

Соискатель: **БРЖЕЗИНСКИЙ АНТОН СТАНИСЛАВОВИЧ**

Тема диссертационной работы:

«ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ ГОРОДСКОЙ ПЫЛИ МОСКВЫ И ПЕПЛОВ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ»

Шифр и наименование научной специальности и отрасли науки, по которым выполнена диссертация: **1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых; 1.4.2 – Аналитическая химия**

На заседании **10 ДЕКАБРЯ 2025 ГОДА ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ 24.1.195.02** на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского Российской академии наук **ПРИНЯЛ РЕШЕНИЕ: ПРИСУДИТЬ БРЖЕЗИНСКОМУ АНТОНУ СТАНИСЛАВОВИЧУ УЧЕНУЮ СТЕПЕНЬ КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ МИНЕРАЛОГИЯ, КРИСТАЛЛОГРАФИЯ. ГЕОХИМИЯ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ и АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ** за развитие методологии изучения элементного состава и свойств наночастиц городской пыли и вулканического пепла, а также за разработку новой методики выделения наночастиц из вулканического пепла.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве участвовавших в заседании 24 человек, из них 20 докторов наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, в том числе 8 докторов, обеспечивающих химические науки, и 3 доктора наук по специальности 1.4.2 – аналитическая химия (химические науки), из 29 человек, входящих в состав совета на указанную защиту (26 – утвержденный состав, 3 – введенных в состав), проголосовали за – 23, против – 0, недействительных бюллетеней – 1. (Протокол № 9 от 10.12.2025).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.195.02,

созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической
химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 10.12.2025, № 9

О присуждении **Бржезинскому Антону Станиславовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация **«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 принята к защите 8 октября 2025 г., протокол № 8, диссертационным советом 24.1.195.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской Академии наук (ГЕОХИ РАН), 119991, ГСП-1 г. Москва, ул. Косыгина, д.19, утвержденного приказом Минобрнауки РФ №2135/нк от 27.11.2023 (последнее изменение - приказ № 433/нк от 26.05.2025).

Соискатель Бржезинский Антон Станиславович, «7» февраля 1992 года рождения, в 2014 году окончил Химический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «Химия». С «1» октября 2021 года по «30» сентября 2024 гг. соискатель обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН) по направлению Науки о Земле, по профилю Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, где после окончания ему была присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Также соискателем успешно сдан дополнительный экзамен по специальности «Аналитическая химия». Во время подготовки диссертации соискатель работал в должности младшего научного сотрудника (с 2020 года по настоящее время) в лаборатории геохимии наночастиц ГЕОХИ РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории геохимии наночастиц Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук.

Научные руководители:

- доктор химических наук **Федотов Пётр Сергеевич**, главный научный сотрудник лаборатории геохимии наночастиц Федерального государственного бюджетного учреждения Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН)
- кандидат геолого-минералогических наук **Шилобреева Светлана Николаевна**, ведущий научный сотрудник лаборатории методов исследования и анализа материалов Федерального государственного бюджетного учреждения Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Официальные оппоненты:

Карпов Геннадий Александрович, д.г.-м.н., главный научный сотрудник лаборатории постмагматических процессов Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ИВИС ДВО РАН),

Мурадова Айтан Галандар кызы, к.х.н., доцент, кафедры наноматериалов и нанотехнологии Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева (РХТУ)

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва в своем положительном отзыве, подписанном деканом географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, доктором географических наук, академиком РАН Добролюбовым Сергеем Анатольевичем, зав. кафедрой гидрологии суши географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, доктором географических наук, чл.-корр. РАН Фроловой Натальей Леонидовной, ведущим научным сотрудником кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, доктором геолого-минералогических наук, профессором Савенко Виталием Савельевичем, ученым секретарем кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, кандидатом географических наук Пахомовой Ольгой Михайловной указала, что диссертационная работа Бржезинского Антона Станиславовича представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему, все защищаемые положения полностью обоснованы приведенными в диссертационной работе материалами и фактическими данными. Работа носит междисциплинарный характер. Диссертационная работа А.С. Бржезинского на тему: «Изучение элементного состава и свойств наночастиц городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки» соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых; 1.4.2. Аналитическая химия.

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.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах Web of Science, Scopus и рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ (К1-К2), опубликовано 5 работ.

