

Отзыв официального оппонента

о диссертации Т.А. Алифировой «Продукты распада твердых растворов в гранатах и пироксенах (на материале мантийных ксенолитов из кимберлитов)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография.

Проблема образования и стабилизации субкратонной литосферной мантии является одной из важнейших в современной геологии. Для ее решения необходима информация о минералогических, кристаллографических и петрологических особенностях глубинных мантийных пород – перидотитах, пироксенитах и эклогитах, выносимых на поверхность кимберлитовыми расплавами. В этом контексте актуальность работы Т.А. Алифировой, посвященной всестороннему исследованию преобразований главных породообразующих минералов в ксенолитах вышеуказанных пород, сомнений не вызывает.

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения.

В первой главе содержится обстоятельный обзор литературы по структурам распада в минералах, образованных при ультравысокобарных условиях. Этот раздел свидетельствует о том, что автор уверенно ориентируется в большом объеме информации по данной тематике. Лишним тому свидетельством является внушительный список литературы, состоящий из 346 наименований. По мнению рецензента, в этой главе следовало бы указать, что ориентированные вросстки в высокобарных минералах не всегда являются продуктами распада твердого раствора минерала-хозяина (например, L.Perchuk et al., 2002; Page et al., 2005; Perchuk, Morgunova, 2014 и др.). Тем не менее, этот недостаток частично восполняется в заключительных главах, где приводятся литературные данные о привносе-выносе компонентов при образовании ориентированных вростков в минералах (в таких случаях говорить о структурах распада представляется не вполне корректным).

Во второй главе содержится информация о местонахождении, геологическом положении, строении и возрасте кимберлитовых трубок Якутии (Мир, Обнаженная, Удачная-Восточная, Зарница) и Финляндии (Лахтойоки), из которых производился отбор образцов. В работе использована большая коллекция мантийных ксенолитов (40 образцов), в сборе которой Т.А. Алифирова принимала самое активное участие.

В третьей главе дается краткое описание пробоподготовки и многочисленных методов, задействованных при проведении аналитических исследований. Заметим, что объем материалов, полученных автором на аналитических приборах (в научных центрах России, США и Австралии), заметно превосходит обычную кандидатскую диссертацию.

Четвертая глава является одной из ключевых в диссертации. Именно здесь, наряду с описанием петрографии мантийных ксенолитов перидотитового, пироксенитового и эклогитового парагенезисов ксенолитов, содержится уникальная по своей представительности

«энциклопедия» ориентированных вростков (называемых в диссертации «эксклюзионными структурами» или «структурами распада») минералов в гранате, клино- и ортопироксене. Разнообразие ориентированных вростков (ОВ) детально описано и великолепно представлено на микрофотографиях. Т.А. Алифировой обнаружены одиночные, двойные и даже тройные ориентированные вростки минералов, выделены различные морфологические типы и предложено их эволюционное изменение в условиях закрытой системы. Впечатляет и минеральное разнообразие ОВ. Для гранатов в ОВ идентифицировано 12 минералов (рутил, ильменит, клинопироксен, ортопироксен, оливин, минералы группы кричтонита, хромшпинелиды, плагиоклаз, а также ранее не диагностированные амфиболы, апатит, коэсит и кварц), для ортопироксенов – 6 (клинопироксен, гранат, рутил, ильменит, хромшпинелиды, амфибол), для клинопироксенов – 7 (ортопироксен, гранат, рутил, ильменит, хромшпинелиды, амфибол и апатит). Отметим также еще одну неизвестную ранее интересную минералогическую находку в гранатах вебстеритового парагенезиса – это ламелли клинопироксенов, содержащих собственные ориентированные пластинки (рутил, ильменит). Обобщение данных по ОВ в главных породообразующих минералах из разных парагенезисов позволило выявить некоторые закономерности. В частности, в продуктах распада гранатов и пироксенов из перидотитового и пироксенитового типов парагенезисов обнаружены одни и те же минералы. Это может указывать на генетическое сходство процессов образования исходных минералов. Таким образом, обоснованность первого защищаемого положения не вызывает сомнений.

