

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.053.01, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ГЕОХИМИИ ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 02.04.2025 г. № 2

О присуждении Каневой Екатерине Владимировне учёной степени доктора геолого-минералогических наук.

Диссертация «Кристаллохимия редких и сложных силикатов щелочных пород» по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых принята к защите 13 декабря 2024 г. (протокол № 13) диссертационным советом 24.1.053.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, стр. 1А, согласно приказу Минобрнауки РФ № 93/нк от 26 января 2023 г.

Соискатель Канева Екатерина Владимировна, 6 апреля 1985 года рождения, в 2007 году окончила Иркутский государственный технический университет, присуждена квалификация инженер-технолог по специализации «Геммология». С 2007 по 2010 гг. прошла обучение в очной аспирантуре Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук по направлению подготовки 25.00.05 – «Минералогия, кристаллография». С 2011 по 2013 гг. обучалась в докторантуре (PhD Course, School of Advanced Studies in Earth Science) Университета г. Бари им. Альдо Моро, Италия (Universita' degli Studi di Bari «Aldo Moro») по направлению «Науки о Земле». В 2014 году в Университете г. Бари им. Альдо Моро защитила диссертацию на тему: «Crystal structure and crystal chemical studies of minerals of alkaline rocks from Russia, Tajikistan and Mongolia» («Исследование кристаллической структуры и кристаллохимии минералов из щелочных пород России, Таджикистана и Монголии»), научно-дисциплинарный сектор GEO06 (Минералогия), по итогам чего была присуждена академическая степень PhD (Doctor of Philosophy). Согласно Приказу Министерства образования и науки Российской Федерации № 913/нк от 6 августа 2015 г., полученная ученая степень признана соответствующей ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 «Минералогия, кристаллография».

Работает в должности старшего научного сотрудника в лаборатории рентгеновских методов анализа Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН). Диссертация была подготовлена вне докторантуры.

Диссертация выполнена в лаборатории рентгеновских методов анализа ИГХ СО РАН.

Официальные оппоненты:

Кривовичев Сергей Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, генеральный директор Федерального исследовательского центра Кольский научный центр Российской академии наук (ФИЦ КНЦ РАН), г. Апатиты;

Спивак Анна Валерьевна, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского Российской академии наук (ИЭМ РАН), г. Черноголовка;

Сереткин Юрий Владимирович, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН), г. Новосибирск, **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук (ИГГ УрО РАН), г. Екатеринбург, **в своем положительном отзыве**, подписанном академиком РАН, главным научным сотрудником лаборатории физических и химических методов исследования минерального вещества Вотяковым Сергеем Леонидовичем, кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории физики минералов и функциональных материалов Щаповой Юлией Владимировной и кандидатом химических наук, старшим научным сотрудником лаборатории физики минералов и функциональных материалов Михайловской Зоей Алексеевной, указала, что диссертация является завершённым самостоятельным научным исследованием, включающим в себя полный комплекс исследований от поиска и извлечения минеральных объектов до их разнопрофильной структурной аттестации. На основании выполненных исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как значимое научное достижение. Результаты исследования имеют не только фундаментальную, но и практическую значимость и могут быть полезны в области поиска и разработки новых материалов для таких перспективных направлений, как оптоэлектроника, нелинейная оптика, разработка аккумуляторов, сенсоров и других. Диссертационная работа соответствует критериям, установленным в пп. 9- 11, 13 и 14 Постановления

Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «Положение о присуждении ученых степеней».

