

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного

бюджетного учреждения науки

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева

Сибирского отделения Российской академии наук

д.ф.-м.н.

/ Пташник И.В.



ОТЗЫВ

ведущей организации — Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук на диссертацию **Рахматова Мухамади Нуридиновича** «Исследование элементного состава аэрозоля и почв Северного Таджикистана», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Мухамади Нуридиновича Рахматова посвящена исследованию содержания тяжелых металлов (ТМ) в атмосферном аэрозоле (АА) и почвах Северного Таджикистана. Актуальность работы обоснована тем, что ТМ в неконтролируемых повышенных количествах могут наносить значительный ущерб экологии среды обитания человека, проникая в живые организмы непосредственно из воздушной среды в процессе дыхания или через потребление сельскохозяйственных культур, аккумулирующих ТМ из почвы. Несомненно, что комплексное исследование состава АА и почв дает возможность объективно оценить загрязнение атмосферы Северного Таджикистана и вклад трансграничного воздушного переноса веществ на изучаемую территорию.

При этом ставился и решался целый круг задач: определение степени загрязнения территории Согдийской области ТМ; исследование временных вариаций разного порядка концентраций ТМ и аэрозольного загрязнения ими почв и АА; оценка возможности совместного использования данных о приземном содержании элементов и траекторий движения воздушных масс для выявления источников загрязнения атмосферы и почв ТМ; и, наконец, изучение содержания ТМ в АА и почвах Северного Таджикистана методами статистического и корреляционного анализа.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения. Общий объем работы составляет 165 страниц, содержит 68 рисунков, 14 таблиц, а также список литературы из 190 источников.

Во **введении** обосновывается актуальность работы, определены цели и задачи исследования, сформулирована научная новизна, теоретическая и практическая ценность исследования, основные положения, выносимые на защиту и краткое содержание диссертации.

В **главе 1** представлено описание свойств ТМ, распространенных в атмосфере и в почвах. Изложены проблемы загрязнения тяжелыми металлами природной среды. Дан обзор различных классификаций АА в зависимости от их размеров и происхождения. В целом, первая глава отражает современные научные воззрения в области исследования элементного состава атмосферных аэрозолей и почв. В литературном обзоре также обобщены методы обратных траекторий движения воздушных масс, вычисляемых по модели HYSPLIT (Hybrid single-particle lagrangian Integrated trajectory - гибридная одночастичная Лагранжева интегральная траектория), используется для исследования путей переноса аэрозоля (в том числе, частиц тяжелых металлов) к местам наблюдений.

Глава заканчивается обоснованием направления и выбора объектов для исследований.

В главе 2 представлено описание подготовки проб атмосферного аэрозоля и почв для лабораторных исследований и материалов диссертационного исследования. Для исследования ТМ в составе проб АА и почвах Северного Таджикистана проводился сбор проб атмосферного аэрозоля и почв в приграничных районах Согдийской области. Отбор проб аэрозоля производился после естественного осаждения его на полиэтиленовую плёнку размером (10 x 10) м² по стандартной методике. Сбор проб почв проводился в поверхностном слое почвы, т.е. из смеси почвы с осевшей атмосферной пылью. Содержание ТМ (Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co, Cr и V), а также оксидов таких металлов, как (Fe₂O₃, TiO₂, MnO) определялось на волнодисперсионном рентгенфлуоресцентном анализаторе «Спектроскан-МАКС-Г» в Лаборатории физики атмосферы ФТИ НАНТ. Данна краткая физико-географическая характеристика исследуемой территории.

В главе 3 описаны особенности содержания тяжелых металлов в пробах АА и почв. В главе особое внимание уделено исследованию содержания в пробах АА и почв свинца, мышьяка и цинка, относящихся к ТМ первого класса опасности. В качестве фонового значения каждого элемента принято наименьшее значение концентрации этого элемента по всей области.

В главе раскрыты источники поступления свинца, мышьяка и цинка в атмосферу Северного Таджикистана. В Адрасмане зафиксировано самое высокое содержание свинца (739,6 ppm) в пробах атмосферного аэрозоля по области. Также в пробах АА Деваштичского района села Верхний Далян обнаружены более высокие концентрации Pb (618,4 ppm). Наименьшая концентрация Pb зафиксирована в пробах АА из Зафарабаде (4,3 ppm). Средняя концентрация Pb составила 54,3 ppm.

Предполагается, что причиной максимального содержания свинца в пробах АА в п. Адрасман является расположенный там горно-обогатительный комбинат, занимающийся добывчей свинцовой руды и переработкой свинцово-серебряного концентрата, а также движение воздушных масс,

которые переносят часть АА, содержащего примеси свинца, пришедших в Адрасман.

