

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 ПО ДИССЕРТАЦИИ НОВОСЕЛОВА ИВАНА ДМИТРИЕВИЧА НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 18.10.2024 № 02/22

О присуждении **Новоселову Ивану Дмитриевичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «**Образование гранатов в реакциях декарбонатизации и их взаимодействие с CO₂-H₂O-флюидами при P,T-параметрах литосферной мантии**» по специальности 1.6.4 «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» принята к защите 10.07.2024 г., протокол № 02/13, 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: Новоселов Иван Дмитриевич, 1996 года рождения, в 2020 г. с отличием окончил Новосибирский государственный университет по направлению «05.04.01 - геология» (магистр). Соискатель работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории экспериментальной минералогии и кристаллогенезиса (№ 453) ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Научный руководитель – член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук Пальянов Юрий Николаевич работает в ФГБУН Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН на должности заведующего лабораторией экспериментальной минералогии и кристаллогенезиса (№ 453).

Официальные оппоненты:

Перчук Алексей Леонидович – доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 — «Петрология, вулканология», заведующий кафедрой петрологии и вулканологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Шарыгин Игорь Сергеевич – кандидат геолого-минералогических наук по специальностям 25.00.05 – «Минералогия, кристаллография» и 25.00.09 – «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией петрологии, геохимии и рудогенеза Института земной коры СО РАН (г. Иркутск).

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского Российской

академии наук (ИЭМ РАН), в своем положительном заключении, подписанном **Спивак Анной Валерьевной**, доктором геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником, и.о. заведующего Лабораторией мантии и **Бутвиной Валентиной Григорьевной**, кандидатом геолого-минералогических наук, старшим научным сотрудником, и.о. заведующего Лабораторией метаморфизма, магматизма и геодинамики литосферы, указала, что представленная диссертация является законченным трудом, в котором на основании выполненных автором исследований и разработок осуществлен значительный прогресс в области экспериментальной минералогии литосферной мантии. Диссертация соответствует паспорту специальности 1.6.4 «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» по п.1, п.3 и п.15. Новоселов Иван Дмитриевич заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Соискателем И.Д. Новоселовым заявлено 6 опубликованных с 2020 по 2023 г. по теме диссертации работ из списка ВАК и в рецензируемых научных изданиях из списка баз данных Scopus в журналах первого и второго квартиля:

1. Баталева Ю.В, **Новоселов И.Д.**, Крук А.Н., Фурман О.В., Реутский В.Н., Пальянов Ю.Н. Экспериментальное моделирование реакций декарбонатизации, сопряженных с образованием Mg, Fe-гранатов и CO₂-флюида при мантийных P,T-параметрах // Геология и геофизика, 2020, т. 61, № S5-6, с. 794-809. (Q2)

2. Bataleva Yu.V., Kruk A.N., **Novoselov I.D.**, Palyanov Yu.N. Formation of Spessartine and CO₂ via rodochrosite decarbonation along a Hot Subduction P-T Path // Minerals, 2020, v. 10, № 8, p. 703. (Q2)

3. Bataleva Yu.V., Kruk A.N., **Novoselov I.D.**, Furman O.V., Palyanov Yu.N. Decarbonation Reactions Involving Ankerite and Dolomite under upper Mantle P,T-Parameters: Experimental Modeling // Minerals, 2020, v. 10, № 8, p. 715. (Q2)

4. Bataleva Yu.V., **Novoselov I.D.**, Kruk A.N., Furman O.V., Palyanov Yu.N. Experimental Modeling of Decarbonation Reactions, Resulting in the Formation of CO₂ Fluid and Garnets of Model Carbonated Eclogites under Lithospheric Mantle P,T-Parameters // Minerals, 2023, v. 13, № 7, p. 869 (Q2)

5. **Новоселов И.Д.**, Пальянов Ю.Н., Баталева Ю.В. Экспериментальное моделирование взаимодействия гранатов мантийных парагенезисов с CO₂-флюидом при 6.3 ГПа и 950-1550 °C // Геология и геофизика, 2023, т. 64, № 4, с. 461-478. (Q2)

6. **Novoselov I.D.**, Palyanov Y.N., Bataleva Y.V. Experimental study of the interaction between garnets of eclogitic and lherzolitic parageneses and H₂O-CO₂ fluid under the PT parameters of the lithospheric mantle // Lithos, 2023, v. 462-463, p.107408. (Q1)

На диссертацию поступило 8 отзывов (все положительные) от:

1) Ведущего научного сотрудника лаборатории изотопно-аналитической геохимии ИГМ СО РАН, доктора геолого-минералогических наук, профессора РАН Реутского Вадима Николаевича;

2) Заведующего лабораторией моделирования геохимических процессов ИГХ СО РАН, доктора химических наук Таусона Владимира Львовича;

3) Главного научного сотрудника ИЭМ РАН, доктора геолого-минералогических наук Персикова Эдуарда Сергеевича;

4) Заместителя директора по научной работе, старшего научного сотрудника лаборатории геохимии изотопов ИГХ СО РАН, кандидата геолого-минералогических наук Скуззоватова Сергея Юрьевича;

