

## Отзыв

официального оппонента на диссертацию Халифаевой Шохины Хуршеджоновны на тему «Исследование элементного состава атмосферного аэрозоля и почв южной и центральной частей Таджикистана» на соискание ученой степени доктора философии (PhD) (физико-математических наук) по специальности 25.00.30 — Метеорология, климатология и агрометеорология

### 1. Актуальность работы

Изучение состава атмосферного аэрозоля позволяет дать оценку антропогенным воздействиям на природную среду, связанным с атмосферным переносом в региональном масштабе и при трансграничной миграции макро- и микроэлементов. Комплексное изучение состава атмосферного аэрозоля и почв позволяет получить данные, которые расширяют наши представления по опасности этих элементов для здоровья и хозяйственной деятельности человека.

Южная и центральная части Таджикистана находятся в глобальном пылевом поясе, на эту территорию через южную границу страны переносится пыль от таких источников, как пустыни Аралкум, Кызылкум, Каракум, Гоби и Такла-Макан, иранские пустыни Дашти лут и Дашти Кабир, а также от высыхающего Аральского моря. Для столицы Республики Таджикистан изучение элементного состава аэрозоля и почв является очень актуальным.

Диссертационная работа исследует важнейшие вопросы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами и техногенного загрязнения объектов окружающей среды элементами, относящимися к группе особо опасных веществ. Для решения данной задачи выполнен геохимический анализ количественных и качественных параметров загрязнения окружающей среды.

Изучение содержания тяжелых металлов в атмосферном аэрозоле и почвах особенно важно из-за их токсичности для человека. Некоторые из них, шестивалентный хром (Cr), трёхвалентный мышьяк (As), кадмий (Cd)

и никель (Ni)) были внесены Всемирной организацией здравоохранения в список канцерогенов.

## **2. Содержание работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав с подразделами, заключения, списка использованной литературы и глоссария. Диссертационная работа изложена на 120 страницах текста и включает 21 таблицу, 46 рисунков и 137 библиографических ссылок.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, определены цели и задачи исследования. Указана научная новизна, достоверность и практическая значимость проведенных исследований, описана структура диссертационной работы. Приведены положения, выносимые на защиту, публикации и доклады по теме диссертации, сделанные на совещаниях, отмечен личный вклад автора.

**Первая глава** представляет аналитический обзор литературы и постановку задачи диссертационной работы. Дана краткая характеристика о физико-географических и климатических условиях исследуемой территории. Рассмотрены литературные данные об элементном составе атмосферного аэрозоля и почв. Представлены свойства и распространение тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Выполнен обзор различных классификаций атмосферного аэрозоля в зависимости от размерности частиц и условий его происхождения. Показаны предыдущие исследования по элементному анализу атмосферного аэрозоля и почв. В целом, первая глава отражает научные работы и исследования в области элементного состава атмосферных аэрозолей и почв.

**Во второй главе** описаны способы и методика отбора проб атмосферного аэрозоля и почв, пробоподготовка. Объектами для исследований послужили дисперсные системы: атмосферный аэрозоль и почвы. Сбор проб аэрозоля и почв проводился сотрудниками лаборатории физики атмосферы ФТИ им. С. У. Умарова НАНТ с 2007 по 2022 гг. На

территории южного и центрального Таджикистана собрано и проанализировано 244 пробы (125 проб аэрозоля и 119 проб почв).

Подробно описана методика сбора, транспортировки и хранения проб. Приведены координаты мест отбора проб атмосферного аэрозоля и почв. Описана экспериментальная установка. Концентрации тяжелых металлов (Sr, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Fe, Ti и Mn) определялись методом рентгенофлуоресцентного анализа на волно-дисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» (ООО «СПЕКТРОН», г. Санкт-Петербург) в лаборатории физики атмосферы ФТИ НАНТ. Описаны статистические методы анализа содержания тяжелых металлов в составе атмосферной пыли и почв. Представлены основные методические приемы для оценки степени загрязнения.