Соискатель имеет 169 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 33 статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК и баз цитирования WoS и Scopus. Часть результатов исследований вошла в зарегистрированную базу данных инфракрасных спектров отражения минералов (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024624496 от 16.10.2024). Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют; работы соискателя публиковались в таких рецензируемых изданиях, как Кристаллография, Mineralogical Magazine, American Mineralogist, Scientific Reports, European Journal of Mineralogy, Physics and Chemistry of Minerals, Mineralogy and Petrology и др. Соискатель является первым автором в 21 публикациях по теме диссертации в рецензируемых изданиях.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Kaneva E.**, Lacalamita M., Mesto E., Schingaro E., Scordari F., Vladykin, N. Structure and modeling of disorder in miserite from the Murun (Russia) and Dara-i-Pioz (Tajikistan) massifs // *Physics and Chemistry of Minerals*. 2014. 41. 1. P. 49–63.

2. **Kaneva E.**, Shendrik R., Mesto E., Bogdanov A., Vladykin N. Spectroscopy and crystal chemical properties of $\text{NaCa}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]\text{F}$ natural agrellite with tubular structure // *Chemical Physics Letters*. 2020. 738. P. 136868.

3. **Kaneva E.**, Radomskaya T., Suvorova L., Sterkhova I., Mitichkin M. Crystal chemistry of fluorcarletonite, a new mineral from the Murun alkaline complex (Russia) // *European Journal of Mineralogy*. 2020. 32. P. 137–146.

4. **Kaneva E.V.**, Shendrik R.Yu., Radomskaya T.A., Suvorova L.F. Fedorite from Murun alkaline complex (Russia): spectroscopy and crystal chemical features // *Minerals*. 2020. 10. P. 702.

5. **Kaneva E.**, Bogdanov A., Shendrik R. Structural and vibrational properties of agrellite // *Scientific Reports*. 2020. 10. P. 15569.

6. **Kaneva E.**, Shendrik R. Radiation defects and intrinsic luminescence of cancrinite // *Journal of Luminescence*. 2022. 243. P. 118628.

7. **Kaneva E.**, Shendrik R. Tinaksite and tokkoite: X-ray powder diffraction, optical and vibrational properties // *Crystals*. 2022. 12. P. 377.

8. **Kaneva E.**, Radomskaya T., Belozeroва O., Shendrik R. Crystal chemistry of turkestanite (Dara-i-Pioz massif, Tajikistan) // *Mineralogical Magazine*. 2023. 87. 2. P. 252–261.

9. **Kaneva E.**, Bogdanov A., Radomskaya T., Belozeroва O., Shendrik R. Crystal-chemical characterisation and spectroscopy of fluorocarletonite and carletonite // Mineralogical Magazine. 2023. 87. 3. P. 356–368.

10. **Kaneva E.**, Shendrik R., Pankrushina E., Dokuchits E., Radomskaya T., Pechurin M., Ushakov A. Frankamenite: relationship between the crystal–chemical and vibrational properties // Minerals. 2023. 13. 8. P. 1017.

11. **Kaneva E.**, Belozeroва O., Radomskaya T., Shendrik R. Crystal chemistry, Raman and FTIR spectroscopy, optical absorption, and luminescence study of Fe-dominant sogdianite // Zeitschrift für Kristallographie - Crystalline Materials. 2024. 239. 5-6. P. 183–197.

12. **Kaneva E.V.**, Bogdanov A.I., Radomskaya T.A., Shendrik R.Y. Rare cyclosilicate odintsovite $K_2Na_4Ca_3Ti_2Be_4Si_{12}O_{38}$: new crystal-chemical data // Mineralogy and Petrology. 2024. 118. P. 387–399.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

