from Siberian fires using satellite observations of absorption and extinction optical depths.I.B.Konovalov, D.A.Lvova, M.Beekmann, H.Jethva, E.F.Mikhailov, P.Ciais, B.D. Belan, V.S.Kozlov, M.O. Andreae //Atmospheric Chemistry and Physics. 2018. -V. 18.-N20.-P. 14889-14924.

[4]. Волкова, К.А. Сезонная и суточная изменчивость концентраций аэрозольных частиц вблизи Санкт-Петербурга / К.А.Волкова, С.С.Аникин, Е.Ф.Михайлов, Д.В.Ионов, С.С.Власенко, Т.И.Рышкевич // Оптика атмосферы и океана. 2020.- Т. 33. -№ 5. - С. 407-414.

[5]. Смоляков, Б.С. Ионный состав и кислотность атмосферных аэрозолей на юге Западной Сибири в 1996–2004 гг. /Б.С. Смоляков, М.П. Шинкоренко, Л.А. Павлюк и С.Н. Филимонова //Экологическая химия 2006, 15(1): 1–12

[7]. Антохина, О.Ю. Исследование состава воздуха в различных воздушных массах / О.Ю.Антохина, П.Н.Антохин, В.Г.Аршинова, М.Ю.Аршинов, Б.Д.Белан, С.Б.Белан, Д.В.Симоненков, Т.К.Скляднева, Г.Н. Толмачев, А.В. Фофонов / Оптика атмосферы и океана // 2018. -Т. 31. -№ 9. - С. 752-759.

[8]. Симоненков Д.В. База данных химического и приведенного к нему дисперсного состава тропосферного аэрозоля юга Западной Сибири Д.В.Симоненков, Б.Д.Белан, Г.Н.Толмачев, А.В.Козлов, С.Б.Белан Свидетельство о регистрации базы данных 2022620036, 10.01.2022. Заявка № 2021623295 от 27.12.2021.

[9]. Жамсуева, Г.С. Результаты исследований ионного состава аэрозолей в атмосфере Монголии/ Г.С. Жамсуева, А.С. Заяханов, А.В. Стариков, и др.// Оптика атмосф. и океана. - 2013. – Т.26, № 6. – С.472-477.

[10]. Толмачев, Г.Н. Горизонтальное распределение ионно-элементного состава атмосферного аэрозоля над территорией СССР/ Г.Н. Толмачев// Сбор. мат. кон. «Естествен. и антропогенные аэрозоли». – 2018. - С.142-151

[11]. Аршинов, М.Ю. Взаимосвязь концентрации атмосферных ионов и радона по данным измерений в обсерватории "Фоновая" / М.Ю.Аршинов, Б.Д.Белан, О.В.Гармаш, и др. // Оптика атмосф. и океана. 2022. - Т. 35. -№ 1 (396). - С. 12-18.

[12]. Власенко, С.С. Изменчивость углеродсодержащей фракции атмосферного аэрозоля вблизи Санкт-Петербурга. / С.С. Власенко, К.А. Волкова, Д.В. Ионов и др. // Изв. РАН. Физ. атмос. и океана. – 2019. - Т. 55, № 6. – С. 147–156.

[13]. Губанова, Д. П. Временные вариации состава атмосферного аэрозоля в Москве весной 2020 года /Д.П. Губанова , А.А. Виноградова, М.А. Иорданский, А.И. Скороход //Физика атмосф. и океана. - 2021, Т. 57, № 3. С. 334-348.

**АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
ИНСТИТУТИ ФИЗИКАЮ ТЕХНИКАИ БА НОМИ
С.У.УМАРОВ**

Бо ҳуқуқи дастнавис

УДК 551.510.42(517); 502.3(575.3);



ШАРИПОВ Сафарали Раҷабалиевич

**ТАРКИБИ ИОНИ ВА КАРБОНИИ АЭРОЗОЛҲОИ АТМОСФЕРАИ
Ш. ДУШАНБЕ**

АВТОРЕФЕРАТИ

**диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои
физикаю математика**

**аз рӯи ихтисоси 25.00.30 – Обухавошиносӣ, иқлимшиносӣ,
обухавошиносии кишоварзӣ**

Душанбе – 2023

Диссертатсия дар лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон омода гардидааст.

Роҳбари илмӣ: доктори илмҳои физикаю математика, профессор, мудир лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон
Абдуллаев Сабур Фузайлович

Муқарризони расмӣ: доктори илмҳои физикаю математика, профессор, сарҳодими илмии Институти оптикаи атмосфераи ба номи В.Е.Зуеви филиали Сибири Академияи илмҳои Россия (ш. Томск)

Белан Борис Денисович

номзади илмҳои химия, дотсент, мудир кафедраи химияи органикӣ ва амалии Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Б. Фафуров (ш.Хучанд)

Тиллобоев Ҳакимҷон Ибрагимович

Муассисаи пешбар: Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон (ш.Душанбе)

Ҳимояи диссертатсия санаи « 25 » майи соли 2023 соати « 14:00» дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии **6D.KOA-055** назди Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон баргузор мегардад. Суроға: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/1, факс (+992-372) 25-79-14. Толори Шӯрои илмии ИФТ ба номи С.У.Умарови АМИТ. E-mail: shuro.ift@gmail.com.

Бо матни пурраи рисола дар китобхонаи Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон ва дар сомонаи www.phti.tj шинос шудан мумкин аст.

Автореферат санаи « » июли соли 2023 аз рӯи феҳристи пешниҳодшуда ирсол карда шудааст.

Котиби илмии

Шӯрои диссертатсионии муштарак,
номзади илмҳои физикаю математика, дотсент

Низомов З.

МУҚАДДИМА

Мубрамият ва зарурати баргузорию тадқиқот оид ба мавзӯи рисола

Аэрозолҳои атмосфера (АА) дар бисёр равандҳои атмосфера (ба вучуд омадани абр ва боришот, гармигузаронии радиатсионӣ ва ғ.) нақши асосиро мебозанд. Онҳо ба сифати муҳити зист, иқлим, кимиё ва физикаи атмосфера таъсири калон мерасонанд. Аз ин рӯ, дар солҳои охир диққат ба омӯختани аэрозолҳои атмосфера мунтазам меафзояд. Омӯзиши ҷузъҳои ионӣ ва карбонии аэрозолҳои атмосфера проблемаи таъхирнопазири таҳқиқоти атмосфера мебошад. Барои фаҳмидани робитаи байни тақсимои андозаи зарраҳои аэрозол ва таркиби ЕС ва ОС омӯختани манбаъҳои аэрозолҳо муҳим аст. Таҳлили тағйирёбии таркиби ионҳо, ОС, ЕС, ОС/ЕС ва СОС имкон медиҳад, ки манбаъҳо, механизмҳои ташаккул ва усулҳои назорати аэрозолҳои карбон дар атмосфера, таъсири онҳо ба пастшавии рӯшноӣ, иқлими минтақавӣ ва глобалӣ ва саломатии инсонро беҳтар фаҳманд. [1-13].

Компонентҳои асосии дар об ҳалшавандаи аэрозолҳои атмосфера анионҳои сулфатҳо (SO_4^{2-}), нитратҳо (NO_3^-), нитритҳо (NO_2^-), бром (Br^-), фтор (F^-), фосфатҳо (PO_4^{3-}) ва катионҳо (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} ва Ca^{2+}) мебошанд. Компонентҳои карбонии аэрозолро ЕС, ОС ва ТС муаррифӣ мекунанд.

1. Ионҳо

- 60-70 фоизи миқдори умумии заррачаҳои (TSP) муаллақро дар атмосфера ташкил медиҳад.

- ба ташаккули боронҳои кислотагӣ мусоидат мекунанд.

Анионҳои SO_4^{2-} , NO_3^- ва катиони NH_4^+ ионҳои дуҷумдараҷа мебошанд, ки метавонанд ба туршии TSP таъсир расонанд ва ташаккули моддаҳои хатарнокро дар заррачаҳои атмосфера суръат бахшанд.

-ионҳо (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- ва SO_4^{2-})-и аэрозолҳои атмосфера метавонанд ба таҷзияи пасмондаҳои растанӣ дар натиҷаи туршшавӣ ва шӯршавии хок таъсир расонанд, ки ин боиси паст шудани фаъолияти микроорганизмҳои хок (изоподҳо) мегардад.

-чанге, ки дар таркибаш ионҳои аэрозолии атмосфера (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- ва SO_4^{2-}), дорад ба узвҳои растанӣ ҷойгир шуда, раванди фотосинтезро дар растаниҳо халалдор мекунанд.

2. Ба ғайр аз ин, ионҳои аэрозоли ва карбонҳо ба баланси радиационии Замин таъсири калон мерасонанд.

-афзоиши консентратсияи карбони элементарӣ дар аэрозоли атмосферӣ боиси гармшавии иқлим аз ҳисоби гармшавии атмосфера (махсусан тропосфера) мегардад, зеро заррачаҳои карбон аз ҳисоби коэффисиенти баланди фурубарӣ доштан нури офтобро фуру бурда гарм мешаванд. Гармшавии онҳо боиси гарм шудани атмосфера мегардад.

-афзоиши консентратсияи карбони органикӣ боиси хунук шудани атмосфера мегардад, зеро заррачаҳои карбони органики нури офтобро

суст фурубурда онро инъикос намуда, боиси хунук шудани атмосфера мегардад.

-ионҳои аэрозолҳои атмосфера дар шакли пайвастагиҳо (масалан, пайвастагиҳои фтордор ва хлордор - фреонҳо) боиси **коҳиш ёфтани қабати озонӣ дар стратосфера** мегарданд.

Се намуди аэрозолҳо вуҷуд доранд, ки ба иқлими Замин ба таври назаррас таъсир мерасонанд. Аввалин ин аэрозоли вулқонӣ мебошад, ки дар стратосфера пас аз тарқишҳои бузурги вулқонҳо ба монанди Пинатубо ба вуҷуд меояд. Ин қабати аэрозоли аз гази диоксиди сулфат ба вуҷуд меояд, ки дар давоми ҳафтаҳо ё моҳҳои пас аз тарқиш ба қатраҳои кислотаи сулфат дар стратосфера табдил меёбад.

Навъи дуоми аэрозолҳо, ки ба иқлим таъсири калон мерасонад, чанги биёбон аст. Тасвирҳои моҳворавии метеорологӣ аксар вақт пардаҳои ғуборро нишон медиҳанд, ки аз биёбонҳои Африқои Шимолӣ дар болои уқёнуси Атлантик ҷорӣ мешаванд. Ин чангу ғубор дар минтақаҳои гуногуни Америка мушоҳида карда шудааст.

Навъи сеюми аэрозолҳо дар натиҷаи фаъолияти инсон пайдо мешаванд. Аксарияти аэрозолҳои антропогенӣ дар шакли дуди сиёҳ дар натиҷаи сӯختани ҷангалҳо ба вуҷуд меоянд ва ҷузъи асосии он аэрозолҳои сулфатӣ аз сӯзиши ангишт ва нафт мебошанд. Концентратсияи аэрозолҳои антропогенӣ сулфатҳо дар атмосфера аз замони оғози инқилоби саноатӣ хеле афзуд. Дар сатҳи ҳозираи истеҳсол, гумон меравад, ки аэрозолҳои сулфатӣ антропогенӣ нисбат ба аэрозолҳои сулфати табиӣ тавлидшуда зиёдтаранд. Концентратсияи аэрозолҳо дар нимкураи шимолӣ, ки дар он ҷо фаъолияти саноатӣ шадидтар аст, баландтар аст. Аэрозолҳои сулфатӣ нури Офтобро фуру намебаранд, балки инъикос мекунанд ва бо ҳамин миқдори нури офтобро, ки ба сатҳи Замин мерасад, кам мекунанд. Гумон меравад, ки аэрозолҳои сулфатӣ метавонанд дар атмосфера тақрибан 3-5 рӯз бимонанд [1-5].

Дарачаи азхудшудаи масъалаи илмӣ ва заминаҳои назариявӣ методологии таҳқиқот.

Як қатор масъалаҳои, ки бо манбаҳои пайдоиш ва паҳншавии ҷузъҳо дар минтақаи нимхушк алоқаманданд, номаълум мондаанд.

Нимаи дуоми асри XX на танҳо бо рушди босуръати илмҳои атмосфера, балки бо афзоиши таваҷҷӯҳ ба оқибатҳои эҳтимолии манфии гармшавии глобалӣ, пешгӯии тағирёбии атмосфера ва иқлим қайд карда шуд [13].

Аэрозоли атмосфера сохтори мураккабест, ки аз элементҳои гуногуни химиявӣ ва пайвастагиҳои онҳо иборат аст. Қисмҳои аэрозоли органикӣ (АО) як фраксияи калон, баъзан ҳатто бартаридоштаи зарраҳои ҳаворо ташкил медиҳанд. Онҳо ба хосиятҳои физикӣ ва кимиёвии зарраҳои аэрозол таъсир мерасонанд ва аз ин рӯ ба атмосфера ва иқлим тавассути таъсири мутақобила бо газҳои микроорганизмҳои фаъол, буғи об, абрҳо, боришот ва радиатсия таъсир мерасонанд. Илова

бар ин, онҳо тавассути паҳншавии маводи репродуктивӣ ва микроорганизмҳо ба биосфера ва саломатии инсон таъсир мерасонанд, ба функцияҳои нафаскашӣ ва дилу рағҳо, инчунин ба бемориҳои аллергия ва сироятӣ таъсир мерасонанд. Дар айни замон фаҳмиши мо дар бораи таркиби АО, хосиятҳои физикӣ ва химиявӣ, манбаъҳо, хусусиятҳои табдилдиҳӣ ва нобудсозӣ хеле маҳдуд аст ва ҳисобҳои таъсири воқеии муҳити зисти онҳо хеле номуайян аст. Ҳамин тариқ, иқлимшиносӣ ва омӯзиши манбаъҳои зарраҳо, хосиятҳо ва табдилёбии онҳо барои баҳодиҳии миқдорӣ, пешгӯии боэътимод ва назорати самараноки таъсири аэрозолҳои табиӣ ва антропогенӣ ба иқлим ва саломатии инсон заруранд [5].

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот. Мақсади таҳқиқот омӯхтани таркиби ҷузъҳои ионӣ ва карбонии аэрозолҳои атмосфера андозаи зараҳояш то 10 микрометр (PM_{10}) дар минтақаи нимхушкии Ҷумҳурии Тоҷикистон дар мисоли шаҳри Душанбе мебошад. Маълумотҳои ба даст овардашуда имкон медиҳанд, ки қобилияти интиқоли заррачаҳои аэрозолҳо бо роҳи тағйир ёфтани таркиби ионӣ ва карбонии онҳо омӯхта, дараҷаи ифлосшавии атмосфера баҳо дода, манбаъҳои аэрозолҳо муайян карда шаванд.

Объекти таҳқиқот. Дар таҳқиқот мо системаҳои дисперсӣ - аэрозолҳои атмосфераро истифода бурдем.

Мавзӯи таҳқиқот: намунаҳои аэрозолҳои атмосфера буданд, ки дар ҳудуди полигони мониторингии атмосфераи лабораторияи физикаи атмосфераи ИФТ – и ба номи С.У. Умарови АМИТ (мавқеъ: арзи шимолии $38^{\circ}33'33''$; тули шарқии $68^{\circ}51'23''$; баландии 876м аз сатҳи баҳр) дар ш. Душанбе дар давраи аз соли 2015 то 2016 ҷамоварӣ шудаанд. Ҳамагӣ 181 намуна, ки андозаи зараҳои то 10 микрометрро доранд, таҳлил карда шуданд.

Масъалаҳои таҳқиқот:

1. Дараҷаи ифлосшавии ҳудуди шаҳри Душанберо бо аэрозолҳои таркиби компонентҳои ионӣ ва карбондор муайян кардан;

2. Тағйирёбӣ вобаста ба вақт (рӯзона, моҳона ва мавсимӣ) дар консентратсияи ионҳо ва ҷузъҳои карбонии аэрозолҳои атмосфераро таҳқиқ кардан;

3. Имкониятҳои истифодаи маълумот дар бораи таркиби АА ва масирҳои баракси массаҳои ҳаво барои муайян кардани манбаъҳои ифлосшавии атмосфера бо компонентҳои ионӣ ва карбонӣ;

4. Таҳқиқоти таркиби ионҳо ва карбонҳо дар аэрозолҳои атмосфераи минтақаи нимхушк бо усулҳои таҳлили омӯрӣ ва коррелятсионӣ.

Усулҳои таҳқиқот.

Ҷамъоварии аэрозолҳои атмосфераи андозаи зараҳояш то 10 мкм (PM_{10}) дар рӯи филтрҳои кварсӣ (МК 360, MUNKTELL) бо

намунагирандаи DNA-80, DIGITEL дар тӯли 72 соат (ҳаҷми намунагирӣ дар давоми таҷрибаи CADEX 1520м³ барои ҳар як намуна буд) анҷом дода шуд. Усулҳои хроматографияи ионӣ ва термография ба кор бурда шуданд. Шумораи умумии намунаҳои аэрозолҳои атмосфера бо зарраҳои то 10 мкм (микромметр) 181 ададро ташкил медиҳад.

