



УТВЕРЖДАЮ  
директор ФТИ им С.У.Умарова НАНТ  
Ф.ШОКИР  
«26» мая 2021г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ С.У.УМАРОВА**  
**НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ТАДЖИКИСТАНА**

Диссертация Рахматова Мухамади Нуридиновича на тему «Исследование элементного состава аэрозоля и почв Северного Таджикистана», выполнена в лаборатории «Физики атмосферы» Физико-технического института им С.У.Умарова Национальной академии наук Таджикистана.

В период подготовки диссертации Рахматов М.Н. являлся соискателем кафедры общей физики и твердого тела Худжандского государственного университета имени акад. Б. Гафурова. В 2015 году соискатель окончил Худжандский государственный университет имени акад. Б. Гафурова по специальности «Радиофизика и электроника». Во время работы над диссертацией показал себя как грамотный, квалифицированный специалист.

По результатам рассмотрения диссертации «Исследование элементного состава аэрозоля и почв Северного Таджикистана» принято следующее **заключение:**

Диссертация Рахматова Мухамади Нуридиновича выполнена на актуальную тему, посвящена экспериментальному анализу элементного состава аэрозоля и почв Северного Таджикистана. Выявлена межгодовая изменчивость состава. Показано, что временные вариации носят региональный характер и, в основном, определяются динамикой изменения содержания тяжелых металлов при смене воздушных масс. Установлено, что содержание в почве элементов первого и второго классов опасности значительно превышает предельно допустимые концентрации во некоторых

районах области. В работе обсуждаются возможные источники естественного и антропогенного загрязнения окружающей среды.

Диссертационная работа написана на актуальную тему – вопросы загрязнения природной среды тяжелыми металлами.

**Актуальность исследования.** Атмосферные аэрозоли представляют собой аэродисперсные системы, состоящие из мельчайших твердых и жидким частиц разных размеров и химического состава, подверженных броуновскому движению и обладающих малой способностью к седиментации. Будучи уникальными природными дисперсными объектами, они играют важную роль в глобальном круговороте веществ в атмосфере.

Постоянное расширение сети наземных станций по мониторингу атмосферного аэрозоля и его влияния на окружающую среду в последние годы также свидетельствует об актуальности поставленных задач.

**Необходимость проведения исследования.** Участие ТМ во всех видах миграции и в биологическом круговороте неизбежно приводит к загрязнению важнейших жизнеобеспечивающих природных сред. В этой связи появилось много работ, в которых изучаются изменения элементного состава атмосферных аэрозолей и почв, вызванные участием ТМ в ряде важнейших процессов, протекающих в атмосфере Средней Азии, России, и других регионов планеты. Исследователи приводят результаты химического и элементного анализа состава атмосферного аэрозоля (АА) и содержания ТМ в почвах. Значительная часть исследований посвящена техногенным загрязнениям окружающей среды. В Таджикистане и других странах СНГ также проводится постоянный мониторинг влияния аэрозоля на атмосферу и почву. Возрастает число публикаций по исследованию состава АА.

Таким образом, к настоящему времени назрела необходимость в проведении исследований состава дисперсных систем (атмосферного аэрозоля и почв) Северного Таджикистана по определению содержаний тяжелых металлов относящихся к I-III классам опасности, позволяющих оценить антропогенные воздействия на окружающую среду, представляющие

опасность для здоровья и хозяйственной деятельности человека и оценить воздушного переноса веществ на изучаемую территорию.