д.х.н. **Аксенова Сергея Михайловича** и к.х.н. **Гришаева Василия Юрьевича**, Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр РАН» (ФИЦ КНЦ РАН), г. Апатиты; д.х.н. **Стерховой Ирины Владимировны**, ФГБУН Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, г. Иркутск; д.х.н. **Блатова Владислава Анатольевича** и к.х.н. **Кабановой Натальи Александровны**, ФГАОУ ВО Самарский государственный технический университет (СамГТУ), г. Самара; д.г.-м.н. **Смирнова Сергея Захаровича**, ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН), г. Новосибирск; д.г.-м.н., профессора РАН **Реутского Вадима Николаевича**, ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск; к.х.н. **Банару Александра Михайловича**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва; к.г.-м.н. **Авдонцевой Маргариты Сергеевны** и д.г.-м.н. **Золотарева Андрея Анатольевича**, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург; д.г.-м.н. **Хисиной Наталии Рафаиловны**, ФГБУН Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН), г. Москва; д.г.-м.н., профессора РАН **Плечова Павла Юрьевича**, Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, г. Москва; д.ф.-м.н. **Полисадовой Елены Федоровны** и д.ф.-м.н., заслуженного деятеля науки РФ, профессора **Лисицына Виктора Михайловича**, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск; д.х.н., член-корреспондента РАН **Еремина Николая Николаевича**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва; к.ф.-м.н. **Орловой**

Екатерины Игоревны и д.ф.-м.н. **Харитоновой Елены Петровны**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

Во всех отзывах на автореферат работа характеризуется положительно, отрицательных отзывов нет. В них отмечается, что актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений и обусловлена необходимостью углубленного анализа минералов, формирующихся в уникальных геологических условиях щелочных комплексов России и зарубежья. Результаты проведенных исследований базируются на использовании впечатляющего набора современных экспериментальных методов исследования вещества, а такой комплексный подход позволил автору получить высококачественные и достоверные результаты, всесторонне исследовать кристаллическое строение, химический состав и разнообразные кристаллохимические группы весьма редких и сложных по строению минералов щелочных пород. В отзывах отмечаются важные достоинства работы, такие как: описание нового минерального вида – фторкарлтонита, зарегистрированного автором с коллегами в Международной комиссии по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации, а также активное использование и популяризация индексов Шэнноновской сложности, непосредственно подтверждающих сложность изученных кристаллических структур. В отзывах выражается мнение, что диссертационная работа внесла свой вклад в минералогию благодаря созданию базы данных ИК-спектров отражения и включению результатов уточнения кристаллических структур в базы данных кристаллических структур неорганических соединений (ICDD, ICSD). Работа представляет собой законченное научное исследование, в котором решена научная проблема, имеющая важное значение для развития теоретических представлений о кристаллохимии силикатов, вносит значительный вклад в решение генетических вопросов магматизма и расширяет знания о структурно-химических закономерностях минералов.

В отзывах на автореферат имеются критические замечания и вопросы. В качестве замечаний из отзыва д.х.н. Аксенова С.М. и к.х.н. Гришаева В.Ю. указано, что недостаточно раскрыты закономерности формирования микропористых структур, имеющие важное прикладное значение для создания синтетических аналогов, а также отсутствуют выводы о взаимосвязи структурной сложности с условиями образования щелочных пород и особенностями ассоциирующих минеральных фаз. К.х.н. Кабанова Н.А. и д.х.н. Блатов В.А. отмечают использование современных теоретических методов исследования (анализа топологии структуры, квантово-механических расчетов и методов машинного обучения) не в полном объеме. В своем отзыве д.г.-м.н. Смирнов С.З. высказывает мнение, что в предложенной автором классификации силикатных структур

при объединении структурных элементов разной химической природы не учитывается разграничения ковалентных (Si-O) и ионных (катион-O) взаимодействий. Д.г.-м.н. В.Н. Реутский в качестве замечания к автореферату отмечает нехватку методологической схемы, демонстрирующей синергетический эффект от комплексного применения аналитических методов, включая их взаимодополняемость при решении конкретных исследовательских задач. Замечания к.ф.-м.н. Орловой Е.И. и д.ф.-м.н. Харитоновой Е.П. указывают на то, что в автореферате отмечается малое внимание к деталям в сравнении природных минералов с их синтетическими аналогами, и не всегда достаточно четко сформулирована взаимосвязь между кристаллохимическими и геологическими процессами (например, выявленные кристаллохимические маркеры – соотношение F/OH и изоморфные замещения).