Соҳаи таҳқиқот:

Мавзӯи тадқиқоти рисола ба шиносномаи номенклатураи ихтисосҳои Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон аз рӯи ихтисоси 25.00.30 – Обуҳавошиносӣ, иқлимшиносӣ, агрометеорология, аз ҷумла бандҳои 1, 2, 5, 8, 12 и 16 мувофиқат мекунад.

Марҳилаҳои таҳқиқот

Интихоб ва тайёр кардани намунаҳо, таҳлили намунаҳоро дар бар мегиранд. Минбаъд дар мисоли шаҳри Душанбе таҳлили коррелятсионии концентратсияи ченшудаи ионҳо ва карбонҳо барои арзёбии робитаи онҳо дар таркиби аэрозолҳои атмосфера дар минтақаи нимхушки Ҷумҳурии Тоҷикистон гузаронида шуд.

Пойгоҳи асосии ҷамъоварӣ ва озмоиши таҳқиқот.

Барои омӯзиши аэрозолҳо дастгоҳҳои самарабахши таҷрибавӣ: барои таҳлили ионҳо, хроматографи ионии **Dionex ICS-3000** ва барои таҳлили ҷузъҳои карбонӣ термографи **C- mat 5500** (Ströhlein, Олмон) бо сенсори инфрасурхи дисперсионӣ (NDIR) истифода шуданд. Таҳлили омории натиҷаҳои андозагирӣ дар муҳити бастаи омори амалии барномаҳои стандартии Excel гузаронида шуд. Барои муайян кардани манбаъҳои эҳтимолии ифлоскунандаҳои ба атмосфера воридшуда, ки дар онҳо концентратсияи ионҳо ва ҷузъҳои карбонӣ баланд аст, барои ҳисоб кардани масирҳои баръакси ифлосшавии массаи ҳавоӣ модели HYSPLIT истифода шуд.

Эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсионӣ.

Дар тадқиқот усулҳои маълуми ҷамъ кардан ва коркарди маълумоти ибтидоӣ истифода мешавад. Тадқиқотҳои гузаронидашуда дар бораи таркиби ҷузъҳои ионӣ ва карбонии аэрозолҳои атмосфераи зарраҳои қутраш то 10 мкм дар минтақаи нимхушк маълумот медиҳад. Эътимоднокии натиҷаҳо тавассути коркарди маълумоти оморӣ бо истифода аз барномаҳои стандартӣ тасдиқ карда шудааст. Натиҷаҳои таҷрибавӣ бо маълумоти ба даст овардаи таҳқиқотчиёни дигар муқоиса карда шудаанд.

Навогонии илмӣ таҳқиқот:

1. Ҳазинаи маълумот оид ба таркиби ҷузъҳои ионӣ ва карбонии аэрозолҳои атмосфераи андозаи зарраҳояш то 10 мкм дар минтақаи нимхушки Ҷумҳурии Тоҷикистон таъсис дода шуд;

2. Тағйирёбии таркиби ионҳо ва ҷузъҳои карбонӣ дар аэрозолҳои атмосфера вобаста ба вақт барои солҳои 2015-2016 омӯхта шуданд;

3. Миқдори зиёди намунаҳои аэрозол (OC , EC , TC , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , Br^- , F^- , PO_4^{3-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) дар муқоиса бо аэрозолҳои минтақаҳои дигари ҷаҳон муайян карда шудааст, тағйирёбии вобаста ба вақти онҳо дар таркиби АА баҳо дода шудаанд. Манбаъҳои ифлосшавӣ аз ионҳо ва ҷузъҳои карбонӣ дар минтақаи нимхушк бо назардошти ба масофаи дур интиқол додани аэрозолҳо муайян карда шудаанд;

4. Коэффисиентҳои коррелятсияи таркиби ионҳо ва ҷузъҳои карбон дар намунаҳои аэрозолҳо ҳисоб карда шуда, таҳлили омории онҳо гузаронида шуд.

Аҳмияти назариявии таҳқиқот. Муқаррар карда шудааст:

-қонунҳои асосии рафтори ионҳо ва ҷузъҳои карбонӣ дар таркиби аэрозолҳои атмосфера, имкон медиҳанд, ки таъсири омилҳои антропогенӣ ба муҳити зист баҳо дода шавад;

-омилҳои табиӣ ва антропогенӣ, ки таркиби ионҳо ва карбонҳоро дар минтақаи нимхушки Ҷумҳурии Тоҷикистон, инчунин ҷойивазкуни (миграция)-и ионҳо ва ҷузъҳои карбониро дар аэрозолҳои атмосфера муайян мекунад;

-таносуби назарраси байни OC , TC , NH_4^+ ва Cl^- дар намунаҳои аэрозол, ки як роҳи воридшавӣ ва манбаъҳои ифлосшавии онҳоро нишон медиҳад;

-таносуби назаррас байни концентратсияи Mg^{2+} ва Ca^{2+} (0,82) дар намунаҳои АА нишон медиҳад, ки масирҳо, манбаъҳо ва вақти воридшавии ин элементҳо якхелаанд;

-заррачаҳои муаллақи массаҳои ҳаво дар ифлосшавии атмосфераи минтақа саҳми калон доранд.

Натиҷаҳои дар кори диссертатсионии ба даст овардашударо дар моделсозии математикии интиқоли ифлосшавӣ бо ҷараёнҳои ҳавоӣ, барои баҳодиҳии дараҷаи ифлосшавии ҳавои ноҳияҳои минтақаи нимхушки Ҷумҳурии Тоҷикистон бо ионҳо ва ҷузъҳои карбонӣ истифода бурдан мумкин аст.

Аҳмияти амалии таҳқиқот:

1.Натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавии гузаронидашуда бояд ҳамчун маҳзани маълумот барои омӯзиши минбаъдаи ифлосшавии АА аз ионҳо ва ҷузъҳои карбон истифода шаванд;

2.Натиҷаҳои, ки барои концентратсияи заминавии ионҳо ва карбонҳо ба даст оварда шудаанд: OC , EC , TC , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , Br^- , F^- , PO_4^{3-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} ва Ca^{2+} дар АА-и минтақаи нимхушки Тоҷикистон ҳамчун меъёри баҳодиҳии дараҷаи ифлосшавии ҳудуди минтақа аз тарафи ин ҷузъҳо шуда метавонад;

3.Натиҷаҳои таҳқиқотро дар раванди таълимии мактабҳои олии барои тайёр кардани мутахассисони соҳаи метеорология ва иқлимшиносӣ, экология, физика ва химияи атмосфера истифода бурдан мумкин аст.

Нуктаҳои ҷимояшавандаи диссертатсия:

1. Динамикаи тағйирёбии таркиби ионҳо ва ҷузъҳои карбон дар аэрозолҳои атмосфера дар давраи солҳои 2015-2016 таҳқиқ карда шуд. Муқаррар карда шудааст, ки концентратсияи максималии ин моддаҳои ифлоскунанда асосан дар фасли зимистон мушоҳида мешавад.

2. Ҳангоми муқоисаи таркиби (ОС, ЕС, ТС, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, Br⁻, F⁻, PO₄³⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) намунаҳои аэрозол бо намунаҳои минтақаҳои дигари ҷаҳон, концентратсияи баланди фтор ва калсий муайян карда шуд.

3. Манбаъҳои ифлосшавӣ аз ионҳо ва карбонҳо дар минтақа, аз ҷумла бо интиқоли хавоии дуриҳои дур муайян карда шудаанд. Бо усули масирҳои баръакс (HYSPLIT) муқаррар карда шуд, ки манбаъҳои асосии ифлосшавӣ дар зимистон Хитой (биёбони Такла-Макан ва Синзян) ва Узбекистон (Аралкум ва Бекобод) мебошанд.

4. Муайян карда шуд, ки манбаъҳои маҳаллии ифлоскунандаи шаҳри Душанбе воситаи нақлиёт, заводи сементбарори, Марказҳои гармиву барқдиҳӣ (МГБ), системаҳои гармидиҳии муассисаҳои манзилию коммуналӣ, суختани партовҳо ва барғҳо мебошанд.

5. Бо истифода аз усули таҳлили омори алоқамандии хеле баланди байни концентратсияи ОС ва ОМ, байни ОС ва ТС, байни ТС ва ОМ (ҷузъҳои органикӣ), байни Cl⁻ бо ОС, ОМ ва ТС муқаррар шуд.

6. Муайян карда шуд, ки концентратсияи миёнаи мавсимии ОС дар PM₁₀ дар фасли зимистон > тирамоҳ > тобистон > баҳор, барои ЕС ба тартиби тирамоҳ > тобистон > зимистон > баҳор фарқ мекунад. Таносуби ОС/ЕС -9,79; 2,9; 2,83 ва 2,41 дар зимистон, тирамоҳ, тобистон ва баҳор, мувофиқ буд аз фаровонии аэрозолҳои органикии дуюмдараҷа дар шаҳри Душанбе шаҳодат медиҳад.

Саҳми шахсии докталаб.

Муаллиф дар таҳияи мавод (ҷамъоварии намунаҳои АА, омода кардани намунаҳо барои таҳлили физикӣ ва кимиёвӣ), коркарди омории натиҷаҳои таҳлил ва муқоиса бо маълумотҳои адабиётҳо, иштирок дар муҳокима ва тафсир аз рӯи натиҷаҳо, дар тайёр кардани мақолаҳо ва фишурдаи мақолаҳо ва маърузаҳо аз рӯи маводҳои рисола саҳми назаррас дорад.

Таъйиди диссертатсия ва иттилоот оид ба истифодаи натиҷаҳои он.

Муҳтавои асосии натиҷаҳои таҳқиқоти рисола дар семинарҳои Институти физикаю техникаи ба номи С. У. Умарови АМИТ (Душанбе, 2019 - 2022), баррасӣ шудаанд дар конфронсияҳои байналмилалӣ ва ҷумхуриявӣ зерин муҳокима шудаанд:

-*байналмилалӣ*: дар конфронси IV байналмилалии илмӣ «Масъалаҳои химияи физикӣ ва координатсионӣ». ДМТ-2019; конференсияи илмӣ байналмилалии «Омилҳои гидроиқлимӣ дар истифодаи захираҳои оби Осиёи Марказӣ» ДДХ - 2019; Конфронси

байналмилалии илмӣ-амалии «Пешомадҳои рушди илм ва маориф. Қисми 2» ДТТ-2019; Конференсияи X -уми илмию амалии «Хонишҳои Ломоносов», бахшида ба 75-солагии Ғалаба дар Ҷанги Бузурги Ватанӣ (1941-1945). (25-26 сентябри соли 2020) Қисми I. илмҳои табиатшиносӣ, филиали Донишгоҳи давлатии Маскав ба номи М.В.Ломоносов дар Душанбе; Конфронси VII байналмиллалии «Мушкилоти муосири физика», Душанбе, 2020; Конференсияи байналмиллалии илмию амалӣ дар мавзӯи: «Саноати электрикии Тоҷикистон. Проблемаҳои сарфаи энергия, самаранокии энергия ва истифодаи манбаҳои барқароршавандаи энергия» Донишгоҳи миллии таҳқиқоти филиали «ИЭМ» дар Душанбе, 2021.

-республикавӣ: дар конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалӣ, дар мавзӯи: «Масъалаҳои мубрами илмҳои табиатшиносӣ ва технология» бахшида ба 20-солагии омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва математикаи Донишгоҳи Русия-Тоҷикистон (славянӣ), (Душанбе, 28 октябри 2020); Конференсияи илмию амалии ҷумҳуриявӣ дар мавзӯи «Муаммоҳои муосири физикаи муҳитҳои конденсӣ ва физикаи ядрой» бахшида ба «20-солагии омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва математика дар соҳаи илм ва маориф», (Душанбе, 19 феврал), 2020); Конференсияи республикавии илмӣ-назариявӣ дар мавзӯи «Воситаҳои асосии инкишоф ва омӯзиши илмҳои табиатшиносии дақиқ ва математика: муаммоҳо ва роҳҳои ҳалли онҳо». Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шотемур – 2021.

Интишорот.

Аз рӯи натиҷаҳои рисола 31 мақолаи илмӣ, аз ҷумла 9 мақола дар маҷаллаҳои тақризии Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба таъби расидаанд.

Соҳтор ва ҳаҷми рисола.

Рисола аз муқаддима, тавсифи умумии қор, се боб бо зерфаслҳо, хулоса, рӯйхати истинодҳои адабиётҳо ва луғат. Қори рисола дар 137 саҳифаи матни компютерӣ, аз ҷумла 16 ҷадвал, 65 расм ва 206 истинодҳои адабиётҳо пешниҳод шудааст.

МАЗМУНИ АСОСИИ РИСОЛА

Дар *муқаддима* мубрамияти мавзӯи рисола асоснок карда шудааст, ҳадаф ва вазифаҳои таҳқиқот гузориш дода шудаанд, муҳтавои асосии ба ҳимоя пешниҳодшуда баён гардида, наwgонии илмӣ ва аҳамияти илмӣ ва амалии таҳқиқот нишон дода шудаанд.

Боби якум таҳлили тафсирии адабиётҳои истифодашуда ва гузориши масъалаи рисолаи илмиро дар бар мегирад. Натиҷҳои илмии адабиётҳои соҳавӣ оиди ҷузъҳои ионӣ ва карбонии аэрозолҳои атмосфера баррасӣ шудаанд. Дар ин боб баъзе ҷанбаҳои омӯзиши таркиби ионӣ ва карбонии АА оварда шудааст. Тавсифи хосиятҳои ионҳо ва ҷузъҳои карбон дар АА, ки дар атмосфера паҳн шудаанд, оварда шудааст. Масъалаҳои ифлосшавии муҳити зист бо ионҳо ва

чузъҳои карбон нишон дода шудаанд. Таҳқиқотҳои қаблӣ дар бораи чузъҳои ионӣ ва карбонии АА, ба таври муфассал баён карда шудаанд. Омӯзиши оқибатҳои ифлосшавии техногении объектҳои муҳити зист, аз ҷумла атмосфера бо чузъҳои ионӣ ва карбонӣ яке аз масъалаҳои муҳими экология ва назорати ҳавои муҳит мебошад. Умуман, дар боби якум комёбиҳои илмӣ ҳозиразамон дар соҳаи таҳқиқоти чузъҳои ионӣ ва карбонии аэрозолҳои атмосфера инъикос ёфтаанд.

Дар **боби дуюм** тарзу усулҳои ҷамъоварии намунаҳо, омода кардани намунаҳои АА баён карда шудааст. Маводи таҳқиқот системаҳои дисперсӣ: аэрозолҳои атмосфера мебошад. Ҷамъоварии намунаҳои аэрозол дар ҳудуди полигони назоратии лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С. У. Умарови АМИТ аз соли 2015 то 2016 доир гардидааст. Ҳамагӣ 181 намунаи АА ҷамъоварӣ ва таҳлил карда шуданд.

Усули ҷамъ кардан, интиқол додан ва нигоҳ доштани намунаҳо муфассал баён карда шудааст. Таҷҳизоти таҷрибавӣ барои ба даст овардани маълумот тавсиф карда шудааст. Миқдори ОС, ЕС, ТС, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, Br⁻, F⁻, PO₄³⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺ ва Ca²⁺ бо усулҳои хроматографияи ионӣ ва термографӣ муайян карда шуданд. Таҷҳизотҳо барои таҳлили чузъҳои ионӣ ва карбонии АА қобилияти баланди таҳлил дошта, имкон медиҳанд, ки дар бораи ионҳо ва чузъҳои карбонӣ маълумотҳои аниқу дақиқ ба даст оварда шавад.

Дар **боби сеюм** натиҷаҳои таҳқиқи чузъҳои ионӣ ва карбонии АА оварда шудаанд. Ҳамчун қиммати заминавии ҳар як чузъи омӯхташаванда қимати хурдтарини концентратсияи онҳо ҳангоми муттасил ҷамъовари намудани намунаҳо дар раванди таҷриба гирифта шудааст.

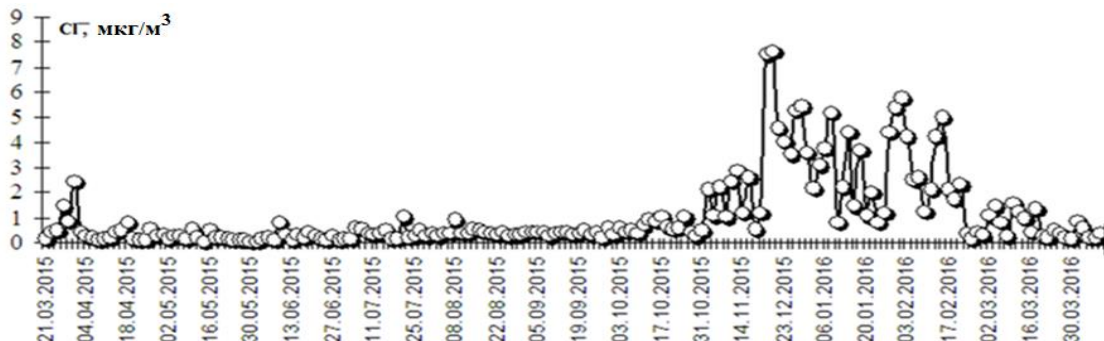
Дар ин боб тағйиротҳои рӯзона, моҳона ва мавсимии концентратсияи чузъҳои ионии АА: Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, Br⁻, F⁻, PO₄³⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺ ва Ca²⁺ оварда шудаанд.