По мнению рецензента, эксклюзионная природа некоторых включений требует дополнительного обоснования. Это касается, например, вростков амфибола в гранате (рис.15). Для того чтобы судить о природе амфибола во включении, хотелось бы знать его точный химический состав, особенно содержание калия – элемента, который в структуру граната при P-T условиях изученных пород входить не должен (Wang, Takahashi, 1999). Однако составы амфибола из включений в гранате в табл.Б.6 отсутствуют. Стоило бы также привести свидетельства в пользу «внутреннего» источника воды для амфибола. Ведь на с.159 утверждается, что «Представленные в работе данные по структурам распада в гранатах из образцов трубки Обнаженная (гранатовые оливиновые вебстериты О-207 и Об106/12) позволяют уверенно называть амфиболы непосредственными продуктами распада гранатового твердого раствора». Подобная категоричность едва ли оправдана. Ведь даже реакцию распада, по признанию автора, пока записать не «представилось возможным» (с.159). Не приводится реакция распада и для вростков амфибола в пироксенах, также относимых к типу эксклюзионных. В целом же для выяснения природы этих амфиболов необходимы данные о регрессивных процессах не только в минералах с продуктами распада, но и за их пределами.

Плагиоклаз, находящийся в сростках с клинопироксеном в «структурах распада в гранате из гранатового вебстерита М5/01 трубки Мир» (стр.62, рис.11) также рассматривается как продукт разложения эксолюзионного клинопироксена. Если это так, то аналогичный процесс может быть проявлен в породообразующем клинопироксене, имеющем, судя по табл.Б.9, такой же состав, что и соответствующие ОВ.

На рис.23 приводятся «тонкие структуры распада» граната в деформированном лерцолите. Эти образования напоминают систему ветвящихся и пересекающихся жил (они имеют мало общего с хорошо выраженными тонкими структурами распада, изображенными на рис.3а в автореферате). Хотелось бы узнать, как такие цепочки микровключений могут возникать при распаде твердого раствора? Не стоит ли в таком случае говорить о миграции флюида или расплава через гранат? Тем более что в 5 и 6 главах этот вопрос поднимается, но в несколько ином контексте.

В пятой главе содержится большое количество аналитических материалов по химическому составу (включая данные по РЗЭ) минералов из разных парагенетических типов пород. Раздел хорошо структурирован, содержит много графических материалов – все это позволяет быстро ориентироваться в большом массиве информации. Весьма любопытными оказались результаты сравнения составов минералов из матрицы породы с аналогичными минералами из ОВ. Выяснилось, что эти составы не всегда отличаются, как это следовало бы ожидать для минералов, растущих из разной минералообразующей среды и на разных этапах Р-Т эволюции породы. Например, редкоэлементный состав включений клинопироксена в гранате практически идентичен составу клинопироксена из порфиробластов (Рис. 64, Рис. 65). Как объяснить такое совпадение в рамках принимаемой автором эволюции в условиях закрытой системы? Ведь порфиробласты клинопироксена, судя по петрографическому описанию, парагенны гранату, т.е. росли вместе с ним из матрицы породы. Состав такого пироксена, по всей видимости, должен отличаться от клинопироксена, выпавшего впоследствии из граната.

Заслуживает внимания вывод о силикатном метасоматозе перидотитов и некоторых образцов пироксенитов, сделанный на основе $[Nd/Yb]_n$ и Ti/Eu отношений в пироксенах из этих пород. Интересно было бы знать, имеются ли в породах другие проявления этого процесса?

Структуры распада в минералах, с одной стороны, характеризуют декомпрессионную метаморфическую историю пород, но с другой, могут быть использованы для восстановления Р-Т условий наиболее ранних этапов их эволюции. С этой целью Т.А. Алифиновой были выполнены кропотливые работы по реинтеграции ламелл в структуру минералов путем

сложения объемных содержаний минерала-хозяина и продуктов распада известного состава и плотности. Это позволило получить химические составы первичных гомогенных минералов.

В этой же главе приводятся результаты восстановления P-T условий метаморфизма ксенолитов. С помощью минералогических термометров и барометров автор убедительно показывает, что породы с развитыми структурами распада (пироксениты и лерцолиты) переуравновесились при более низких температурах и давлениях, чем породы (лерцолит и оливиновый вебстерит) с тонкими структурами распада.

Основные недостатки этого раздела в основном связаны с геотермобарометрией эклогитов. Здесь зачем-то сообщается об «оценках» давления в ксенолитах эклогитов (рис.60, табл.5, 2 и 3 защищаемые положения), хотя в действительности давление в этих породах не рассчитывалось (за исключением одного образца), а задавались по геотермическому градиенту литосферной мантии (40 мВ/м^2 для трубки Удачная, Boyd et al., 1997). Почему бы это не указать в подрисуночных подписях и в защищаемом положении? И наоборот, при использовании единого геотермического градиента в мантии для трубки Удачная автор как бы признает, что соответствующие P-T условия уже хорошо известны. Такой подход ставит под сомнение целесообразность геотермобарометрических исследований, выполненных в рамках данной работы.