**В третьей главе** представлены временные вариации концентраций тяжелых металлов в атмосферном аэрозоле и почвах. При исследовании содержаний тяжелых металлов первого класса опасности в пробах атмосферного аэрозоля и почв южного и центрального Таджикистана самые высокие концентрации свинца, мышьяка и цинка в АА обнаружены на территории Айваджа. В пробах почв максимальные концентрации свинца и цинка зафиксированы на территории ЦТС №1 г. Душанбе и мышьяка в западной части алюминиевого завода «ТАЛКО». Соискатель предполагает, что основными источниками Pb, As и Zn, являются выбросы этих предприятий.

**В четвертой главе** приведены результаты мультивариационного статистического анализа концентрации тяжелых металлов, данные корреляционного анализа и сравнительного анализа содержаний тяжелых в атмосферном аэрозоле и почвах южного и центрального Таджикистана и других регионов мира. Степень загрязнённости атмосферного аэрозоля и почв оценены по индексам загрязнений, реконструированы обратные



траектории воздушных масс с наибольшим содержанием особо опасных тяжелых металлов.

### **3. Научная новизна работы:**

1. Создан банк данных по элементному составу атмосферных аэрозолей и почв южной и центральной частей Таджикистана.

2. Изучены временные вариации содержания тяжелых металлов в атмосферном аэрозоле за период 2007–2022 г. и в почве с 2009 по 2021 г. Определены минимальные концентрации тяжелых металлов в атмосферных аэрозолях и почвах с целью оценки вклада аэрозоля в загрязнение почв.

3. Выявлены вклады антропогенных и природных источников в загрязнение по коэффициенту вариации концентраций тяжелых металлов, методом обратных траекторий воздушных масс выявлены возможные источники загрязнений ТМ.

4. Проанализированы степень разброса концентраций элементов и вариации их распределения на территории южной и центральной частей Таджикистана методом статистического анализа. Определен уровень загрязнённости атмосферной пыли и почв ТМ с использованием метода оценки индекса загрязнений: фактор загрязнения (ФЗ), индекс нагрузки загрязнения (ИНЗ), геохимический индекс загрязнения ( $I_{geo}$ ). Выявлены экологические риски (ЭР) тяжелых металлов и индексы риска (ИР) в пыли и почвах.

5. Обнаружено повышенное содержание As, Co, V в пробах атмосферной пыли города Душанбе и Pb, Cr, Ni, V и Mn в пробах атмосферного аэрозоля Айваджа, As, Co, V, Pb, Ti, Sr и Mn в пробах почв, дана оценка влияния на их содержание состава атмосферного аэрозоля с различной степенью антропогенной нагрузки.

6. Рассчитаны коэффициенты корреляции концентраций тяжелых металлов в пробах аэрозоля и почв, проведен сравнительный анализ с другими регионами.

#### **4. Практическая ценность исследования:**

1. При дальнейшем исследовании загрязнения атмосферной пыли и почв южной и центральной частей Таджикистана результаты проведенных исследований могут быть использованы в качестве базы данных.

2. Данные по фоновым концентрациям, индексам загрязнения тяжелыми металлами: Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V и Ti в атмосферной пыли и почвах южной и центральной частей Таджикистана являются критерием степени загрязнения региона.

3. Показано, что при мониторинге экологического состояния почвы региона следует учитывать степень загрязнённости почвы тяжелыми металлами и вклад антропогенных источников, расположенных в исследуемом регионе.

4. Моделирование переноса загрязнения воздушными потоками следует использовать при выявлении источников загрязнений.

#### **5. Достоверность полученных результатов.**

Достоверность выполненных исследований подтверждена статистически значимым количеством проб атмосферного аэрозоля и почв и географическим охватом большой территории. Для обработки результатов исследования использованы методы математической статистики. Проведенные исследования элементного состава являются репрезентативными. Экспериментальные результаты хорошо соотносятся с данными, полученными другими исследователями или методами.