Таркиби ионии намунаҳои аэрозолҳои ҷамъоваришуда ба ду гурӯҳ тақсим мешавад: анионҳо ва катионҳо.

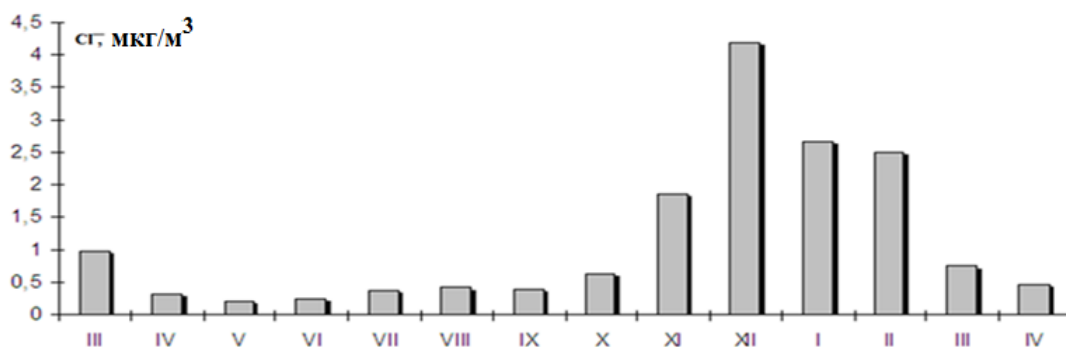
Гурӯҳи анионӣ. Гуруҳи анионҳо аз 7 анион иборат аст: хлор (Cl⁻), нитрат (NO₃⁻), сулфат (SO₄²⁻), нитрит (NO₂⁻), бром (Br⁻), фтор (F⁻) ва фосфат (PO₄³⁻).

Анионҳои хлор. Яке аз манбаъҳои асосии аниони хлор манбаи баҳрӣ ба ҳисоб меравад. Тағйирёбии рӯзонаи миқдори концентратсияи анионҳои хлор Cl⁻ дар аэрозоли атмосфера, ки дар рафти таҷриба ба даст оварда шудааст, дар расми 1 нишон дода шудааст. Дар расми 2 тағйироти моҳонаи концентратсияи аниони хлор дар аэрозоли атмосфера нишон дода шудааст. Дар расми 3 тағйироти мавсимии концентратсияи аниони хлор нишон дода шудааст, ки қимати баландтарин дар зимистон ва камтарин дар фасли баҳор ба мушоҳида мерасад.

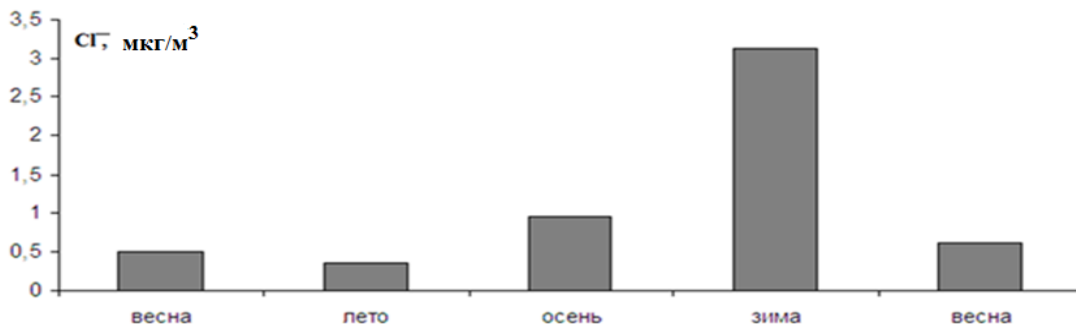
Қимати баландтарини концентратсияи аниони хлор ($7,64 \text{ мкг/м}^3$, 09.12.2015) муқаррар гардид ва чараёни хавой дар баландии 1000м аз болои халиҷи Бискай сар мешавад; 2000м- аз ҳудуди Ирландия; 3000м - аз болои баҳри Балеар (расми 4). Қимати миёнаи аниони хлор ($1,113 \pm 0,0175$) мкг/м^3 аст.



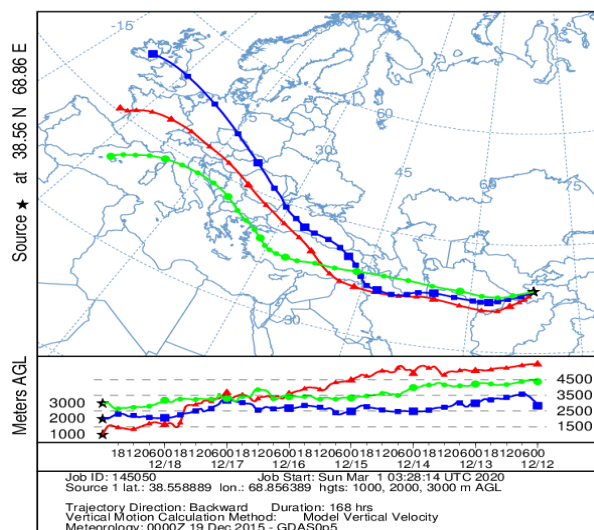
Расми 1. - Тағйироти рӯзонаи концентратсияи аниони хлор Cl^- дар аэрозолҳои атмосфера



Расми 2. - Тағйирёбии моҳонаи концентратсияи аниони хлор



Расми 3. Тағйироти мавсимии концентратсияи аниони хлор



Расми 4. - Масири баръаксии Ҷараёни ҳаво барои аниони хлор

Анионҳои нитрат ва сулфат. Манбаъҳои асосии ионҳои сулфат ва нитрат партовҳои корхонаҳои саноатӣ, манбаи гармиву барқидиҳӣ ва воситаи нақлиёт мебошанд. Тағйирёбии рӯзонаи консентратсияи таркиби NO_3^- аниони нитрат дар аэрозоли атмосфера ва моҳонаи консентратсияи аниони нитрат дар аэрозоли атмосфера омӯхта шудаанд. Тағйирёбии мавсимии аниони сулфат дар зимистон зиёдтарин ва дар тирамоҳ хурдтарин ба қайд гирифта шудааст. Қимати зиёдтарини миқдори консентратсияи анионҳои нитрат ($10,902 \text{ мкг/м}^3$) ва сулфат ($12,155 \text{ мкг/м}^3$) дар таърихи 15 феввали соли 2015 ва ҷараёни ҳавоӣ дар баландии 1000м аз Сурия оғоз меёбад; 2000м - аз болои баҳри Норвегия; 3000м аз Италия. Қимати миёнаи анионҳои нитрат ($2,603 \pm 0,024$) мкг/м^3 ва сульфат ($3,647 \pm 0,024$) мкг/м^3 аст.

Аниони нитрит. Тағйирёбии вобаста ба вақти консентратсияи аниони нитрат омӯхта шудаанд. Аниони нитрит қимати баландтаринро дар фасли зимистон ва пасттаринро дар фасли баҳор соҳиб аст. Ҳангоми қимати баландтарини консентратсияи аниони нитрит (19 феввали соли 2016 - $0,014 \text{ мкг/м}^3$) ҷараёни ҳавоӣ дар баландии 1000м ва 2000м- аз худуди Ўзбекистон оғоз меёбад; дар баландии 3000м - аз сарҳади Эрону Ироқ. Қимати миёнаи аниони нитрит ба ($0,004 \pm 0,0001$) мкг/м^3 . Ҷараёни ҳаво дар баландиҳои 1000м ва 2000м - 16.02.2016, қад-қади масирҳои ба сатҳи Замин наздик дар нуқтаи координатҳои $(38,654$ арзи шимолӣ; $69,016$ тӯли шарқӣ), ки дар он шаҳраки Чуянгарон воқеъ аст (қисми шарқии Душанбе, 28км аз макони Ҷамъоварии намунаҳо), мумкин аст, ки аз қабати болоии хок дар ин қитъаҳои масир ворид шудани анионҳои нитрит ба амал ояд.

Анионҳои бром. Яке аз манбаъҳои асосии аниони бром оби баҳр ва қулҳои шӯр мебошанд. Ҳар сол аз баҳр ва қулҳои шӯр ба атмосфера

кариб 40 миллион тонна бром партофта мешавад. Дар шахрҳои наздики баҳр концентратсияи анионҳои бром дар атмосфера нисбат ба шахрҳои дур аз баҳр зиёд аст. Тағйирёбии мавсимии аниони бром дар зимистон зиёдтарин мебошанд. Ҳангоми зиёдтарин будани концентратсияи аниони бром (17 декабри соли 2015, $0,038 \text{ мкг/м}^3$) ҷараёни ҳавоӣ дар баландии 1000м аз болои уқёнуси яхбастаи Шимолӣ ва дар 2000м – аз ҳудуди Арабистони Саудӣ дар наздикии Халиҷи Форс оғоз меёбад, ва дар баландии 3000м - аз болои Миср дар наздикии Баҳри Сурх. Қимати миёнаи концентратсияи аниони бром ($0,011 \pm 0,0002$) мкг/м^3 аст. Ҷараёни ҳавоӣ дар баландиҳои 1000м ва 2000м - 14.12.2015, қад-қади масирҳои ба сатҳи Замин наздик дар нуқтаи координатҳои (38,654 арзи шимолӣ; 69,016 тӯли шарқӣ), ки дар он шаҳраки Чуянгарон воқеъ аст (қисми шарқии Душанбе, 28км аз макони ҷамъоварии намунаҳо), мумкин аст, ки аз қабати болоии хок дар ин қитъаҳои масир ворид шудани аниони бром ба амал ояд.

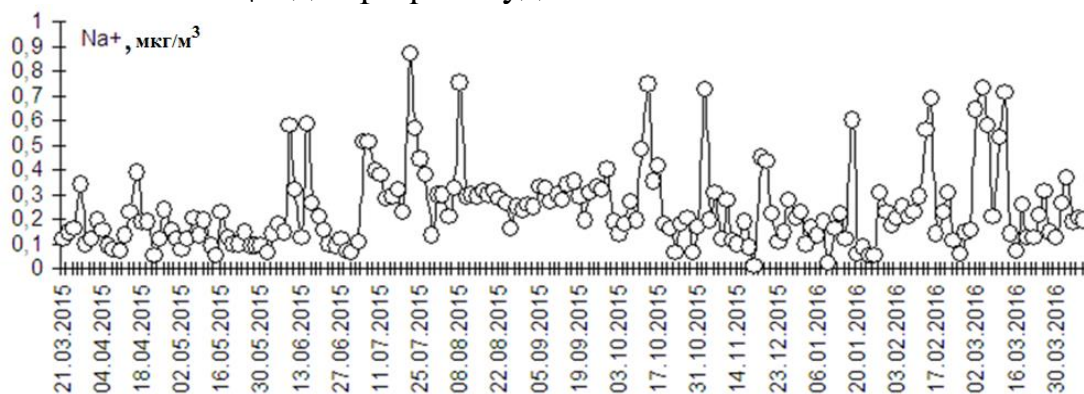
Анионҳои фтор. Аслан миқдори концентратсияи фтор дар атмосфера он қадар зиёд нест, вале дар ноҳияҳои саноатӣ (хусусан дар истеҳсоли алюминий) концентратсияи аниони фтор дар атмосфера зиёдтар аст. Чунин ифлосшавӣ асосан аз сабаби ноустувории пайвастагиҳои фторидҳо аз ваннаҳои криолити гудохта шуда ҳангоми истеҳсоли алюминий ба амал меоянд. Аз ин ҳулоса баровардан мумкин аст, ки яке аз манбаъҳои аниони фтор заводи алюминий мебошад. Зиёдтарин қиматҳои концентратсияи фтор дар фасли зимистон ва хурдтарин дар фасли баҳор мебошанд. Ҳангоми зиёдтарин будани концентратсияи анионҳои фтор (18.01.2016, $1,052 \text{ мкг/м}^3$) ҷараёни ҳаво дар баландии 1000м аз қисмати шимолии уқёнуси Атлантика оғоз мешавад; 2000м - аз ҳудуди Русия; 3000м - аз баҳри Норвегия. Қимати миёнаи концентратсияи аниони фтор ($0,172 \pm 0,0021$) мкг/м^3 аст. Ҷараёни ҳавоӣ дар баландии 2000м - 12.01.2015 аз рӯи масири ба сатҳи Замин наздик дар нуқтаҳои координатҳои (39,478 арзи шимолӣ; 67,581 тӯли шарқӣ) дар наздикии деҳаи Тошмунори Панҷакент (150км аз қисми шимолу ғарбии макони ҷамъоварии намунаҳо). Аз он ҷо, эҳтимолан, манбаи сарзадани ионҳои фтор ба амал омадааст.

Анионҳои фосфат. Анионҳои фосфат дар атмосфера ҳангоми васеъ истифода бурдани нуриҳои фосфатӣ (суперфосфат ва ғайра) ва полифосфатҳо (ҳамчун воситаҳои шустушӯӣ) ба вуҷуд меоянд. Тағйироти вобаста ба вақти концентратсияи анионҳои фосфат дар аэрозоли атмосфера омӯхта шудаанд. Қиматҳои баландтарини концентратсия дар фасли зимистон ба қайд гирифта шудаанд ва камтарин дар фасли зимистон низ ба қайд гирифта шудаанд. Ҳангоми қимати баландтарини концентратсияҳои аниони фосфат (31 декабри соли 2015 - $0,439 \text{ мкг/м}^3$) ҷараёни ҳавоӣ дар баландии 1000м аз болои уқёнуси

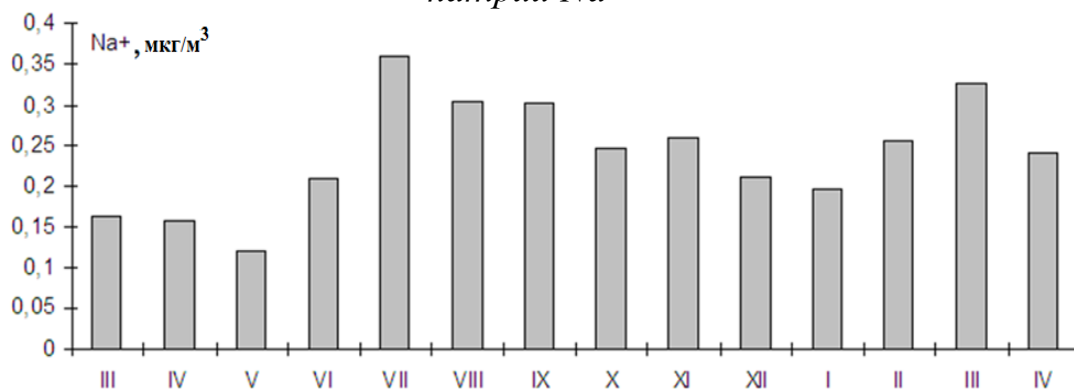
Шимолӣ Атлантика оғоз меёбад; 2000м - аз болои қаламрави Русия; 3000м - аз болои халиҷи Сент Лоренси Канада. Қимати миёнаи аниони фосфат ($0,009 \pm 0,0006$) мкг/м³ аст.

Гуруҳи катионӣ. Дар таҳқиқот панҷ катионҳо омӯхта шуданд: натрий (Na^+), аммоний (NH_4^+), калий (K^+), магний (Mg^{2+}) ва калтсий (Ca^{2+}).

Катионҳои натрий ва магний. Яке аз калонтарин манбаҳои катиони натрий ва магний дар аэрозолҳои атмосфера уқёнусҳо, баҳрҳо ва манбаҳои ба эрозияи хок гирифташуда мебошанд. Тағйироти рӯзонаи миқдори концентратсияи катионҳои натрий дар аэрозолҳои атмосфера, ки дар раванди таҷриба ба даст оварда шудаанд, дар расми 5 нишон дода шудаанд. Дар расми 6 тағйироти моҳонаи концентратсияи катионҳои натрий дар аэрозоли атмосферӣ нишон дода шудааст. Дар расми 7 тағйироти мавсимии концентратсияи катионҳои натрий нишон дода шудааст, ки қиматҳои баландтарин дар тобистон ва пасттарин дар фасли зимистон ба қайд гирифта шудааст.

