

**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 02 марта 2017 г. № 02/6

О присуждении Резвухину Дмитрию Ивановичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Гранаты с минеральными включениями оксидов и сульфидов из кимберлитовой трубки Интернациональная: минералогия, геохимия и связь с процессами мантийного метасоматоза в литосферной мантии Мирнинского поля, Сибирский кратон» по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография», принята к защите 28 декабря 2016 г., протокол №02/07, 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 Резвухин Дмитрий Иванович, 1991 года рождения, в 2013 г. окончил магистратуру геолого-геофизического факультета НГУ по специальности «геохимия». 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 младшим научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (лаборатория минералов высоких давлений и алмазных месторождений №451)

Диссертация выполнена в лаборатории минералов высоких давлений и алмазных месторождений (№451) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Научный руководитель – кандидат геолого-минералогических наук, **Мальковец Владимир Григорьевич**, старший научный сотрудник лаборатории минералов высоких давлений и алмазных месторождений (№451) ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Официальные оппоненты: 1) **Костровицкий Сергей Иванович**, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск); 2) **Гаранин Виктор Константинович**, доктор геолого-минералогических наук, научный руководитель Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН (г. Москва), дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук** в своем положительном заключении, подписанном ведущим научным сотрудником лаборатории геологии и магматизма древних платформ, доктором геолого-минералогических наук А.И. Киселевым, и старшим научным сотрудником лаборатории палеогеодинамики, кандидатом геолого-минералогических наук Л.З. Резницким, указала, что представленная на

рассмотрение диссертационная работа имеет несомненные научную новизну и значимость. Ведущая организация подчеркивает оригинальность работы в концептуальном и методическом плане, а также выделяет установление нового алмазопроисходительного критерия. Защищаемые положения приняты без замечаний.

Соискатель Д.И. Резвухин имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации - 10 научных работ объёмом 3,5 печатных листа, из них опубликованы в рецензируемых научных изданиях 3 работы.

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. **Резвухин Д.И.**, Мальковец В.Г., Шарыгин И.С., Кузьмин Д.В., Литасов К.Д., Гибшер А.А., Похиленко Н.П., Соболев Н.В. Включения хромистого и хром-ниобиевого рутила в пиробазах из кимберлитовой трубки Интернациональная, Якутия // Доклады Академии Наук. – 2016. – Т. 466. – № 5. – С. 587-591.

2. **Резвухин Д.И.**, Мальковец В.Г., Шарыгин И.С., Кузьмин Д.В., Гибшер А.А., Литасов К.Д., Похиленко Н.П., Соболев Н.В. Включения минералов группы кричтонита в пиробазах из кимберлитовой трубки Интернациональная, Якутия // Доклады Академии Наук. – 2016. – Т. 466. – № 6. – С. 714-717.

3. Malkovets V.G., **Rezvukhin D.I.**, Belousova E., Griffin W.L., Sharygin I.S., Tretiakova I.G., Gibsher A.A., O'Reilly S.Y., Kuzmin D.V., Litasov K.D., Logvinova A.M., Pokhilenko N.P., Sobolev N.V. Cr-rich rutile: A powerful tool for diamond exploration // Lithos. – 2016. – V. 265. – P. 304-311.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов (все положительные, все с замечаниями) от:

1. доцента кафедры “Горное дело”, к.г.-м.н. Руковича А.В. (Технический институт Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, г. Нерюнгри);

2. г.н.с., д.г.-м.н. Скублова С.Г. (Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, г. Санкт-Петербург)

3. председателя ЗЯНЦ, д.г.-м.н., профессора, академика АН РС(Я) Зинчука Н.Н. (Западно-Якутский научный центр Академии наук Республики Саха (Якутия), г. Мирный).

4. с.н.с., к.г.-м.н. Скузоватова С.Ю. (Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск).

5. н.с., к.г.-м.н. Яковлева Д.А. (Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск).

