

Отзыв официального оппонента
на диссертацию Резвухина Дмитрия Ивановича по
теме: «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»,
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических
наук по специальности 25.00.05 – минералогия и кристаллография.

Представленная диссертационная работа посвящена изучению состава высоко-Ti, высоко-Cr кристаллических включений в гранатах из трубы Интернациональная с целью изучения роли метасоматических процессов в формировании литосферной мантии в Мирнинском поле Якутской кимберлитовой провинции. Исследования проведены современными методами на высокоточной аппаратуре, включающей использование приборов из зарубежных лабораторий. Диссертантом изучено представительное число зерен гранатов с включениями (около 200), выполнено значительное число микрозондовых анализов (более 2000), использованы данные редкоэлементного состава гранатов, определенного на ионном зонде SIMS, выполнено U-Pb датирование рутила. Фактический материал, изученный автором, является вполне надежным и достаточным для генетических выводов, которые легли в основу защищаемых положений.

Диссертационная работа состоит из введения, 8 глав, заключения и списка литературы, содержащего 187 источников, 5 табличных приложений. Объем диссертации составляет 173 страниц машинописного текста, включая 66 рисунков и 8 таблиц.

Во введении диссертантом обоснована актуальность темы исследований, научная новизна работы, определен набор задач для достижения поставленной цели. Научная новизна и значимость проведенного исследования заключается в открытии совершенно новых составов таких минералов, как рутил, минералов из группы кричтонита, в определении возраста рутила, в получении ряда научных выводов о времени, об особенностях редкоэлементного состава метасоматического воздействия на породы литосферной мантии в районе трубы Интернациональная. Сформулированы защищаемые положения, отражающие главные результаты проведенных исследований. Работа прошла апробацию на конференциях различного уровня и ее основные положения широко освещены в публикациях, в том числе и в зарубежных.

Первая глава представляет собой компиляцию литературных сведений по вопросам, касающимся состава, возраста, истории формирования литосферной мантии,

процессов метасоматического преобразования ее пород. Значительное место в главе занимают рассуждения автора о причинах сохранности континентальной литосферы. Основное объяснение стабильности литосферной мантии автор видит в распределении по вертикали величин плотностей мантийных пород, формировавшихся в архейское, протерозойское и фанерозойское время. Рассмотрены разные гипотезы формирования литосферной мантии, процессов, модифицирующих ее состав. На основе рассмотрения литературных возрастных данных для отдельных минералов (циркон, алмаз) и глубинных ксенолитов автор детально описывает основные этапы формирования и метасоматического преобразования литосферной мантии Сибирского кратона. В заключении главы дается исчерпывающее описание всех находок высокотитанистых оксидов в мантийных ксенолитах и во включениях в гранатах, которые предшествовали авторским.

Замечание к этому разделу. Диссертантом рассмотрены слишком общие вопросы происхождения литосферной мантии, некоторые из которых не имеют отношения к исследуемой теме, - при этом автор никак не выражает своего отношения к той или иной точке зрения. В обзоре литературных источников отсутствует ряд важных ссылок:

Agashev A.M., Ionov D.A., Pokhilenko N.P., Golovin A.V., Cherepanova Yu., Sharygin I.S. Metasomatism in lithospheric mantle roots: Constraints from whole-rock and mineral chemical composition of deformed peridotite xenoliths from kimberlite pipe Udachnaya// Lithos. 2013. V. 160-161. P. 201-215.

Howarth G.H., Barry P.H., Pernet – Fisher J.F., Baziotis I.P., Pokhilenko N.P. Pokhilenko L. N., Bodnar R.J., Taylor L.A., Agashev A.M. Superplume metasomatism: Evidence from Siberian mantle xenoliths// Lithos. - 2014. V.184-187. P. 209-224.

Solov'eva, L. V.; Yasnygina, T. A.; Egorov, K. N. Metasomatic parageneses in deep-seated xenoliths from pipes Udachnaya and Komsomol'skaya-Magnitnaya as indicators of fluid transfer through the mantle lithosphere of the Siberian craton// RUSSIAN GEOLOGY AND GEOPHYSICS. 2012. V. 53, №12. P. 1304-1323.

