

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор МГУ имени М.В. Ломоносова
профессор, чл.-корр. РАН

А.А. Федянин



27 ноября 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на диссертационную работу **Бржезинского Антона Станиславовича** «*Изучение элементного состава и свойств наночастиц городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки*», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям: 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых; 1.4.2. Аналитическая химия

Актуальность темы диссертации

В последние десятилетия наночастицы (НЧ) стали предметом интенсивных исследований в различных научных дисциплинах, включая химию, физику, медицину и наногеохимию. Уникальные свойства НЧ, такие как высокая удельная поверхность, сорбционная способность, химическая активность, подвижность, проникающая способность и биодоступность, обуславливают их активное участие в процессах переноса и перераспределения химических элементов, а также способность легко проникать в живые организмы, оказывая физиологическое воздействие.

Источники поступления НЧ в окружающую среду включают как природные процессы (вулканическая активность, эрозия почв, пожары), так и антропогенную деятельность (промышленное производство, автотранспортные выбросы, сжигание мусора, строительство). Независимо от происхождения, НЧ интегрируются в сложные полидисперсные системы, такие как пыль, почва, вулканический пепел и атмосферные аэрозоли. В частности, городская дорожная пыль содержит НЧ различного генезиса, которые благодаря своей высокой удельной поверхности способны аккумулировать потенциально токсичные элементы (ПТЭ).

Высокая проникающая способность и биодоступность НЧ создают угрозу для здоровья населения, особенно в индустриальных и транспортно-нагруженных городах, где многочисленные и сложноидентифицируемые источники загрязнения требуют применения многомерных статистических методов, таких как метод главных компонент (МГК) и корреляционные матрицы, для комплексного анализа. Несмотря на высокую актуальность данной темы, на сегодняшний день отсутствуют комплексные исследования, охватывающие большие массивы данных о составе НЧ городской пыли и источниках поступления ПТЭ.

В отличие от городской пыли, НЧ вулканического пепла имеют исключительно природное происхождение, что делает их удобной моделью для изучения эруптивных процессов. В геохимии, вулканологии и петрологии накоплены обширные данные о микрочастицах вулканического пепла, включая их гранулометрический состав, морфологию, элементный состав и минералогию. Эти данные используются для анализа типов извержений, условий кристаллизации и дегазации магмы, а также для изучения других эруптивных процессов. Однако особенности морфологии, размерного распределения и состава НЧ вулканического пепла остаются малоизученными. Таким образом, тема диссертации является актуальной.

Новизна полученных результатов и выводов

Впервые получены большие массивы данных элементного анализа НЧ городской пыли Москвы. Методы статистической обработки данных позволили

выявить ряд природных и антропогенных процессов, приводящих к поступлению элементов в НЧ в городской пыли. Предложен новый подход к выделению НЧ из вулканического пепла с использованием пирофосфата в качестве элюента при проточном фракционировании в ВСК. Новый способ пробоподготовки показал существенные преимущества перед «традиционным» выделением НЧ в дионизованной воде, который не обеспечивал полноту выделения НЧ, достаточную для их дальнейшего количественного анализа. С использованием предложенного подхода впервые определен широкий круг микроэлементов в НЧ пеплов 9 действующих вулканов Камчатки: Толбачик (БТТИ, Южный прорыв и ТТИ), Кизимен, Шивелуч, Ключевской, Корякский, Безымянный, Жупановский, Карымский), что позволило изучить взаимосвязь между элементным составом нано- и микрочастиц пепла, а также элементным составом лав и газов.

Апробация работы и публикации

По теме диссертации опубликовано 9 работ, включая 5 статей и 4 тезиса докладов. Среди них – статьи в международных рецензируемых журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science (Environmental Geochemistry and Health, Chemosphere, Molecules), а также публикации в «Журнале аналитической химии», входящем в перечень ВАК РФ. Таким образом, все основные положения и выводы диссертации прошли апробацию и опубликованы в рецензируемых изданиях, включая ведущие международные журналы высокого квартиля и профильные журналы из перечня ВАК РФ.

Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов обеспечивается выполнением аналитических исследований с помощью современных надежных высокочувствительных методов химического анализа, использованием современных теоретических подходов.

На защиту выносятся пять защищаемых положений:

1. Наночастицы осевшей пыли Москвы обогащены потенциально токсичными элементами (Cu, Zn, Cd, Sb, Pb, Hg) по сравнению с

микрочастицами, что указывает на важную роль наночастиц в аккумуляции загрязняющих веществ. Наночастицы равномерно распределены по территории города независимо от типа функциональной зоны.

2. Выявленные с использованием многомерных статистических методов основные природные и антропогенные источники поступления потенциально токсичных элементов в наночастицы городской пыли показали, что суммарный вклад антропогенных источников (транспорт, износ конструкций) сопоставим с природным (эрозия почвы). Высокая подвижность наночастиц затрудняет точную пространственную локализацию отдельных источников.

3. Изучение распределения Pt и Pd между нано-, микрочастицами и водорастворимой фракцией осевшей дорожной пыли Москвы указывает на то, что Pt и Pd в виде наночастиц составляют 1.6–1.8% от их общего содержания в илстой фракции пыли. Средние содержания водорастворимых фракций Pt и Pd – от 4 до 10%. В основном Pt и Pd (88–94%) ассоциированы с микрочастицами.

4. Разработанная и апробированная методика выделения наночастиц из вулканического пепла с предварительной обработкой солевыми растворами и использованием пирофосфата натрия в качестве элюента обеспечивает увеличение массы извлекаемой фракции наночастиц в 10 раз по сравнению с методикой, основанной на применении деионизованной воды как элюента. Определены элементы, ранее находившиеся ниже предела обнаружения: Be, Cr, Co, Zn, Ag, Sb, Te, Cs, Eu, Tb, Tm, Ta, W, Tl и Bi.

5. Наночастицы вулканического пепла, выделенные из образцов пепла девяти действующих вулканов Камчатки (Толбачик (БТТИ, Южный прорыв и ТТИ), Кизимен, Шивелуч, Ключевской, Корякский, Безымянный, Жупановский и Карымский), характеризуются высоким содержанием потенциально токсичных элементов (Cu, Hg, Ag, Bi, Pb и др.). Коэффициенты концентрирования данных элементов по отношению к исходному пеплу достигают 207. Элементный состав пеплов близок к составу лав, в то время как взаимосвязь с составом вулканических газов для исследуемых образцов не установлена. Сравнительный анализ элементного состава лав, пеплов и наночастиц, выделенных их пеплов, позволил предположить два механизма

формирования наночастиц: конденсация из газовой фазы и механическое дробление изверженного материала.

Все защищаемые положения полностью обоснованы приведенными в диссертационной работе материалами и фактическими данными. Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для российской науки и практики в области геохимии грязевого вулканизма.

Содержание диссертации полностью соответствует автореферату.

Значимость результатов для науки и производства

Работа носит междисциплинарный характер и выполнена по двум научным специальностям: 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых; 1.4.2. Аналитическая химия. В рамках специальности 1.6.4. по направлению 13 («Изучение химического состава природного вещества и процессов распределения, концентрирования и фракционирования химических элементов») исследован элементный состав фракций НЧ вулканического пепла девяти вулканов Камчатки, проведено сопоставление с составом лав, пеплов и вулканических газов, рассчитаны коэффициенты концентрирования и охарактеризованы особенности распределения потенциально токсичных элементов. По направлению 22 («Экологическая геохимия и геохимический мониторинг окружающей среды») дана оценка степени загрязнения городской пыли, пространственного распределения потенциально токсичных элементов и выявлены источники поступления микроэлементов в НЧ. В рамках специальности 1.4.2. по направлению 8 («Методы маскирования, разделения и концентрирования») предложена новая методика выделения фракций НЧ из вулканического пепла, обеспечившая существенное увеличение их выхода и возможность определения элементов, ранее находившихся ниже предела обнаружения. По направлению 12 («Анализ объектов окружающей среды») впервые получены сведения об элементном составе фракций НЧ пеплов

девяти действующих вулканов Камчатки, относящихся к различным типам магматизма.