Далее в главе подробно представлены результаты измерения содержания других исследуемых ТМ (Sr, Cu, Ni, Co, Cr, V, Fe₂O₃, TiO₂, MnO) в пробах АА и почв. Приведены также обобщенные результаты исследования содержания ТМ на хвостохранилище Дигмай и представлена динамика роста концентрации ТМ с марта 2014 по февраль 2016 года.

В главе 4 автором на основе собственных данных выявлены распределение и источники тяжелых металлов в аэрозоле и почвах Северного Таджикистана. Установлено, что средние концентрации Pb в Северном Таджикистане в 4 раза превышают уровень ПДК, включая Адрасман и Дигмай. Содержание свинца не превышает уровня ПДК, если не включены данные по почве вокруг Дигмайского хвостохранилища и вокруг горнодобывающего предприятия, расположенных на территории Адрасмана. Среднее содержание свинца существенно отличается и не достигает уровня ПДК. Среднее содержание свинца в почвах Северного Таджикистана ниже, чем в почвах Китая и Авеллино (Италия), Ибадан (Нигерия), Голуэ, Мадрид и Витебск. Анализируя содержание As в пробах почв Северного Таджикистана и в других регионах мира, установлено, что наиболее высокое среднее содержание As обнаружено в Айгинском районе.

Диссертантом проанализирована динамика изменения концентрации элементов и распределение их на территории Северного Таджикистана.

В данной главе также приведены параметры, полученные при статистической обработке результатов измерений для проб почв и аэрозоля с помощью пакета стандартных программ Excel.

Диссертантом, с использованием метода HYSPLIT, построены обратные траектории воздушных масс, пришедших на рассматриваемую территорию в дни, когда были выявлены максимальные концентрации некоторых из рассматриваемых элементов; они позволяют определить возможные источники воздушного переноса загрязняющих веществ на территорию

Согдийской обл. Эта глава, безусловно, является стержнем всего исследования и результатом большого аналитического труда соискателя!

В заключении приводятся основные выводы и результаты диссертационного исследования. Диссертация хорошо оформлена и проиллюстрирована.

Научная новизна

При решении поставленных задач получены или впервые обобщены **новые научные результаты**: банк данных по элементному составу атмосферного аэрозоля и почв Северного Таджикистана; проведён систематический анализ элементного состава АА и почв Северного Таджикистана. Определены временные вариации содержания ТМ в атмосферном аэрозоле и почвах за период 2013-2019 гг. и фоновые концентрации ТМ в АА и почвах Северного Таджикистана; обнаружены источники загрязнения территории Согдийской области, в том числе за счёт воздушного переноса; обнаружены опасно высокие концентрации Sr, Pb, As, Cr и Zn в пробах аэрозоля: Pb в АА Адрасмана (в 7 раз выше, чем в почве), As – в Истиклоле (в 6 раз) и Zn – в Истаравшане (в 7.5 раза). Обнаружено весьма высокое содержание Pb, As и Zn в пробах почв из зоны хвостохранилища Дигмай. Определены годовые вариации содержания ТМ в атмосферном аэрозоле. Оценено влияние степени антропогенной нагрузки на содержание ТМ в составе АА; наконец, на основе статистического корреляционного анализа содержаний ТМ в пробах аэрозоля и почв, определены динамика концентрации ТМ и их распределение на территории Северного Таджикистана. На основе этого представлены практические пути возможного использования этих результатов и сформулированы защищаемые положения.

Практическая значимость исследования полученных автором результатов заключается в том, что они могут служить в качестве базы данных при дальнейшем изучении загрязнения АА и почв тяжелыми металлами, а результаты по фоновым концентрациям ТМ: Sr, Pb, As, Zn, Ni,

Co, Fe₂O₃, MnO, Cr, V, TiO₂ в АА и почвах районов Согдийской области могут служить критерием оценки степени загрязнения территории региона. Полученный богатый экспериментальный материал целесообразно применять в учебном процессе по направлениям: физика и химия атмосферы, радиоэкология, метеорология и климатология.

Обоснованность и достоверность основных результатов и рекомендаций, сформулированных в работе

Основные положения и выводы, сформулированные автором в диссертации, вытекают из материалов проведенных исследований и отражают установленные закономерности, а также теоретически обоснованы проработанной литературой. В работе использованы современные методики сбора и обработки исходных материалов. Исследования, проведенные автором, являются репрезентативными. Достоверность и обоснованность результатов научных работ обеспечена системностью исследовательских процедур и использованием современных способов статистической обработки информации с применением компьютерных программ. Достоверность полученных результатов подтверждается также приведенными результатами экспериментальных исследований и сравнением некоторых полученных результатов с данными других исследователей, апробацией основных результатов, публикациями в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Полученные выводы соответствуют поставленным задачам, список литературы отражает современное состояние проблемы. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Публикация основных результатов работы. Результаты диссертационной работы обсуждались на научно-практических конференциях различного уровня. Основные положения диссертации опубликованы в монографии и 39 научных работах, в том числе 10 - в изданиях, рекомендованных ВАК РТ. Работа выполнялась в рамках тематики научных исследований Лаборатории физики атмосферы Физико-

технического института им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана.