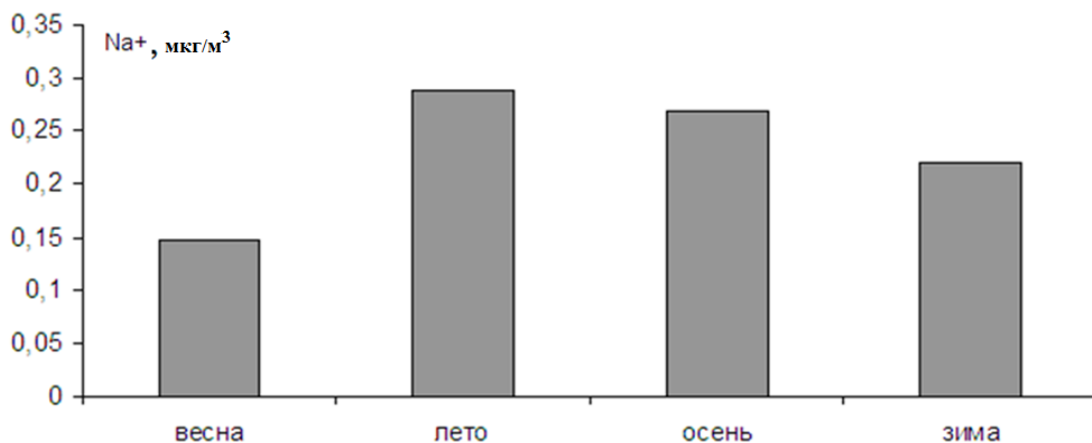


Расми 5. - Тағйироти рӯзонаи концентратсияи таркиби катионҳои натрий Na^+

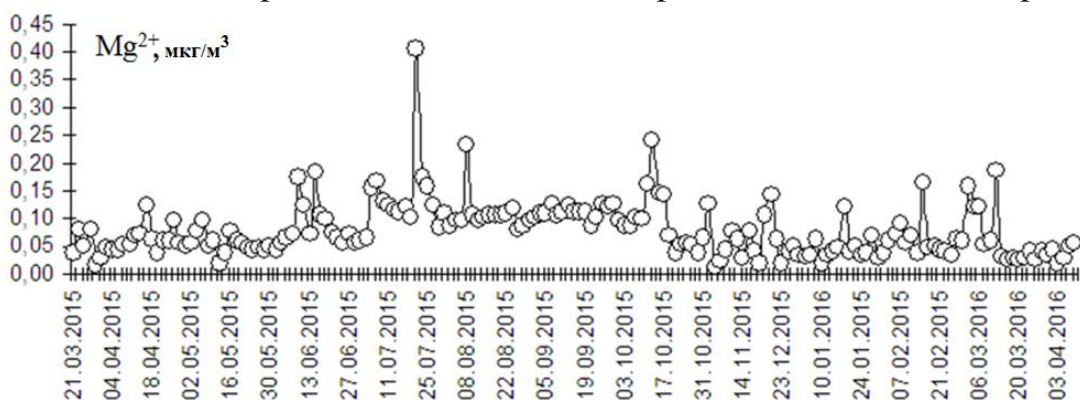


Расми 6. - Тағйирёбии моҳонаи концентратсияи катионҳои натрий

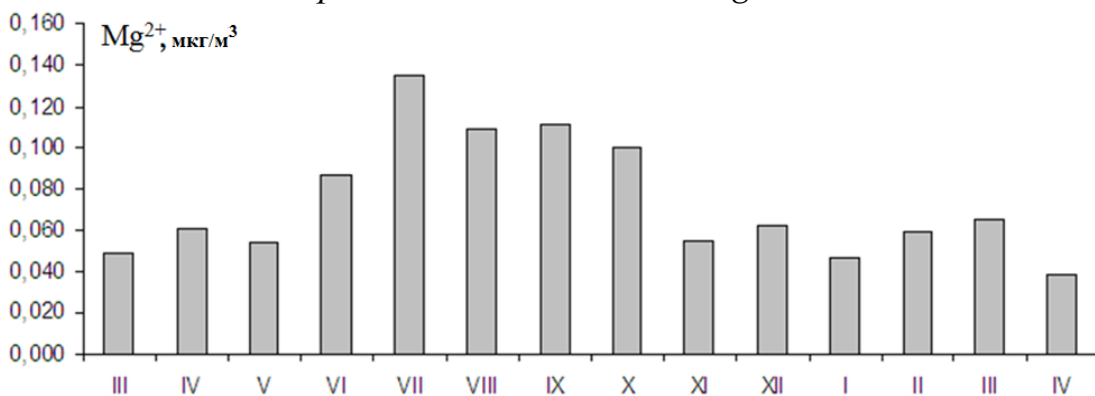
Тағйирёбии рӯзонаи таркиби катиони магнийи Mg^{2+} дар аэрозолҳои атмосфера, дар расми 8 нишон дода шудааст. Дар расми 9 тағйироти моҳонаи концентратсияи катионҳои магний дар аэрозолҳои атмосфера нишон дода шудааст. Дар расми 10 тағйироти мавсимии концентратсияи катионҳои магний, ки дорои баландтарин қиматҳо дар тобистон ва камтарин дар тирамоҳ мебошад нишон дода шудааст.



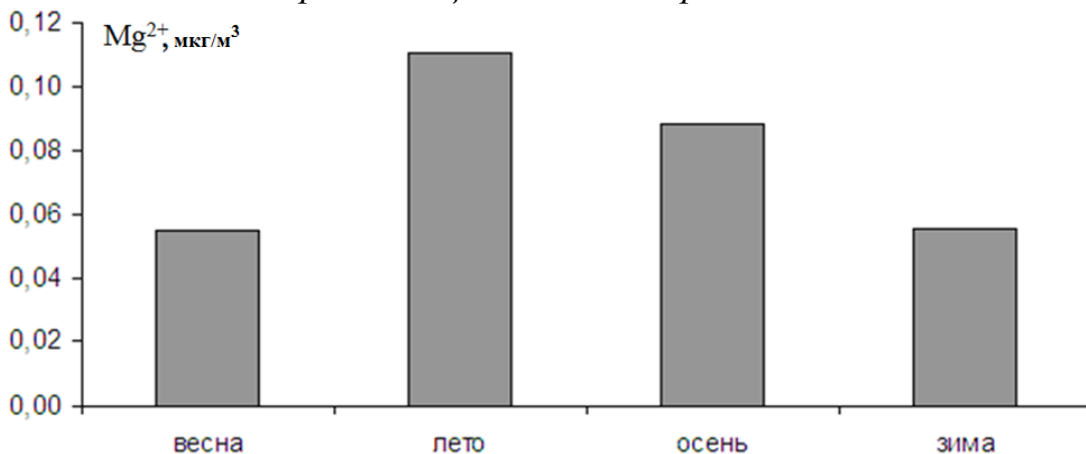
Расми 7. - Тағйироти мавсимии консентратсияи катиони натрий



Расми 8. - Тағйироти рӯзонаи консентратсияи таркиби катиони магний Mg²⁺

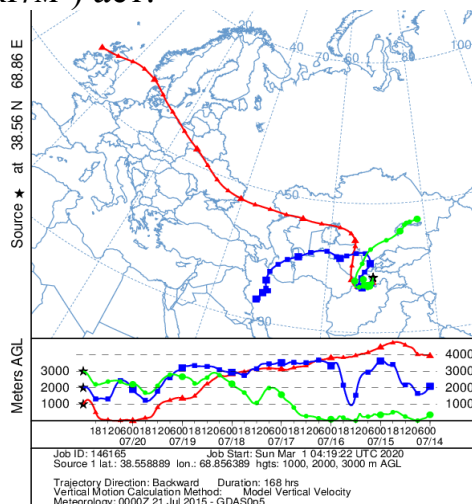


Расми 9. - Тағйирёбии моҳонаи консентратсияи катиони магний



Расми 10. - Тағйироти мавсимии консентратсияи катиони магний

Ҳангоми қимати баландтарини катиони натрий ($0,87 \text{ мкг/м}^3$) ва магний ($0,406 \text{ мкг/м}^3$) – 21.07.2015., чараёни ҳавой дар баландии 1000м - аз қисми шимолии уқёнуси Атлантик оғоз мешавад; дар баландии 2000м - аз болои сарзамини Эрон; ва 3000м - аз кули Балхаш (расми 11). Қимати миёнаи концентратсияи катионҳои натрий ($0,247 \pm 0,0019 \text{ мкг/м}^3$) ва магний ($0,081 \pm 0,0006 \text{ мкг/м}^3$) аст.



Расми 11. - Масири баръаксии чараёнҳои ҳаво барои катиони магний

Чараёни ҳаво аз рӯи масир дар баландии 2000м (Расми 11) - 14.07.2015 ба сатҳи Замин дар макони бо координатҳои (37.016 арзи шимолӣ; 67.092 тӯли шарқӣ) дар наздикии деҳаи Задион (Афғонистон) мефарояд ки он дар 280км ҷанубу ғарб аз макони ҷаъоварии намуна ҷойгир аст), ва дар назар аст, ки дар он ҷо шояд ионҳои натрий ва магний аз қабати болоии хок ҷамъ шуда бошанд.

Катиони аммоний. Манбаи асосии катиони аммоний дар аэрозолҳои атмосфера пайдоиши газӣ-фазаӣ мебошад. Тағйироти вобаста ба вақти концентратсияи катиони аммоний дар аэрозолҳои атмосфера омӯхта шудаанд. Қимати баландтарин дар фасли зимистон ва камтарин дар фасли баҳор мушоҳида шуданд. Ҳангоми қимати зиёдтарини концентратсияи катиони аммоний ($8,696 \text{ мкг/м}^3$ - 02.01.2016) чараёни ҳавой дар баландии 1000м аз Қазоқистон дар наздикии баҳри Каспий оғоз меёбад; 2000м - аз наздикии Шпитсберг; 3000м - аз болои қаламрави Украина. Қимати миёнаи катионҳои аммоний ($1,282 \pm 0,0173 \text{ мкг/м}^3$). Чараёни ҳаво аз рӯи масирҳо дар баландҳои 1000м ва 2000м - 26.01.2016 аз наздикии сатҳи Замин бо координатҳои (38,579 арзи шимолӣ; 68,693 тӯли шарқӣ) мегузарад, ки дар он ҷо манбаи гармиву барқдиҳии ғарбии Душанбе (12километр дуртар аз макони ҷамъоварии намунаҳо ҷойгиранд) воқеъ аст, ки аз ҷо катионҳои аммоний аз қабати болоии хок сарчашма гирифтаанд.

Катионҳои калий. Яке аз манбаҳои асосии катионҳои калий дар аэрозолҳои атмосфера уқёнусҳо мебошанд. Қимати баландтарини концентратсия дар моҳи декабр (2015) дар фасли зимистон ва камтарин

дар фасли баҳор ба қайд гирифта шудааст. Масири баръаксӣ дар таърихи рӯзе, ки миқдори консентратсияи зиёди катионҳои калий ($1,65 \text{ мкг/м}^3$; 27 декабри соли 2015) дида мешавад аз баҳри Сиёҳ дар баландии 1000м ҷараёни ҳаво оғоз мешавад; дар баландии 2000м ва 3000м - аз қисми шимолии уқёнуси Атлантик оғоз меёбад. Қимати миёнаи консентратсияи катионҳои аммоний ($0,551 \pm 0,0032 \text{ мкг/м}^3$) аст. Маҷрои ҳавой қад - қади масир 2000м - 22 декабри соли 2015 ба сатҳи Замин дар макони бо координатҳои (33,058арзи шимолӣ; 47,566тӯли шарқӣ) дар наздикии деҳаи Бон-Баба-Ян (Эрон, 2040 км ҷанубу ғарби макони ҷамъоварии намуна ҷойгир аст) фуруд меояд, ки дар он ҷо катионҳои калий аз қабати болоии хок сарчашма мегирад.

Катионҳои калсий. Манбаъҳои асосии катионҳои калсий ба атмосфера коркарди ашёи хоми табиӣ, истеҳсоли семент ва обҳои партовӣ (дар истеҳсоли коғаз, маводи кимиёвӣ ва дорусозӣ истифодашуда) мебошанд, калсий дар обҳои партови маишӣ низ мавҷуд аст. Манбаи дигари калсий ин протсессҳои эрозияи хок мебошад. Баландтарин қиматҳо дар фасли баҳор ва камтарин дар тирамоҳ дида мешавад. Ҳангоми қимати зиёдтарини консентратсияи катионҳои калсий ($6,248 \text{ мкг/м}^3$, 03.12.2016) дар атмосфера дар баландии 1000, 2000 ва 3000м, аз Ироқ оғоз меёбад. Қимати миёнаи катионҳои аммоний ($2,13 \pm 0,0123 \text{ мкг/м}^3$) аст. Ҷараёни ҳаво дар тамоми масирҳо - 10.0.2016, дар наздикии сатҳи Замин дар нуқтаи координатҳои (38.579 арзи шимолӣ; 68.693 тӯли шарқӣ), ки дар он Нерӯгоҳи барқию гармидиҳӣ ҷойгир аст (12 км аз ғарби макони ҷамъоварии намунаҳо ҷойгиранд) мегузарад, эҳтимолан катионҳои калсий аз он ҷо сарчашма гирад.

Дар боби 3 инчунин натиҷаҳои таҳқиқоти ҷузъҳои карбонии аэрозолҳои атмосфера дар минтақаи нимхушк оварда шудаанд. Фраксияҳои карбон, ки аз 10% то 50%-и консентратсияи зарраҳои аэрозолро ташкил медиҳанд барои шаффофияти атмосфера, саломатии инсон, тавозуни радиатсионии замин ва захираҳои маъдани он аҳамияти калидӣ дорад.

Аэрозолҳои карбон ба гурӯҳҳои зерин ҷудо мешаванд: карбони органикӣ (OC), карбони элементарӣ (EC), карбони ғайриорганикӣ (CC). Карбони органикӣ (OC) одатан аз манбаҳои якумин ва дуоимин пайдо мешаванд, чуноне, ки карбони элементарӣ (EC) асосан аз сӯзишвориҳои нимсӯхта, сӯзишвориҳои саноатӣ, гармидиҳӣ, ҳангоми истеҳсоли оҳан ва пӯлод ва аз партовҳои воситаи нақлиёт ҳосил мешавад. Дар тадқиқотҳои қабли қайд карда шуд, ки ҳам карбони органикӣ (OC) ва ҳам карбони элементарӣ (EC) метавонанд аз партовҳои ангишт сӯзишвории ангишт ҳосил шаванд.

Ҷамъоварии аэрозоли атмосферии андозаи зарраҳои то 10 мкм (PM10) дар филтри сатҳи кварси доштаи навъи quartz fiber filters (МК 360, MUNKTELL) дар ҳаҷми баланд дар ҷангҷамъкунаки навъи DNA-80, DIGITEL барои 72 соат (ҳаҷми ҷангҷамъкунак ҳангоми озмоиши

CADEX 1520м³ буд) анҷом дода шуд. Шумораи умумии намунаҳои аэрозоли атмосферии адозаи зарраҳояш то 10 мкм (PM10) ба 181 адад баробар аст. Намунаҳои ҷамъовардашуда дар институту илмӣ-тадқиқотии тропосфераи олмон ба номи Лебнитс (TROPOS) омӯхта шуд. Намунаҳо дар контейнерҳои махсус дар сармодонҳо то лаҳзаи таълили лабораторӣ нигоҳдошта мешавад. Ҷенкунии вазн ва таҳлили кимиёвии намунаҳои аэрозолҳо дар лабораторияи институту номбурда бо истифода аз таҷҳизотҳои пешрафта анҷом дода шуданд.

Дар ҷадвали 1 ташхиси омории мавҷудияти карбон дар аэрозоли атмосферӣ пешниҳод карда шудааст. Тағйироти рӯзонаи мавҷудияти карбони органикӣ(ОС) дар аэрозоли атмосферӣ дар давоми озмоиш дар расми 12 оварда шудааст, ки дар таърихи 19.12.2015 қимати аз ҳама баландтарин дорад (52.1 мкг/м³).

Дар таърихи рӯзе, ки миқдори консентратсияи зиёдтарини ҳамаи ҷузъҳои карбондори аэрозоли атмосфера (19 декабри соли 2015) муайян карда шудааст, ҷараёни ҳаво, дар тамоми баландиҳо аз биёбони Такла-Макан оғоз меёбад (расми 13).

Дар расми 12в тағйироти мавсимӣ дар ОС нишон дода шудааст. Консентратсияи баландтарин дар фасли зимистон, пасттарин дар фасли баҳор ва тобистон пайдо шудааст.

Қимати аз ҳама баландтарини карбони органикӣ(ОС) 19.12.2015 (52,1мкг/м³) камтарин 0.007 мкг/м³ ва миёна 11.6 мкг/м³ ба қайд гирифта шудааст.

Расми 12б. тағйироти моҳонаи таркиби карбони органикӣ (ОС) дар аэрозоли атмосфериро нишон медиҳад. Нишон медиҳад, ки қимати аз ҳама баландтарин дар моҳи декабр аст.

