

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.050.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ИМ. В.С. СОБОЛЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____
Решение диссертационного совета от 20.05.2025 № 02/10

О присуждении Романенко Александру Владимировичу ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Поведение структур К-кимрита ($KAlSi_3O_8 \cdot H_2O$) и кокчетавита ($KAlSi_3O_8$) при высоком давлении» по специальности по специальности 1.6.4 «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» принята к защите 19.03.2025 протокол №02/6 диссертационным советом 24.1.050.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, просп. акад. Коптюга, 3), приказ МИНОБРНАУКИ России № 1113/нк от 23.05.2023 г.

Соискатель Романенко Александр Владимирович, 1996 года рождения, окончил в 2020 году Новосибирский государственный университет по направлению 04.04.01 «Химия» (магистр). Соискатель работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории метаморфизма и метасоматоза (№440) ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Научный руководитель – кандидат геолого-минералогических наук Ращенко Сергей Владимирович работает в ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН старшим научным сотрудником в лаборатории метаморфизма и метасоматоза (№440).

Официальные оппоненты:

Спивак Анна Валерьевна – доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – «Минералогия, кристаллография», заведующего лабораторией мантии ФГБУН Института экспериментальной минералогии им. Д.С. Коржинского РАН (г. Черноголовка).

Комаров Владислав Юрьевич – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории кристаллохимии Института неорганической химии им. А.В. Николаева (г. Новосибирск)

Дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт Петербургский государственный университет» в своем заключении, подписанном Л.А. Гореловой, доцентом кафедры кристаллографии Института наук о Земле СПбГУ, кандидатом геолого-минералогических наук и А.А. Золотаревым, профессором с возложенными обязанностями заведующего кафедрой кристаллографии Института наук о Земле СПбГУ, доктором геолого-минералогических наук указала, что диссертация Романенко А.В. соответствует п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней паспорта специальности 1.6.4 «Минералогия, кристаллография. Геохимия. геохимические методы поисков полезных ископаемых». Диссертационное исследование является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, имеющую научную и практическую значимость, имеет достаточную апробацию в виде ряда докладов на конференциях и публикациях в научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Главные замечания оппонентов и ведущей организации сводятся к следующему:

1. Формулировок защищаемых положений (Спивак А.В.)
2. Использования минералогической терминологии (Горелова Л.А., Спивак А.В.)

3. Координационного полиэдра атома калия при высоком давлении (Горелова Л.А., Спивак А.В.)
4. Оформления рисунков и ссылок (Горелова Л.А., Спивак А.В.)

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе 4 по теме диссертации, опубликованных в научных изданиях из списка ВАК и в рецензируемых научных изданиях из списка Scopus.

1. **Romanenko A.V.**, Rashchenko S.V., Sokol A.G., Korsakov A.V., Seryotkin Yu. V., Glazyrin K.V., Musiyachenko K.A., Crystal structures of K-cymrite and kokchetavite from single-crystal X-ray diffraction // American Mineralogist. 2021. Vol. 106, № 3. P. 404–409.
2. **Romanenko A.V.**, Rashchenko S.V., Korsakov A.V., Sokol A.G., Kokh K.A., Compressibility and pressure-induced structural evolution of kokchetavite, hexagonal polymorph of $KAlSi_3O_8$, by single-crystal X-ray diffraction // American Mineralogist. 2024. Vol. 109, № 7. P. 1284–1291.
3. Korsakov A.V., **Romanenko A.V.**, Sokol A.G., Musiyachenko K.A., Raman spectroscopic study of the transformation of nitrogen-bearing K-cymrite during heating experiments: Origin of kokchetavite in high-pressure metamorphic rocks // Journal of Raman Spectroscopy. 2023. Vol. 54, № 11. P. 1183–1190.
4. **Romanenko A.V.**, Rashchenko S.V., Korsakov A.V., Sokol A.G., High pressure behavior of K-cymrite ($KAlSi_3O_8 \cdot H_2O$) crystal structure // Physics and Chemistry of Minerals. 2024. Vol. 51, № 3. P. 36.