Нельзя не отметить еще одну неточность в этом разделе. Восстановление P-T условий по методу Ranva&Terry (2004) допустимо только при наличии в парагенезисе фенгита. По этой причине применение метода к образцу бесфенгитового гроспидита представляется некорректным.

В целом же второе защищаемое положение можно считать доказанным.

В заключительной главе диссертации проводится обзор теоретических и природных данных по преобразованию структур распада твердых растворов под влиянием кинетических и термодинамических факторов. Значительное внимание посвящено восстановлению реакций распада исходных твердых растворов, которые могли привести к наблюдаемым ориентированным вроскам. При этом в некоторых случаях (например, ламелли рутила в гранате) допускается протекание реакций с привнесением-выносом компонентов (Si, Al, Na).

Было весьма любопытно узнать, как отразится реинтеграция ламелл в состав минералов на оценки P-T параметров. Приведенные на P-T диаграммах поля для раннего этапа (рис.78 и 79) показали, что значения температуры и давления изменяются значительно, особенно для эклогитового парагенезиса. К сожалению, методы определения P-T параметров для ранней стадии были изложены весьма неопределенно (в отличие от предыдущей главы). Из раздела трудно понять, использовались ли для ранней стадии минералогические термометры и барометры, которые применялись ранее для более поздних стадий или нет. Каким образом

устанавливались границы Р-Т условий этапа 1 на рис. 78 и 79? Почему области Р-Т условий для перидотитов показаны на Р-Т диаграмме (рис. 78) прямоугольником для ранней стадии и овалами – для более поздних?

Представленная на рис.78 «метаморфическая Р-Т эволюция» пород перидотитового и пироксенитового парагенезисов, содержит Р-Т тренды, отражающие субизотермическую декомпрессию с последующим субизобарическим остыванием. При знакомстве с текстом выясняется, что в действительности эти линии являются гипотетическими, отражающими представления автора об эволюции пород (с.160). В таких случаях Р-Т тренды принято показывать пунктирными линиями и сопровождать знаками вопроса. Аналогичные замечания справедливы для рис.79, где рассматриваются Р-Т условия метаморфизма эклогитов.

В заключительной главе затрагиваются также вопросы генезиса пород. Обсуждая происхождение изученных перидотитов и пироксенитов, автор приходит к выводу, что эти породы были образованы «в результате магматической кристаллизации» (с.164). Однако позднее процесс трактуется менее определенно. С одной стороны говорится о «фракционной кристаллизации мантийных расплавов, просачивающихся через перидотиты», а с другой – о едином тренде перидотитов и пироксенитов, интерпретируемом как тренд «силикатного метасоматоза». А в заключительной фразе этого раздела генезис пород почему-то представляется совершенно иным (с.164): «..расплавы, из которых кристаллизовались вебстериты-пироксениты, служили метасоматизирующим агентом по отношению к материнским перидотитовым породам» ясности в рассматриваемый процесс не добавляет.

Сделанные замечания не снижают общую высокую оценку работы. Представленные результаты исследований ксенолитов перидотитов, пироксенитов и эклогитов из кимберлитов Якутии и Финляндии являются оригинальными. Они отличаются от опубликованных ранее своей новизной и обилием фактического материала. Полученные Т.А.Алифириной фундаментальные данные по продуктам распада твердых растворов породообразующих силикатов и термодинамическим условиям образования пород, несомненно, являются важным вкладом в познание глубинных процессов формирования и эволюции вещества в субкратонной мантии. Результаты диссертационного исследования докладывались на научных конференциях и были опубликованы в рецензируемых отечественных и международных научных журналах (из списка ВАК).

Диссертация и автореферат написаны ясным научным языком, прекрасно иллюстрированы и оформлены. Структура диссертации и порядок изложения материала логически оправданы, выводы соответствуют приводимым материалам. Защищаемые положения обоснованы и доказаны, работа соответствует выбранной специальности. Автореферат соответствует тексту диссертации.

Диссертационная работа полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Алифирова Таисия Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография.

Заведующий кафедрой петрологии
геологического факультета МГУ,
доктор геол.-мин. наук

Перчук Алексей Леонидович

31 августа 2015 г.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
геологический ф-т, 119234 Москва, Ленинские горы, д.1
тел. (495)939-13-05, alp@geol.msu.ru