Ҷадвали 1. -Хосияти омории мавҷудияти карбон дар аэрозоли атмосферӣ дар давраи озмоиши CADEX

Параметр, мкг/м ³	ОС	ЕС	ТС	ОМ	МС
<C>	12.24	2.89	14.45	18.72	79.67
C _{max}	52.11	8.68	53.88	83.38	433.91
C _{min}	0.007	0.00	0.01	0.01	2.03
σ	9.77	1.31	9.98	15.81	54.42
V	0.80	0.45	0.69	0.84	0.68
S _n	0.05	0.01	0.06	0.09	0.30
N	181	181	181	181	181
t _c	2.59	2.59	2.59	2.59	2.59
P	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
δ	2.43	0.3	2.48	3.92	13.51
D	14.66	2763.16	5281.86	7379.65	213.71

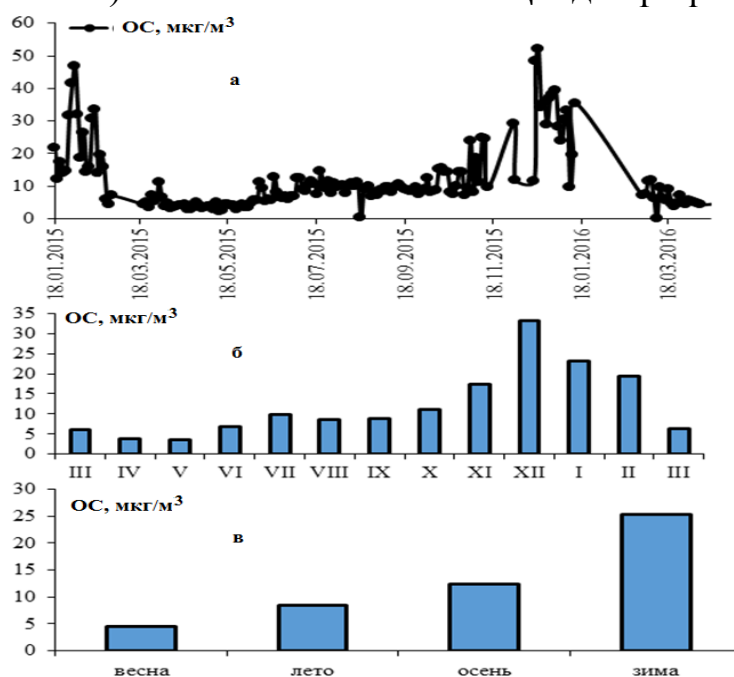
Дар байни ОС ва ТС (r=0.99), ОС ва Cl⁻ (r=0.94), ОС ва NH₄⁺ (r=0.85), ОС ва NO₃⁻ (r=0.73), ОС ва K⁺ (r=0.73), ОС ва ОМ (r=1)

муносибат назаррас аст. (ҷадвали 2). Муодилаҳои регрессии муносибатҳои назарраси ОС бо ҷузъҳои дигар дар (ҷадвали 3) оварда шудааст.

Ҷадвали 2. - Коэффициенти коррелясияи консентратсияи ҷузъҳои карбон дар аэрозоли атмосферӣ дар давраи озмоиши CADEX

	EC	TC	OM	MC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	OX	NO ₂	F ⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
OC	0.21	0.99	1.00	0.29	0.94	0.73	0.51	0.39	-0.04	0.21	0.20	0.85	0.73	0.37	0.08
EC		0.34	0.21	0.43	0.04	0.15	0.13	0.10	0.17	0.35	0.33	-0.03	0.38	0.38	0.37
TC			0.99	0.34	0.91	0.72	0.51	0.39	-0.02	0.25	0.24	0.81	0.75	0.09	0.13
OM				0.29	0.94	0.73	0.51	0.39	-0.04	0.21	0.20	0.85	0.73	0.04	0.08
MC					0.17	0.37	0.56	0.45	0.05	0.48	0.76	0.19	0.46	0.88	0.71

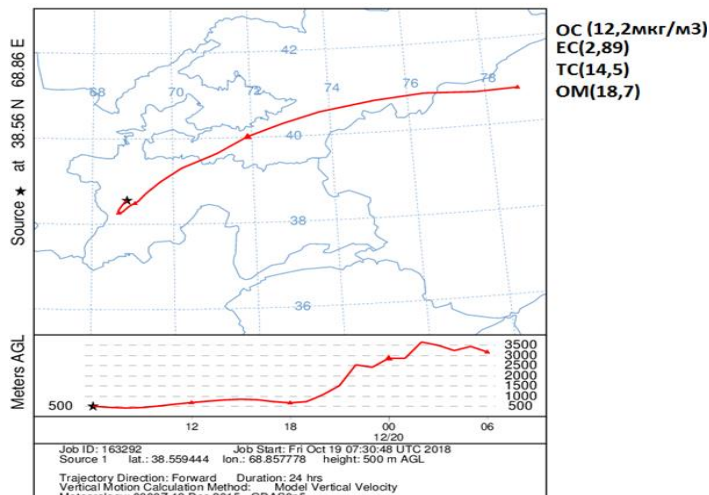
Тағйироти рӯзонаи мавҷудияти карбони элементарӣ (EC) дар аэрозоли атмосферӣ дар давраи озмоиш дар расми 13а пешниҳод карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки қимати аз ҳама баландтарини карбони элементарӣ (EC) дар зимистон камтарин баҳору тобистон аст. Қимати аз ҳама баландтарини карбони элементарӣ (EC) дар таърихи 19.12.2015г. (8.67 мкг/м³) ва миёна 2.9 мкг/м³ ба қайд гирифта шудааст.



Расми 12. -Тағйироти рӯзона (а), моҳона (б), мавсимӣ (в) –и мавҷудияти карбони органикӣ (ОС) дар аэрозоли атмосферӣ

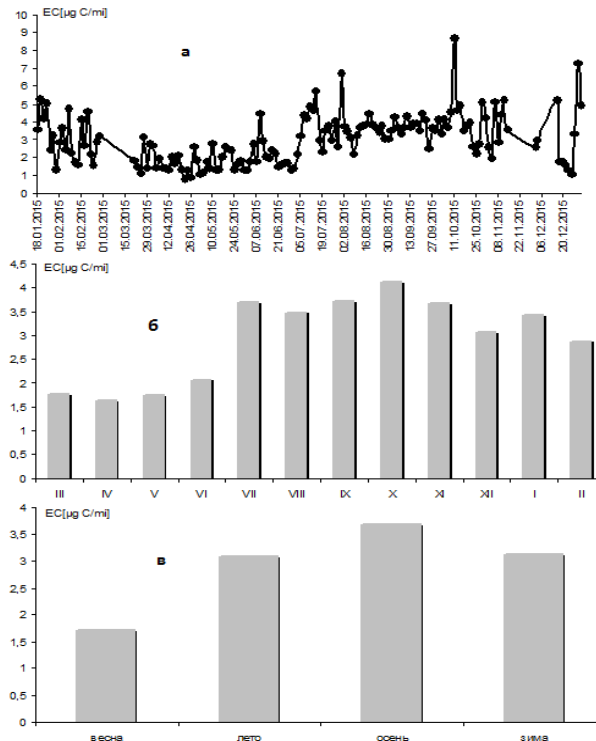
Дар расми 14б, тағйироти моҳонаи мавҷудияти карбони элементарӣ (EC) дар аэрозоли атмосферӣ нишон дода шудааст. Дар расми 14в., тағйироти мавсимии мавҷудияти карбони элементарӣ (EC) дар аэрозоли атмосферӣ пешниҳод карда шудааст ва инчунин нишон дода шудааст, ки қимати аз ҳама баландтарини карбони элементарӣ (EC) ба фасли тирамоҳ рост меояд. Карбони элементарӣ (EC) дар худудҳои

0.003-8.7 мкг/м³ тағйир меёбад, ки аз дигар қиматҳо фарқ мекунад, ин маълумот аз расадхонаи Капе - Верди гирифта шудааст. Дар байни карбони элементарӣ (ЕС) ва дигар ҷузъҳо муносибати назаррас вучуд надорад.



Расми 13. - Масири баръаксии сели аэрозоли атмосферӣ

Тағйироти мавсимии консентратсияи онҳо муайян карда шудааст, қимати аз ҳама баландтарини консентратсияи карбони органикӣ (ОС), дар зимистон (52.1 ± 6.6 мкг/м³), ва карбони элементарӣ (ЕС) тирамоҳ (8.68 ± 0.63 мкг/м³), мувофиқан қимати аз ҳама пастарин дар фасли баҳор аст.



Расми 14. - Тағйироти рӯзона (а), моҳона (б), мавсимӣ (в) мавҷудияти карбони элементарӣ (ЕС) дар аэрозоли атмосферӣ

Тағйирёбии мавсимии концентратсияи ҷузъҳои карбон муайян карда шудааст. Инчунин муайян карда шудааст, ки қимати аз ҳама баландтарини карбони умумӣ (ТС), ташкилдиҳандаи органикӣ (ОМ) зимистон (53.9 ± 6.6 мкг/м³ ва 83.4 ± 10.8 мкг/м³), концентратсияи массавӣ (МС) тобистон (434.1 ± 39.7 мкг/м³) ба қайд гирифта шудааст. Дар баробари ин муайян карда шудааст, ки қимати аз ҳама камтарини концентратсияи онҳо дар фасли баҳор аст. Қимати миёнаи мавсимии концентратсияи карбони органикӣ (ОС) РМ₁₀ бо тартиби зерин тағйир меёбанд: зимистон > тирамоҳ > тобистон > баҳор, дар як вақт карбони элементарӣ (ЕС) - ҳам бо чунин тартиб тирамоҳ > тобистон > зимистон > баҳор, тағйир меёбанд. Коэффитсенти ОС/ЕС дар зимистон ба 9.79, дар тирамоҳ ба 2.9, дар тобистон ба 2.83 ва дар баҳор ба 2.41 баробар аст, ки мутаносибан аз бештар будани манбаҳои аэрозоли органикӣ дар шаҳри Душанбе дарак медиҳад. Манбаҳои аэрозоли карбондор дар РМ₁₀, вобаста аз мавсими сол ба таври назаррас фарқ мекунанд, дар байни онҳо гази аз нақлёт ҳосил шуда, ангишти фурузон ва биомасс бештар мебошад.

Тағйирёбии рӯзонаи карбони умумӣ (ТС – total carbon) дар аэрозоли атмосфера дар давраи омӯзиш қимати аз ҳама баландтарини концентратсия дар зимистон ошкор карда шудааст ва аз ҳама камтаринаш фасли баҳору тобистон. Қимати аз ҳама баландтарини ТС дар таърихи рӯзи 19.12.2015 (57 мкг/м³) ва миёна 14.8 мкг/м³ ба қайд гирифта шудааст.

Доираи тағйирёбии ТС дар фосилаҳои $0.001-54$ мкг/м³ аст. Дар байни ТС ва ОМ ($r=0.98$), ТС ва Cl⁻ ($r=0.91$), ТС ва NH₄⁺ ($r=0.81$), ТС ва NO₃⁻ ($r=0.72$) ва ТС ва K⁺ ($r=0.75$) муносибат назаррас аст.

Ҷадвали 3. - Муқоисаи ҷузъҳои аэрозоли атмосфера дар давраи таҷрибаи CADEX

Ҷузъҳо	Капе Верди [14]	Душанбе
МС	47.2	2.03-434
Чанг	25.9	1.11-239
Намаки баҳрӣ	11	1.6
ОМ	1.02	0.011-83.4
ЕС	0.13	0.083-8.67

Қимати аз ҳама баландтарини концентратсияи таркиби аэрозоли органикӣ (ОМ – organic matter)- тирамоҳу зимистон ба ҳисоб рафта қимати аз ҳама камтаринашон фасли баҳор ба ҳисоб меравад. Қимати баландтарини концентратсияи миқдори аэрозоли органикӣ (ОМ – organic matter) дар таърихи рӯзи 19.12.2015 (83.4 мкг/м³) ба қайд гирифта шудааст, таносуби назаррас байни ОМ ва NH₄⁺ ($r=0,85$) ва байни ОМ ва NO₃⁻ ва K⁺ ($r=0,73$) дида мешавад.

Қимати баландтарини концентратсияи МС дар таърихи рӯзи 21.07.2015 (434 мкг/м³) ва миёнааш 82.4 мкг/м³ ба қайд гирифта шудааст.

МС дар фосилаҳои 2.03-434 мкг/м³ тағйир меёбад. Коэффисиенти коррелятсияи байни МС ва Na⁺ (r=0.76); МС ва Mg²⁺ (r=0.88) ва МС ва Ca²⁺ (r=0.71) назаррас аст.

Дар қадвали 4 тағйирёбии мавсимии ҷузъҳои аэрозоли атмосфера дар давраи озмоиш (CADEX) нишон дода шудааст. Чи хеле, ки маълум аст қимати баландтарини концентратсияи ОС (52.1 мкг/м³), ТС (53.8 мкг/м³) ва ОМ (83.4 мкг/м³) зимстон, ЕС (8.7 мкг/м³) тирамоҳ ва МС (434 мкг/м³) тобистон.

Дар қадвали 5 инчунин тамоюли миёнаи квадрати ва фосилаи боварибахш барои ин ҷузъҳо оварда шудааст.

Барои муайян кадани концентратсияи карбони органикии дувумин (SOC) ва якумин (POC) аз таносуби зерин истифода кардан мумкин аст:

$$SOC = OC_{total} - (OC/EC)_{min} \quad (1)$$

$$POC = OC_{total} - SOC \quad (2)$$

Дар расми 15 тағйирёбии таносуби ОС/ЕС концентратсияи карбони органикии дувумин (SOC) ва якумин (POC) оварда шудааст.

Қадвали 4. - Тағйирёбии мавсимии миқдори концентратсияи массавӣ (МС) дар аэрозоли атмосфера дар давраи озмоиши CADEX

	баҳор	тобистон	тирамоҳ	зимистон
МС: >200 мкг/м ³	-	5	1	-
МС: 90-200 мкг/м ³	2	20	16	7
МС: 20-90 мкг/м ³	33	20	23	16
МС: <20 мкг/м ³	1	1	-	1
ҷамъ	36	46	40	24

Натиҷаи ҳисобҳо нишон медиҳанд, ки коэффисиенти ОС/ЕС аз қиматҳои зерин иборат аст: дар зимистон 9.79, дар тирамоҳ 2.9, тобистон 2.83, ва дар баҳор 2.41, аз он шаҳодат медиҳад, ки аэрозолҳои органикии дувумин дар шаҳри Душанбе хеле фаровон мебошад. Манбаҳои аэрозоли карбондор вобаста аз фасли сол тағйир меёбанд ва аз тарафи газҳои ихроҷи воситаи нақлёт, ангишт ва биомасса дар таркиби PM10 ба вуҷуд меоянд.

Тағйирёбии концентратсияи мавсимӣ муайян карда шуд, ки сатҳи баландтарини ОС, ТС ва ОМ дар зимистон мувофиқан (52,1 ± 6,6 мкг/м³; 53,9 ± 6,6 ва 83,4 ± 10,8), МС дар тобистон (434,1 ± 39,7 мкг/м³) ва сатҳи пасттарин дар баҳор аст. Концентратсияи миёнаи мавсимии ОС (карбони органикӣ) дар PM10 дар тартиби зимистон>тирамоҳ>тобистон>баҳор, дар ҳоле ки ЕС (карбон элементӣ) дар тартиби тирамоҳ>тобистон>зимистон>баҳор фарқ мекард. Таносуби ОС/ЕС 9,79 буд; 2,9; 2,83 ва 2,41 дар фасли зимистон, тирамоҳ, тобистон ва баҳор, ки аз фаровонии аэрозолҳои органикии дуюмдараҷа дар Душанбе шаҳодат

медиҳад. Сарчашмаҳои аэрозолҳои карбонатӣ вобаста ба фаслҳо ба таври назаррас фарқ мекарданд ва аз ҳисоби ихроҷи мошинҳо ва сӯхтани ангишт ва биомасса дар PM10 бартарӣ доштанд.