Несмотря на представленные замечания и вопросы, в отзывах отмечено, что они не затрагивают сути выносимых на защиту положений, имеют уточняющий или рекомендательный характер и не снижают достоинства диссертационной работы.

В отзыве официального оппонента Кривовичева Сергея Владимировича в качестве критических замечаний указано, что акцент на материаловедческих аспектах ослабляет ценность геолого-минералогических выводов работы; отсутствует исторический обзор исследований щелочных комплексов; в главе, посвященной высокотемпературной кристаллохимии недостаёт систематизации результатов и наглядной интерпретации механизмов структурных преобразований.

В отзыве официального оппонента Спивак Анны Валерьевны в качестве критического замечания указано, что излишняя категоричность выводов о перспективах практического применения изученных минералов в качестве функциональных материалов не подкреплена достаточными экспериментальными данными по их синтезу и масштабированию.

В отзыве официального оппонента Сереткина Юрия Владимировича в качестве критических замечаний указано, что выводы автора о возможности диффузии крупных катионов и молекул воды в структуре кольцевых силикатов дискуссионны; отмечается недостаточная проработка комбинирования количественных данных термоаналитических методов (ТГ, ДСК) и высокотемпературной дифрактометрии при интерпретации результатов; высказываются сомнения о целесообразности включения в работу результатов по франкамениту, имеющих низкое качество структурных данных с большой погрешностью определения межатомных расстояний; противоречивое поведение параметров элементарной ячейки согдианита при нагревании нуждается в проведении повторных экспериментов; использованы неполные дифракционные данные при

структурных уточнениях, поскольку для расчетов исключены малоинтенсивные и нулевые рефлексы.

В отзыве на диссертацию от ведущей организации работа охарактеризована положительно, при этом указан ряд замечаний, в качестве основных указаны следующие замечания: репрезентативность выводов о структурных особенностях силикатов основана на анализе 2-3 монокристаллов; требуются дополнительные пояснения автора о критериях выбора той или иной формы записи кристаллохимической формулы и уравнений изоморфных замещений и возможном влиянии содержания воды на эти процессы; недостаточный объем сведений об основных колебательных представлениях минералов, особенно в части обсуждения симметрии и вырожденности колебательных мод.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются известными учеными в области исследований, близкой к тематике представленной диссертационной работы. Д.г.-м.н. С.В. Кривовичев является известным и высококвалифицированным специалистом в области структурной минералогии и неорганической кристаллохимии, разрабатывает теорию структурной сложности минералов и неорганических соединений для интерпретации энтропийных процессов кристаллизации и преобразования вещества в минеральных и синтетических системах; д.г.-м.н. А.В. Спивак – специалист в области экспериментальной минералогии, петрологии глубинных процессов и кристаллохимии высокобарических соединений; д.х.н. Сереткин Ю.В. является специалистом в области кристаллохимии редких минералов и синтетических аналогов, автором фундаментальных исследований структурных особенностей сложных оксидов и силикатов щелочных пород. Высокий профессиональный уровень официальных оппонентов подтверждается их публикациями в рецензируемых российских и зарубежных изданиях.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что специалисты Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук (ИГГ УрО РАН) проводят успешную многолетнюю исследовательскую работу в области наук о Земле, в том числе исследования химического состава, физических свойств и структуры природных и синтетических материалов. Специалисты ИГГ УрО РАН имеют широкую публикационную активность в рецензируемых научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны принципы комплексного подхода, позволяющие всесторонне изучать кристаллические структуры сложных силикатных минералов из щелочных пород крупных

массивов с применением различных экспериментальных методов и устанавливать механизмы ионообменных процессов и структурных трансформаций в различных температурных условиях, а также выявлять фундаментальные закономерности, определяющие взаимосвязь между структурой, составом и свойствами минералов;

предложена системная мультиметодологическая концепция исследований сложных минералов, ориентированная на установление фундаментальных закономерностей, определяющих взаимосвязь между структурой, составом и свойствами сложных минеральных систем, что имеет важное значение как для понимания геохимических процессов, так и для разработки новых функциональных материалов;

