

Отзыв официального оппонента
на диссертационную работу Воробей Софьи Сергеевны,

«Метасоматические ассоциации минералов пород кратонной литосферной мантии на примере ксенолитов трубок Мир и Обнаженная, Якутия», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа посвящена комплексному изучению ксенолитов пород литосферной мантии из кимберлитов трубок Мир и Обнаженная с акцентом на метасоматические ассоциации минералов и процессы их образования. Несмотря на то что тема состава, строения, термального режима и эволюции литосферной мантии архейских кратонов посвящено много работ, тема до сих пор остается актуальной.

Современные аналитические методы позволяют провести более детальные исследования в диагностике субмикронных фаз и определении химического состава минералов, поэтому в последние два десятилетия резко возросло количество работ, посвященных изменениям химического и минерального состава пород литосферной мантии под общим термином мантийный метасоматоз. Тем не менее эта тема до сих пор вызывает большой интерес со стороны отечественных и зарубежных исследователей, что ведет к постоянному уточнению деталей и последовательности таких изменений, и данная работа не является исключением.

Следует отметить что в работе охвачен широкий спектр вопросов, связанных с мантийным метасоматозом. Проведен большой объем аналитических работ с применением широкого спектра аналитических методов. Помимо химического и микроэлементного состава породообразующих минералов детально изучены структуры распада, келифитовые каймы и редкие метасоматические минералы К-титанатов один из которых был диагностирован впервые и возможно является новым минералом. В связи с этим открытием были проведены экспериментальные работы по синтезу К-титанатов при P-T условиях литосферной мантии и показано их образование по реакции хромита с карбонатом К и рутилом/ильменитом в присутствии водно-углекислого флюида, что является несомненным достоинством работы. Также, приведена геохимическая характеристика пород и сделаны выводы о этапах и типах мантийного метасоматоза.

Диссертация состоит из введения, 9 глав и заключения общим объемом 199 страниц. В ней содержится 67 рисунков, 24 таблицы и 3 приложения. Список литературы включает 198 наименований.

Во введении определены цели и задачи работы, дана общая характеристика работы, показана научная новизна и практическая значимость и сформулированы защищаемые положения.

В первой главе дается краткое описание геологического строения Якутской кимберлитовой провинции и кимберлитовых трубок Мир и Обнаженная расположенных на юге и севере провинции соответственно.

Во второй главе проведен обзор научной литературы посвященной метасоматическим процессам в литосферной мантии архейских кратонов. По существу, сделано профессиональное обобщение проведенных ранее исследований. И это обобщение демонстрирует осведомленность диссертанта, ее компетентность. Раскрыто значение терминов, определяющих метасоматоз принятых в современной литературе и приведена характеристика разных типов метасоматоза. К каким изменениям минерального и химического состава мантийных пород приводят воздействия разных типов метасоматоза и метасоматических агентов.

В третьей главе излагаются методы исследования. Автор использовала в работе широкий набор микроаналитических методов для диагностики, определения химического состава и расшифровки структуры минералов. Кратко описана методика экспериментальных исследований. При описании метода ЛА-ИСП-МС для определения редкоземельного состава минералов следовало бы указать использованные стандарты.

4-я глава посвящена петрографической характеристике исследованных пород. Описание пород достаточно полное. Следует отметить что содержание главы не совсем соответствует своему названию, так как в главе также рассмотрен и химический состав минералов ксенолитов. Тем не менее, это позволило более точно классифицировать породы. Логично было бы после этого сразу привести расчеты Р-Т параметров последнего равновесия изученных пород, что можно было бы использовать в следующих главах, при рассмотрении условий происхождения структур распада, келифитизации и образования редких К-титанатов.

В 5-й главе приведено описание структур распада в породообразующих минералах ксенолитов. Минералы распадного генезиса детально изучены и описаны. Глава хорошо проиллюстрирована. Показаны значительные различия в количествах и минеральном составе структур распада между образцами из трубок Мир И Обнаженная.