6. с.н.с., к.г.-м.н. Бабушкиной С.А. (Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск).

7. в.н.с., к.г.-м.н. Олейникова О.Б. (Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск).

8. профессора кафедры петрологии геологического факультета МГУ, д.г.-м.н. Боброва А.В.

9. доцента кафедры минералогии геологического факультета МГУ, к.г.-м.н. Посуховой Т.В.

В отзывах отмечено, что диссертационная работа является, несомненно, актуальной, а полученные результаты вносят существенный вклад в понимание процессов мантийного

метасоматического обогащения несовместимыми элементами в литосферной мантии Мирнинского кимберлитового поля. Диссертантом использован комплекс современных высокоточных методов исследования в сотрудничестве с ведущими лабораториями мира. В работе впервые проведено комплексное изучение химического и редкоэлементного составов гранатов и химического состава включений оксидов и сульфидов из кимберлитов трубки Интернациональная. Автором получены новые данные о вертикальной гетерогенности мантийной колонны под кимберлитовой трубкой Интернациональная на основе различий между гранатами с включениями оксидов и сульфидов. Впервые предложено относить высокохромистый рутил к индикаторным минералам кимберлитов. Основные выводы и выдвинутые защищаемые положения вполне убедительно обоснованы и базируются на обширном фактическом материале.

Основные замечания и предложения касаются того, что в тексте автореферата и диссертации не приведены соображения насчет генезиса изученных эклогитовых гранатов (Д.А. Яковлев); из текста автореферата не ясно, рассматриваются ли в диссертации вопросы, связанные с генезисом включений (О.Б. Олейников); не совсем ясно, как в действительности применить полученные результаты при алмазопоисковых работах, учитывая, что будут существенные отличия материалов по минералам из концентратов, проб из кимберлитов и прилегающим к ним алмазопоявлениям в осадочных толщах (Н.Н. Зинчук); действительно ли результаты U-Pb датирования высокохромистого рутила дают возраст внедрения кимберлитовой магмы, учитывая, что рутил не самый надежный минерал-геохронометр и температуры закрытия U-Pb системы в рутиле варьируют в пределах сотен градусов (С.Г. Скублов); не очевидно, почему результаты U-Pb датирования рутила являются диагностическим признаком (А.В. Рукович); во введении автореферата следовало больше внимания уделить геохимии метасоматоза и не совсем ясна цель датирования рутилов и его связь с общей идеей работы (С.Ю. Скузоватов); автореферат содержит мало фактического материала в отношении пикроильменита и шпинелидов (С.А. Бабушкина); формирование плюмов может создать и латеральную гетерогенность, в противоположность вертикальной гетерогенности процессов мантийного метасоматоза, описанной диссертантом, а также мало обсуждается состав сульфидных включений (Т.В. Посухова).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Костровицкий С.И. и Гаранин В.К. являются высококвалифицированными компетентными специалистами в области мантийной минералогии, петрологии и геохимии. Оппоненты имеют ряд публикаций в соответствующей диссертации сфере исследования и способны объективно оценить данную работу.

Выбор ведущей организации (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры СО РАН) обосновывается тем, что она располагает высококвалифицированными специалистами, способными определить и аргументированно обосновать научную и практическую ценность данной диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

проведено комплексное изучение химического и редкоэлементного составов гранатов и химического состава включений оксидов и сульфидов из кимберлитового тела (трубка Интернациональная) в пределах Сибирского кратона;

установлено максимальное содержание Cr_2O_3 в рутиле (9,75 мас.%) среди всех ранее описанных в литературе;

показано, что содержание Cr_2O_3 в рутиле $> 1,7$ мас.% свидетельствует о

происхождении такого рутила в условиях кратонной перидотитовой литосферной мантии;

выявлено, что состав включений минералов группы кричтонита в изученных гранатах существенно отличается от состава типичных для литосферной мантии кратона Каапвааль минералов серии LIMA (линдслейит – матиасит), широко описанных в ксенолитах из кимберлитов ЮАР;

