

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки
Института геологии и минералогии
им. В.С. Соболева Сибирского
отделения Российской академии

наук
академик РАН
Похиленко Николай Петрович



15 июня 2015 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева
Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН).**

Диссертация «Продукты распада твердых растворов в гранатах и пироксенах (на материале мантийных ксенолитов из кимберлитов)» выполнена в лаборатории минералов высоких давлений и алмазных месторождений (№ 451) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель **Алифирова Таисия Александровна** работала в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук в лаборатории минералов высоких давлений и алмазных месторождений (№ 451) в должности инженера, с 2012 г. – в должности младшего научного сотрудника.

В 2010 г. окончила геолого-геофизический факультет Новосибирского государственного университета (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет») по специальности «петрология». В 2013 г. окончила очную аспирантуру при ИГМ СО РАН по специальности «минералогия, кристаллография».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Цель диссертационной работы Т.А. Алифировой – характеристика структур распада твердых растворов в гранатах и пироксенах из мантийных ксенолитов и реконструкция условий их образования. **Объектами исследования** являются мантийные ксенолиты из кимберлитовых трубок Якутии (Мир, Обнаженная, Удачная-Восточная, Зарница) и Финляндии (Лахтойоки), содержащие породообразующие силикатные минералы (ортопироксен, клинопироксен, гранат) со структурами распада твердых растворов. Коллекция ксенолитов включает породы перидотитового, вебстерит-пироксенитового и эклогитового типов парагенезисов.

Актуальность исследований и постановка научной проблемы.

Исследование структур распада твердых растворов (экссолуционных структур) дает ценную генетическую информацию о составе, происхождении и эволюции исходных

гомогенных минералов (Патнис, МакКоннелл, 1983; Урусов, 1977, 1987; Хисина, 1987). Находки структур распада в силикатах мантийных ксенолитов сравнительно редки и отмечались в ортопироксене, клинопироксене или гранате из пироксенитов, вебстеритов и эклогитов в кимберлитах Якутии (Бобриевич и др., 1964; Соболев, Соболев, 1964; Соболев и др., 1973; Лазько, 1979; Jerde et al., 1993; Соловьева и др., 1994; Афанасьев и др., 2001; Соловьева и др., 2002; Taylor et al., 2003; Roden et al., 2006; Bobrov et al., 2012), в единичных случаях в клинопироксене из эклогитов в кимберлитах Финляндии (Peltonen et al., 2002). Опубликованные работы по мантийным включениям сосредоточены на изучении минералов, их взаимоотношений и происхождении в структурах распада только в одном из породообразующих силикатов (клинопироксене, ортопироксене или гранате) в ограниченном числе мантийных парагенезисов, малоизученными остаются продукты распада гранатов. Актуальными являются детализация и анализ минералогических и геохимических данных по структурам распада в сосуществующих гранатах и пироксенах разных парагенезисов, охватывающих весь разрез континентальной литосферной мантии, нахождение связей между минеральным составом продуктов распада и парагенетической принадлежностью вмещающих их гранатов и пироксенов, а также сопоставление данных P - T эволюции исходных минералов. Представляемая диссертационная работа Т.А. Алифировой посвящена решению данной научной проблемы.

Наиболее важные научные результаты, полученные соискателем:

В ходе минералого-геохимических исследований **установлено**, что 10 из 12 идентифицированных минеральных видов из структур распада в гранатах представляют собой продукты распада исходного гранатового твердого раствора. Наиболее распространенным минералом среди продуктов распада в гранатах является рутил. В структурах распада в пироксенах **установлены** прямые продукты распада исходного пироксенового твердого раствора, представленные 7 минеральными видами в клинопироксенах и 6 минеральными видами в ортопироксенах. Наиболее распространенными продуктами распада в них являются моноклинный или ромбический пироксены, рутил, ильменит, гранат.

В результате сравнения минералогии продуктов распада породообразующих силикатов (граната, клинопироксена и ортопироксена) из мантийных ксенолитов перидотитового, вебстерит-пироксенитового и эклогитового типов парагенезисов **показана** идентичность минералогии продуктов распада в мантийных ксенолитах перидотитового и вебстерит-пироксенитового типов парагенезисов.

Выявлено, что минералы группы кричтонита и оливин из продуктов распада граната, шпинелиды и амфиболы из продуктов распада граната, клинопироксена и ортопироксена характерны для перидотитового и вебстерит-пироксенитового типов парагенезисов. Апатит из продуктов распада граната и клинопироксена, а также коэсит и кварц из продуктов распада граната наиболее типичны для эклогитового типа парагенезиса. Хромит среди продуктов распада граната встречается только в ксенолитах из алмазоносных кимберлитовых трубок (Мир, Удачная, Лахтойоки). **Доказано**, что кварц из продуктов распада в гранатах эклогитового типа парагенезиса представляет собой параморфозы по коэситу.

