

**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 2 октября 2015 г. № 02/7

О присуждении Алифировой Таисии Александровне, гражданину РФ, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Продукты распада твердых растворов в гранатах и пироксенах (на материале мантийных ксенолитов из кимберлитов)» по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография», принята к защите 29 июля 2015 г., протокол №02/5, 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 Алифирова Таисия Александровна, 1986 года рождения, в 2010 году окончила геолого-геофизический факультет Новосибирского государственного университета (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»). В 2013 году окончила очную аспирантуру при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

В настоящее время работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (лаборатория № 451 минералов высоких давлений и алмазных месторождений).

Диссертация выполнена в лаборатории минералов высоких давлений и алмазных месторождений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – кандидат геолого-минералогических наук **Похиленко Людмила Николаевна**, старший научный сотрудник лаборатории термобарогеохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты: 1) **Соловьева Лидия Васильевна**, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геологии и магматизма древних платформ Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук; 2) **Перчук Алексей Леонидович**, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой петрологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт экспериментальной минералогии Российской академии наук (г. Черноголовка)** в своем положительном заключении, подписанном Литвиным Юрием

Андреевичем, доктором химических наук, и Бобровым Андреем Викторовичем, доктором геолого-минералогических наук, указала, что представленная на рассмотрение диссертационная работа весьма актуальна, поскольку исследование структур распада твердых растворов несет ценную генетическую информацию о составе, происхождении и эволюции исходных гомогенных минералов. Защищаемые положения довольно хорошо обоснованы результатами проведенных Алифировой Т.А. исследований, а также глубоким теоретическим анализом литературных данных. Полученные диссертантом результаты вносят значительный вклад в минералогию мантийных ксенолитов из кимберлитов, а также в решение проблемы глубинного строения и состава мантии Земли.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 20 научных работ (общим объемом 9,36 печатных листов), из них опубликованы в рецензируемых научных изданиях – 4 работы.

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

1) Похиленко Л.Н., **Алифилова Т.А.** Плагиоклаз и апатит из эксоллюционных структур в минералах мантийных ксенолитов // Доклады Академии Наук. – 2011. – Т. 437. – № 4. – С. 540–542. (соискатель лично проводил минералого-петрографические исследования и интерпретацию полученных данных, подготовил часть текста статьи по этим результатам)

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. (соискателем лично выполнены минералого-петрографические исследования и интерпретация полученных данных, подготовлено большая часть текста статьи)

3) Похиленко Л.Н., **Алифилова Т.А.**, Юдин Д.С. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование флогопита из мантийных ксенолитов: свидетельства древнего глубинного метасоматоза литосферы Сибирского кратона // Доклады Академии Наук. – 2013. – Т. 449. – № 1. – С. 76–79. (соискатель лично проводил минералого-геохимические исследования и интерпретацию полученных данных, подготовил часть текста статьи)

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. (соискатель лично выполнял минералого-петрографические исследования и интерпретацию полученных данных, подготовил большую часть текста статьи)

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов (все положительные, из них 1 без замечаний) от: 1. О.Г. Сафонова, д.г.-м.н., зав.лаб. (ИЭМ РАН); 2. Ф.А. Летникова, академика РАН, д.г.-м.н., г.н.с. (ИЗК СО РАН); 3. С.Г. Скублова, д.г.-м.н., ученого секретаря (ИГТД РАН); 4. А.В. Толстова, зам.директора (ИГМ СО РАН); 5. В.К. Гаранина, д.г.-м.н., директора (Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН); 6. Н.Р. Хисиной, д.г.-м.н., в.н.с. (ГЕОХИ РАН).

В отзывах отмечено, что работа гармонично сочетает результаты минералогических и геохимических исследований разнообразных структур распада в гранатах и пироксенах мантийных ксенолитов из кимберлитов. Полученные результаты вносят весомый вклад в развитие представлений об условиях в субкратонной мантии и генезисе глубинных пород. Диссертация сделана на высоком научном и методическом уровне с глубоким пониманием сути проблемы и решения поставленных задач, выполнена с применением современных локальных методов изучения тонких фаз в структурах распада. Автором получен большой объем фактического материала по минеральному составу продуктов распада гранатов и пироксенов, в том числе представлены новые данные о ранее не известных среди них фазах. Установлена связь между принадлежностью гранатов и пироксенов к различным мантийным

парагенезисам (перидотитовый, вебстерит-пироксенитовый, эклогитовый типы) и фазовым составом продуктов распада. Показана тесная геохимическая связь между минералами-хозяевами и продуктами распада. Хорошо аргументированные выводы и сформулированные защищаемые положения вполне убедительно обоснованы и базируются на разноплановых аналитических исследованиях и обилии фактического материала. Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что выявленные типоморфные признаки структур распада твердых растворов применимы при поисках новых кимберлитовых месторождений алмазов.