Ҷадвали 5. - Тағйироти мавсимии ҷузъҳои АА ҳангоми таҷрибаи CADEX

Мавсим	Зимистон					Баҳор				
	<C>	C _{max}	C _{min}	σ	δ	<C>	C _{max}	C _{min}	σ	δ
ОС	28.4	52.1	7	12.6	6.6	4.1	11.1	2.2	1.6	0.9
ЕС	2.9	7.3	1	1.5	0.8	1.7	3.1	0.8	0.6	0.4
ТС	31.3	53.9	10.2	12.8	6.6	5.8	13.9	3.5	2	1.2
ОМ	45.4	83.4	11.2	20.2	10.5	6.6	17.8	3.6	2.5	1.5
Mass	79	152	31.5	31.7	16.4	44.5	108.9	18.4	20	12.1

Мавсим	Тобистон					Тирамоҳ				
	<C>	C _{max}	C _{min}	σ	δ	<C>	C _{max}	C _{min}	σ	δ
ОС	8.5	14.5	0.2	2.7	14	11	24.9	7.2	4.7	2.6
ЕС	3	6.7	0	1.3	07	3.8	8.7	1.9	1.1	0.6
ТС	11.5	18	0.2	3.7	1.9	15	28.9	9.9	5	2.8
ОМ	13.6	23.1	0.3	4.3	2.2	18	39.8	11.6	7.5	4.2
Mass	110.9	433.9	2	76.7	39.8	90	298.3	31.9	47	26.2

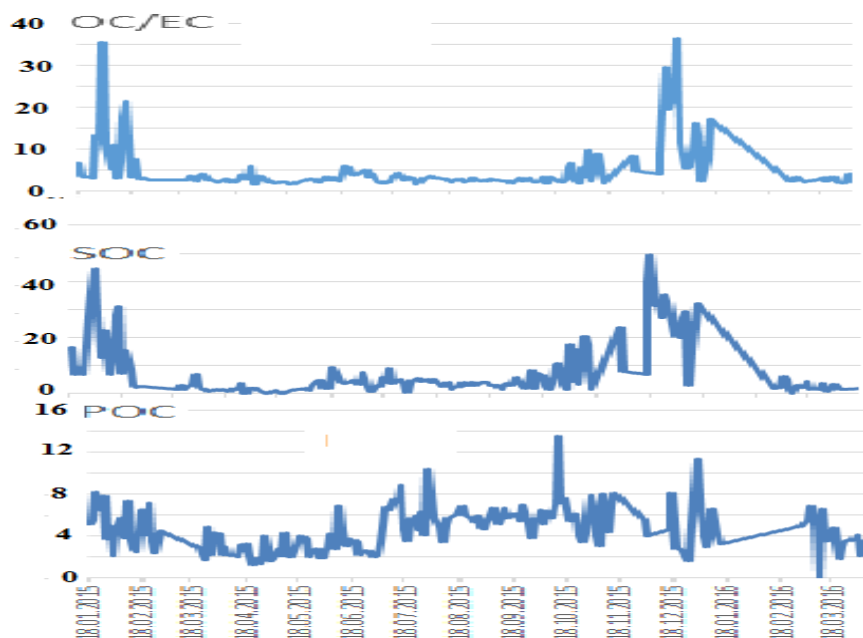
Ҷадвали 6 нишон медиҳад, ки миқдори намунаҳои дар ҳар як фасл ҷамъоваришуда чанд фоизи тамоми намунаҳои дар ҳамаи фасл ҷамъоваришударо ташкил медиҳад. Аз ҷадвал дида мешавад, ки консентратсияи баландтарини карбони органикӣ ва карбони умумӣ (ТС) дар фасли зимистон ва карбони элементарӣ дар тирамоҳ мушоҳида мешавад.

Дар боби 3 инчунин таҳлили муқоисавии таркиби анионӣ ва катионии аэрозолҳои атмосфера ва таҳлили муқоисавии компонентҳои карбони аэрозоли атмосфераи минтақаи нимхушки Тоҷикистон бо минтақаҳои дигари ҷаҳон оварда шудаанд.

Ҳудуди тағйирёбии консентратсияи анионҳо дар атмосфераи шаҳри Душанбе ва дигар минтақаҳои ҷаҳон оварда шудаанд.

Дар ҳарорати баланди ҳаво, ки барои Тоҷикистон ва дигар ноҳияҳои минтақаи хушк нимхушк хос аст, суръати баланди реаксияҳои кимиёвӣ дар газҳо ба вуҷуд омадани шиддатнокии анионҳоро дар фазаи газ таъмин мекунад. Ионҳои сулфат аз ҳисоби партовҳои, ки аз корхонаҳои саноатии пайвастиҳои сулфур истеҳсолкунанда ва воситаҳои нақлиёт ҳосил мешаванд, аз ҳисоби олушавии хок, бо зарраҳои намаки баҳр, оби партовҳои корхонаҳои саноатии бофандагӣ

ва хурокворӣ ба атмосфера ворид мешаванд. Таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки миқдори зиёди сулфатҳо на танҳо аз ҳисоби минтақаҳои дорои иқтидори баланди саноатӣ ва партовҳои пайвастагиҳои сулфур (Сан-Хосе, Тайван, Пекин), балки аз ҳисоби минтақаҳо, ки иқлимашон гарм дар биёбон ва минтақаи нимбиёбон (Душанбе, Юлин ва Макка) қарор дошта ба атмосфера ворид мешавад.



Расми 15. - Тағйирот дар таносуби ОС/ЕС, карбони органикии дуюмин (SOC) ва карбони якумини органикӣ (POC)

Ҷадвали 6. - Тақсими мавсимии консентратсияи карбон аз руи фоида

Мавсим	ОС	ЕС	ТС
Баҳор %	7	12	8
Тобистон %	20	30	21
Тиранмоҳ %	22	32	24
Зимистон %	51	26	47

Муқоисаи маълумоти дар ш. Душанбе ба даст овардашуда бо таркиби ионҳои аэрозолӣ бо шаҳрҳои дорои шароити иқлимашон яхела, яъне дар минтақаҳои биёбони хушкзаминӣ воқеъ гардида, аз сатҳи нисбатан пасти ионҳо дар шаҳр шаҳодат медиҳад. Сабабҳои асосии консентратсияи баланди анионҳо дар аэрозолҳои атмосферии Тоҷикистон сарчашмаҳои антропогенӣ, миқдори ками ҷангалзорҳо ва ҳарорати нисбатан баланди ҳаво мебошанд.

Ин ба мо имкони пешгӯии таркиби ионии аэрозолҳои атмосфераро медиҳад.

Муқоиса бо маълумотҳои дигар минтақаҳои ҷаҳон имкон дод, ки омилҳои, ки ба таркиби анионии аэрозол таъсир мерасонанд, муайян

карда шаванд. Муайян карда шуд, ки концентратсияи фтор, ки аз партовҳои корхонаи алюминий (ТАЛКО) ба вучуд меояд ва сульфатҳо дар минтақаи Осиёи Марказӣ баландтарин мебошанд.

Тадқиқотҳо нишон доданд, ки концентратсияи миёнаи катионҳои натрий, аммоний ва магний дар атмосфераи Тоҷикистон (солҳои 2014-2016) дар муқоиса бо соли 1983 коҳиш ёфтааст. Паст шудани миқдори миёнаи концентратсияи ин катионҳо дар атмосфераи Тоҷикистон бо кам шудани сарфи нуриҳои минералӣ (монанди селитраи натрий, сульфати аммоний ва сульфати магний) алоқаманд аст. Коҳиши якбораи концентратсияи катионҳои магний ба коҳиши партовҳо аз корхонаи алюминий (ТАЛКО), истеҳсоли алюминий дар ин давра 4 баробар ва коҳиши партовҳои корхонаи электрохимиявии Ёвон (Тоҷикхимпром) ва коргоҳи нуриҳои азотии Вахш, ки бо кам шудани истеҳсоли маҳсулот ва тадбирҳои экологии кам кардани партовҳо алоқаманд аст. Мувофиқи маълумот дар солҳои 1980-1986 миқдори замини обӣ- 662 ҳазор гектарро ташкил медод, вале мувофиқи маълумотҳо то соли 2014 миқдори заминҳои обӣ ба 592,3 ҳазор гектар расид, яъне аз ҳисоби афзоиши аҳоли ва тақсимоги замин қариб 70 ҳазор гектар замини обӣ кам шуд. Аз ин хулоса баровардан мумкин аст, ки дар хоҷагии қишлоқ сарфи нуриҳои маъданӣ нисбат ба солҳои пеш кам шудааст.

Афзоиши концентратсияи миёнаи катионҳои калий дар аэрозолҳои Тоҷикистон аз рӯи мушоҳидаҳо бо кам шудани сатҳи баҳри Арал алоқаманд аст. Катионҳои калий ба атмосфераи Тоҷикистон ба воситаи шамол аз заминҳои хушки баҳри Арал ворид мешаванд. Афзоиши миқдори миёнаи концентратсияи катионҳои калсий дар аэрозолҳои Тоҷикистон ба заводи «Тоҷиксемент» алоқаманд аст.

Дар аэрозоли Улан-Батор (Муғулистон) концентратсияи максималии катионҳои натрий ва магний қайд карда шуд. Дар аэрозоли атмосфераи ш.Душанбе концентратсияи максималии катионҳои магний ва калсий пайдо шуд. Чунон ки дар боло зикр гардид, манбаҳои асосии он намаки баҳр, нуриҳои минералӣ, манбаи гармиву барқдихӣ, заводи семент ва нақлиёт мебошанд.

Таҳқиқотҳои гузаронидашуда нишон медиҳанд, ки дигаргуниҳои иҷтимоию иқтисодии кишвар боиси тағйирёбии ҷиддии саҳми антропогенӣ ба ифлосшавии катионии аэрозолҳои атмосфера мусоидат намуд.

Ҳангоми муқоисаи концентратсияи катионҳои (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} ва Ca^{2+}) аэрозолҳои атмосфераи минтақаҳои нимхушки Тоҷикистон бо минтақаҳои дигари ҷаҳон маълум шуд, ки дар байни панҷ адад катионҳои санҷидашуда, концентратсияи баландро иони калсий дар минтақаи нимхушки Тоҷикистон соҳиб аст. Сабаби баланд шудани концентратсияи калсий манбаи гармиву барқдихӣ, коргоҳи «Тоҷиксемент» ва воситаи нақлиёт маъсуб меёбад.

Ба пайвастагиҳои карбонӣ доираи васеи намудҳои табиӣ ва антропогенӣ дорои таркиб ва сохтори гуногун, ки хусусияти умумии

онҳо мавҷудияти карбон мебошад, дохил мешаванд. Барои омӯзиши он, одатан байни карбони элементарӣ (ЕС), ки бо номи карбони сиёҳ (ВС) ва карбони органикӣ (ОС) маълум аст, фарқ мекунад, ки консентратсияи умумии карбон (ТС) -ро ҳамчун суммаи ҳарду фраксия ифода мекунад. Нақши зарраҳои карбонӣ ба консентратсияи массавии PM10, махсусан барои зарраҳои хурд хеле муҳим аст. Ин нақш аз намуди манбаъҳои дар минтақаи таҳқиқот мавҷудбуда ва аз шароити метеорологӣ, асосан ҳарорати муҳити атроф вобаста аст, ва он муайян мекунад, ки пайвастагиҳои органикии нимпаррон дар фазаи буғ ё дар шакли заррача мебошанд.

Консентратсияи баландтарини миёнаи карбони органикӣ ва элементӣ дар намунаҳои аэрозолҳои атмосфера дар баъзе шаҳрҳои Чин дар Осиёи Ҷанубу Шарқӣ (Сиан, Тайван) мушоҳида мешавад.

Таҳлили омории натиҷаҳо. Параметрҳои, ки дар натиҷаи коркарди омории натиҷаҳои андозагирӣ, ки аз 181 намунаҳо иборатанд (намунаҳои аэрозоли) дар ҷадвали 7 нишон дода шудаанд. σ - тамоюли миёнаи квадратӣ, V - коэффитсиенти вариатсия, S_n - хатогӣ ($\delta / \langle C \rangle$), N - шумораи намунаҳо. I - индекси геохимиявии ифлосшавӣ.)

Ҷадвали 7. - Таъхиси омории ҷузъҳои аэрозол ва ионҳои атмосфера ҳангоми таҷрибаи CADEX

Параметр, мкг/м ³	$\langle C \rangle$	C_{max}	C_{min}	σ	δ	V	S_n	I	N
ОС	11,574	52,112	0,007	0,009	0,002	0,001	0,0001	10,09	181
ЕС	2,914	8,675	0,003	0,099	0,016	0,034	0,0055	19,93	181
ТС	14,759	53,882	0,01	0,756	0,122	0,051	0,0083	9,91	181
Mass	82,387	433,908	2,03	4,018	0,650	0,049	0,0079	4,76	181
Cl ⁻	1,113	7,642	0,049	0,108	0,018	0,097	0,0157	3,92	181
NO ₃ ⁻	2,603	10,902	0,472	0,15	0,024	0,058	0,0093	1,88	181
SO ₄ ²⁻	3,647	12,155	0,923	0,147	0,024	0,04	0,0065	1,40	181
NO ₂ ⁻	0,004	0,014	0,002	0,0003	0,000	0,061	0,0000	4,56	101
Br ⁻	0,011	0,038	0,001	0,001	0,000	0,06	0,0182	3,99	121
F ⁻	0,172	1,052	0,008	0,013	0,002	0,073	0,0122	3,87	181
PO ₄ ³⁻	0,009	0,439	0,004	0,004	0,001	0,071	0,0667	3,03	150
Na ⁺	0,247	0,87	0,009	0,012	0,002	0,049	0,0077	4,13	181
NH ₄ ⁺	1,282	8,696	0,088	0,107	0,017	0,083	0,0135	3,28	181
K ⁺	0,551	1,65	0,126	0,02	0,003	0,036	0,0058	1,54	181
Mg ²⁺	0,081	0,406	0,013	0,004	0,001	0,045	0,0074	2,08	181
Ca ²⁺	2,13	6,248	0,348	0,076	0,0123	0,036	0,00042	2,031	181

Фарқи калонтарин байни ҷузъҳои органикӣ ва ғайриорганикии ионҳои аэрозолҳо мушоҳида мешавад. Таносуби консентратсияи максималӣ ва минималии ионҳо: аз 7 маротиба (нитритҳо) то қимати 120

(фтор). Барои ҷузҳои органикӣ ва карбон, ин таносуб хеле баландтар аст ва аз 5000 то 7400 фарқ мекунад.

Таносуби баланди концентратсияи ионҳо маънои онро дорад, ки ионҳои мувофиқ пайдоиши умумӣ доранд ё ҷузъи ҳамагон як пайвастиҳои кимиёвӣ мебошанд. Яъне карбони органикӣ ба таркиби пайвастиҳои органикӣ дар баробари ионҳои нитратҳо, хлор, аммоний, калий дохил мешавад. Таносуби миқдори умумии моддаҳои органикӣ тақрибан якхела аст.

Дар аэрозол назар ба моддаҳои ғайриорганикӣ моддаҳои органикӣ камтаранд, бинобар ин таносуби массаи умумии ионҳо тамоман дигар аст. Саҳми асосиро ба қисми ғайриорганикии таркиби ионӣ ионҳои сулфат, ионҳои нитрат, натрий, магний, калсий ва қисман калий нишон медиҳанд.

Миқдори максималии ионҳо дар се фасли боқимондаи сол тақсим карда мешавад. Дар баробари ин, аз ҳар як минтақа интиқоли аэрозолҳо характери мавсимии худро дорад. Ҳамин тариқ, воридшавии сели ҳавои аз биёбони Такла-Макан, ки ҷараёни пуриқтидори карбон ва моддаҳои органикиро меорад, дар зимистон, дар моҳи декабр ба амал меояд.

Муайян карда шуд, ки қимати миёнаи концентратсияҳои ОС ($11,574 \pm 0,0015$ мкг/м³); ЕС ($2,914 \pm 0,0160$ мкг/м³); ТС ($14,759 \pm 0,1222$ мкг/м³) ва МС ($82,387 \pm 0,6495$ мкг/м³) аст.

Ҷадвали 8. - Коэффициенти коррелятсияи ҷузъҳои аэрозол ва ионҳои атмосфера дар давраи таҷрибаи CADEX

	ЕС	ТС	Mass	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	F ⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
ОС	0,21	0,99	0,29	0,94	0,73	0,51	-0,04	0,21	0,20	0,85	0,73	0,37	0,08
ЕС		0,34	0,43	0,04	0,15	0,13	0,17	0,35	0,33	-0,03	0,38	0,38	0,37
ТС			0,34	0,91	0,72	0,51	-0,02	0,25	0,24	0,81	0,75	0,09	0,13
Mass				0,17	0,37	0,56	0,05	0,48	0,76	0,19	0,46	0,88	0,71
Cl ⁻					0,72	0,50	-0,09	0,23	0,18	0,86	0,63	0,06	0,02
NO ₃ ⁻						0,73	-0,04	0,53	0,52	0,80	0,70	0,26	0,37
SO ₄ ²⁻							-0,21	0,65	0,71	0,72	0,56	0,53	0,50
NO ₂ ⁻								-0,07	-0,05	-0,14	-0,08	0,09	0,19
F ⁻									0,82	0,26	0,41	0,56	0,69
Na ⁺										0,25	0,49	0,80	0,75
NH ₄ ⁺											0,57	0,00	-0,04
K ⁺												0,36	0,41
Mg ²⁺													0,82

Муқоиса бо маълумотҳои маълуми таркиби химиявии аэрозолҳои дар Сибир, Муғулистон ва Чин ба даст овардашуда имкон медиҳад ба хулосае оем, ки аэрозолҳои дар об ҳалшаванда дар ш. Душанбе аз сабаби пайдоиши маҳаллӣ ва интиқоли ба вучуд омадаанд ва дар байни маълумоти таҳлилшуда монандӣ надоранд.