*Степень изученности научной проблемы, теоретическая и методологическая основы исследований.* Актуальность диссертационной работы определяется прежде всего проведенными исследованиями загрязнения окружающей среды ТМ и важной ролью атмосферного аэрозоля и почв в изучении экологического состояния окружающей среды. В данном исследовании обоснованно изменения особенностей вариации тяжелых металлов в атмосферном аэрозоле и почвах на территории Северного Таджикистана, необходимый для решения проблем регионального и глобального трансграничного переноса примесей на территории региона. Как и следовало ожидать, наиболее распространенные в земной коре ТМ в составе их оксидов (оксиды железа и титана) были найдены в наибольшем количестве также в аэрозоле. Распределение этих элементов по районам области оказалось весьма неоднородным (различия вплоть до десятков раз), что можно объяснить, местными геологическими особенностями, дальним трансграничным переносом и антропогенными факторами. Особенно это касается северных приграничных районов (Аштский, Зафарабадский), для которых преобладающее направление ветров из западной части Ферганской долины создает постоянную угрозу воздушного переноса загрязнений. С целью определения источников поступления загрязняющих веществ в дни с максимальной за весь период наблюдений концентрацией исследуемых тяжелых металлов в АА и верхнем слое почвы с помощью модели HYSPLIT рассчитаны обратные траектории переноса воздушных масс.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Целью исследования.* Целью настоящей работы было исследование содержание тяжелых металлов в атмосферном аэрозоле и почвах Северного Таджикистана. Полученные данные предназначены для изучения миграции аэрозольных частиц, включающих тяжелые металлы, в атмосфере и почве, а

также для выявления источников аэрозолей и оценки уровня загрязнения окружающей среды.

**Объектами исследования** в данной работе являлись дисперсные системы - атмосферный аэрозоль и почвы.

**Предметом исследования** были пробы атмосферного аэрозоля и почв, отобранные на территории Согдийской области в период с 2013 по 2019 гг. Всего проанализировано 248 проб (104 пробы аэрозоля и 144 пробы почв).

**Задачи исследования:**

1. Определить степень загрязнения территории Согдийской области тяжелыми металлами;
2. Исследовать годовые, сезонные и месячные вариации концентрации ТМ и аэрозольного загрязнения тяжелыми металлами почв и АА;
3. Оценить возможности совместного использования данных о приземном содержании элементов и траекторий движения воздушных масс для выявления источников загрязнения атмосферы и почв ТМ;
4. Изучить содержание ТМ в атмосферном аэрозоле и почвах Северного Таджикистана методами статистического и корреляционного анализа.

**Методы исследования.** Пробы аэрозоля и почв собирались по графику, раз в месяц в одном и том же месте по стандартной методике. Отбор проб аэрозоля производился путем естественного осаждения пыли на поверхность полиэтиленовой пленки размером  $10 \times 10 \text{ м}^2$ . Отбор проб почвы проводился из верхнего слоя почвы на глубине 1–2 см. Концентрации элементов (Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , MnO) в пробах определяли в лабораторных условиях методом рентгенофлуоресцентного анализа.

**Отрасль исследования.** Тема диссертационного исследования соответствует Паспорта номенклатуры специальностей ВАК при Президенте Республики Таджикистан по специальности 01.04.07- Физика конденсированного состояния, в частности пункте 2. Теоретическое и экспериментальное исследование физических свойств неупорядоченных

неорганических и органических систем, включая классические и квантовые жидкости, стекла различной природы и дисперсные системы.

**Этапы исследования** включают отбор и подготовку проб для элементного анализа и обработка данных с помощью методов статистики и данных спутниковых наблюдений. В частности, был выполнен корреляционный анализ для оценки взаимосвязи содержания ТМ в аэрозоле и почвах Северного Таджикистана.

**Основная информационная и экспериментальная база.** Для исследования аэрозоля и почв нами использовалась эффективная экспериментальная установка: волнно-дисперсионный рентгено-флуоресцентный спектрометр «СПЕКТРОСКАН МАКС-Г» (ООО «СПЕКТРОН», г. Санкт-Петербург). Статистический анализ результатов измерений выполнялся в среде пакета прикладной статистики стандартных программ. Для выявления возможных источников поступления загрязняющих веществ в атмосферу, в которой высока концентрация ТМ первого класса опасности (Pb, As и Zn) была использованы модель HYSPLIT для расчета обратные траекторий переноса воздушных масс, переносящих загрязнения.