Основные замечания и предложения касаются того, что не вполне понятно, как установлены P–T условия по реинтегрированным составам минералов и как были восстановлены P–T тренды (д.г.-м.н. О.Г. Сафонов). В автореферате не охарактеризованы кристаллохимические механизмы распада твердых растворов гранатов и пироксенов, не приведены схемы изоморфных замещений (д.г.-м.н. О.Г. Сафонов и д.г.-м.н. Н.Р. Хисина) и кристаллографические ориентировки ламелей в минерале-хозяине (д.г.-м.н. Н.Р. Хисина). В автореферате следовало бы упомянуть, что структуры распада известны в минералах из кимберлитов и базальтоидов других провинций, а также в перидотитах орогенных поясов (д.г.-м.н. О.Г. Сафонов). Не лишним в формулировке первого защищаемого положения было перечисление 10 минералов из продуктов распада гранатов (д.г.-м.н. С.Г. Скублов). Замечание к первому защищаемому положению: в работе А.Н. Крота ранее было показано, что ильменит и рутил из продуктов распада гранатов характерны для катаклазированных ильменитовых разностей лерцолитов (д.г.-м.н. В.К. Гаранин). Второе защищаемое положение сформулировано громоздко и достаточно сложно (д.г.-м.н. С.Г. Скублов и д.г.-м.н. А.В. Толстов). Отмечено, что при погрешности геотермометров не менее 50 °С вместо диапазона температур именно 810–1080 °С следовало бы указать 800–1100 °С (д.г.-м.н. С.Г. Скублов). Достаточно скромно в работе звучит практическая значимость выявленных минералогических критериев поисков алмазных месторождений по наличию гранатов с определенными структурами и продуктами распада (д.г.-м.н. А.В. Толстов).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Соловьева Л.В. и Перчук А.Л. являются высококвалифицированными компетентными специалистами в области минералогии, геохимии и петрологии мантийных пород из кимберлитов и складчатых поясов. Оппоненты имеют ряд публикаций в соответствующей диссертации сфере исследования и способны объективно оценить данную работу.

Выбор ведущей организации (Институт экспериментальной минералогии Российской академии наук) обосновывается тем, что она проводит фундаментальные и прикладные исследования по основному научному направлению «Физико-химические исследования состава и структуры глубинных зон Земли с целью создания основ геодинамических и новых методов синтеза алмаза», хорошо известна своими достижениями в данной отрасли науки. Направление научно-исследовательской деятельности организации полностью соответствует тематике рассматриваемой диссертации и высококвалифицированные специалисты, несомненно, способны объективно и аргументировано обосновать ее научную и практическую ценность.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработана модель формирования продуктов распада твердых растворов в порообразующих минералах (гранате, клинопироксене, ортопироксене) мантийных ксенолитов перидотитового, вебстерит-пироксенитового и эклогитового типов парагенезисов. Выявлены особенности морфологии, характера взаимоотношений и макро- и микроэлементного состава минералов топотаксических сростаний в гранате клинопироксене

и ортопироксене. **Доказано**, что минеральное разнообразие продуктов распада определяется преимущественно особенностями состава исходных гомогенных минералов и типом парагенезиса, к которому они принадлежат. На базе результатов исследования продуктов распада **предложена** схема эволюции сосуществовавших гранатов и пироксенов мантийных пород. **Введено** положение о консервации структур распада в минералах мантийных ксенолитов на стадии зарождения или укрупнения в зависимости от температуры и давления переуравновешивания пород в верхней мантии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:

1) В продуктах распада гранатов перидотитового, вебстерит-пироксенитового и эклогитового типов парагенезисов диагностировано 10 минеральных видов (рутил, ильменит, клинопироксен, ортопироксен, оливин, минералы группы кричтонита, апатит, хромшпинелиды, Na-Ca-амфиболы, коэсит). Минералогия продуктов распада гранатов и пироксенов перидотитового парагенезиса идентична таковой для вебстерит-пироксенитового парагенезиса, что свидетельствует о сходстве P-T условий и процессов образования исходно гомогенных минералов-предшественников. Кварц из структур распада в гранатах эклогитового типа парагенезиса представляет собой параморфозы по коэситу.