Похilenко Л.Н., Алифирова Т.А., Юдин Д.С. Ar-Ar датирование флогопита из мантийных ксенолитов: свидетельства древнего глубинного метасоматоза Сибирского кратона// ДАН. – 2013. – Т. 449, №1. – С.76-79.

Не принята во внимание крупная монография Лидии Васильевны Соловьевой, которая является ведущим специалистом по метасоматозу пород литосферной мантии.

Соловьева Л. В., Владимиров Б. М., Днепровская Л. В., Масловская М.Н., Брандт С.Б. Кимберлиты и кимберлитоподобные породы: Вещество верхней мантии под древними платформами. – Новосибирск: ВО Наука, 1994. 256 с.

Вызывает удивление факт отсутствия в работе некоторых ссылок на статьи своих же коллег по институту.

Во второй главе дается краткая геологическая характеристика Якутской кимберлитовой провинции и, в частности, Мирнинского поля, трубы Интернациональная – основном объекте исследований. Более подробно автор останавливается на характеристике мантийных ксенолитов, ксенокристаллов барофильных минералов из трубы Интернациональная, в основном, по данным,

представленным в книге А.В. Уханова. На взгляд оппонента, А.В. Уханов не совсем точно представил разрез литосферной мантии, предполагая, что в нем резко доминируют оливиновые породы и что этот разрез аналогичен разрезу, который установлен для трубы Мир. Судя по графику Cr_2O_3 - CaO , представленному доктором для гранатов из тяжелой фракции кимберлитов трубы Интернациональная, а также по небольшой коллекции, собранной оппонентом, в разрезе под трубкой Интернациональная более заметную роль, чем под трубкой Мир, играет верлитовый парагенезис.

Впрочем, учитывая случайный характер захвата кимберлитами ксенолитов литосферной мантии, более правильно следуло говорить о не представительности одной трубы для характеристики разреза литосферной мантии, а не «о сильной локальной дифференцированности пород литосферной мантии даже для трубок, удаленных друг от друга всего на первые сотни метров».

Обсуждая вопрос строения литосферной мантии, докторант ссылается на разрезы, построенные Гриффином (Griffin et al., 1999), на которых показано % содержание дунит-гарцбургитовых пород под разными полями ЯКП. Разрезы – явно ошибочные (например, в Чомурдахском поле гранаты дунит-гарцбургитового парагенезиса обнаруживаются лишь в единичных зернах (по данным минералогической паспортизации, проведенной оппонентом), а у Гриффина их больше, чем в Мирнинском районе). Поэтому вывод докторанта об отсутствии положительной корреляции алмазоносности кимберлитов с % содержанием дунит-гарцбургитовых пород под отдельными полями не совсем точный. Безусловно, с другой стороны, нельзя не учитывать алмазоносность, связанную с эклогитовым парагенезисом.

Глава 3, посвященная методам исследования, дает полную соответствующую информацию, замечаний со стороны рецензента нет.

В главе 4 автор приступает к описанию изученного фактического материала. Достоинством исследования является предварительное детальное разделение всей коллекции гранатов по разным составам кристаллических включений, по разным парагенезисам. Общее число изученных гранатов является представительным, границы между перidotитовым и эклогитовым парагенезисами обоснованы. Распределения гранатов, содержащих включения разных парагенезисов, иллюстрируются красочными круговыми диаграммами и гистограммами. В конце раздела представлено описание морфологии оксидных и сульфидных включений, приведены фотографии зерен граната с включениями в проходящем и отраженном свете. Описание морфологии зерен

сопровождается аргументацией сингенетичности минералов-узника и хозяина. Несомненный научный интерес представляют обнаруженные диссертантом закономерности распределения разных кристаллических включений к определенным парагенезисам гранатов: сульфидов – к преимущественно дунит-гарцбургитовому, а оксидных минералов - к лерцолитовому. Замечаний к данной главе нет.