обнаружены включения минерала из группы кричтонита, не утвержденного ранее в списке IMA, характеризующегося доминированием Sr в позиции А и Fe в позиции В;

установлена прямая корреляция между содержанием хрома во включениях высокотитанистых оксидов (рутил, пикроильменит, минералы группы кричтонита) и вмещающих хромистых гранатах;

показано, что возраст включений рутила в гранатах по данным U-Pb датирования отражает время внедрения кимберлитовой магмы трубки Интернациональная (~360 млн. лет);

предложен новый алмазопоисковый критерий, заключающийся в возможном использовании высокохромистого рутила в поисковых работах на территории древних кратонов;

получены данные о вертикальной гетерогенности мантийной колонны под кимберлитовой трубкой Интернациональная на основе различий в химическом составе и температуре образования гранатов с включениями оксидов и сульфидов;

описаны негомогенные ксенокристаллы граната из кимберлитовой трубки Интернациональная с ярко-выраженной зональностью по главным и редким элементам.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:

1) В перидотитовых гранатах из трубки Интернациональная установлены включения рутила, обогащенного высоkozарядными элементами (до 15,57 мас.% Nb₂O₅), пикроильменита, Fe-Ti-Cr шпинели, минералов группы кричтонита, обогащенных крупноионными литофильными (Ba, Sr), высоkozарядными (Zr) и редкоземельными элементами (La, Ce и др.), а также хромита и сульфидов. В эклогитовых гранатах обнаружены включения рутила и пикроильменита. Минеральная ассоциация обогащенных редкими и несовместимыми элементами высокотитанистых оксидов свидетельствует о метасоматическом генезисе вмещающих перидотитовых гранатов.

2) Содержание Cr₂O₃ > 1,7 мас.% в рутиле свидетельствует о генезисе такого рутила в условиях глубинной кратонной перидотитовой мантии. Результаты U-Pb датирования включений рутила в гранатах из трубки Интернациональная дают возраст 369±10 млн. лет, соответствующий возрасту внедрения кимберлитовой магмы трубки Интернациональная. Полученные результаты указывают на то, что высокохромистый рутил является индикаторным минералом глубинных магматических пород, таких как кимберлиты, и может использоваться в алмазопоисковых работах на территории древних кратонов.

3) Гранаты преимущественно лерцолитового парагенезиса с включениями высокотитанистых оксидов характеризуются только дугообразным (нормальным) распределением РЗЭ. Гранаты с включениями сульфидов относятся к лерцолитовому и гарцбургит-дунитовому парагенезисам и имеют как дугообразные, так и синусоидальные спектры РЗЭ. По данным Ni-термометрии, гранаты с включениями оксидов имеют пик распределения по температуре равновесия на отметке ~800°C (120 км), а гранаты с включениями сульфидов – на отметке ~950°C (165 км). Полученные данные

свидетельствуют о вертикальной гетерогенности процессов мантийного метасоматического обогащения в разрезе литосферной мантии под трубкой Интернациональная.

4) Неомогенные гранаты из трубки Интернациональная характеризуются увеличением содержания Ca, Ti, Fe и редких элементов в краевой зоне, которая образована в результате замещения исходного граната в ходе метасоматического события, произошедшего незадолго (< 15000 лет) до внедрения кимберлитовой магмы трубки Интернациональная.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных высокоточных методов исследования, которые были применены как на базе Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, так и в сотрудничестве с ведущими зарубежными лабораториями. Комплексное изучение гранатов и включений осуществлялось методами сканирующей микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа (ЦКП многоэлементных и изотопных исследований, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН), масс-спектрометрии вторичных ионов (SIMS; Институт изучения земных недр, Университет Окаямы, Мисаса, Япония) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с лазерной абляцией (LA-ICP-MS; Университет Маккуори, Сидней, Австралия).