2) Консервация структур распада твердых растворов, отвечающих стадии зарождения или стадии укрупнения в гранатах и пироксенах из мантийных ксенолитов определяется температурой и давлением. Тонкие структуры распада в гранатах и пироксенах консервируются на начальных стадиях процесса распада и характерны для пород, переуравновешенных в верхней мантии при температурах 890–1270 °С и давлениях 4.5–5.6 ГПа. Развитые структуры распада отвечают более поздним стадиям процесса распада и наиболее характерны для пироксенов и гранатов из вебстеритов, пироксенитов и зернистых лерцолитов (переуравновешенных при температурах 670–910 °С и давлениях 1.5–4.5 ГПа), а также для пироксенов и гранатов эклогитовых пород (переуравновешенных при температурах 810–1080 °С и давлениях 3.2–4.9 ГПа).

3) Исходно гомогенные гранаты и пироксены из пород перидотитового и вебстерит-пироксенитового типов парагенезисов были устойчивы 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.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов исследования, включая сканирующую (растровую) электронную микроскопию, рентгеноспектральный микроанализ с электронным зондом, спектроскопию комбинационного рассеяния, масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой и лазерной абляцией.

В диссертационной работе подробно **изложены** результаты комплексного минералогического и геохимического исследования породообразующих силикатных минералов (ортопироксена, клинопироксена, граната) со структурами распада твердых растворов в мантийных ксенолитах из кимберлитовых трубок Якутии (Обнаженная, Удачная, Мир, Зарница) и Финляндии (Лахтойоки). В закономерно ориентированных сростаниях в гранатах **установлено** присутствие 10 минералов – продуктов распада исходного высокотемпературного и высокобарического гранатового твердого раствора, содержавшего Ti, Na, Si, P, Cr и Zr: рутил, ильменит, клинопироксен, ортопироксен, оливин, минералы группы кричтонита, апатит, хромшпинелиды, Na-Ca-амфиболы, коэсит. **Определено**, что в клинопироксенах и ортопироксенах продукты распада представлены пироксенами, гранатом, рутилом, ильменитом, хромшпинелидами, Ca- и Na-Ca-амфиболами, апатитом. На основании

полученных данных впервые **выявлены** связи между минеральным составом продуктов распада и типом парагенезиса, к которому принадлежали исходно гомогенные мантийные минералы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные результаты и установленные закономерности пространственного распределения мантийных минералов со структурами распада (например, гранатов с тонкими структурами распада, с хромитом или с высокой долей пироксенов среди продуктов распада) применимы к прогнозной оценке алмазности исследуемых территорий. Они будут полезны при постановке геологоразведочных работ как в пределах Якутской и Финской кимберлитовых провинций, так и в других регионах мира. **Выявленные минералогические критерии поисков перспективных на алмазы материнских тел и вторичных коллекторов** позволяют оценить глубинность заложения очагов кимберлитов, потенциальную алмазность материала источника на основе экспрессной диагностики индикаторных минералов кимберлитов из концентратов тяжелой фракции.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Результаты **экспериментальных работ** получены на сертифицированном оборудовании: оптическом поляризационном микроскопе Olympus BX51 с фотовидеокамерой высокого разрешения Olympus ColorView III, электронных сканирующих микроскопах LEO 1430VP, JSM-6510LV и Tescan MIRA 3 LMU, совмещенных с энергодисперсионной системой микроанализа INCA Energy-350 (Oxford Instruments) (г. Новосибирск), рентгеноспектральных микроанализаторах Cameca Camebax Micro, Jeol JXA-8100 (г. Новосибирск) и Cameca SX100 (г. Ноксвилл, США), на спектрометрах комбинационного рассеяния Horiba Jobin Yvon Ramanor U-1000 и LabRAM HR800 (г. Новосибирск), на масс-спектрометрах Agilent 7500ce с системой лазерной абляции Geolas (г. Блексбург, США), Agilent 7500cs с системой лазерной абляции Continuum Surelite I-20 (г. Сидней, Австралия), Finnigan MAT Element-2 с лазерной установкой NewWaveResearch UP213 и ультразвуковым распылителем U-5000AT+ (г. Новосибирск). Работы проводились в ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) и частично в Университетах Теннесси (г. Ноксвилл, США), Вирджинии (г. Блексбург, США) и Маккуори (г. Сидней, Австралия). Полученные на разных приборах данные хорошо согласуются друг с другом.