В работах по теме диссертации представлены результаты исследований элементного состава микроэлементов в исходных образцах городской пыли мегаполиса Москвы и в выделенных фракциях наночастиц городской пыли, а также в наночастицах вулканического пепла Камчатки. Показано, что в осевшей городской пыли Москвы золото присутствует в виде микрочастиц размером не более 2–3 мкм; при этом в ряде образцов его содержание превышает 1 мкг/г и достигает десятков мкг/г. Установлено, что наиболее вероятным антропогенным источником золота является постепенный износ куполов храмов, покрытых высокопробным сусальным золотом.

Установлено, что исходные образцы городской пыли характеризуются повышенными содержаниями ряда потенциально токсичных элементов. По данным корреляционного и факторного анализа выявлены антропогенные факторы, в том числе связанные с невыхлопными выбросами автотранспорта.

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

Установлено, что наночастицы городской пыли обогащены микроэлементами по сравнению с исходными образцами и характеризуются высокой мобильностью. На основании результатов статистической обработки данных выявлено наличие одного природного и двух антропогенных источников элементов в наночастицах городской пыли при сопоставимом вкладе природных и антропогенных факторов.

Разработана и описана усовершенствованная методика выделения наночастиц из вулканического пепла Камчатки, основанная на использовании пирофосфата натрия в качестве элюента для метода проточного фракционирования во вращающейся спиральной колонке, позволяющая на порядок увеличить массу выделяемой наночастичной фракции и обеспечить определение элементов, ранее находившихся ниже пределов обнаружения.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах Бржезинского А.С.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Alexandr I. Ivaneev, **Anton S. Brzhezinskiy**, Vasily K. Karandashev, Natalia N. Fedyunina, Mikhail S. Ermolin, Petr S. Fedotov. Nanoparticles of dust as an emerging contaminant in urban environments. *Environ Geochem Health* 46, 367 (2024).
- 2., Alexandr I. Ivaneev, **Anton S. Brzhezinskiy**, Vasily K. Karandashev, Mikhail S. Ermolin, Petr S. Fedotov. Assessment of sources, environmental, ecological, and health risks of 25 potentially toxic elements in urban dust of Moscow megacity, Russia, *Chemosphere*, Volume 321, April 2023, 138142
3. Mikhail S. Ermolin, Alexandr I. Ivaneev, **Anton S. Brzhezinskiy**, Natalia N. Fedyunina, Vasily K. Karandashev and Petr S. Fedotov. Distribution of Platinum and Palladium between Dissolved, Nanoparticulate, and Microparticulate Fractions of Road Dust. *Molecules* 2022, 27, 6107.
4. Ермолин М.С., Иванеев А. И., **Бржезинский А.С.**, Карандашев В.К., Мохов А.В. и Федотов П.С. Антропогенный источник золота в московской городской пыли. *Журнал аналитической химии*, 2022, Т. 77, № 10, с. 956-966.
5. **Бржезинский А.С.**, Ермолин М.С., В.К. Карандашев, П.С. Федотов. Оптимизация способов пробоподготовки для повышения эффективности выделения наночастиц из образцов окружающей среды. *Журнал аналитической химии*, 2025, Т. 80, № 9. С 937-948.

На автореферат и диссертацию поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечается актуальность темы диссертационной работы, обоснованность цели и задач, научная новизна и значимость результатов исследования, их значение для практического использования.

Положительные отзывы без замечаний поступили от:

Михеева Ивана Владимировича, кандидата химических наук, доцента кафедры аналитической химии МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

Ужель Анны Станиславовны, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника лаборатории хроматографии МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

Спивак Анны Валерьевны, доктора геолого-минералогических наук, главного научного сотрудника, и.о. зав. лабораторией магнетизма ИЭМ РАН, г. Черноголовка

Дирксена Олега Викторовича, кандидата географических наук, старшего научного сотрудника лаборатории динамической вулканологии института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Максимова Александра Павловича, кандидата геолого-минералогических наук, старшего научного сотрудника лаборатории «Научный музей вулканологии» института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Положительные отзывы с вопросами, замечаниями и рекомендациями поступили от:

Микляева Петра Сергеевича, доктора геолого-минералогических наук, профессора РАН, заместителя директора по научной работе Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва.

- В автореферате не сформулировано четко обоснование выбора объектов исследования, разделы, касающиеся пыли Москвы и вулканов Камчатки кажутся несколько разрозненными.