Замечания по диссертационной работе

1. В методической главе подробно описаны методы анализа наночастиц, однако полностью отсутствуют их метрологические характеристики. Не охарактеризована случайная и систематическая ошибка, пределы обнаружения.

2. Во введении указано, что «к наночастицам (НЧ) относят мельчайшие частицы размером от 1 до 100 нм хотя бы в одном измерении». Однако в таблице 2 для НЧ аэрозолей Москвы указан размер 160 нм, а для других городов (по литературным данным) до 250 нм. Корректно ли отнесение этой размерности к наночастицам?

3. В четвертом защищаемом положении содержится высказывание: «Составы пепла и лавы оказались очень близкими, однако взаимосвязь с составом вулканических газов для исследуемых образцов не установлена». Это высказывание некорректно, поскольку сопоставлению вулканических газов и лав посвящено большое число работ (см., например, Taran Y., GCA, 2009). Выявленные в этих работах закономерности следовало бы учесть при интерпретации полученных результатов.

Заключение

Диссертационная работа А.С. Бржезинского на тему: «Изучение элементного состава и свойств наночастиц городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки» соответствует требованиям пунктов 9–10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальностям 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых; 1.4.2. Аналитическая химия.

Отзыв подготовлен доктором геолого-минералогических наук, профессором кафедры гидрологии суши географического факультета

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» Савенко Виталием Савельевичем.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры гидрологии суши географического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», протокол № 14а от 24 ноября 2025 г.

Декан географического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор географических наук, академик РАН

Добролюбов
Сергей Анатольевич

Зав. кафедрой гидрологии суши
географического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор географических наук, чл.-корр. РАН

Фролова
Наталья Леонидовна

Ведущий научный сотрудник кафедры
гидрологии суши географического
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор

Савенко
Виталий Савельевич

Ученый секретарь
кафедры гидрологии суши
географического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
кандидат географических наук

Пахомова
Ольга Михайловна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

Адрес официального сайта в сети «Интернет»: www.msu.ru

Адрес электронной почты: info@rector.msu.ru

Телефон: +7 (495) 939-10-00

Согласие на обработку персональных данных

Я, Добролюбов Сергей Анатольевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело А.С. Бржезинского и их дальнейшую обработку

« 24 » ноября 2025 г.



С.А. Добролюбов

Я, Фролова Наталья Леонидовна, даю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело А.С. Бржезинского и их дальнейшую обработку

« 24 » ноября 2025 г.



Н.Л. Фролова

Я, Савенко Виталий Савельевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело А.С. Бржезинского и их дальнейшую обработку

« 24 » ноября 2025 г.



В.С. Савенко

Я, Пахомова Ольга Михайловна, даю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело А.С. Бржезинского и их дальнейшую обработку

« 24 » ноября 2025 г.



О.М. Пахомова



**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
(МГУ)**

Ленинские горы, д. 1, Москва,
ГСП-1, 119991
Тел.: +7(495) 939-10-00
Факс: +(495) 939-01-26
Email: info@rector.msu.ru

Председателю диссертационного совета
Д 24.1.195.02 при Федеральном
государственном бюджетном учреждении
науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской
Революции Институте геохимии и
аналитической химии им. В.И. Вернадского
Российской академии наук (ГЕОХИ РАН)
академику РАН Л.Н. Когарко

10.10.2025 № 554-25/013-03

на № 13110-01-22-258/736 от 01.10.2025 г.

Уважаемая Лия Николаевна!

В ответ на Ваше письмо № 13110-01-22-258/736 от 01.10.2025 г. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» выражает согласие выступить в качестве ведущей организации и предоставить отзыв на диссертацию Бржезинского Антона Станиславовича «Изучение элементного состава и свойств наночастиц городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям: 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых; 1.4.2. Аналитическая химия.