**Достоверность полученных результатов.** В работе использованы известные методики сбора и обработки исходных данных. Проведенные исследования элементного состава являются репрезентативными. Достоверность результатов подтверждена статистической обработкой данных с помощью стандартных программ Excel 10. Экспериментальные результаты сопоставлены с данными, полученными другими методами или исследователями.

#### **Научная новизна исследования:**

1. Создан банк данных по элементному составу АА и почв Северного Таджикистана;
2. Систематически исследован элементный состав АА и почв Северного Таджикистана. Изучены временные вариации содержания ТМ в аэрозоле и

почвах за период 2013-2019 гг. Определены фоновые концентрации ТМ в АА и почвах с целью оценки вклада аэрозоля в загрязнение почв ТМ;

3. Выявлены источники загрязнений ТМ на территории Согдийской области, включая воздушный перенос аэрозоля;

4. Выявлены наиболее загрязненные территории ТМ в Северном Таджикистане. Обнаружено повышенное содержание Zn, Pb, As, Cr и Sr в пробах аэрозоля по сравнению с почвами, дана оценка их содержания в составе АА с различной степенью антропогенной нагрузки;

5. Проведены расчеты коэффициентов корреляции содержания ТМ в пробах аэрозоля и почв и их статистический анализ. Проанализированы вариации концентрации элементов, и вариации их распределения на территории северной части республики.

***Теоретическая ценность исследования.*** Выявлены:

- основные закономерности поведения тяжелых металлов (относящихся к I-III классам опасности по степени воздействия на организм человека) в составе атмосферного аэрозоля и почв, которая позволяет оценить антропогенные воздействия на окружающую среду;
- природные и антропогенные факторы содержания ТМ в северном Таджикистане, а также миграции ТМ в почве и атмосферном аэрозоле;
- значимая корреляция между свинца и мышьяка в пробах почв, это свидетельствует в пользу того, что путь поступления и источник загрязнения одинаковы;
- наибольшая корреляция между стронции и меди (0,8) в пробах атмосферного аэрозоля, то есть с вероятностью 80 % можно говорить о том, что путь, источник и время поступления этих элементов одинаковы;
- взвешенные частицы воздушных масс вносят значительный вклад в загрязнение атмосферы региона

Полученные результаты в диссертационной работе могут быть использованы при математическом моделировании переноса загрязнения

воздушными потоками, для оценки загрязнения воздушной среды и почвы регионов Согдийской области тяжёлыми металлами.

***Практическая ценность исследования:***

1. Результаты проведенных экспериментальных исследований предполагается использовать в качестве базы данных при дальнейшем изучении загрязнения АА и почв тяжелыми металлами;

2. Полученные результаты по фоновым концентрациям ТМ: Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, Cr, V, TiO<sub>2</sub> в АА и почвах районов Согдийской области могут служить критерием степени загрязнения территории региона;

3. При геоэкологическом мониторинге состояния почвенного покрова следует учитывать повышенное содержание ТМ в пробах почв, влияние коренных осадочных пород и наличие хвостохранилищ в исследуемых районах.

4. Полученные результаты и выводы данного исследования могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведений для подготовки специалистов в области физики и химии атмосферы, радиоэкологии, метеорологии и климатологии.

***Положения, выносимые на защиту:***

1. Составлен банк данных по элементному составу атмосферного аэрозоля (АА) и почв Северного Таджикистана;

2. 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;

3. Обнаружены источники загрязнения на территории Согдийской области, в том числе за счёт воздушного переноса;

4. Обнаружены наиболее высокой 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.

5. Проведены статистический анализ и расчёты коэффициентов корреляции содержания ТМ в пробах аэрозоля и почв. Определены динамика концентрации ТМ и их распределение на территории Северного Таджикистана.