- во второй главе, посвященной методологическим аспектам, отсутствует четкое и понятное описание общей схемы измерений и применяемой аппаратуры, эти сведения разбросаны, мой взгляд, несколько хаотично, по главам 3 и 4.

- при рассмотрении источников поступления элементов в наночастицы городской пыли указано, что количество выявленных источников наночастицы (3 источника) оказалось меньше, чем у исходных образцов пыли (4 источника), однако в автореферате не удалось найти сведений о том, какой именно источник актуален для пыли и неактуален для наночастиц.

Каримова Дениса Нуримановича, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Института кристаллографии им. А.В. Шубникова НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва.

- Интерес представляет вопрос о возможном вкладе сезонных факторов в вариации состава городской пыли. В автореферате этот аспект не рассматривается, однако подобный анализ мог бы дополнительно усилить экологическую интерпретацию полученных результатов.

- Кроме того, было бы целесообразно, дополнительно исследовать морфологические особенности изучаемых наночастиц методами просвечивающей электронной микроскопии, что позволило бы выявить внутреннюю структуру и химический состав НЧ с нанометровым разрешением.

Филичкиной Веры Александровны, кандидата химических наук, доцента, заведующей кафедрой сертификации и аналитического контроля НИТУ «МИСИС», г. Москва.

- В автореферате отражено, что в работе глубоко исследован этап подготовки проб, однако не уделено внимание обоснованию выбора систем диспергирования. Это скорее рекомендация и, возможно, направление дальнейшего развития комплексного подхода к анализу наночастиц с целью увеличения чувствительности определения целевых компонентов.

В целом, в поступивших отзывах отмечается, что указанные авторами отзывы замечания и рекомендации не снижают общей положительной оценки работы. В поступивших отзывах отмечается новизна, актуальность, а также высокая теоретическая и практическая значимость проведенного исследования, результаты и выводы диссертационного исследования представляются обоснованными. Отдельно подчёркиваются методические и прикладные аспекты исследования, включая комплексный подход к выделению и анализу наночастиц, а также получение новых данных по нанодисперсии как городской пыли, так и вулканических пеплов действующих вулканов Камчатки. В отзывах сделан вывод о том, что диссертационная работа Бржезинского Антона Станиславовича соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальностям 1.6.4 - «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» и 1.4.2. «Аналитическая химия»

Выбор официального оппонента Карпова Геннадия Александровича обосновывается тем, что Карпов Г. А. имеет многолетний опыт исследований в области вулканологии, геохимии вулканических процессов и гидротермальных систем, прежде

всего в районах активного вулканизма Камчатки. Его научные работы посвящены геохимическим особенностям вулканических и поствулканических процессов, составу и эволюции вулканических продуктов, а также условиям формирования и трансформации вулканического пепла. Компетенция Карпова Г. А. в области геохимии и вулканологии, а также его обширный полевой и научный опыт обеспечивают возможность квалифицированной оценки результатов диссертационной работы, связанных с исследованием элементного состава и наночастиц вулканического пепла Камчатки.

Выбор официального оппонента Мурадовой Айтан Галандар кызы обосновывается тем, что она имеет значительный опыт научных исследований в области нанохимии, наноматериалов и методов исследования наночастиц. Её научные работы посвящены получению, характеристике и анализу наночастиц, включая изучение их размеров, состава и физико-химических свойств. Компетенция Мурадовой А. Г. в области наночастиц и методов их исследования обеспечивает возможность квалифицированной оценки результатов диссертационной работы, связанных с выделением, анализом и интерпретацией данных по наночастицам в объектах природного и антропогенного генезиса.

Выбор ведущей организации обоснован высоким уровнем научной компетенции её коллектива в области геохимии окружающей среды, экогеохимии и исследования миграции химических элементов в природных системах. Научный коллектив ведущей организации обладает значительным опытом изучения элементного состава природных и техногенных аэрозолей, включая городскую пыль и вулканический пепел как компонент природных аэрозольных систем, а также анализа процессов перераспределения микроэлементов в компонентах природной среды.

Научная деятельность подразделений ведущей организации включает исследования геохимии природных вод, взвешенного вещества и аэрозольного материала, а также физико-химических аспектов поведения элементов в природных системах.