Хусусияти асосии ченкуниҳо дар ш. Душанбе, аз ҷумла, паст будани таркиби сулфатҳо ва нитратҳо дар муқоиса бо ҷойҳои маъмулии

пахншавии ғубор аст. Аммо миқдори ин моддаҳо назар ба чангалзорҳои Сибир ханӯз зиёд аст. Тафовути дигари ҷиддии таркиби ионии аэрозол дар ш. Душанбе ин зиёд будани ионҳои фтор, яъне 19 мкг/м^3 мебошад, ки ин аз миқдори фтор дар дигар минақаҳо, ҳатто аз ҷиҳати экологӣ ифлос, монанди Пекин, бештар аз 10 баробар зиёд аст. Сабаби ин тафовут маълум аст - ин заводи арзизи дар ғарбии ш. Душанбе воқеъ буда аст ва тавассути шамоле, ки аз водии Ҳисор, ба сӯи ш. Душанбе мевазад, ворид мегардад.

Тағйирёбии таркиби ионии аэрозолҳои атмосфера омӯхта шудааст, тағйироти мавсимӣ дар ҳама ҷузъҳо дар фасли зимистон қимати зиёдтарин ва дар фасли баҳор камтарин доранд. Муайян карда шуд, ки манбаи туфонҳои чангии дорои ОС, ЕС, ТС, ОМ, ионҳои хлор, сульфат, нитрат, оксалат, формиат ва калий ба атмосфераи ш. Душанбе воридшаванда ин биёбони Такла-Макан буда, манбаҳои дигар ҷузъҳо кишварҳои ҳамсоя, яъне кишварҳои Осиёи Марказӣ мебошанд. Хусусиятҳои омори ва маҳдудиятҳои тағйирёбии концентратсияи ҷузъҳо, коэффисиентҳои коррелятсияи байни ҷузъҳо оварда шудаанд. Барои таносуби муҳимтарини байни ҷузъҳо муодилаи хаттӣ, коэффисиентҳои детерминатсия ва коррелятсияҳо пайдо мешаванд. Барои концентратсияи баландтарини ионҳо манбаҳои эҳтимолии пайдоиши онҳо бо усули масири баръакси HYSPLIT муқаррар карда шуданд.

ХУЛОСАҲО

Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия:

1. Тағйироти таркиби ионҳо дар АА дар давраи солҳои 2015-2016 муайян карда шуданд: анионҳои хлор ($0.049-7.64 \text{ мкг/м}^3$), нитрат ($0.472-10.902 \text{ мкг/м}^3$), сульфат ($0.923-12.155 \text{ мкг/м}^3$), нитрит ($0.002-0.014 \text{ мкг/м}^3$), бром ($0.001-0.038 \text{ мкг/м}^3$), фтор ($0.008-1.052 \text{ мкг/м}^3$), фосфат ($0.004-0.439 \text{ мкг/м}^3$), катионҳои натрий ($0.009-0.87 \text{ мкг/м}^3$), магний ($0.013-0.406 \text{ мкг/м}^3$), аммоний ($0.088-8.696 \text{ мкг/м}^3$), калий ($0.1261.65 \text{ мкг/м}^3$) ва калсий ($0.348-6.248 \text{ мкг/м}^3$) ҳадди аксар танҳо дар зимистон ба қайд гирифта шудааст ([9- М], [10- М], [11- М], [12- М]);

2. Тағйироти таркиби ҷузъҳои карбон дар аэрозолҳои атмосфера дар давраи солҳои 2015-2016: ОС ($0,007-52,112 \text{ мкг/м}^3$), ЕС ($0,003-8,675 \text{ мкг/м}^3$), ТС ($0,01-53,882 \text{ мкг/м}^3$) ва МС ($2,03-433,908 \text{ мкг/м}^3$) бо қиматҳои максималӣ дар зимистон (ОС, ТС), тирамоҳ (ЕС) ва тобистон (МС) муайян карда шуданд. Сатҳи пасттарин дар фасли баҳор ба қайд гирифта шудааст ([1-А], [2-А], [3-А], [8-А]);

3. Ҳангоми муқоисаи ОС, ЕС, ТС, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, Br⁻, F, PO₄³⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺ ва Ca²⁺ дар таркиби намунаҳои аэрозолҳои дигар минтақаҳои ҷаҳон концентратсияи баланди фтор ва калсий муқаррар карда шудааст ([1- М], [11- М],[12- М]);

4. Коэффисиентҳои коррелятсияи таркиби ионҳо ва ҷузъҳои карбонӣ дар намунаҳои аэрозолҳо ҳисоб карда шуда, таҳлили омории

онҳо гузаронида шуд. Байни концентратсияи ОС ва ОМ ($r=1$), байни ОС ва ТС ($r=0,99$), байни ТС ва ОМ ($r=0,98$), байни ОС ва Cl^- ва байни ОМ ва Cl^- алоқамандии хеле баланд ($r = 0,94$), байни ТС ва Cl^- ($r=0,91$), байни МС ва Mg^{2+} ($r=0,88$) алоқамандии назаррас байни ОС ва NH_4^+ байни ОМ ва NH_4^+ ($r=0,85$), байни ТС ва NH_4^+ ($r=0,81$), алоқамандии миёна байни МС ва Na^+ ($r = 0,76$) байни ТС ва K^+ ($r=0,75$) мавҷуд аст. Тамоюли миёнаи квадратӣ, стандартӣ ва фосолаи эътимоднок барои ҳамаи ҷузъҳо ҳисоб карда шудаанд ([1- М], [2- М], [3- М], [8- М], [9- М], [10- М]);

5. Концентратсияи миёнаи мавсимии ОС (карбони органикӣ) дар дар таркиби заррачаҳои PM10 бо тартиби зимистон> тирамоҳ> тобистон>баҳор, дар ҳоле ки ЕС (карбон элементӣ) бо тартиби тирамоҳ>тобистон>зимистон> баҳор тағйир ёфтаанд. Таносуби ОС/ЕС дар зимистон, тирамоҳ, тобистон ва баҳор, мувофиқан 9,79; 2,9; 2,83 ва 2,41 муққарар карда шудананд, ки аз фаровонии аэрозолҳои органикии дуюмдараҷа дар ш. Душанбе шаҳодат медиҳанд. Сарчашмаҳои аэрозоли дорои карбон дар PM10 вобаста ба мавсим ба таври назаррас фарқ мекарданд, дар онҳо газҳои ихроҷи мошинҳо ва сӯхтани ангишту биомасса бартарӣ доранд ([11- М], [12- М], [14- М], [18- М]);

6. Муайян карда шудааст, ки қисми асосии концентратсияи ионӣ ва карбонати аэрозол дар ш. Душанбе аз ҳисоби манбаъҳои маҳаллии ифлоскунандаи атмосфера (саноатӣ, кишоварзӣ, маишӣ) мебошад ([3-А], [8-А], [9. -А]).

7. Манбаъҳои ифлосшавии аэрозолҳо бо ионҳо ва карбонҳо дар атмосфераи ш. Душанбе бо назардошти интиқоли аэрозолҳо аз масофаи дур муайян карда шудааст: манбаъҳои варидшавии ОС, ЕС, ТС, ОМ, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} ва K^+ ин биёбони Такла - Макан, манбаъҳои дигар компонентҳо мамлакатҳои ҳамсои Осиёи Марказӣ мебошанд ([1- М], [2- М], [3- М], [8- М], [9- М], [10- М], [11- М], [12- М]).

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо:

Натиҷаҳои дар кори диссертационӣ ба даст овардашударо дар моделсозии математикии интиқоли ифлосшавӣ бо ҷараёни ҳаво, барои арзёбии олудагии ҳавои минтақаҳои нимхушки Ҷумҳурии Тоҷикистон бо ионҳо ва ҷузъҳои карбон истифода бурдан мумкин аст. Натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавӣ, ки гузаронида шудаанд, бояд ҳамчун маҳзани маълумот барои омӯзиши минбаъдаи ифлосшавии аэрозоли атмосфера бо ионҳо ва компонентҳои карбон истифода шаванд. Натиҷаҳои ба даст овардашуда оид ба концентратсияи заминавии ионҳо ва карбонҳо дар аэрозоли атмосфераи минтақаи нимхушки Тоҷикистон ҳамчун меъёри баҳодихии дараҷаи ифлосшавии территорияи минтақа аз тарафи ин компонентҳо хизмат карда метавонанд. Натиҷаҳои таҳқиқотро дар раванди таълими донишкадаҳои олий барои тайёр кардани мутахассисони соҳаи обуҳавошиносӣ ва иқлимшиносӣ, экология, физика ва химияи атмосфера истифода бурдан мумкин аст.

ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМИИ ДОВТАЛАБИ ДАРЁФТИ ДАРАҶАИ ИЛМӢ АЗ РУИ МАВЗӢӢИ ДИССЕРТАТСИЯ

Мақолаҳои дар маҷалаҳои илмии тавсиянамудаи КОА – и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон навишташуда:

[1-М]. Абдуллаев, С.Ф. Ионный состав атмосферного аэрозоля в период CADEX (2014-2016) в Таджикистане / С.Ф. Абдуллаев, С.Р. Шарипов, К.В. Фомба// Вестник ТНУ. - 2018. – №4(264). - С.115-122.

[2-М]. Абдуллаев, С.Ф. Исследование карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана (часть 1)/ С.Ф. Абдуллаев, С.Р. Шарипов, К.В. Фомба// Вестник ТГУ. – 2018. - №4(44) - С.36-40.

[3-М]. Абдуллаев, С.Ф. Исследование карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана (часть 2)/ С.Ф. Абдуллаев, С.Р. Шарипов, К.В. Фомба// Вестник ТГУ. – 2018. - №4(44) - С.40-44.

[4-М]. Абдуллаев, С.Ф. Сезонные вариации ионного состава атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана/ С.Ф.Абдуллаев, С.Р. Шарипов, К.В. Фомба// Ученые записки. Серия естественных и экономические науки. Худжанд. -2019. - №1(48) - С.19-28.

[5-М]. Шарипов, С.Р. Вариация состава углеродсодержащей фракцииатмосферного аэрозоля в полуаридной зоне Таджикистан/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов//Доклады НАНТ-2020. - Том 63. - №3-4. - С.199 -205.

[6-М]. Шарипов, С.Р. Исследование неорганического ионного состава атмосферных аэрозолей/ С.Р.Шарипов// «Кишоварз» - 2021. - Том 93. - №4. - С.14 - 20.

[7-М]. Шарипов, С.Р. Анализ катионного состава атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана/ С.Р.Шарипов// Известия НАНТ – 2022. - Том 187. - №2. - С. 55 – 61.

[8-М]. Шарипов, С.Р. Органический И элементарный углерод в городской среде города Душанбе/ С.Р.Шарипов// «Кишоварз» - 2022. - Том 96. - №3. - С.122-127.

Мақолаи ба амонатгузошташуда

[9-М]. Абдуллаев, С.Ф. Мониторинг ионного состава атмосферного аэрозоля частиц до 10мкм (PM10) полуаридной зоны Таджикистана/ С.Ф. Абдуллаев, С.Р. Шарипов, К. В. Фомба/ ФТИ им. С.У. Умарова АН РТ.- г.Душанбе, 2018. – 14 с. – Библиограф.: 30 назв. – Рус. – деп. в ГУ НПИЦентр 2018г.

Мақолаҳои дар маводҳои конференсиҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ навишташуда:

[10-М]. Шарипов, С.Р. Состав атмосферного аэрозоля/ С.Р. Шарипов, С.Ф.Абдуллаев, К.В. Фомба//IV международной научной конференции «Вопросы физической и координационной химий». ТНУ - 2019. – С. 322-326.

[11-М]. Шарипов, С.Р. Ионный состав атмосферного аэрозоля. / С.Р. Шарипов, С.Ф.Абдуллаев, К.В. Фомба// IV международной научной конференции «Вопросы физической и координационной химии». ТНУ - 2019. – С. 326-329.

[12-М]. Шарипов, С.Р. Мониторинг катионного состава атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов//Материалы международной научной конференции «Гидроклиматические факторы использования водных ресурсов Центральной Азии» ХГУ - 2019. – С. 439-445.

[13-М]. Шарипов, С.Р. Сравнительный анализ изменения анионных компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана (часть 1)/ С.Р. Шарипов, С.Ф.Абдуллаев, К.В. Фомба// Материалы международной научно-практической конференции «Перспектива развития науки и образования. Часть2» ТТУ - 2019. – С. 310-313.

[14-М]. Шарипов, С.Р. Сравнительный анализ изменения анионных компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана (часть 2)/ С.Р. Шарипов, С.Ф.Абдуллаев, К.В. Фомба// Материалы международной научно-практической конференции «Перспектива развития науки и образования. Часть2». ТТУ - 2019. – С.313-315.

[15-М]. Шарипов, С.Р. Вариации анионных компонентов атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов// Материалы международной X-ой научно-практической конференции «Ломоносовские чтения», посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне (1941-1945 гг.). Ч.І. Естественные науки. (25-26 сентября 2020г. Филиал МГУ имени М.В.Ломоносова в г. Душанбе.) - С. 177-180.

[16-М]. Шарипов, С.Р. Анализ анионного состава атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана/ С.Р. Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов// Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук (г.Душанбе, 28 октября 2020 года Российско-таджикский (славянский) Университет естественнаучный факультет «актуальные вопросы естественных наук и технологий») - С.320 - 322.

[17-М]. Шарипов, С.Р. Сезонные изменения массовой концентрации атмосферного аэрозоля и динамика аэрозоля/ С.Р. Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов// Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук (г.Душанбе, 28 октября 2020 года Российско-таджикский (славянский) Университет естественнаучный факультет «актуальные вопросы естественных наук и технологий») - С.322 - 324.

[18-М]. Шарипов, С.Р. Катионный состав атмосферного аэрозоля полуаридной зоны Таджикистана / С.Р. Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В. А. Маслов //Республиканская научно-практическая конференция посвященной

«Двадцатилетием изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» на тему «Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физики» (г. Душанбе, 19 февраля 2020) - С.300 -303.

[19-М]. Шарипов, С.Р. Вариация состава углеродсодержащей фракции атмосферного аэрозоля в полуаридной зоне Таджикистан (часть 1)/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов// Материалы VII Международной конференции «Современные проблемы физики». г.Душанбе: изд-во «Дониш», - 2020. - С.250 – 253.

[20-М]. Шарипов, С.Р. Вариация состава углеродсодержащей фракции атмосферного аэрозоля в полуаридной зоне Таджикистан (часть 2)/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов// Материалы VII Международной конференции «Современные проблемы физики». г. Душанбе: изд-во «Дониш». – 2020. - С.340 – 342.

[21-М. Шарипов, С.Р. Концентрации элементарного и органического углерода в аэрозоле полуаридной зоны Таджикистана/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов, Р.Р. Вахобов// Республиканской научно – теоретической конференции на тему «Основные средства развития и изучения естественных точных и математических наук: проблемы и пути их решения». ТАУ им. Ш. Шотемур - 2021, -С.162 – 163.

[22-М]. Шарипов, С.Р. Аэрозольные ионы и происхождение аэрозолей /С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов, Р.Р. Вахобов // Материалы международной научно-практической конференции «Электроэнергетика Таджикистана. Проблемы энергосбережения, энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии. ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в г. Душанбе» - 2021. - С.170 – 174.

[23-М]. Шарипов, С.Р. Зависимость концентраций NO_3^- и NH_4^+ , измеренных в аэрозолях в полуаридной зоне Таджикистан/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов// Материалы респуб. конф. БГУ. имени Носири Хусрава. – 2021. – С. 31 – 33.

[24-М]. Шарипов, С.Р. Катионный состав атмосферного аэрозоля г.Душанбе// С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов // Материалы Симпозиума ФТИ. им. С.У. Умарова. – 2021. – С. 136 – 140.

[25-М]. Шарипов, С.Р. Сравнительный анализ неорганических аэрозольных ионов в полуаридной зоне Таджикистана/ С.Р.Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, В.А Маслов, А.М. Джураев// Материалы меж. конф. ТТУ. им. академика М.С. Осими. – 2021. – С.200-203.

[26-М]. Шарипов, С.Р. Сравнительный анализ концентрации углеродных компонентов в атмосферном аэрозоле г. Душанбе/ С.Р. Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, К. Нодиров// Материалы меж. конф. «Современные проблемы физики» ФТИ. им. С.У. Умарова. – С. 2022. - С. 252-256.

[27-М]. Шарипов, С.Р. Вариация концентрации элементарного углерода в атмосфере города Душанбе/ С.Р.Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, К.

Нодиров// Материалы меж. конф. «Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации» ТНУ-2022. – С. 84-87.