5) Руководителя музейной научной темы Минералогического музея имени А.Е. Ферсмана, лауреата премии правительства России в области науки и техники, профессора, доктора геолого-минералогических наук Гаранина Виктора Константиновича;

6) Заведующей лабораторией минералогии алмаза Института геологии Коми НЦ УрО РАН, доктора геолого-минералогических наук Шумиловой Татьяны Григорьевны;

7) Научного сотрудника лаборатории геохимии основного и ультраосновного магматизма ИГХ СО РАН, кандидата геолого-минералогических наук Калашниковой Татьяны Владимировны;

8) Научного сотрудника кафедры петрологии и вулканологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, кандидата геолого-минералогических наук Бенделиани Александры Алексеевны.

В отзывах отмечено, что диссертационная работа является серьёзным научным исследованием, решающим крупную научную проблему и вносящим вклад для решения задач в области экспериментальной минералогии мантии Земли. Подчеркивается значительный объем экспериментальных данных, применение широкого круга современных аналитических методов исследования. 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) Формулировок защищаемых положений (ведущая организация, Бенделиани А.А.);
- 2) Использования платиновых ампул без графитовой футеровки в экспериментах по декарбонатизации (ведущая организация, официальный оппонент Шарыгин И.С.);
- 3) Установления температур декарбонатизации в системе $\text{CaCO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ (ведущая организация, официальный оппонент Шарыгин И.С.);
- 4) Формы кривых реакций карбонатов с Al_2O_3 и SiO_2 (ведущая организация, официальный оппонент Перчук А.Л.);
- 5) Представления исходных систем для реакций карбонатов переменного состава и двойных карбонатов (ведущая организация);
- 6) Немоновариантности реакций кристаллических Mg-Fe и Mg-Fe-Ca карбонатов, а также доломита и анкерита, с образованием твёрдых растворов (гроссуляр)-пироп-альмандинового граната (ведущая организация);
- 7) Отсутствия в таблицах пересчета фаз, прежде всего граната, на формульные количества и миналы (ведущая организация);
- 8) Возможности плавления в системе гранат- $\text{CO}_2\text{-C}$ в температурном интервале 1350-1550 °С (ведущая организация, официальный оппонент Перчук А.Л.);
- 9) Протолита для реакций декарбонатизации с участием кварца (коэсита), кианита и корунда, ведущих к формированию граната (официальный оппонент Перчук А.Л., официальный оппонент Шарыгин И.С.);

- 10) Растворимости петрогенных компонентов в CO_2 -флюиде (официальный оппонент Перчук А.Л., ведущая организация);
- 11) Возможности обоснования модели образования гроспидитов при метасоматозе CO_2 -флюидом (официальный оппонент Шарыгин И.С.);
- 12) Адекватности соотношения флюида и породы для систем гранат- CO_2 -С и гранат- H_2O - CO_2 -С для природных обстановок (Реутский В.Н.);
- 13) Точности установления скоростей роста алмаза в экспериментах (Реутский В.Н.);
- 14) Определения коэффициентов распределения изучаемых элементов между сосуществующими гранатами и карбонатами и их Т, Р -зависимости, согласно уравнениям реакций (Тауссон В.Л.);
- 15) Оценки потенциала кислорода при использовании указанных конструкций ампул (Персигов Э.С.);
- 16) Выбора модельного давления для экспериментов по карбонатизации (Скузоватов С.Ю.);
- 17) Выбора длительности эксперимента (Шумилова Т.Г.);
- 18) Недочетов редакционного характера в автореферате диссертации (Шумилова Т.Г., Бенделиани А.А.);
- 19) Возможности формирования водосодержащих минералов в системе гранат- H_2O - CO_2 -С (Калашникова Т.В.).

- В защищаемых положениях 2 и 3 содержатся описательные характеристики результатов опытов, которые делают их формулировки более громоздкими. Возможно, более удачным было бы сравнение результатов экспериментов по взаимодействию гранатов мантийных парагенезисов с углекислым и водно-углекислым флюидом, что и является одним из интересных результатов диссертационного исследования.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Перчук Алексей Леонидович и Шарыгин Игорь Сергеевич являются высококвалифицированными специалистами в области минералогии и петрологии литосферной мантии. 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:

Определены Р,Т-параметры реакций декарбонатизации различных карбонатов группы кальцита и группы доломита. Впервые экспериментально установлены индикаторные характеристики гранатов, подвергшихся модельному метасоматическому воздействию CO_2 - и H_2O - CO_2 -флюидов при Р,Т-параметрах литосферной мантии. Определены граничные условия кристаллизации алмаза и метастабильного графита в системах гранат- CO_2 -С и гранат- H_2O - CO_2 -С, а также скорости роста алмаза в зависимости от температуры.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что получены новые данные по поведению CO_2 - и H_2O - CO_2 флюидов в системе силикат-флюид при Р,Т-параметрах

литосферной мантии Земли. Определены параметры стабильности минералов группы граната в сосуществовании с углекислым флюидом при высоких давлениях и температурах. Также установлены граничные условия кристаллизации фаз элементарного углерода (графита и алмаза) в системах гранат- CO_2 -C и гранат- H_2O - CO_2 -C.