*Личный вклад соискателя состоит:* в подготовке материала (отбор проб АА и почв, подготовка проб к физико-химическому анализу), непосредственном проведении экспериментальных исследований, статистической обработки результатов анализа, и сопоставления с литературными данными, участия в обсуждении и интерпретации результатов, в подготовке статей и тезисов докладов по материалам диссертации.

*Публикации.* Соискатель имеет 40 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 статей в научных журналах и изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан, 29 тезисов в материалах международных и республиканских научных конференций.

*Структура и объём диссертации.* Диссертация состоит из введения, литературного обзора, материалов и методов, четырех глав и заключения. Диссертационная работа изложена на 165 страницах компьютерного текста, из них 22 таблиц, 68 рисунка и 190 библиографических ссылок.

В *введении* обосновывается актуальность работы, определены цели и задачи исследования, сформулирована научная новизна, практическая значимость, а также положения, выносимые на защиту.

В *главе 1* описаны особенности содержания тяжелых металлов в частицах атмосферного аэрозоля и почв, сделан аналитический обзор

литературы. Литературные данные по проблеме состава атмосферного аэрозоля и почв, влияния ТМ на природную среду использованы для постановки задачи диссертационной работы. Приведена географическая характеристика Согдийской области.

*В главе 2* представлено описание методов лабораторных исследований и материалов диссертационного исследования. В работе изучены 248 образцов, из них 104 пробы атмосферного аэрозоля, 144 пробы почв. Сбор проб аэрозоля и почв проводился силами лаборатории физики атмосферы ФТИ им. С. У. Умарова НАНТ с 2013 до 2019 гг.

*В главе 3* рассматривается распределение и межгодовая динамика содержания ТМ в пробах АА и почв в приграничных районах Согдийской области. В качестве фонового значения каждого элемента принято наименьшее значение концентрации этого элемента по всей области.

*В главе 4* приведены результаты сравнения содержания ТМ в пробах АА и почв Северного Таджикистана и в пробах, собранных в Европе и странах СНГ.

#### *В заключении перечислены основные результаты диссертации.*

Наиболее сильными сторонами диссертационного исследования является следующее:

1. На основе полученного фактического материала впервые создан банк данных по элементному составу атмосферного аэрозоля (АА) и почв Северного Таджикистана, необходимый при решении проблем регионального и глобального воздушного переноса различных примесей на территорию региона.

2. Впервые систематически исследован элементный состав АА и почв Северного Таджикистана. Изучены временные вариации содержания ТМ в аэрозоле и почвах за период 2013-2019 гг. Установлено, что в составе атмосферного аэрозоля Северной части Таджикистана содержание железа, кобальта, меди, стронция и цинка выше, чем в почве. Содержание мышьяка, свинца и титана в почве выше, чем в АА. Содержание марганца,

никеля, хрома и ванадия почти одинаково в пробах АА и почв. Коэффициент корреляции этой зависимости очень высок ( $r=0.98$ ). Максимальные концентрации элементов первого класса опасности Pb, As и Zn в почвах превышают фоновый уровень от нескольких сотен до тысячи раз, в пробах АА – от десятков до двухсот раз. Для остальных элементов это соотношение менее десяти. Найдены фоновые уровни ТМ в пробах АА и почв для оценки вклада аэрозоля в загрязнение почв ТМ.

3. На основе модели обратной траектории HYSPLIT выявлены возможные источники воздушного переноса загрязнений на территорию Согдийской области. Обнаружены очень высокие концентрации ТМ в пробах почв в зоне хвостохранилища Дигмай. В день, когда была измерена самая высокая концентрация свинца в пробах атмосферного аэрозоля (Адрасман), траектория ВМ, приходящих на высоте 1000 м начинается в Туркменистане. При максимальной концентрации мышьяка в Истиклоле траектория ВМ на высоте 1000 м и 2000 м начинается у Атлантического океана, проходит через Британские острова. На высоту 3000 м в Истаравшан, где отмечено максимальное содержание цинка, обратная траектория ВМ приходит с территории Казахстана, на высоту 2000 м ВМ приходят со стороны Литвы, а на высоту 1000 м перенос ВМ начинается из Польши.