доказано, что широкий диапазон изоморфных замещений в кристаллических структурах микропористых цирконо- и титаносиликатов с гетерополиэдрическим каркасом влияет на внекаркасные компоненты и октаэдрические позиции, что способствует концентрации редких элементов и может способствовать выявлению новых минеральных видов, при этом структурно-химические особенности, связанные с дополнительными анионными компонентами, могут служить диагностическими критериями; изоструктурные минералы щелочных пород представляют собой уникальные минеральные виды с общими и специфическими характеристиками, что позволяет их идентифицировать по структурным и спектроскопическим признакам; топология сложных К-Na-Ca-силикатов с кольцевым, слоистым и трубчатым анион-радикалом обеспечивает проявление цеолитных и катионообменных свойств благодаря просторному межслоевому пространству и каналам для обмена молекулами воды или «гостевыми» атомами; высокотемпературная кристаллохимия редких и сложных силикатов щелочных пород предоставляет важную информацию о доступности структурных полостей и каналов для размещения этих молекул и «гостевых» атомов.

введены теоретические положения, раскрывающие роль силикатных минералов щелочных комплексов в геохимии редких и переходных элементов, обусловленные их участием в процессах ионного обмена, декатионизации и дегидратации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

проведено систематическое исследование химических и структурных особенностей редких и сложных минералов щелочных пород, в ходе которого получены новые структурные данные и выполнена их кристаллохимическая интерпретация методом рентгеноструктурного анализа. Также осуществлен детализированный анализ данных колебательной спектроскопии, исследована устойчивость минералов при нагревании и проведен сравнительный кристаллохимический и топологический анализ исследуемых

минералов, что позволило выявить особенности их структуры, катионного распределения и механизмы ионнообменных процессов;

доказано, что кристаллические структуры микропористых цирконо- и титаносиликатов с гетерополиэдрическим каркасом характеризуются широким спектром изоморфных замещений, оказывающих существенное влияние на концентрационное поведение редких элементов; структурно-химические характеристики микропористых каркасных алюмосиликатов детерминированы наличием дополнительных анионных компонентов и могут служить надежными диагностическими критериями для генетических реконструкций; индивидуальные минеральные виды К-Na-Ca-силикатов демонстрируют как общие структурные закономерности, так и уникальные особенности и диагностические спектроскопические признаки; высокотемпературная кристаллохимия предоставляет информацию о доступности полостей для молекул и «гостевых» атомов, что позволяет выявить механизмы ионнообменных процессов и структурных трансформаций и способствует разработке новых материалов.

изложены систематизированные результаты сравнительного кристаллохимического исследования, выполненного с применением современных методических подходов на основе многолетнего комплексного изучения структурных и химических особенностей силикатных минеральных фаз, выступающих в качестве уникальных модельных объектов для изучения технологических свойств материалов и служащих надежными индикаторами специфических геологических условий;

раскрыта значимость комплексного подхода к изучению сложных кристаллических структур минералов и необходимость использования широкого спектра современных аналитических методов, таких как рентгеноструктурный анализ и спектроскопические, микроскопические и термические методики, для установления особенностей строения, свойств и генезиса;

изучены редкие и сложные минеральные виды из пород щелочных комплексов России и зарубежных стран: Мурунского (Россия), Дара-й-Пиоз (Таджикистан) Хан-Богдо (Монголия), Бурпалинский (Россия), Инаглинский (Россия), Жидойский (Россия) и массива Монт-Сент-Илер (Канада), которые в зависимости от типа и сложности сочленения SiO₄-тетраэдров были классифицированы на группы цирконо- и титаносиликаты, микропористые каркасные алюмосиликаты, кольцевые и слоистые силикаты, а также силикаты с трубчатым и гибридным анион-радикалом, имеющие магматическое или гидротермальное происхождение.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены концепции применения комплексного подхода, сочетающего различные аналитические методы, позволяющие всесторонне исследовать строение, состав, динамику кристаллической структуры и кристаллохимические характеристики минералов щелочных пород;