Доказаны следующие положения:

- При давлениях 3,0, 6,3 и 7,5 ГПа температуры реакций декарбонатизации, сопровождающихся формированием гранатов, возрастают от 875 до 1500 °C в ряду $\text{MnCO}_3 \rightarrow \text{FeCO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3$. Минимальная температура карбонатизации модельных эклогитовых гранатов увеличивается от 1000 °C при давлении 3,0 ГПа, до 1150-1250 °C – при 6,3 ГПа, и до 1400 °C – при 7,5 ГПа.
- Взаимодействие гранатов мантийных парагенезисов с углекислым флюидом при давлении 6,3 ГПа в интервале температур 950-1550 °C включает процессы растворения, перекристаллизации и карбонатизации граната. Индикаторными характеристиками гранатов, перекристаллизованных при участии CO_2 -флюида, являются включения карбонатов и CO_2 -флюида, а также появление зональных индивидов с каймами, обогащенными гроссуляровым компонентом при $T \leq 1250$ °C и обедненными им – при $T \geq 1350$ °C.
- При взаимодействии гранатов мантийных парагенезисов с водно-углекислым флюидом ($\text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} = 3:2$ мол.) при давлении 6,3 ГПа в температурном диапазоне 950-1550 °C образуется ассоциация гранат±карбонат±кианит±коэсит и обогащенный Ca карбонатно-силикатный расплав. Для гранатов характерна зональность с повышением содержания гроссулярового компонента в периферических зонах при $T = 950$ °C и его понижением – при $T \geq 1050$ °C, а также включения карбоната, кианита, коэсита, CO_2 -флюида и фазы $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$.
- В системах гранат- CO_2 -C и гранат- H_2O - CO_2 -C, моделирующих природные алмазообразующие среды, при 6,3 ГПа рост алмаза на затравку осуществляется при температурах ≥ 1250 °C и ≥ 1150 °C, соответственно, а метастабильный графит кристаллизуется в интервале температур 950-1550 °C. Стабильной формой роста кристаллов алмаза для обеих систем является октаэдр, а скорости его роста увеличиваются от 0,013 мкм/час до 0,800 мкм/час при возрастании температуры с 1150 °C до 1550 °C.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики определяется тем, что экспериментально установленные закономерности изменения состава гранатов могут быть применены как маркеры метасоматических изменений глубинных пород, а также использованы при построении моделей мантийного метасоматоза.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что в основу исследований легли данные, полученные в результате проведения серий длительных высокобарических высокотемпературных экспериментов, выполненных с использованием беспрессовой аппаратуры высокого давления «разрезная сфера» (БАРС). Комплекс аналитических исследований выполнен на высокоточном оборудовании, прошедшем необходимые юстировки и техобслуживание: на оптических стереомикроскопах Stemi 508 и Axio ImagerZ2m, на растровом сканирующем электронном микроскопе MIRA 3LMU, совмещенном с энергодисперсионным рентгеновским микроанализатором INCA Energy 450, на рентгеноспектральном мик-

роанализаторе JXA-8100, на спектрометре Jobin Yvon LabRAM HR800, на дифрактометре ДРОН-8, на масс-спектрометре Delta V Advantage, а также на спектрометре Solaar M6.

Теоретическая часть работы основана на анализе опубликованных теоретических, расчётных и экспериментальных данных по теме диссертации. На основе этих сведений были выдвинуты гипотезы о стабильности минералов группы граната в сосуществовании с углекислым и водно-углекислым флюидами, а также о возможности кристаллизации алмаза в системах гранат- CO_2 -углерод и гранат- H_2O - CO_2 -углерод.

Использовано сравнение результатов авторского исследования с литературными данными по составам мантийных гранатов и включениям в гранатах и алмазе, установлено сходство их составов с фазами, полученными в экспериментах.

Личный вклад соискателя состоит в обобщении результатов собственных исследований, проведенных в лаборатории № 453 экспериментальной минералогии и кристаллогенезиса ИГМ СО РАН. Автор непосредственно принимал участие в разработке методик, планировании, подготовке и проведении экспериментов. Автором лично произведены отбор и подготовка исходных веществ, проведены длительные высокотемпературные высокobarические эксперименты. Выполнен весь комплекс работ по аналитическим исследованиям полученных образцов методами оптической и электронной сканирующей микроскопии, энергодисперсионного и рентгеноспектрального анализа и КР-спектроскопии. Результаты исследований доложены и апробированы на пяти всероссийских конференциях, а также опубликованы в виде шести научных статей в рецензируемых журналах.

На заседании 18 октября 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Новоселову Ивану Дмитриевичу учёную степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 18 докторов наук по специальности 1.6.4, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 19, «против» - 0, «недействительных бюллетеней» - 0.

Председатель диссертационного совета,
академик РАН

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

21.10.2024 г.



Н.П. Похиленко

О.Л. Гаськова