#### **6. Личный вклад автора**

Соискатель учёной степени непосредственно участвовала в подготовке материала (отбор проб атмосферного аэрозоля и почв, подготовка проб к элементному анализу), в проведении

экспериментальных исследований, в статистической обработке результатов анализа и сопоставлении с литературными данными, в обсуждении результатов. Автором лично даны интерпретации результатов измерений, подготовлены статьи и тезисы докладов по материалам диссертации.

### **7. Апробация работы**

По результатам диссертационной работы опубликованы 20 научных работ, в том числе 6 статей в рецензируемых журналах ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

### **8. Ценность научной работы**

Ценность диссертационной работы вытекает из вышеуказанных научной новизны и практической значимости и подтверждается опубликованными результатам в научных журналах и материалах конференций.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

### **9. По диссертационной работе имеются следующие замечания:**

1. Мышьяк, как химический элемент, не относится к группе тяжелых металлов. Он является металлоидом.
2. Из 11 тяжелых металлов через всю диссертацию концентрации 9 приводятся в виде элементов, а 3 (Fe, Ti, Mn) в виде оксидов. Почему?
3. Отсутствует рисунок схемы отбора проб применительно к контурам Таджикистана с соседними государствами. Кроме нанесения точек отбора проб из этого рисунка было бы понятно, что относится к центральной и южной частям Таджикистана, каковы направления перемещения (стрелками) преобладающих воздушных масс и т.д.
4. Один из выводов главы является тривиальным, поскольку высокая корреляция Fe и Ti (0.95) указывает не на общий источник загрязнений, а на миграцию этих элементов в составе атмосферного аэрозоля в форме одной фазы – минералов ильменита или ильменорутила.



5. Следуя изложенному на стр. 53-54 диссертации, на территории Айваджа нет промышленно значимых объектов, а в пробах атмосферного аэрозоля установлены высокие концентрации Pb,As,Zn. Предполагается, что это обогащение обусловлено перемещением воздушных масс из “других стран”, включая бывшее Аральское море. Но, материал дна Аральского моря, судя по опубликованным данным, как минимум по Pb,Zn, не содержит аномальных концентраций этих элементов. Было бы полезным провести анализ и по концентрациям аномальных элементов, применительно к территориям “других” стран, включая опубликованные данные по югу Узбекистана.

### **10. Заключение**

Диссертация Халифаевой Шохины Хуршеджоновны на тему «Исследование элементного состава атмосферного аэрозоля и почв южной и центральной частей Таджикистана» является научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение актуальной задачи - определение степени загрязнения территории южной и центральной частей Таджикистана тяжёлыми металлами и их экологические риски, что имеет существенное значение для метеорологии, климатологии и агрометеорологии. Можно констатировать, что результаты диссертации соискателем изложены в полном объеме и Ш.Х. Халифаева хорошо ориентируется в данной области научных знаний. Отдельно хотел бы отметить очень высокое качество русского языка текста диссертации и автореферата

По своей актуальности, новизне, научно-практической значимости диссертация Халифаевой Шохины Хуршеджоновны на тему «Исследование элементного состава атмосферного аэрозоля и почв южной и центральной частей Таджикистана» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК при Президенте Республики Таджикистан, утверждённого Постановлением

Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 г. за №269, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора философии (PhD), а ее автор Ш.Х. Халифаева достойна присуждения ученой степени доктора философии (PhD) (физико-математических наук) по специальности 25.00.30 — Метеорология, климатология и агрометеорология.

**Официальный оппонент:**

Директор федерального государственного бюджетного учреждения науки  
“Южно-Уральский федеральный научный  
центр минералогии и геоэкологии Уральского  
отделения Российской академии наук”  
доктор геолого-минералогических наук



В.Н. Удачин

Адрес: 456317, Челябинская область,  
г. Миасс, тер. Ильменский заповедник  
Интернет сайт организации: [www.chelscience.ru](http://www.chelscience.ru)  
Телефон: +7(3513)298098  
Email: [udachin@mineralogy.ru](mailto:udachin@mineralogy.ru)