На автореферат поступило 7 отзывов (все положительные):

1. Доктора химических наук, заведующего лабораторией арктической минералогии и материаловедения, Центр наноматериаловедения, Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр РАН» С.М. Аксенова;
2. Кандидата технических наук, научного сотрудника Научно-технологического центра уникального приборостроения РАН Булатова Камиля Маратовича;
3. Кандидата геолого-минералогических наук, старшего научного сотрудника лаборатории рентгеновских методов анализа ФГБУН Институт Геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН Каневой Екатерины Владимировны
4. Доктора геолого-минералогических наук, ведущего научного сотрудника Коха Константина Александровича;
5. Кандидата-геолого-минералогических наук, заведующей лабораторией орогенеза ФГБУН Институт Земной коры СО РАН Дымшиц Анны Михайловны;
6. Доктора геолого-минералогических наук, профессора РАН, г.н.с., заведующего лабораторией геохимии мантии Земли ГЕОХИ РАН Шацкого Антона Фарисовича;
7. Кандидата геолого-минералогических наук, заведующего лабораторией природоподобных технологий и техносферной безопасности Арктики ФИЦ КНЦ РАН Паникоровского Тараса Леонидовича

В отзывах отмечено, что диссертационная работа является серьезным научным исследованием, выполнена по актуальной тематике, содержит решение научных задач, имеющих значение для развития соответствующей отрасли знания. Полученные соискателем результаты признаны мировым сообществом, что подтверждается их опубликованием в высокорейтинговых журналах. Основные защищаемые положения достоверны и обоснованы.

Основные замечания и вопросы по диссертации касаются:

1. Координационного полиэдра атома калия при высоком давлении (Горелова Л.А., Спивак А.В., Аксенов С.М.)
2. Нюансов проведения КР-спектроскопических экспериментов (Спивак А.В., Булатов К.М., Шацкий А.Ф.)
3. Верхних границ давления в экспериментах (Кох К.А.)
4. Более четких формулировок практического применения полученных результатов (Канева Е.В.)
5. Методических аспектов проведения экспериментов (Канева Е.В.)

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Спивак Анна Валерьевна и Комаров Владислав Юрьевич являются высококвалифицированными специалистами в

области минералогии и кристаллохимии. Оппоненты имеют многочисленные публикации в высокорейтинговых изданиях в области исследования, соответствующей тематике диссертации и способны объективно оценить данную диссертационную работу.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что направление ее научно-исследовательской деятельности полностью соответствует тематике диссертации, а специалисты могут объективно и аргументированно оценить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненным соискателем исследований:

Получены новые данные о кристаллохимических характеристиках К-кимрита ($\text{KAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $Z = 1$) и кокчетавита (KAlSi_3O_8 , $Z = 8$) при высоких давлениях и температурах. Впервые определена пространственная группа симметрии кокчетавита $P6/mcc$ с использованием монокристалльной рентгеновской дифракции, выявлены фазовые переходы и установлена эволюция кристаллических структур обеих фаз при повышении давления. Уточнены параметры уравнений состояния К-кимрита (до 20 ГПа) и кокчетавита (до 10 ГПа), необходимые для термодинамического моделирования минеральных равновесий. Впервые описаны поляризационная зависимость КР-спектров К-кимрита, аномальное поведение ОН-колебаний при сжатии, а также температурные зависимости спектров, связанные с удалением гостевых молекул H_2O и N_2 .

Теоретическая значимость исследования заключается в получении новых данных, которые способствуют пониманию механизмов транспорта калия и летучих компонентов (H_2O , N_2) в субдуцируемых в мантию коровых породах. Полученные результаты создают основу для дальнейшего моделирования минеральных равновесий в условиях субдукции и реконструкции генезиса высокобарических метаморфических комплексов.