В ходе работ были **использованы** современные методики подготовки материала к исследованию. Детально изучено 40 образцов мантийных ксенолитов (лерцолитов, оливиновых вебстеритов, вебстеритов, ортопироксенитов, клинопироксенитов, эклогитов, гроспидитов), свыше 120 плоскополированных пластинок, выполнено более 750 микрозондовых анализов и более 350 определений редкоэлементного состава породообразующих минералов и продуктов их распада, снято и расшифровано более 1200 энергодисперсионных спектров и более 450 спектров комбинационного рассеяния минералов закономерно ориентированных сростаний. Оцифровано и обработано свыше 600 изображений с оптического и сканирующего электронного микроскопов с целью определения модальных соотношений минералов на участках со структурами распада.

Теория построена на основе анализа результатов комплексного минералого-петрографического и геохимического изучения представительной коллекции мантийных ксенолитов из кимберлитовых трубок Якутской и Финской кимберлитовых провинций (Обнаженная, Удачная-Восточная, Мир, Зарница, Лахтойоки). **Идеи диссертации базируются** на общепринятых концепциях петрогенезиса и субсолидусного преобразования мантийных пород. Результаты и выводы исследования опираются на кристаллографические, кристаллохимические и термодинамические принципы теории распада твердых растворов,

являются научно обоснованными и аргументированными и согласуются с опубликованными экспериментальными данными.

Установлена согласованность результатов исследования соискателя с данными литературных источников по указанной тематике, полученными при изучении закономерно ориентированных сростаний минералов мантийных ассоциаций из кимберлитов Якутии, Финляндии [Лазько, 1979; Jerde et al., 1993; Соловьева и др., 1994; Qi et al., 1997; Sobolev, Yefimova, 2000; Афанасьев и др., 2001; Peltonen et al., 2002; Соловьева и др., 2002; Taylor et al., 2003; Tomilenko et al., 2005; Roden et al., 2006; Shatsky et al., 2008; Korsakov et al. 2009; Гаранин и др., 2011; Бобров и др., 2012; Shatsky et al., 2014; Зедгенизов и др., 2015] и других регионов мира [Griffin et al., 1971; Harte, Gurney, 1975; Clarke, Pe-Piper, 1983; Griffin et al., 1984; Sautter, Harte, 1990; Haggerty et al., 1994; Wang et al., 1999; van Roermund et al., 2001; Dawson, 2004; Schmickler et al., 2004; Song et al., 2005; Patel et al., 2006; Spengler et al., 2006; Huang et al., 2007; Hwang et al., 2013], а также при экспериментальном моделировании систем твердых растворов силикатов (ортопироксена, клинопироксена, граната) в условиях температур и давлений, отвечающих верхнемантийным [Ringwood, Major, 1971; Thompson, 1975; Takahashi 1986; Irifune 1987; Gasparik 1990; Ohtani 1990; Ringwood, 1991; Ono, Yasuda, 1996; Zhang et al., 2003; Konzett, Frost, 2009; Collerson et al., 2010].

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в экспедиционных работах в 2009, 2011–2012 гг. на объектах Якутской кимберлитовой провинции, самостоятельном отборе образцов и проведении пробоподготовки полевого материала для лабораторного изучения. В период 2008–2015 гг. автор провел комплекс минералогопетрографических и геохимических исследований с помощью методов оптической и сканирующей электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа с электронным зондом, спектроскопии комбинационного рассеяния и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и лазерной абляцией, а также выполнил обработку аналитических данных. Совместно с соавторами опубликованных работ проведена интерпретация полученных данных, написаны тексты статей и материалов тезисов. Соискатель принимал личное участие в апробации результатов исследований.

На заседании 2 октября 2015 года диссертационный совет принял решение присудить Алифировой Таисии Александровне ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 9 докторов наук по специальности 25.00.05, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

Н.В. Соболев

Ученый секретарь диссертационного совета

О.Л. Гаськова

5 октября 2015 г.

