

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.067.02 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института
геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской
академии наук**

**ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17 января 2017 г. № 02/2

О присуждении Круку Алексею Николаевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Условия образования кимберлитоподобных магм при взаимодействии карбонатных расплавов с литосферными перидотитами: экспериментальное исследование» по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография», принята к защите 16 ноября 2016 г., протокол №02/4 диссертационным советом Д 003.067.02 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, д. 3), Приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Крук Алексей Николаевич, 1990 года рождения, В 2013 г. окончил магистратуру геолого-геофизического факультета НГУ по направлению «геология» со специализацией «петрология». В 2016 г. окончил очную аспирантуру при Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография».

В настоящее время работает научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (лаборатория «Экспериментальной минералогии и кристаллогенезиса»)

Диссертация выполнена в лаборатории экспериментальной минералогии и кристаллогенезиса Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук, **Сокол Александр Григорьевич**, главный научный сотрудник лаборатории экспериментальной минералогии и кристаллогенезиса ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Официальные оппоненты: 1) **Персиков Эдуард Сергеевич**, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экспериментальной минералогии Российской академии наук, г. Черноголовка; 2) **Гаранин Виктор Константинович**,

доктор геолого-минералогических наук, научный руководитель Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук в своем положительном заключении, подписанном заведующим лабораторией Геохимии щелочных пород, главным научным сотрудником, доктором геолого-минералогических наук Н.В. Владыкиным и заведующим лабораторией Гранитоидного магматизма и метаморфизма, главным научным сотрудником, доктором геолого-минералогических наук А.Б. Перепеловым, указала, что представленная на рассмотрение диссертационная работа весьма актуальна, т.к. посвящена проблеме расшифровки процессов реакционного взаимодействия карбонатных расплавов с мантийными перидотитами при генерации наиболее глубоких мантийных кимберлитовых магм, методом экспериментальной минералогии и петрологии. Кимберлиты транспортируют алмазы на земную поверхность, поэтому необходимость расшифровки природы таких процессов определяет актуальность проведенных диссертантом исследований.

Соискатель А.Н. Крук имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации - 16 научных работ объемом 9.5 печатных листов, из них опубликованы в рецензируемых научных изданиях – 8 работ.

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

- 1) Sokol A.G.; Kupriyanov I.N.; Palyanov Y.N.; **Kruk A.N.**; Sobolev, N.V. Melting experiments on the Udachnaya kimberlite at 6.3-7.5 GPa: Implications for the role of H₂O in magma generation and formation of hydrous olivine; 2013; **Geochimica Et Cosmochimica Acta**; V: 101; P: 133-155
- 2) Sokol, A.G., **Kruk, A.N.**, Palyanov, Yu.N. The role of water in generation of group II kimberlite magmas: constraints from multiple saturation experiments; **American Mineralogist**, 2014, v. 99, p. 2292–2302.
- 3) А.Г. Сокол; **А.Н. Крук**. Условия генерации кимберлитовых магм: обзор экспериментальных данных; 2015; **Геология и геофизика**, т. 56, № 1—2, с. 316—336.
- 4) Сокол А.Г.; **Крук А.Н.**; Чеботарев Д.А.; Пальянов Ю.Н.; Соболев Н.В.; Условия образования флогопита при взаимодействии карбонатитовых расплавов с перидотитами субкратонной литосферы; 2015; **Доклады академии наук**; т.462; №6; с. 696-700.
- 5) Сокол А.Г.; **Крук А.Н.**; Чеботарев Д.А.; Пальянов Ю.Н.; Соболев Н.В.; Состав гранатов как индикатор условий взаимодействия перидотит-карбонатит в

субкратонной литосфере (по экспериментальным данным); 2015; Доклады академии наук; т. 463; № 3; с. 331-336.

6) Сокол А.Г.; Крук А.Н.; Чеботарев Д.А.; Пальянов Ю.Н.; Соболев Н.В.; Условия карбонатизации и верлитизации литосферных перидотитов при их взаимодействии с карбонатитовыми расплавами 2015; Доклады академии наук; т. 465; № 5; с. 577-582.

7) Крук А.Н.; Сокол А.Г.; Чеботарев Д.А.; Пальянов Ю.Н.; Соболев Н.В. Состав карбонатитового расплава, равновесного с лерцолитом при 5.5-6.3 ГПа, 1350°C; 2016; Доклады академии наук; т. 467; №3; с. 324-328.