Подготовка отзыва будет осуществляться Географическим факультетом МГУ.

Экземпляр диссертации поступил 6 октября 2025 г.

Подтверждаю согласие Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на публикацию предоставленных настоящим заявлением данных об организации на сайте ГЕОХИ РАН, а также на их хранение и использование в целях, связанных с обеспечением процедуры научной аттестации.

Проректор

Московского университета

Контактное лицо:

в.н.с., д.г.-м.н. Савенко В.С.

Тел.: (495) 939-54-70

e-mail: Alla_Savenko@rambler.ru



А.А. Федянин

Сообщаем следующие сведения, направляемые в Министерство образования и науки Российской Федерации:

Полное название организации в соответствии с Уставом	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Сокращенное наименование организации в соответствии с Уставом	МГУ имени М.В. Ломоносова»
Ведомственная принадлежность	Правительство РФ
Индекс	119991
Субъект РФ	г. Москва
Город, населенный пункт	Москва
Улица	Ленинские горы
Дом	1
Телефон	+7 (495) 939-10-00
Адрес электронной почты	info@rector.msu.ru
Веб-сайт	www.msu.ru

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОТРУДНИКОВ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» – ведущей организации по диссертации Бржезинского Антона Станиславовича «Изучение элементного состава и свойств наночастиц городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки» по специальностям: 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых; 1.4.2. Аналитическая химия за последние 5 лет (2021–2025 гг.)

№	Наименование работы, вид публикации	Форма работы	Выходные данные	Объем, п.л.	Авторы
1	Фтор в водах грязевых вулканов Керченско-Таманского региона / Статья в рецензируемом журнале перечня ВАК, индексируемом RSCI	Печатная	Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2021. № 1. С. 124–128.	0,3	Савенко А.В., Бычков А.Ю., Полтавская С.В., Савенко В.С.
2	Распределение редких и рассеянных элементов в сопочных илах грязевых вулканов: в поисках следов воздействия ювенильного компонента / Статья в рецензируемом журнале перечня ВАК, индексируемом RSCI	Печатная	Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2021. № 3. С. 89–98.	1,2	Маслов А.В., Шевченко В.П., Бычков А.Ю.
3	Задачи и особенности мониторинга экосистем на примере вулканогенной экосистемы Нижне-Кошелевского термального поля (Южная Камчатка) / Статья в рецензируемом журнале перечня ВАК, индексируемом RSCI	Печатная	Вулканология и сейсмология. 2021. № 5. С. 35–45.	1,3	Шанина В.В., Бычков А.Ю.

4	Вулканические пеплы как источник растворенного фосфора в океане / Статья в рецензируемом журнале перечня ВАК, индексируемом RSCI	Печатная	Океанология. 2022. Т. 62. № 2. С. 216–219.	0,5	Савенко А.В., Савенко В.С.
5	Новая разновидность хладниита из вулканических эгсгаций. Генетическая кристаллохимия хладниита / Статья в рецензируемом журнале перечня ВАК, индексируемом RSCI	Печатная	Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 512. № 2. С. 233–241.	1,0	Пеков И.В., Зубкова Н.В., Агаханов А.А., Турчкова А.Г., Житова Е.С., Пушаровский Д.Ю.
6	Comprehensive Dissolution Study on Two Double Ce(IV) Phosphates with Evidence of Secondary CeO ₂ Nanoparticle Formation / Статья в рецензируемом журнале, индексируемом Scopus	Печатная	Molecules. 2025. V. 30. P. 2105.	2,1	Listova A.L., Kuzenkova A.S., Gerasimov M. A., Kulikova E. S., Svetogorov R.D., Novichkov D.A., Averin A. A., Yapaskurt V.O., Romanchuk A.Yu, Kalmykov S.N., Plakhova T.V.

Проректор
Московского университета



А.А. Федянин

10.10.2025