В ходе исследования **обнаружены** несомненные свидетельства метасоматического генезиса, по крайней мере, части гранатов перидотитового парагенезиса в литосферной мантии Мирнинского поля. **Установление** вертикальной мантийной гетерогенности под кимберлитовой трубкой Интернациональная важно для понимания факторов, отвечающих за алмазоносность конкретного кимберлитового тела (трубка Интернациональная), а также за контрастную алмазоносность других кимберлитовых тел в пределах Мирнинского поля (трубки Мир, Спутник, им. XXIII съезда КПСС, Таежная, Амакинская, Дачная). Результаты работы **имеют значение** для развития представлений о преобразовании вещества литосферной мантии и вносят существенный вклад в изучение процессов мантийного метасоматического обогащения несовместимыми элементами в литосферной мантии Сибирского кратона. Данные о химическом составе включений потенциально нового минерального вида группы кричтонита **расширяют** мировые знания о составах минералов этой группы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что результаты исследования включений хромистого рутила в гранатах могут быть использованы в практике алмазопоисковых работ на территории древних кратонов. Характерная высокая хромистость, устойчивость в приповерхностных изменениях, и свойство мантийного рутила регистрировать возраст внедрения кимберлитов, обуславливают практическую полезность ксенокристаллов рутила для поиска новых алмазных месторождений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Основу исследования составляет обширный фактический материал, полученный в период с 2009-2016 гг. Достоверность представленных результатов исследования ксенокристаллов граната с включениями из кимберлитовой трубки Интернациональная основывается на высоком научно-методическом уровне проведения работы, представительности исходных данных, а также корректном использовании общепринятых методик, глубокой проработке научной литературы и ее широком использовании. Результаты исследований апробированы на российских и зарубежных конференциях и семинарах, а также опубликованы в рейтинговых журналах.

Теория построена на интерпретации результатов, полученных в результате комплексного аналитического изучения гранатов с минеральными включениями оксидов и

сульфидов из кимберлитовой трубки Интернациональная, и детальном анализе литературных данных.

Идеи диссертации базируются на минералогических исследованиях гранатов с твердофазными включениями (Бобриевич и др., 1959; Бобриевич и др., 1964; Bauer, 1966; McGetchin, Silver, 1970; Griffin et al., 1971; Вахрушев, Соболев, 1971; Соболев, 1974; Крот, 1989; Костровицкий, Гаранин, 1992; Костровицкий и др., 1993; Варламов и др., 1993; Варламов и др., 1995; Wang et al., 1999; Афанасьев и др., 2001; Vrana, 2008; Alifirova et al., 2012; Ziberna et al., 2013), а также существующих представлениях о метасоматическом происхождении пиропса в литосферной мантии (Wang et al., 1999; Griffin et al., 1999; Stachel et al., 2004; Malkovets et al., 2007, 2012; O'Reilly, Griffin, 2013; Agashev et al., 2013; Shu, Brey, 2015).

Личный вклад соискателя состоит в отборе гранатов из концентрата тяжелой фракции трубки Интернациональная и пробоподготовке (> 200 индивидуальных шашек из эпоксидной смолы) для лабораторных исследований. Лично автором проводились также аналитические исследования с помощью методов оптической (несколько фотографий для каждого зерна), электронной сканирующей микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа (>2000 определений химического состава гранатов и включений) и масс-спектропии вторичных ионов (на приборе SIMS CAMECA ims5f; >300 определений). Построено 5 поэлементных карт для негомогенных гранатов. Совместно с соавторами опубликованных работ проведена интерпретация полученных данных, написаны тексты статей и тезисов докладов для конференций.

На заседании 02 марта 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Резвухину Дмитрию Ивановичу 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 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета

Н.В. Соболев

Ученый секретарь диссертационного совета

О.Л. Гаськова

03.03.2017 г.