8) A.G. Sokol; A. N. Kruk; D. A. Chebotarev; Y. N. Palyanov; Carbonatite melt-peridotite interaction at 5.5–7.0 GPa: Implications for metasomatism in lithospheric mantle; 2016; *Lithos*; v:248-251; p. 66-79

На диссертацию и автореферат поступило 4 отзыва (все положительные, из них 2 без замечаний) от: 1. А.Г. Дрошкевич, д.г.-м.н., в.н.с. (ИГМ СО РАН); 2. А.В. Гирниса, д.г.-м.н., зав. лаб. (ИГЕМ РАН); И.С. Костровицкого, д.г.-м.н., в.н.с. (ИГХ СО РАН); Г.К. Хачатряна, к.г.-м.н., с.н.с. (ФГУП ЦНИГРИ). В отзывах отмечено, что полученные результаты вносят существенный вклад в понимание процессов образования и эволюции богатых флюидами магматических расплавов в глубинных зонах мантии и условий образования кимберлитовых магм. Автором получены новые данные о взаимодействии перидотитов с карбонатными расплавами и фазовых соотношений при образовании кимберлитовых магм. Установлены и изучены механизмы Ca-Mg обмена между карбонатными расплавами и перидотитом при мантийных P-T параметрах, приводящие к верлитизации гарцбургитов, выявлены закономерности изменения содержания Cr_2O_3 синтезированных в гранатах. Установлены зоны мультифазного насыщения кимберлита тр. Удачная вблизи ликвидуса. Основные выводы и выдвинутые защищаемые положения вполне убедительно обоснованы и базируются на обширном фактическом материале.

Основные замечания и предложения касаются того что в основу экспериментов положено предположение, что кимберлитовый расплав возникает в результате карбонатных расплавов с гарцбургитами и лерцолитами литосферной мантии, которое является дискуссионным; выбранный состав кимберлита тр. Удачная содержит относительно высокие содержания Na_2O , нетипичные для большинства кимберлитов (С.И. Костровицкий); в реакциях взаимодействия карбонатных расплавов с перидотитами не принимает участия оливин, что связано с буферированием потенциала CO_2 реакцией карбонатизации оливина. При этом даже небольшое изменение потенциала CO_2 может привести к изменению характера взаимодействия (А.В. Гирнис).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Персиков Э.С. и Гаранин В.К. являются высококвалифицированными компетентными специалистами в области мантийной минералогии и петрологии. Оппоненты имеют ряд публикаций в

соответствующей диссертации сфере исследования и способны объективно оценить данную работу.

Выбор ведущей организации (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН) обосновывается тем, что она имеет структурные подразделения (Лаборатория геохимии щелочных пород), хорошо известные своими достижениями в данной отрасли науки, направление научно-исследовательской деятельности которых полностью соответствует тематике рассматриваемой диссертации, и высококвалифицированные специалисты, несомненно, способны определить и аргументировано обосновать научную и практическую ценность данной диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: экспериментально изучена специфика реакционного взаимодействия щелочных карбонатных расплавов с гарцбургитом и лерцолитом при Р-Т параметрах основания континентальной литосферы. Установлены особенности составов равновесных расплавов и силикатных фаз перидотита, а также определены границы стабильности магнезита. В гранате из реакционно измененного гарцбургита экспериментально воспроизведены основные закономерности эволюции состава гранатов из некоторых метасоматизированных перидотитов кимберлитовой трубки Удачная. Показано, что равновесные с перидотитом карбонатные расплавы по составу схожи только с высокомагнезиальной серией реликтов карбонат-содержащих микровключений в кристаллах алмаза с волокнистым строением. Изучены фазовые отношения вблизи ликвидуса кимберлита трубки Удачная при мантийных давлениях в широком диапазоне концентраций воды. Установлены зоны мультифазного насыщения и обосновано, что их границы зависят как от концентрации основных петрогенных компонентов, так и летучих в стартовом составе.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:

1. Взаимодействие карбонатных расплавов с гарцбургитом или лерцолитом при Р-Т параметрах основания литосферной мантии главным образом осуществляется посредством Mg-Ca обмена и приводит к образованию богатого щелочами и бедного SiO_2 (≤ 7 мас.%) карбонатного расплава, $\text{Ca\#}$ которого контролируется минеральным составом перидотитовой матрицы. При 1200°C реакция приводит к верлитизации и карбонатизации гарцбургита за счет расходования ортопироксена, кристаллизации клинопироксена и магнезита.
2. В результате взаимодействия между карбонатными расплавами и гарцбургитом при температуре $1200-1350^\circ\text{C}$ кристаллизуются гранаты, вариации содержания CaO и Cr_2O_3 в которых воспроизводят основные закономерности эволюции состава гранатов в некоторых ксенолитах метасоматизированных перидотитов кимберлита трубки Удачная. Карбонатные расплавы, равновесные с перидотитами, близки по составу только к богатым магнием карбонатным включениям в алмазах.
3. При давлении 6.3 ГПа расплав кимберлита тр. Удачная вблизи ликвидуса равновесен с оливином, гранатом и клинопироксеном только при содержании воды от