Диссертационный совет отмечает, что диссертационная работа Бржезинского А. С. посвящена развитию методологии выделения, изучения и определения элементного состава фракций наночастиц (НЧ) городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки. Актуальность исследования обусловлена высокой подвижностью и сорбционной способностью НЧ, их способностью аккумулировать потенциально токсичные элементы (ПТЭ) и важной ролью в процессах переноса химических элементов в природных и техногенных системах. Представленная работа охватывает два значимых направления — экологическую геохимию городской пыли и наногеохимию вулканических систем — и демонстрирует комплексный междисциплинарный подход к решению поставленных задач.

На основании выполненных исследований соискателем получены следующие основные результаты:

- Проведена экологическая оценка загрязнения НЧ городской пыли; показано, что фракции наночастиц характеризуются высокими концентрациями ПТЭ (Cu, Hg, Zn, Mo, Cd, Sn, Sb, Bi). Согласно рассчитанным коэффициентам концентрирования (КК) и индексам геоаккумуляции (I_{geo}), уровень загрязнения варьируется от умеренного до экстремального, при этом НЧ значительно более подвержены накоплению ПТЭ, чем микрочастицы исходной пыли. Установлено практически равномерное распределение НЧ по территории города, связанное с их высокой подвижностью.

- Получены новые большие массивы данных элементного анализа фракций НЧ городской пыли Москвы. Применение многомерных статистических методов позволило выявить три источника поступления элементов: природный и два антропогенных — связанные с невыхлопными транспортными выбросами и износом металлических конструкций и дорожного покрытия. Показано, что вклад природного источника сопоставим с вкладом антропогенных факторов.

– Исследование распределения Pt и Pd между нано-, микрочастицами и водорастворимой фракцией пыли Москвы показало, что 1,6–1,8 % Pt и Pd представлено НЧ, 4–10 % — растворимыми формами, тогда как основная часть Pt и Pd (88–94 %) связана с микрочастицами.

– Предложена и оптимизирована новая методика выделения НЧ из вулканического пепла, основанная на использовании пирофосфата натрия (2 мМ $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) в качестве элюента с применением метода проточного фракционирования во вращающейся спиральной колонке. Показано, что пробоподготовка в сочетании с использованием пирофосфата в качестве элюента увеличивает массу извлекаемой фракции НЧ в 10 раз по сравнению с выделением в деионизованной воде.

– Впервые выделены и проанализированы фракции НЧ пеплов девяти действующих вулканов Камчатки. Рассчитанные коэффициенты концентрирования для ПТЭ достигают 207; наиболее высокие значения выявлены для Hg, Ag, Se, Bi и Pb. Установлено, что НЧ пеплов базальтовых вулканов характеризуются повышенным содержанием Си.

– Установлено, что элементный состав НЧ вулканического пепла близок к составу лав соответствующих вулканов, тогда как явной взаимосвязи с составом вулканических газов не обнаружено. Предполагается, что образование НЧ обусловлено как механизмами конденсации элементов из газовой фазы, так и механическим дроблением изверженного материала.

Теоретическая значимость работы определяется развитием комплексного подхода к выделению и анализу НЧ природного генезиса (НЧ вулканического пепла), а также применением статистических и аналитических методов для изучения распределения микроэлементов во фракциях НЧ городской пыли, имеющих природное и антропогенное происхождение. Полученные данные об элементном составе НЧ вулканического пепла позволяют формулировать обоснованные предположения о возможных механизмах их образования, включая конденсацию элементов из газовой фазы и механическое дробление изверженного материала.

Практическая значимость работы подтверждается тем, что предложенная методика позволяет существенно повысить эффективность выделения НЧ из вулканического пепла и обеспечивает возможность определения широкого круга микроэлементов. Комплексный подход к изучению НЧ городской пыли в сочетании со статистическими методами анализа позволяет оценивать экологические риски и выявлять источники загрязняющих веществ.

Достоверность результатов обеспечена применением современных методов фракционирования, гранулометрического и элементного анализа, использованием статистических методов обработки данных, высокой воспроизводимостью результатов и сопоставлением с литературными данными. Дополнительным подтверждением достоверности служит публикация основных материалов исследования в пяти научных статьях в рецензируемых изданиях, включая международные журналы, а также их апробация на научных конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в участии в планировании исследований, пробоотборе и пробоподготовке образцов, выполнении экспериментальных работ, обработке и обсуждении полученных данных, а также в подготовке публикаций.

Диссертационная работа Бржезинского А. С. «Изучение элементного состава и свойств наночастиц городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки» на соискание ученой степени кандидата химических наук представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям п. 9–14 Постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в ред. от 25.01.2024 г.) для присуждения учёной степени кандидата наук.