Показано, что развитые структуры распада характерны для ортопироксенов, клинопироксенов и гранатов из вебстеритов, пироксенитов и зернистых лерцолитов, переуравновешенных в верхней мантии при температурах 670–910 °С и давлениях 1.5–4.5 ГПа, а также для клинопироксенов и гранатов эклогитовых пород, переуравновешенных при температурах 810–1080 °С и давлениях 3.2–4.9 ГПа. Тонкие структуры распада в гранатах и пироксенах консервируются на начальных стадиях образования и присущи породам,

переуравновешенным в верхней мантии при температурах 890–1270 °С и давлениях 4.5–5.6 ГПа.

По реконструкциям составов **установлено**, что исходные гомогенные минералы из пород перидотитового и вебстерит-пироксенитового типов парагенезисов находились в мантии при температурах 1100–1400 °С и давлениях более 5–6 ГПа, минералы из пород эклогитового типа парагенезиса – при температурах 1250–1400 °С и давлениях более 6–8 ГПа. Составы исходных гомогенных гранатов перидотитового и вебстерит-пироксенитового типов парагенезисов близки составам гранатов с тонкими структурами распада, а также составам низкохромистых гранатов из ксенолитов деформированных перидотитов и гранатов мегакристовой ассоциации.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации:

Основу диссертации составляют исследования, проведенные автором в период с 2008 по 2015 годы. Личный вклад автора состоит в непосредственном участии в экспедиционных работах, отборе образцов, интерпретации минералого-петрографических и геохимических данных, анализе и синтезе полученных результатов, написании текстов статей, тезисов и материалов конференций.

Высокая степень достоверности и обоснованности результатов проведенных исследований.

Результаты диссертационной работы Т.А. Алифировой, ее научные положения и выводы являются достоверными и обоснованными. Достоверность представленных результатов базируется на представительности и достоверности исходных данных, а также выборе набора методов исследования, оптимального для решения поставленных задач.

Минералого-петрографические исследования проводились методом оптической микроскопии (микроскоп OLYMPUS BX-51, снабженный цифровой фотокамерой высокого разрешения ColorView III). Химический состав породообразующих минералов, продуктов распада и акцессорных минералов изучался рентгеноспектральным методом (рентгеноспектральные микрозондовые анализаторы Jeol JXA 8100, Cameca Camebax-Micro и Cameca SX100), методами сканирующей электронной микроскопии (сканирующие электронные микроскопы: LEO 1430 VP, снабженный энергодисперсионным спектрометром Oxford, JSM-6510 с энергодисперсионным спектрометром INCA Energy-350, TESCAN MIRA 3) и спектроскопии комбинационного рассеяния (спектроанализаторы комбинационного рассеяния Ramanor U-1000 и LabRAM HR800 фирмы Horiba Jobin Yvon) в аналитическом центре ИГМ СО РАН (г. Новосибирск), а также в Университете Теннесси (Ноксвилл, США). Изучение редкоземельного состава гранатов и пироксенов матрицы методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и лазерной абляцией проводилось в лаборатории исследования флюидов при факультете по наукам о Земле Университета Вирджинии, Вирджиния Тек (Блексбург, США; масс-спектрометр Agilent 7500se с системой лазерной абляции Geolas) автором лично, в научно-исследовательском центре Университета Маккуори (Сидней, Австралия; масс-спектрометр Agilent 7500cs с системой лазерной абляции Continuum Surelite I-20) и в Аналитическом центре ИГМ СО РАН (г. Новосибирск; масс-спектрометр Finnigan Element-2). Оцифровка и обработка изображений в отраженном свете и в обратно-рассеянных электронах, расчет модальных содержаний минералов, слагающих структуры распада, производились с помощью встраиваемого модуля Plotcalc в программном пакете CorelDraw.

Результаты исследований апробированы на российских и международных конференциях, а также опубликованы в российских и зарубежных рецензируемых журналах.