определены особенности кристаллической структуры и химического состава 20 природных соединений, относящихся к классам цирконо- и титаносиликатов, алюмосиликатов, бериллосиликатов, боросиликатов, а также слоистых, кольцевых, трубчатых и силикатов с гибридным ион-радикалом и несколькими типами радикалов в структуре, что позволило выявить и зарегистрировать Международной комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации (IMA CNMNC) новый минеральный вид – фторкарлтонит, впервые получить результаты монокристалльного рентгеноструктурного анализа в комбинации с данными электронно-микронного анализа и ИК-спектроскопии туркестанита и агреллита из массива Дара-й-Пиоз, нарсарсукита и мизерита из Мурунского массива и гакманита из Инаглинского массива, существенно дополнить предложенные ранее модели и получить новые данные о заселенности полиэдров и анионных позиций по уточненным структурам канкринита из Жидойского массива, карлтонита из массива Мон-Сент-Илер, а также одинцовита, франкаменита, мизерита, тинаксита и токкоита из Мурунского щелочного комплекса, скорректировать симметрию и/или химические формулы армстронгита из массива Хан-Богдо, власовита из Бурпалинского массива и Fe-обогащенного согдианита из массива Дара-й-Пиоз и впервые изучить кристаллохимические аспекты высокотемпературного поведения федорита и фторкарлтонита из Мурунского массива, а также исследовать особенности кристаллохимии боросиликатов стиллуэлита-(Ce) и ридмерджерита из массива Дара-й-Пиоз в процессе нагревания.

созданы научно-обоснованные методологические подходы, базирующиеся на комплексном применении современных исследовательских методов, сочетание результатов которых, позволяет глубже охарактеризовать минералы со сложными кристаллохимическими свойствами и выявлять механизмы их структурных трансформаций и ионообменных процессов, что открывает путь к установлению фундаментальных закономерностей, определяющих взаимосвязь между кристаллической структурой, составом и свойствами этих минеральных систем;

представлены методологические принципы организации комплексных исследований, интегрирующие различные экспериментальные подходы для всестороннего

анализа сложных кристаллических структур минералов и изучения механизмов ионообменных процессов и структурных трансформаций в широком температурном диапазоне. Разработанные положения обеспечивают установление фундаментальных закономерностей, определяющих корреляционные связи между структурными параметрами, химическим составом и физико-химическими свойствами минеральных систем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

экспериментальные исследования базируются на многолетних (более 15 лет) экспериментальных работах с редкими, новыми и малоизученными минеральными видами из щелочных комплексов России и зарубежных стран, отобранные из частных коллекций, и из коллекций Минералогических музеев (Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана, Минералогический музей им. А.В. Сидорова ИРНИТУ). Кристаллохимические особенности исследуемых минералогических объектов определены на основе результатов комплекса современных аналитических методов в Центре коллективного пользования «Изотопно-геохимических исследований» Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, а также с использованием оборудования Центров коллективного пользования Российских научных организаций (Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Институт земной коры СО РАН) и иностранных лабораторий (Университет г. Бари, Университет г. Милана, Университет геологических наук Китая г. Ухань, Университет г. Пармы) с использованием российских и международных стандартных образцов;

теоретические положения сформулированы и обоснованы с использованием обширного фактического материала, который служит фундаментальной основой для исследования строения, химического состава и колебательных свойств группы редких и сложных минералов щелочных пород, сравнительного кристаллохимического описания и анализа значимости связей между кристаллической структурой, свойствами и условиями образования этих минералов. Полученные результаты согласуются с данными отечественных и зарубежных исследований, что свидетельствует о вкладе диссертационной работы в расширение знаний в области кристаллохимии природных силикатов щелочных комплексов Сибири, Монголии, Таджикистана и Канады. Основные научные положения работы отражены в отчетах тем государственного задания ИГХ СО РАН, проектов РНФ, РФФИ, опубликованы в научных статьях и обсуждены на международных и всероссийских конференциях;