[28-М]. Шарипов, С.Р. Вариация концентрации элементарного углерода в атмосфере города Душанбе / С.Р. Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, К. Нодиров // Международная научная конференция «Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации». ТНУ - 2022. – С. 84-87с.

[29-М]. Шарипов, С.Р. Углеродные компоненты атмосферного аэрозоля / С.Р. Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, Д.С. Шерматов, А.М. Джураев, Р.Р.Вахобов // Научно-практической конференции «Современная медицина: традиции и инновации», том III. ТГМУ им. Абуали ибни Сино – 2022. – С. 603 -604.

[30-М]. Шарипов, С.Р. Катионный состав атмосферного аэрозоля/ С.Р. Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, С.Т. Рахимов, М.Т. Розикова // Научно-практической конференции «Современная медицина: традиции и инновации», том III. ТГМУ им. Абуали ибни Сино – 2022. – С. 604 -605.

[31-М]. Шарипов, С.Р. Влияние атмосферных аэрозолей на здоровье и окружающую среду - изменение климата/ С.Р. Шарипов, С. Ф. Абдуллаев, С.Т. Рахимов, М.Т. Розикова // Научно-практическая конференция «Энергетика состояние и перспективы развития» - 2022. – С. 153 -157.

Адабиёти истифода шуда:

[1]. Рапута, В. Ф. Оценка содержания нитратов и сульфатов в снегу окрестностей нефтегазового факела/ В. Ф. Рапута, Б. С. Смоляков, К. П. Куценогий// Сибирский экологический журнал. - 2000. - №1. - С.103-107с.

[2]. Mikhailov, E.F. Long-term measurements (2010-2014) of carbonaceous aerosol and carbon monoxide at the ZOTINO tall tower observatory (ZOTTO) in Central Siberia / E.F. Mikhailov, D.Walter , U. Pöschl, M.O. Andreae, S. Mironova, G.Mironov, S.Vlasenko, A.Panov., X.Chi, S.Carbone, P.Artaxo P, M.Heimann, J. Lavric // Atmospheric Chemistry and Physics. 2017. -V. 17. -N23. - p. 14365-14392.

[3]. Konovalov, I.B. Estimation of black carbon emissions from Siberian fires using satellite observations of absorption and extinction optical depths.I.B.Konovalov, D.A.Lvova, M.Beekmann, H.Jethva, E.F.Mikhailov, P.Ciais, B.D. Belan, V.S.Kozlov, M.O. Andreae //Atmospheric Chemistry and Physics. 2018. -V. 18.-N20.-P. 14889-14924.

[4]. Волкова, К.А. Сезонная и суточная изменчивость концентраций аэрозольных частиц вблизи Санкт-Петербурга / К.А.Волкова, С.С.Аникин, Е.Ф.Михайлов, Д.В.Ионов, С.С.Власенко, Т.И.Рышкевич // Оптика атмосфер. и океана. 2020.- Т. 33. -№ 5. - С. 407-414.

[5]. Смоляков, Б.С. Ионный состав и кислотность атмосферных аэрозолей на юге Западной Сибири в 1996–2004 гг. /Б.С. Смоляков, М.П. Шинкоренко, Л.А. Павлюк и С.Н. Филимонова //Экологическая химия 2006, 15(1): 1–12

[7]. Антохина, О.Ю. Исследование состава воздуха в различных воздушных массах / О.Ю.Антохина, П.Н.Антохин, В.Г.Аршинова, М.Ю.Аршинов, Б.Д.Белан, С.Б.Белан, Д.В.Симоненков, Т.К.Скляднева,

Г.Н. Толмачев, А.В. Фофонов / Оптика атмосф. и океана // 2018. -Т. 31. - № 9. - С. 752-759.

[8]. Симоненков Д.В. База данных химического и приведенного к нему дисперсного состава тропосферного аэрозоля юга Западной Сибири Д.В.Симоненков, Б.Д.Белан, Г.Н.Толмачев, А.В.Козлов, С.Б.Белан Свидетельство о регистрации базы данных 2022620036, 10.01.2022. Заявка № 2021623295 от 27.12.2021.

[9]. Жамсуева, Г.С. Результаты исследований ионного состава аэрозолей в атмосфере Монголии/ Г.С. Жамсуева, А.С. Заяханов, А.В. Стариков, и др.// Оптика атмосф. и океана. - 2013. – Т.26, № 6. – С.472-477.

[10]. Толмачев, Г.Н. Горизонтальное распределение ионно-элементного состава атмосферного аэрозоля над территорией СССР/ Г.Н. Толмачев// Сбор. мат. кон. «Естествен. и антропогенные аэрозоли». – 2018. - С.142-151

[11]. Аршинов, М.Ю. Взаимосвязь концентрации атмосферных ионов и радона по данным измерений в обсерватории "Фоновая" / М.Ю.Аршинов, Б.Д.Белан, О.В.Гармаш, и др. // Оптика атмосф. и океана. 2022. - Т. 35. -№ 1 (396). - С. 12-18.

[12]. Власенко, С.С. Изменчивость углеродсодержащей фракции атмосферного аэрозоля вблизи Санкт-Петербурга / С.С. Власенко, К.А. Волкова, Д.В. Ионов и др. // Изв. РАН. Физ. атмос. и океана. – 2019. - Т. 55, № 6. – С. 147–156.

[13]. Губанова, Д. П. Временные вариации состава атмосферного аэрозоля в Москве весной 2020 года /Д.П. Губанова, А.А. Виноградова, М.А. Иорданский, А.И. Скороход //Физика атмосф. и океана. - 2021, Т. 57, № 3. С. 334-348.

АННОТАЦИЯ

**рисолаи илмии Шарипов Сафаралӣ Рачабалиевич дар мавзӯи «
Таҳқиқоти таркиби иони ва карбонии аэрозоли атмосфера дар
минтақаи нимхушки тоҷикистон», барои дарёфти унвони илмии номзади
илмҳои физикаю математика аз рӯи ихтисоси
25.00.30 — Метеорология, иқлимшиносӣ, агрометеорология.**

Калимаҳои калидӣ: аэрозоли атмосфера, ионҳо, анионҳо, катионҳо, карбони элементарӣ, карбони органикӣ, концентратсияи массавӣ, хроматографияи ионҳо, траекторияи баръакс, коэффисиенти коррелятсия.

Мақсади таҳқиқот. Мақсади ин кор омӯхтани таркиби компонентҳои ионӣ ва карбонии аэрозоли атмосфера заррачаҳои андозаи то 10 мкм (PM10) дар минтақаи нимхушкии Ҷумҳурии Тоҷикистон дар мисоли шаҳри Душанбе мебошад. Маълумотҳои ба даст овардашуда имкон медиҳанд, ки қобилияти интиқоли заррачаҳои аэрозол бо роҳи тағйир ёфтани таркиби ионӣ ва карбонии онҳо омӯхта

шуда, дараҷаи ифлосшавии атмосфера ва манбаъҳои аэрозолҳо муайян карда шаванд.

Объекти таҳқиқот дар рисолаи мазкур системаҳои дисперсионӣ – аэрозоли атмосфера омӯхта шудаанд.

Мавзӯи таҳқиқот Шумораи умумии намунаҳои ҷамнамудаи аэрозолҳои атмосфера зарраҳои андозаҳои то 10 микрон 181 ададро ташкил медиҳад ки солҳои 2015-2016 бефосила ҳар 72 соат ба даст оварда шудааст.

Усулҳои таҳқиқот, дастгоҳҳои истифодашуда: Ҷамъовариҳои аэрозолҳои атмосфера бо зарраҳои андозаи то 10 мкм (PM10) дар рӯи филтрҳои кварсӣ ба монанди филтрҳои нахи кварсӣ (МК 360, MUNKTELL) тавассути намунагирандаи ҳаҷми баланди ДНА-80, DIGITEL дар тӯли 72соат анҷом дода шуд. (ҳаҷми интиҳоб ҳангоми таҷрибаи CADEX барои ҳар як намуна 1520м³ буд). Усулҳои хроматографияи ионӣ ва термографи ба кор бурда шуданд.

Натиҷаҳои ҳосилнамуда ва навгониҳои он:

1. Маҳзани маълумотҳо оид ба таркиби компонентҳои ионӣ ва карбонати аэрозолҳои атмосфера бо зарраҳои андозаашон то 10 мкм дар минтақаи нимхушки Ҷумҳурии Тоҷикистон омода карда шуд;

2. Тағйироти вақтии таркиби ионҳо ва ҷузъҳои карбон дар аэрозолҳои атмосфера дар давраи солҳои 2015-2016 омӯхта шуданд;

3. Тағйирёбии миқдори ОС, ЕС, ТС, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, Br⁻, F⁻, PO₄³⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg₂⁺ ва Ca₂⁺ дар намунаҳои аэрозол нисбат ба дигар минтақаҳои ҷаҳон муайян карда шуд, тағйирёбии вақтии онҳо дар таркиби АА баҳо дода шуд. Манбаъҳои ифлосшавӣ бо ионҳо ва ҷузъҳои карбон дар ҳудуди минтақаи нимхушк бо назардошти интиқоли аэрозолҳо аз масофаи дур дар намунаҳо муайян карда шуданд;

4. Коэффисиентҳои коррелятсияи таркиби ионҳо ва ҷузъҳои карбон дар намунаҳои аэрозолҳо ҳисоб карда шуда, таҳлили омории онҳо гузаронида шуд.

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо:

Натиҷаҳои дар кори диссертатсионӣ ба даст овардашударо дар моделсозии математикии интиқоли ифлосшавӣ бо ҷараёни ҳаво, барои арзёбии ифлосшавии ҳавои минтақаҳои нимхушки Ҷумҳурии Тоҷикистон бо ионҳо ва ҷузъҳои карбон истифода бурдан мумкин аст. Натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавӣ, ки гузаронида шудаанд, бояд ҳамчун маҳзани маълумот барои омӯзиши минбаъдаи ифлосшавии АА бо ионҳо ва компонентҳои карбон истифода шаванд. Натиҷаҳои ба даст овардашуда оид ба консентратсияи фони ионҳо ва карбонҳо дар АА-и минтақаи нимхушки Тоҷикистон ҳамчун меъёри баҳодиҳии дараҷаи ифлосшавии ҳудуди минтақа аз тарафи ин компонентҳо хизмат карда метавонанд. Натиҷаҳои таҳқиқотро дар раванди таълимии донишқадаҳои олий барои тайёр кардани мутахассисони соҳаи

обуҳавошиносӣ ва иқлимшиносӣ, экология, физика ва химияи атмосфера истифода бурдан мумкин аст.

Соҳаи истифодабарӣ: физика ва химияи атмосфера, обуҳавошиносӣ ва иқлимшиносӣ, инчунин натиҷаҳои озмоиши таҳқиқот ба сифати маҳзани маълумот барои омӯзиши минбаъдаи аэрозоли атмосфера ва ифлосшавии хок бо ионҳо ва карбонҳо пешниҳод карда мешавад.

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Шарипова Сафарали Раджабалиевич, на тему «Исследование ионного и карбонового состава атмосферного аэрозоля полуаридной зоне Таджикистана», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, ионы, анионы, катионы, элементарный карбон, органический углерод, массовая концентрация, ионная хроматография, обратная траектория, коэффициент корреляции

Цель исследования. Целью настоящей работы заключается в исследовании содержания ионных и карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля размеров до 10 мкм (PM10) в полуаридной зоны Республики Таджикистан на примере г. Душанбе. Полученные данные дают возможность изучить миграционную способность аэрозольных частиц по изменениям их ионного и карбонового состава, а также оценивать уровень загрязнения атмосферы и выявлять источники аэрозолей.

Объектами исследования в данной работе являлись дисперсные системы - атмосферные аэрозоли.

Предмет исследования Общее количество собранных проб в 2015-2016 годах (каждые 72 часа) атмосферного аэрозоля частиц размеров до 10 мкм составляет 181.

Методы исследования, использованная аппаратура. Сбор атмосферного аэрозоля с частицами размеров до 10 мкм (PM10) на поверхность кварцевых фильтров типа quartz fiber filters (МК 360, MUNKTELL) проводился высокообъемным пробоотборником ДНА-80, DIGITEL в течение 72 часов (объем пробоотбора в период эксперимента CADEX составлял 1520м³). Используются методы ионной хроматографии и термографии.

Полученные результаты и их новизна:

1. Создан банк данных по содержанию ионных и карбоновых компонентов атмосферного аэрозоля с частицами до 10 мкм в полуаридной зоне Республики Таджикистана;

2. Изучены временные вариации содержания ионов и карбоновых компонентов в атмосферном аэрозоле за период 2015-2016 гг;

3. Исследованы содержание ОС, ЕС, ТС, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, Br⁻, F⁻, PO₄³⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ в пробах аэрозоля по сравнению с другими регионами мира, дана оценка их временной вариации в составе

АА. Выявлены источники загрязнений ионами и карбоновыми компонентами на территории полуаридной зоны, с учетом воздушного дальнего переноса аэрозоля;

4. Вычислены коэффициенты корреляции содержания ионов и карбоновых компонентов в пробах аэрозоля, проведен их статистический анализ.

Рекомендации по практическому использованию результатов:

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы при математическом моделировании переноса загрязнения воздушными потоками, для оценки загрязнения воздушной среды районов полуаридной зоны Республики Таджикистана ионами и карбоновыми компонентами. Результаты проведенных экспериментальных исследований предполагается использовать в качестве базы данных при дальнейшем изучении загрязнения АА ионами и карбоновыми компонентами. Полученные результаты по фоновым концентрациям ионов и карбонов в АА полуаридной зоны Таджикистана могут служить критерием оценки степени загрязнения территории региона указанными компонентами. Результаты исследования могут быть использоваться в учебном процессе в ВУЗах для подготовки специалистов в области метеорологии и климатологии, экологии, физике и химии атмосферы.

Область применения: физики и химии атмосферы, метеорологии и климатологии, также результаты экспериментальных исследований рекомендуется в качестве базы данных при дальнейшем изучении загрязнения атмосферного аэрозоля и почв ионами и карбоновыми компонентами.

ANNOTATION

of the dissertation Sharipov Safarali Rajabalievich on theme «"Study of the ionic and carbon composition of atmospheric aerosol in the semi-arid zone of Tajikistan"», presented for the degree of candidate of physical and mathematical sciences on specialty as of 25.00.30 - Meteorology, climatology, agrometeorology.

Key words: atmospheric aerosol, ions, anions, cations, elemental carbon, organic carbon, mass concentration, ion chromatography, reverse trajectory, correlation coefficient

Purpose of the work. The purpose of this work is to study the content of ionic and carbonic components of atmospheric aerosol with sizes up to 10 μm (PM10) in the semi-arid zone of the Republic of Tajikistan on the example of Dushanbe. The data obtained make it possible to study the migration ability of aerosol particles by changes in their ionic and carbon composition, as well as to assess the level of atmospheric pollution and identify aerosol sources.

Objects of research. The objects of study in this work were disperse systems - atmospheric aerosols.

Subject of study. The total number of samples collected in 2015-2016 (every 72 hours) of atmospheric aerosol particles with sizes up to 10 microns was 181.

Research methods, used equipment. The collection of atmospheric aerosol with particles up to 10 μm in size (PM10) on the surface of quartz filters such as quartz

fiber filters (MK 360, MUNKTELL) was carried out by a high-volume sampler DHA-80, DIGITEL for 72 hours (the sampling volume (for every sample) during the CADEX experiment was 1520 m³). The methods of ion chromatography and thermography were used.

The results obtained and their novelty:

1. Data bank was created on the content of ionic and carbonic components of atmospheric aerosol with particles up to 10 μm in the semi-arid zone of the Republic of Tajikistan;

2. Temporal variations in the content of ions and carbon components in atmospheric aerosol for the period 2015-2016 were studied;

3. Research content of OC, EC, TC, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, Br⁻, F⁻, PO₄³⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺ and Ca²⁺ in aerosol samples compared to other regions of the world was found, an estimate of their temporal variation in the AA composition is given. Sources of pollution by ions and carbonic components on the territory of the semi-arid zone were identified, taking into account the long-range air transport of aerosol;

4. Correlation coefficients for the content of ions and carbon components in aerosol samples were calculated, and their statistical analysis was carried out.

Recommendations about practical use of results:

The results obtained in the dissertation work can be used in mathematical modeling of the transfer of pollution by air flows, to assess the air pollution of the regions of the semi-arid zone of the Republic of Tajikistan with ions and carbon components. The results of the experimental studies carried out are supposed to be used as a database for further study of AA contamination with ions and carbon components. The obtained results on the background concentrations of ions and carbons in the AA of the semi-arid zone of Tajikistan can serve as a criterion for assessing the degree of pollution of the territory of the region by these components. The results of the study can be used in the educational process at universities to train specialists in the field of meteorology and climatology, ecology, physics and chemistry of the atmosphere.

Application area: atmospheric physics and chemistry, meteorology and climatology, as well as the results of experimental studies are recommended as a database for further study of atmospheric aerosol and soil pollution by ions and carbon components.