Научная новизна. В диссертационной работе выявлены связи между парагенетической принадлежностью гранатов, клинопироксенов и ортопироксенов и ассоциациями минералов

в продуктах их распада на материале мантийных ксенолитов из кимберлитов Якутской и Финской кимберлитовых провинций. Впервые сопоставлены данные по P – T истории сосуществующих гранатов и пироксенов, содержащих структуры распада твердых растворов. В породообразующих минералах мантийных ксенолитов из кимберлитовых трубок Якутии впервые сообщается о нахождении таких продуктов распада, как Na-Ca-амфиболы, апатит, коэсит, кварц. Структуры распада твердых растворов впервые описаны в гранатах и пироксенах лерцолитовых ксенолитов из кимберлитов Финляндии. В работе показано, что редкие типы продуктов распада в гранатах (оливин, хромит, апатит, Na-Ca-амфиболы, минералы группы кричтонита, коэсит) и пироксенах (Na-Ca-амфиболы, апатит) следует рассматривать в качестве прямых продуктов их распада. В структурах распада в гранатах впервые найдены пироксены, содержащие собственные продукты распада, свидетельствующие минимум о двух этапах распада исходных минералов. Данный вид составных продуктов распада представляется результатом многостадийности процесса распада в субконтинентальной литосферной мантии. В работе впервые показано, что обогащение по легким РЗЭ в гранатах, слагающих продукты распада пироксенов, унаследовано от минерала-хозяина.

Практическая значимость и ценность научной работы соискателя: Результаты данного диссертационного исследования могут быть использованы при оценке глубинности формирования новых кимберлитовых тел, потенциальной алмазоносности россыпей (по индикаторным минералам из концентратов тяжелой фракции) или источников сноса (по индикаторным минералам различных типов отложений). Минералогическими критериями алмазоперспективности материала источника могут служить находки гранатов с тонкими структурами распада, гранатов с хромитом или с высокой долей пироксенов среди продуктов распада. Полученные данные можно использовать при проведении поисково-прогнозных работ на алмазы как в пределах Якутской и Финской кимберлитовых провинций, так и в других регионах мира, в которых известны проявления кимберлитового магматизма.

Соответствие диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите:

Диссертационная работа Т.А. Алифировой представляет собой научно-квалификационную работу, посвященную детальному исследованию минералогическо-геохимических особенностей продуктов распада граната, клинопироксена и ортопироксена из мантийных пород перидотитового, вебстерит-пироксенитового и эклогитового типов парагенезисов и реконструкции условий их образования. Область исследования полностью соответствует паспорту специальности **25.00.05 (минералогия, кристаллография) по геолого-минералогическим наукам**, а именно пункту 2 – Минералогия земной коры и мантии Земли, ее поверхности и дна океанов.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем: Основные научные результаты и материалы диссертационного исследования достаточно полно изложены в научных публикациях соискателя Т.А. Алифировой (с соавторами). Соискатель имеет 28 опубликованных работ, из них по теме диссертации издано 20 научных работ, в том числе **4 статьи в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций** и 16 работ в материалах всероссийских и международных конференций.

**Основные публикации соискателя, в которых опубликованы материалы диссертации:
(статьи в журналах списка ВАК)**

1. Похиленко Л.Н., Алифирова Т.А. Плагиоклаз и апатит из эксольюционных структур в минералах мантийных ксенолитов // *Доклады РАН.* – 2011. – Т. 437. – № 4. – С. 540-542.
2. Alifirova T.A., Pokhilenko L.N., Ovchinnikov Y.I., Donnelly C.L., Riches A.J.V., Taylor L.A. Petrologic origin of exsolution textures in mantle minerals: evidence in pyroxenitic xenoliths from Yakutia kimberlites // *International Geology Review.* – 2012. – V. 54. – No. 9. – P. 1071-1092.
3. Похиленко Л.Н., Алифирова Т.А., Юдин Д.С. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование флогопита из мантийных ксенолитов: свидетельства древнего глубинного метасоматоза литосферы Сибирского кратона // *Доклады РАН.* – 2013. – Т. 449. – № 1. – С. 76-79.
4. Alifirova T.A., Pokhilenko L.N., Korsakov A.V. Apatite, SiO_2 , rutile and orthopyroxene precipitates in minerals of eclogite xenoliths from Yakutian kimberlites, Russia // *Lithos.* – 2015. – V. 226. – P. 31-49.

Диссертация «Продукты распада твердых растворов в гранатах и пироксенах (на материале мантийных ксенолитов из кимберлитов)» Алифириной Таисии Александровны рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография».

Заключение принято на расширенном заседании лаборатории минералов высоких давлений и алмазных месторождений ИГМ СО РАН (№ 451). Присутствовало на заседании 28 человек (из них 7 докторов геол.-мин. наук, 1 доктор хим. наук, а также 10 кандидатов геол.-мин. наук, 1 н.с., 7 м.н.с и аспирантов, 2 инженера). Результаты открытого голосования по вопросу принятия заключения по диссертации Т.А. Алифириной: «за» – 28 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 451/2015-02 от 15 мая 2015 г.



Заключение оформили:

Афанасьев Валентин Петрович
доктор геолого-минералогических наук, главный
научный сотрудник лаборатории минералов
высоких давлений и алмазных месторождений
(№ 451) ИГМ СО РАН