4. Установлено более высокое содержание Sr, Pb, As Cr и Zn в пробах аэрозоля, чем в почве, оценено их содержание в АА с различной степенью антропогенной нагрузки. Обнаружены высокие концентрации свинца в АА Адрасмана (в 7 раз выше, чем в почве), мышьяка – в Истиклоле (в 6 раз) и цинка – в Истаравшане (в 7.5 раза); очень высокое содержание Pb, As и Zn зафиксировано в пробах почв зоны хвостохранилища Дигмай; определены межгодовые вариации этих элементов в АА: самое высокое содержание Pb – в 2017 году, As – в 2014 г. и Zn – в 2019 г.; в пробах почв самое высокое содержание Pb и As обнаружено в 2014 г., Zn – в 2016 г.

5. Проведены статистический анализ и расчеты коэффициентов корреляции содержания ТМ в пробах аэрозоля и почв. Проанализирована динамика изменения концентрации элементов и распределение их на территории северной части республики. Обнаружена очень высокая корреляция ( $r=0.92$ ) между концентрациями MnO и TiO<sub>2</sub>, Sr и Cu ( $r=0.8$ ), значимая корреляция между концентрациями V и TiO<sub>2</sub> ( $r=0.76$ ), MnO и V ( $r=0.7$ ). Выявлена также значимая корреляция ( $r=0.7$ ) между концентрациями Pb и As, MnO и Co, Ni и TiO<sub>2</sub> в почве.

Расширенный физический семинар Физико-технического института им С.У.Умарова НАНТ отмечает, что диссертация М.Н. Рахматова является завершенной научно-исследовательской работой, полученный огромный фактический материал представляет большой научный и практический интерес. Полученные результаты опубликованы в реферируемых журналах ВАК и доложены на международных совещаниях и конференциях. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация, как по объему, так и по содержанию удовлетворяет всем требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Полученные в диссертации Рахматова М.Н., результаты являются новыми, имеют большое научное и практическое значение для развития современного представления о высокой опасности загрязнения окружающей среды ТМ и важной ролью атмосферного аэрозоля и почв и экологической состояния окружающей среды. Стиль изложения характеризуется последовательностью и конкретностью.

Диссертационная работа представляет собой целостный труд, основанный на большом фактическом материале. Работа, несомненно, актуальна и интересна с точки зрения выбранного направления исследований, сделаны определенные рекомендации по использованию полученных результатов в народном хозяйстве страны.

Работа соответствует специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния». Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. Опубликованные автором работы достаточно полно раскрывают содержание диссертационного исследования.

Диссертационная работа соответствует требованиям Положения ВАК Таджикистана, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации Рахматов Мухамади Нуридинович заслуживает присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07. – «Физика конденсированного состояния» диссертационном совете 6Д. КОА-031 при Физико-техническом институте им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана.

Заключение принято на заседании расширенного физического семинара Физико-технического института им С.У.Умарова Национальной академии наук Таджикистана.

Присутствовало на заседании 36 человек. Результаты голосования: «за»- 36 человек, «против»- нет человек, «воздержалось»- нет человек, протокол № 1 от « 26 » мая 2021 г.

Председатель семинара,  
зам. директора по научно-учебной работе  
Физико-технического института  
им. С.У.Умарова Национальной  
академии наук Таджикистан, к.ф.м.н. доцент

Ф.Холмуродов

Ученый секретарь семинара  
к.ф.-м. н, в.н.с.

С.Юнусова

Подписи к.ф.-м.н., в.н.с. Ф. Шокира. и С.Юнусовой заверяю  
Начальник ОК ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ



М.Хотам