Глава 5, посвященная описанию результатов изучения химического составов кристаллических включений, отличается детальностью и полнотой изложения. Автором последовательно рассматриваются полученные аналитические данные для включений рутила в перidotитовых и эклогитовых гранатах, минералов группы кричтонита, пикроильменита, шпинелидов и сульфидов. Наиболее интересные выводы, результаты исследования автора сводятся к следующим:

- 1) Рутилы из перidotитовых гранатов характеризуются высокими содержаниями Cr_2O_3 и Nb_2O_3 (соответственно до 9,7 и 15,6 %), - при этом между составами минералов-узника и хозяина существует прямая корреляционная связь;
- 2) Включения минералов группы кричтонита и LIMA (lindsleyite-mathaisite) характеризуются высоким содержанием Cr_2O_3 (до 19,2%) и широкими вариациями редких элементов – Ba, Sr, Zr, La, Ce, Hf, - при этом между составами минералов-узника и хозяина (граната) существует прямая корреляционная связь;
- 3) Описанные включения группы кричтонита и LIMA по составу, по структурным позициям элементов отличаются от известных и поэтому, возможно, претендуют на новый минеральный вид;
- 4) Совпадение области фигуративных точек состава включений шпинелидов из гранатов с высоко-Cr областью шпенилидов из тяжелой фракции кимберлитов свидетельствует о едином их источнике, связанным с высоко-Cr метасоматозом;
- 5) Прямая корреляционная связь между кристаллическими включениями и высоко-Cr гранатом свидетельствует о их сингенетичности и, таким образом, вся эта минеральная ассоциация характеризует состав метасоматизирующего расплава-флюида.

Раздел написан ясно, с исчерпывающей характеристикой минералов, в полной мере иллюстрирован графиками, - замечаний нет.

В главе 6 анализируются геохимические характеристики гранатов, содержащих разные кристаллические включения. Спайдерграммы, построенные для всего редкоземельного спектра элементов обнаруживают два контрастно разных распределения – 1) для большинства гранатов, содержащих оксидные включения –

нормальное, с постепенным возрастанием содержания от легких к тяжелым редкоземельным элементам; 2) для гранатов, содержащих сульфидные включения – и нормальное, и синусоидальное. Следует заметить, что нормальное и синусоидальное распределения являются типичными для гранатов соответственно лерцолитового и дунит-гарцбургитового парагенезисов.

Представляет интерес анализ автора по выяснению значения разных микроэлементов для индивидуализации разных групп гранатов с разным набором включений. Наиболее контрастное различие между группами с оксидными и сульфидными включениями обнаруживается на графиках Cr_2O_3 -Y.

Использование термометрии по содержанию Ni в гранатах (Ryan et al., 1996) в методическом плане оппоненту представляется недостаточно обоснованным, но вывод автора об относительно высоких параметрах T° для эклогитовых включений по сравнению с оксидными, по-видимому, следует принять.

Пожалуй, наиболее интересным с генетической точки зрения является изучение докторантом геохимической неоднородности зональных гранатов, описанное в подразделе 6.4. Для 5 зерен граната по профилям от центра к краям были определены сначала микрозондовые содержания главных оксидов, а затем методом лазерной абляции концентрации редких элементов. Описание неоднородного состава прекрасно иллюстрировано цветными и ч/б фотографиями самих зерен с точечными профилями анализа, графиками распределения отдельных оксидов вдоль профилей и спайдерграммами, демонстрирующими изменение концентраций в каждой точке профиля. Для 4-х зерен граната независимо от того, принадлежат ли их центральные части лерцолитовому парагенезису (одно зерно), или эклогитовому (3 зерна), метасоматическое воздействие флюида выразилось одинаковым образом - в росте содержания FeO , TiO_2 , CaO и концентраций практически всех некогерентных элементов, что собственно и послужило основанием для формулировки 4-го защищаемого положения. Но с другой стороны, между кривыми распределения элементов, характеризующих каймы разных зерен, фиксируется и большое различие. Для одних зерен синусоидальная форма (которая характерна для центральной части зерна) сменяется нормальным распределением (INT-241, 289, а для других ((INT-263) синусоидальная форма сохраняется. С чем связано данное различие? Вопрос для докторанта.