Структура, оформление диссертации и автореферата. Структура содержания и оформление автореферата и диссертации Рахматова М.Н. за исключением небольших погрешностей, соответствует требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан «Инструкция о порядке оформления диссертации на соискание ученых степеней доктора философии (PhD), доктора по специальности, кандидата или доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации».

**Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени,
на которую он претендует**

Судя по сформулированным Рахматовым М.Н. научным выводам диссертации, они вполне соответствуют основным положениям диссертации и вносят определённый вклад в развитие прикладных и фундаментальных научных исследований при анализе состава дисперсных систем (атмосферного аэрозоля и почв) для контроля загрязнения окружающей среды ТМ и решения проблем регионального и глобального трансграничного переноса примесей на территорию региона, и, таким образом, её научная квалификация соответствует ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Личный вклад М.Н. Рахматова состоит в постановке проблемы, планировании и подготовке к выполнению полевых и лабораторных исследований, их проведении, обработке и интерпретации полученных экспериментальных данных, формулировке основных выводов и положений диссертации, подготовке публикаций по основным результатам.

Рахматовым М.Н. выполнен большой объём работы, в результатах работы имеются как теоретические, так и практические сведения. Тем не

менее, при чтении диссертационной работы и автореферата возникли некоторые замечания и пожелания:

1. Для лучшей визуализации результатов корреляционного анализа, возможно, имело смысл представить их в системе графов. Это расширило бы рамки понимания и восприятия результатов и самим соискателем, и в аудитории представления доклада.
2. Концентрации элементов (Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, MnO, Cr, V) приведены в миллионных долях (ppm), остальные даются в процентах (Fe_2O_3 , TiO_2). Возможно, имело смысл все концентрации представить в одном формате.
3. В четвёртой главе диссертации (рис. 4.14 -4.16 на стр. 113-115) на основе модели HYSPLIT построены обратные траектории воздушных масс, пришедших на исследуемую территорию в дни, когда были выявлены максимальные концентрации некоторых из рассматриваемых элементов, требует дополнительного объяснения.
4. Диссертационная работа не лишена недостатков технического грамматического и стилистического характера.

Отметим, что приведённые замечания в основном имеют характер пожелания и не умаляют достоинств и высокой положительной оценки рассматриваемой диссертационной работы.

Рекомендации по использованию результатов исследования

Результаты исследования, приведённые в диссертационной работе Рахматова М.Н., могут быть использованы для оперативного определения зоны высокого содержания ТМ в составе АА и почв. Данные об аэрозольном загрязнении атмосферы и почв Северного Таджикистана предполагается использовать для контроля загрязнения окружающей среды и решения проблем регионального и глобального трансграничного переноса примесей на территорию региона. Результаты исследований могут быть использованы областными и городскими организациями, занимающимися вопросами экологии и службами санитарного надзора при прогнозировании экологической обстановки в целом по региону Северного Таджикистана.

Заключение

Выполненная диссертационная работа «Исследование элементного состава аэрозоля и почв Северного Таджикистана» представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссидентом, имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Диссертационная работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК при Президенте Республики Таджикистан, утвержденной Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26.11.2016 г. №505, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Отзыв обсужден и одобрен на расширенном заседании научного семинара Лаборатории климатологии атмосферного состава Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук от 31 августа 2021 г, протокол № 8. Соискатель по ZOOM изложил на семинаре основные моменты по материалам диссертации.

Отзыв составлен главным научным сотрудником, заведующим Лабораторией климатологии атмосферного состава ФГБУН Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН (ИОА СО РАН) доктором физико-математических наук, профессором Б. Д. Беланом и старшим научным сотрудником, кандидатом физико-математических наук Д. В. Симоненковым.

Председатель заседания:

С.н.с. ЛКАС, к.ф.-м.н.

 Скляднева Т.К.

Эксперт:

Г.н.с., Зав. ЛКАС

ИОА СО РАН

Д.ф.-м.н., профессор



Белан Б. Д.

Секретарь:

С.н.с. ЛКАС, к.ф.-м.н.



Симоненков Д.В.

Адрес: 634055, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1, ИОА СО РАН.

Тел.: +7(3822) 491-406

E-mail: bbd@iao.ru

Подписи г.н.с., д.ф.-м.н., профессора Б.Д.Белана, и с.н.с., к.ф.-м.н.
Т.К.Склядневой и Д.В.Симоненкова, **заверяю**

Ученый секретарь

ИОА СО РАН,

к.ф.-м.н.



О. В. Тихомирова