Содержание диссертации соответствует паспортам специальностей 1.6.4 «Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» и 1.4.2 «Аналитическая химия».

На заседании «10» декабря 2025 года диссертационный совет принял решение: за развитие методологии изучения элементного состава и свойств наночастиц городской пыли и вулканического пепла, а также за разработку новой методики выделения наночастиц из вулканического пепла — **присудить Бржезинскому Антону Станиславовичу учёную степень кандидата химических наук.**

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Замечания и вопросы членов диссертационного совета носили уточняющий и рекомендательный характер и касались возможного влияния сезонных факторов на вариации состава городской пыли, обоснования выбора диспергирующих систем и элюентов на этапе пробоподготовки, а также перспектив применения дополнительных методов исследования для уточнения морфологических особенностей наночастиц. Существенная часть обсуждения была посвящена методическим аспектам отбора и анализа проб, интерпретации результатов многомерного статистического анализа, формам нахождения элементов в наночастицах и возможным механизмам их формирования.

В ходе защиты было высказано замечание Каминского Ф. В., касающееся корректности и терминологической строгости использования термина «наночастицы» применительно к объектам природного происхождения, в частности к фракциям дисперсного материала городской пыли и вулканического пепла. Отвечая на данное замечание, соискатель отметил, что в диссертационной работе термин «наночастицы» используется в соответствии с принятой в современной научной литературе практикой исследований природных наночастиц окружающей среды. Хотя традиционно наночастицы определяются как частицы размером 1–100 нм, в ряде работ показано, что природные наночастицы склонны к агрегации и могут образовывать ансамбли субмикронного размера (≤ 1000 нм), сохраняющие характерные для наночастиц физико-химические свойства. Соискатель подчеркнул, что исследуемые фракции наночастиц городской пыли и вулканического пепла проявляют специфические свойства, в частности повышенную способность к накоплению микроэлементов, что отличает их от микрочастиц. Кроме того, использование терминов «природные наночастицы» и «наночастицы окружающей среды» широко представлено в авторитетных отечественных и зарубежных научных изданиях, включая журналы первого квартиля, где вопросов к применяемой терминологии не возникало; в связи с этим применение термина «наночастицы» в диссертационной работе является обоснованным.

Соискатель Бржезинский А. С. ответил на все задаваемые в ходе заседания вопросы и высказанные замечания. Приведенная им аргументация была положительно оценена присутствующими на заседании оппонентами и членами диссертационного совета. Представленные замечания не снижают научной значимости работы и могут рассматриваться как рекомендации для дальнейшего развития исследований.

Диссертационная работа Бржезинского А. С. «Изучение элементного состава и свойств наночастиц городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки» на соискание ученой степени кандидата химических наук представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям п. 9–14 Постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в ред. от 25.01.2024 г.) для присуждения учёной степени кандидата наук.

В диссертационной работе получено научно-обоснованное решение задачи развития методологии изучения элементного состава и свойств наночастиц городской пыли и вулканического пепла. Решение задачи основано на комплексном применении методов проточного фракционирования во вращающейся спиральной колонке, разработке и оптимизации методики выделения наночастиц из вулканического пепла, использовании современных методов элементного анализа, а также многомерных статистических

подходов для интерпретации полученных данных. Это позволило выделять весовые количества наночастиц из сложных полидисперсных природных объектов, определять их элементный состав, выявлять источники поступления микроэлементов в наночастицы городской пыли и охарактеризовать особенности распределения элементов в наночастицах вулканического пепла действующих вулканов Камчатки.

Содержание диссертации соответствует специальностям 1.6.4 «Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» и 1.4.2 «Аналитическая химия».

На заседании «10» декабря 2025 года диссертационный совет принял решение: за развитие методологии изучения элементного состава и свойств наночастиц городской пыли и вулканического пепла, а также за разработку новой методики выделения наночастиц из вулканического пепла **Бржезинскому Антону Станиславовичу учёную степень кандидата химических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве участвовавших в заседании 24 человек, из них 20 докторов наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, в том числе 8 докторов, обеспечивающих химические науки, и 3 доктора наук по специальности 1.4.2 – аналитическая химия (химические науки), из 29 человек, входящих в состав совета на указанную защиту (26 – утвержденный состав, 3 – введенных в состав), проголосовали за – 23, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета,
академик РАН, доктор геолого-
минералогических наук,



Когарко Лия Николаевна

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат химических наук



Кронрод Екатерина Викторовна

10.12.2025





**ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ
им. В.И. ВЕРНАДСКОГО
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГЕОХИ РАН)**

Протокол № 9

заседания диссертационного совета 24.1.195.02
от 10.12.2025

Состав диссертационного совета - 29 человек, из них утвержденный состав – 26 человек, 3 – введенных в состав. Присутствовали на заседании 24 человека.