Замечание к главе 6. Вызывает удивление факт (!) значительного % (около 50%) гранатов дунит-гарцбургитового парагенезиса, характеризующихся нормальным

распределением элементов. Возникает вопрос, указывает ли этот факт на наличие в литосферной мантии под трубкой International двух генетически разных типов дунит-гарцбургитовых пород, или это какая-то ошибка? К сожалению, автором не представлены мультиэлементные спайдерграммы для гранатов эклогитового парагенезиса с синусоидальным распределением редкоземельных элементов.

Определение U-Pb возраста включения рутила (глава 7), выполненное автором, имеет и научное и практическое значение. Диссертант полагает, что полученное значение возраста отражает только момент переуравновешивания U-Pb системы при попадании ксенокриста в поднимающийся к поверхности кимберлитовый расплав. Но так ли это? Включения рутила находятся в матрице граната, - непосредственного контакта расплава с рутилом не было. Хватает ли времени для переуровновешивания? При этом минералы - узник и хозяин сингенетичны. Не является ли возраст рутила возрастом кристаллизации высоко-Cr граната?

В завершающей диссертацию 8 главе автор, рассматривая существующие взгляды, обсуждает вопросы метасоматического происхождения высокохромистых гранатов дунит-гарцбургитового и лерцолитового парагенезисов, а также включений высокотитанистых оксидных минералов в литосферной мантии. Автор подчеркивает значение оксидных минералов, как основных концентраторов некогерентных элементов в литосферной мантии. Сопоставление с литературными данными о находках минералов группы кричтонита в алмазах, дало основание диссертанту предположить их более глубинный характер кристаллизации, чем это предполагалось ранее. Совершенно оправданно особое внимание, которое автор уделил рутилу, для которого получил возраст близкий к возрасту внедрения кимберлитов. Сопоставление составов рутила из разных источников, разных ассоциаций позволило автору, во-первых, определить границу по содержанию Cr_2O_3 между кратонными и вне кратонными образованиями, а во-вторых, указать на возможность его использования в качестве инструмента для определения возраста щелочных мантийных пород. В заключительных подразделах главы автор подытоживает различия в составах гранатов, содержащих оксидные и сульфидные включения, связанные, в основном, со степенью деплетированности разных парагенезисов, еще раз обращает внимание на зональные гранаты, как индикаторы метасоматических процессов, на роль диффузионных процессов в формировании состава кайм. Рассчитанный короткий промежуток времени, необходимый для образования зональности, явился для автора аргументом

отдать предпочтение точке зрения, связывающей ее происхождение с кимберлитовым расплавом-флюидом.

Мелкое замечание к утверждению диссертанта (стр. 127) о том, что перцолитовые гранаты «имеют еще более явные свидетельства метасоматического образования» (автор имеет ввиду - по сравнению с дунит-гарцбургитовыми гранатами). Поскольку «такие гранаты имеют дугообразные (нормальные) профили». На самом деле, нормальные распределения свидетельствуют о равновесном распределении, которое более типично для гранатов, кристаллизующихся из расплава или при расплавном метасоматозе и поэтому говорить о более явных свидетельствах – неправильно.

В заключение отмечу, что диссертационная работа Резвухина Дмитрия Ивановича отличается стройностью, логичностью изложения, выполнена на самом высоком уровне, что проявилось и в использовании современных методов исследования, современной аналитической аппаратуры, и в охвате и решении многих генетических вопросов, связанных с темой диссертации. В качестве пожелания хотелось бы, чтобы Дмитрий Иванович в дальнейших исследованиях обратил больше внимания на источники, природу высоко-Cr метасоматических расплавов-флюидов, с которыми связано не только кристаллизация рассмотренной автором минеральной ассоциации, но и ассоциации минералов из трубок Загадочная, Буковинская, и макрокристов Ilm из кимберлитов.

Замечания к диссертации, в основном, мелкие, не затрагивающие суть защищаемых положений. Основные научные результаты отражены в достаточном числе отечественных и зарубежных публикаций. Выполненное исследование заслуживает самой высокой оценки. Диссидентант безусловно заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Д.Г.М.Н., Вед. научн. сотр.
Института геохимии СО РАН

10.02.2016

Костровицкий Сергей Иванович, моб. телефон 89149576311, Email: serkost@igc.irk.ru

С.И. Костровицкий