Практическая значимость работы определяется возможностью использования полученных параметров сжимаемости и структурных данных для термодинамического моделирования процессов в субдуцирующей континентальной коре. Установленные особенности КР-спектров К-кимрита и кокчетавита обеспечивают надежную диагностику этих фаз в природных образцах. Результаты исследования подтверждают возможность образования кокчетавита при дегидратации К-кимрита, что имеет значение для интерпретации находок кокчетавита в полиминеральных включениях метаморфических пород и импактитов.

Доказаны следующие положения:

- Структура минерала кокчетавита (KAlSi_3O_8) имеет пространственную группу симметрии $P6/mcc$ ($Z = 8$); параметры a и c элементарной ячейки кокчетавита удвоены относительно параметров ячейки К-кимрита ($P6/mmm$, $Z = 1$)
- При повышении давления до ~ 0.3 ГПа кокчетавит (KAlSi_3O_8) испытывает фазовый переход $P6/mcc \rightarrow P\bar{6}c2$; при давлении выше 10 ГПа наблюдаются признаки несоразмерной модуляции. Фаза с симметрией $P\bar{6}c2$ в диапазоне давлений 0.3 – 10 ГПа имеет параметры уравнения состояния Берча-Мурнагана второго порядка $V_0 = 1486(3) \text{ \AA}^3$, $K_0 = 59(2)$ ГПа.
- К-кимрит сохраняет исходную симметрию $P6/mmm$ до давления ~ 8 ГПа, а при дальнейшем повышении давления наблюдается появление сателлитных рефлексов, аналогичных наблюдавшимся у кокчетавита выше 10 ГПа. Сжимаемость К-кимрита в диапазоне давлений до 20 ГПа описывается уравнением Берча-Мурнагана третьего порядка с параметрами $V_0 = 190.45(12) \text{ \AA}^3$, $K_0 = 56.5(7)$ ГПа, $K_0' = 3.2(12)$;
- В отличие от К-кимрита, в котором потеря «гостевых» молекул H_2O начинается при 300°C и заканчивается при 500°C , азотсодержащий (~ 5 мас. %) К-кимрит сохраняет «гостевые» молекулы N_2 до температуры 550°C , теряя их в узком диапазоне температур $550\text{--}600^\circ\text{C}$. В обоих случаях продуктом потери гостевых молекул является кокчетавит.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что в основу работы

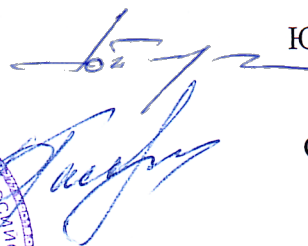
легли данные, полученные с использованием современных методов монокристалльной рентгеновской дифрактометрии и спектроскопии комбинационного рассеяния. Эксперименты выполнены на высокоточном оборудовании: дифрактометр Oxford Diffraction Gemini R Ultra (Новосибирский государственный университет), синхротронная станция P02 (PETRA III).

Личный вклад соискателя состоит в проведении большинства экспериментов, обработке и интерпретации полученных данных, а также подготовке публикаций и докладов. Автор самостоятельно выполнил монокристалльные дифракционные эксперименты, высокотемпературные и высокобарические КР-спектроскопические исследования, а также анализ кристаллических структур К-кимрита и кокчетавита. Соискатель активно участвовал в обобщении результатов, их сопоставлении с литературными данными и представлении на российских и международных конференциях.

По теме диссертации опубликовано 13 работ, из них 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, и 6 тезисов конференций. Результаты апробированы на 4 российских и 1 международной конференции. Работа соответствует пунктам 8, 10 и 11 паспорта научной специальности 1.6.4 «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

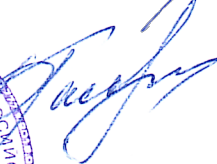
На заседании 20 мая 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Романенко Александру Владимировичу учёную степень кандидата геолого-минералогических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 15 докторов наук по специальности 1.6.4. участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 16, «против» - 0, «недействительных бюллетеней» - 0.

Заместитель председателя диссертационного совета
член-корреспондент РАН, д.г.-м.н.



Ю.Н. Пальянов

Ученый секретарь диссертационного совета,
д.г.-м.н.



О.Л. Гаськова

22.05.2025 г.