Председатель: *д. геол.-мин. наук, академик РАН Когарко Лия Николаевна*
(председатель совета)

Присутствовали: д.г.-м.н., академик РАН Когарко Л.Н. (предс., 1.6.4, г.-м.н.), д.г.-м.н., член-корр. РАН Шацкий А.Ф. (1.6.4, г.-м.н.), д.г.-м.н. Базилевский А.Т. (1.6.4, г.-м.н.), д.г.-м.н. Бычков А.Ю. (1.6.4, г.-м.н.), д.г.-м.н. Бобров А.В. (1.6.4, г.-м.н.), д.х.н. Дорофеева В.А. (1.6.4, хим.н.), д.геогр.н. Гашкина Н.А. (1.6.4, г.-м.н.), д.х.н., член-корр. РАН Еремин Н.Н. (1.6.4, хим.н.), д.г.-м.н. член-корр. РАН Каминский Ф.В. (1.6.4, г.-м.н.), д.г.-м.н. Криволуцкая Н.А. (1.6.4, г.-м.н.), д.х.н. Кронрод В.А. (1.6.4, хим.н.), д.х.н., член-корр. РАН Кусков О.Л. (1.6.4, хим.н.), д.г.-м.н. Левитан М.А. (1.6.4, г.-м.н.), д.геогр.н. Линник В.Г. (1.6.4, г.-м.н.), д.биол.н. член-корр. РАН Моисеенко Т.И. (1.6.4, г.-м.н.), д.х.н. Поляков В.Б. (1.6.4, хим.н.), д.т.н. Севастьянов В.С. (1.6.4, хим.н.), д.г.-м.н. Силантьев С.А. (1.6.4, г.-м.н.), д.х.н. Федотов П.С. (1.6.4, хим.н.), д.х.н., член-корр. РАН Хамизов Р.Х. (1.6.4, хим.н.), д.х.н., член-корр. РАН Колотов В.П. (1.4.2, хим.н.), д.х.н. Марютина Т.А. (1.4.2, хим.н.), д.х.н. Шкинев В.М. (1.4.2, хим.н.), к.х.н. Кронрод Е.В. (секретарь, (1.6.4, хим.н.)). (всего 24 человека)

Слушали:

Защиту диссертационной работы **Бржезинского Антона Станиславовича «Изучение элементного состава и свойств наночастиц городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки»** на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых и 1.4.2 – Аналитическая химия.

Диссертационная работа выполнена в лаборатории геохимии наночастиц Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН).

Научные руководители:

– доктор химических наук **Федотов Пётр Сергеевич**, главный научный сотрудник лаборатории геохимии наночастиц Федерального государственного бюджетного учреждения

Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН)

– кандидат геолого-минералогических наук **Шилобреева Светлана Николаевна**, ведущий научный сотрудник лаборатории методов исследования и анализа материалов Федерального государственного бюджетного учреждения Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Официальные оппоненты по диссертации:

Карпов Геннадий Александрович, д. г.-м. н., главный научный сотрудник лаборатории постмагматических процессов Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ИВИС ДВО РАН), г. Петропавловск-Камчатский

Мурадова Айтан Галандар кызы, к.х.н., доцента, кафедры наноматериалов и нанотехнологии Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева (РХТУ), г. Москва

Ведущая организация:

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

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ (К1-2), опубликовано 5 работ. Требования к публикациям основных научных результатов, предусмотренные п.11 – 13 Положения, а также требования п. 10 и 14 выполнены полностью.

Отзывы оппонентов и ведущей организации – положительные. На диссертацию поступило 8 отзывов – все отзывы положительные.

В диссертационной работе получены экспериментальные данные по элементному составу и распределению микроэлементов в фракциях наночастиц городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки. Показано, что фракции наночастиц городской пыли характеризуются повышенными содержаниями ряда потенциально токсичных элементов по сравнению с микрочастицами исходных образцов. На основе расчёта коэффициентов концентрирования и индексов геоаккумуляции установлено, что уровни накопления микроэлементов в наночастицах городской пыли варьируют от умеренных до экстремальных.