идея диссертационной работы базируется на фундаментальных исследованиях в области кристаллохимии редких и сложных силикатных минералов щелочных пород, которые представляют собой уникальные модели для изучения технологических свойств материалов и условий образования указанных минералов, и применении комплексного методологического подхода к их изучению, что позволяет выявить обобщающие корреляции «генезис – структура – свойства». Полученные результаты актуальны для разработки новых технологических решений и соответствуют современным тенденциям использования природоподобных технологий, что отвечает п. 27 Перечня важнейших наукоемких технологий согласно Указу Президента РФ от 18 июня 2024 г. № 529. Работа представляет собой закономерное продолжение, развитие и углубление исследований, инициированных автором в рамках PhD-диссертации, и представляет собой последовательное расширение ключевых аспектов разрабатываемого научного направления.

использованы современные аналитические методы анализа кристаллического вещества: сканирующая электронная микроскопия (сканирующий электронный микроскоп Tescan MIRA 3 LMH) и электронно-зондовый микроанализ (электронно-зондовые микроанализаторы Jeol JXA-8200 и JXA-8230); инфракрасная спектроскопия поли- и монокристаллов (ИК Фурье-спектрометры ФТ-801, Vertex 70 и Nicolet Avatar 370); спектроскопия комбинационного рассеяния (спектрометры Horiba LabRam HR800 Evolution и WITec alpha300R); мёссбауэровская спектроскопия (спектрометр с постоянным ускорением и источником $^{57}\text{Co}(\text{Rh})$); рентгенодифракционный анализ на моно- и поликристаллах (монокристалльные дифрактометры Bruker APEX II, Bruker D8 Venture и Порошковый дифрактометр Bruker D8 Advance); высокотемпературные исследования, включающие дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК) и термогравиметрический анализ (ТГА) (STA 449 F1 Jupiter) и высокотемпературные нагревательные камеры для дифракционного анализа.

установлено, что проведённое автором исследование кристаллохимии редких природных силикатов щелочных пород представляет собой значимое фундаментальное обобщение, содержащим важные результаты, способствующим как развитию петрологических и геохимических реконструкций условий формирования месторождений полезных ископаемых, так и созданию методологической базы для получения новых минералоподобных материалов.

Личный вклад соискателя состоит в обобщении материалов многолетнего всестороннего исследования автора, обосновании актуальности проблемы, что явилось основой для формирования целей и задач работы, определения методов исследования в области кристаллохимии силикатных минералов из щелочных пород. Все выносимые на

защиту результаты принадлежат соискателю лично. Автор выполняла все этапы исследовательского процесса, начиная с предварительного отбора кристаллов и заканчивая обработкой экспериментальных данных, проведением расчетов. В рамках проводимой научно-исследовательской работы автор осуществляла сравнительный кристаллохимический анализу полученных результатов, подготовку научных публикаций. выступала с научными докладами, основанными на материалах диссертации.

В ходе защиты диссертации не было высказано существенных критических замечаний со стороны членов диссертационного совета, замечания носили в основном технический или рекомендательный характер, с которыми соискатель согласился. Соискатель Канева Е.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 2 апреля 2025 г. диссертационный совет принял решение за вклад в развитие научных основ о кристаллохимии редких и сложных силикатов щелочных пород, имеющих высокую значимость для развития геолого-минералогических наук и смежных отраслей, присудить Каневой Екатерине Владимировне учёную степень доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них докторов наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых 7 человек, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0 (ученый секретарь, к.х.н. Амосова А.А. не голосовала).

Председатель диссертационного
совета, д.г.-м.н.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.х.н.

3 апреля 2025 г.



Александр Борисович Перепелов

Алена Андреевна Амосова