6 до 8 мас.%, а при давлении 7.5 ГПа – более 9 мас.% H_2O . Сопоставление имеющихся экспериментальных данных и результатов реконструкций состава первичных магм свидетельствует о том, что потенциальный гарцбургитовый протолит богатых кальцием кимберлитовых магм был существенно верлитизирован.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методик по проведению экспериментов при высоких Р-Т параметрах, а также современных методов исследования вещества, включая электронную микроскопию и микрозондовый анализ. **Изложенные** и обоснованные в виде защищаемых положений новые данные в диссертационной работе и их интерпретация вносят существенный вклад в изучение проблемы генерации кимберлитовых магм. **Выявлены** закономерности взаимодействия карбонатных расплавов с перидотитами, основные реакции и закономерности изменения состава расплава, силикатных и карбонатных фаз. **Исследована** специфика фазовых отношений вблизи ликвидуса кимберлита тр. Удачная в широком диапазоне концентраций H_2O . **Выявлены** составы равновесных с расплавом силикатных фаз и определены границы области мультифазного насыщения расплава кимберлита тр. Удачная, что позволило оценить температурный и флюидный режим генерации кимберлитовой магмы в условиях основания континентальной литосферы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные результаты и установленные закономерности могут послужить основой для построения петролого-геохимических моделей генерации алмазоносных кимберлитовых магм, которые будут полезны при разработке более совершенных критериев поиска алмазоносных кимберлитовых трубок.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Результаты работы базируются на большом экспериментальном материале (более 30 экспериментов), полученном при высоких температурах и давлениях на многопуансонном аппарате БАРС и на детальном исследовании образцов с помощью современных аналитических методов на сертифицированном оборудовании аналитического центра ИГМ СО РАН (более 3000 анализов выполнено на микроанализаторах Camebax Micro и Jeol JXA-8100). Результаты исследований апробированы на российских и зарубежных конференциях и семинарах, а также опубликованы в высокорейтинговых журналах.

Теория построена на основе анализа результатов экспериментов при высоких Р-Т параметрах, нацеленных на изучение реакционного взаимодействия карбонатного расплава с перидотитом и фазовых отношений кимберлита тр. Удачная. **Идеи диссертации базируются** на общепринятых моделях многостадийности формирования кимберлитовых расплавов и метасоматического преобразования протолита карбонатными расплавами/флюидами [Erlank et al., 1987; Becker, le Roex 2006; Coe et al., 2008; Tappe et al., 2008; Brey et al., 2009; 2011; Похиленко и др., 2015].

Установлена согласованность результатов исследования соискателя с данными литературных источников по составу карбонатных расплавов из субдуцированных на мантийные глубины карбонатсодержащих пород [Becker, le

Roex 2006; Coe et al., 2008; Grassi, Schmidt 2011], а также из окисленных доменов астеносферы [Becker, le Roex 2006; Brey et al., 2011]; потенциальным Р-Т параметрам образования кимберлитовых магм [Becker, le Roex 2006; Mitchell, 2004; 2008; Brey et al., 2009; 2011] и условиям их мультифазного насыщения [Eggler, Wendlandt, 1979; Edgar, Charbonneau, 1993; Girnis et al., 1995; 2011; Ulmer, Sweeney, 2002].

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в планировании и проведении в период с 2010 по 2016 гг. на многопуансонном аппарате типа «разрезная сфера» более 30 экспериментов при мантийных Р-Т параметрах, в комплексном исследовании 56 образцов, в обработке и интерпретации полученных данных. Постановка задач, формулировка защищаемых положений, научной новизны и практической значимости сделаны лично автором или при его непосредственном участии.

Диссертация Крука А.Н. является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований сформулированы и обоснованы научные положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области экспериментальной минералогии и мантийной петрологии.

На заседании 17 января 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Круку Алексею Николаевичу ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности 25.00.05, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

Ученый секретарь диссертационного совета

20 января 2017 г.

Н.В. Соболев

О.Л. Гаськова

М.П.