Получены новые массивы данных элементного анализа фракций наночастиц городской пыли, на основе которых с применением многомерных статистических методов выявлены природные (эрозия почв) и антропогенные источники формирования их элементного состава, такие как невыхлопные выбросы автотранспорта и износ городских конструкций. Рассмотрено распределение платины и палладия между нано-, микрочастицами и водорастворимой фракцией городской пыли; показано, что основная доля этих элементов ассоциирована с микрочастицами, тогда как вклад наночастиц и растворимых форм является существенно меньшим.

Разработана и оптимизирована методика выделения фракций наночастиц из вулканического пепла с применением проточного фракционирования во вращающейся спиральной колонке и использованием пирофосфата натрия в качестве элюента, обеспечивающая существенное увеличение выхода наночастиц. Впервые выделены и проанализированы фракции наночастиц пеплов девяти действующих вулканов Камчатки;

показано, что наночастицы вулканического пепла характеризуются высокими коэффициентами концентрирования ряда микроэлементов. Установлено, что элементный состав наночастиц вулканического пепла близок к составу лав соответствующих вулканов, при этом предполагается, что их формирование обусловлено сочетанием процессов конденсации элементов из газовой фазы и механического дробления изверженного материала.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Вопросы членов диссертационного совета носили уточняющий и дискуссионный характер и касались особенностей отбора и репрезентативности проб городской пыли и вулканического пепла, методических аспектов выделения фракций наночастиц и возможного влияния пробоподготовки на получаемые результаты, обоснования выбора диспергирующих систем и элюентов, а также терминологических аспектов использования понятия «наночастицы» применительно к объектам природного происхождения.

Значительная часть обсуждения была посвящена интерпретации результатов элементного анализа и многомерной статистической обработки данных, разграничению природных и антропогенных источников микроэлементов в фракциях наночастиц городской пыли, распределению платины и палладия между нано-, микрочастицами и водорастворимой фракцией, сопоставлению данных, полученных для городской пыли и вулканического пепла, а также обсуждению возможных механизмов формирования наночастиц в вулканических системах и ограничений предлагаемых интерпретаций.

Соискатель Бржезинский А.С. ответил на все задаваемые в ходе заседания вопросы и высказанные замечания. Приведенная им аргументация была положительно оценена присутствующими на заседании оппонентами и членами диссертационного совета. Представленные замечания не снижают научной значимости работы и могут рассматриваться как рекомендации для дальнейшего развития исследований.

Постановили:

Диссертационная работа **Бржезинского Антона Станиславовича «Изучение элементного состава и свойств наночастиц городской пыли Москвы и пеплов действующих вулканов Камчатки»** на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых и 1.4.2 – Аналитическая химия представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям п. 9 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней». В диссертационной работе получено научно обоснованное решение задачи развития методологии изучения элементного состава и свойств наночастиц городской пыли и вулканического пепла. Для городской пыли решение основано на применении методов фракционирования наночастиц и многомерной статистической обработки данных, что обеспечивает возможность их использования в задачах экологического мониторинга. Для вулканического пепла разработана и оптимизирована методика выделения фракций наночастиц, позволяющая исследовать их элементный состав.

Содержание работы соответствует специальностям 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых и 1.4.2 – Аналитическая химия.

На заседании «10» декабря 2025 года диссертационный совет принял решение: за развитие методологии изучения элементного состава и свойств наночастиц городской пыли и

вулканического пепла, а также за разработку новой методики выделения наночастиц из вулканического пепла, присудить Бржезинскому Антону Станиславовичу ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве участвовавших в заседании 24 человек, из них 20 докторов наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, в том числе 8 докторов, обеспечивающих химические науки, и 3 доктора наук по специальности 1.4.2 – аналитическая химия (химические науки), из 29 человек, входящих в состав совета на указанную защиту (26 – утвержденный состав, 3 – введенных в состав), проголосовали за – 23, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета,
академик РАН, доктор геолого-
минералогических наук,

 Когарко Лия Николаевна

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат химических наук

 Кронрод Екатерина Викторовна

10.12.2015



 Лия Николаевна

 Екатерина Викторовна

 Екатерина Викторовна