Следующая глава посвящена изучению келифитовых кайм вокруг гранатов из разного типа ксенолитов. Проведено детальное исследование минералогического и химического состава, подробно рассмотрены химические реакции при образовании кайм. Полученные результаты в процессе позволяют существенно дополнить и расширить знания о

минеральном составе, строении и мощности келифитовых кайм и химических реакциях, при которых происходит их образование. Присутствуют некоторые разночтения при интерпретации образования келифитовых кайм. Утверждается что «келифитовые каймы формировались во время подъема кимберлитовой магмы» а далее в завершении главы рассматривается два этапа образования флогопита келифитовых кайм?, один древний глубинный, а второй связан с воздействием Якутского плюма, видимо имеется ввиду время внедрения кимберлитов?. Следует отметить что в работе (Pokhilenko L.N., 2021) расчеты с использованием состава минералов непосредственно келифитовых кайм показали, что их образование происходит в широком интервале температур и давлений.

Следующие главы, 7 и 8 соответственно посвящены изучению и экспериментальному синтезу редких K-Al-Ti-содержащих минералов. В хромите образца ксенолита из трубки Обнаженная были обнаружены K-титанаты, в частности имэнгит, матиасит и возможно новый минерал изоструктурный линдквиститу. Проведена тщательная диагностика этих минералов комплексом методов и расшифрована структура нового минерала. Так как, по литературным данным предполагается что K-титанаты являются метасоматическими минералами, образующимися при реакции хромита с мантийными флюидами, эти находки послужили основанием для постановки экспериментов по их синтезу в условиях литосферной мантии.

Проведена серия экспериментов с использованием смеси природного хромита, рутила либо ильменита, а также K_2CO_3 и щавелевой кислоты в качестве флюида в разных пропорциях. Эксперименты проведены при P-T параметрах в 5 ГПа и 1200°C. В экспериментах синтезированы прайдерит, имэнгит и матиасит. Детально описаны условия экспериментов и стартовые составы необходимые для получения того или иного из этих минералов либо их совместной кристаллизации. Подробно рассмотрены химические реакции образования K-титанатов и сопутствующих фаз. Таким образом доказано метасоматическое происхождение K-титанатов в литосферной мантии.

Заключительная 9-я глава посвящена генетическим вопросам происхождения ксенолитов. Здесь рассматривается редкоэлементный состав минералов ксенолитов и P-T параметры их последнего равновесия и на этой основе вкуче с всеми вышеприведенными данными рассматриваются генетические вопросы происхождения ксенолитов. Редкоэлементный состав минералов проинтерпретирован корректно. Наблюдаемое обогащение минералов несовместимыми элементами свидетельствует о преобразовании состава минералов под влиянием метасоматических агентов, по большей части силикатного состава и в меньшей степени карбонатитового. К сожалению, видимо в дань моде, использовались диаграммы классификации по Griffin et al, 1999, которые являются

устаревшими т.к в поле деплетированных гранатов на этих диаграммах попадают гранаты метасоматического происхождения (Агашев и др. 2018, Рагозин и др. 2021). Это хорошо видно на рисунке 9.6, где на графике TiO_2-Zr большая часть гранатов попадает в область деплетированных гранатов, т.е не подвергнутых метасоматозу, что противоречит фактам и сделанным выводам.

Проведена реконструкция P-T истории и рассчитаны оценки глубин формирования (наверное пере-уравновешивания?) пород на разных этапах подъема. Предложено пять стадий, на рисунке 9.15 они опять названы этапами, эволюции пород от их формирования в основании литосферной мантии до приповерхностных изменений в кимберлите. Вызывает сомнение перемещение ксенолитов для трубки Обнаженная от места образования К-титанатов с глубин около 150 км (P-T условия эксперимента) к стадии образования структур распада (70-90 км), т.к. мощность литосферы под трубкой Обнаженная по данным термобарометрии ксенолитов составляет всего чуть более 100 км и трубка неалмазоносна. То есть внедрение кимберлита тр. Обнаженная произошло с глубин выше области стабильности алмаза. Формирование келифитовых кайм по предложенной модели происходит в кимберлитовом расплаве уже в условиях континентальной коры, что выглядит некоторым упрощением после столь детального исследования келифитовых кайм.

В заключение приведены кратко изложены наиболее важные результаты работы. В целом все логично и подкреплено фактическим материалом.


Не смог не обратить внимание на плохо сформулированное предложение, буквально «Явными признаками карбонатитового метасоматоза в трубке Мир является наличие карбонатных минералов в интерстициях (апатит, монтичеллит, амфибол (паргасит), флогопит)» (стр.117). Понятно, что автор имела ввиду либо «минералов характерных для карбонатитов» либо карбонатные минералы + (апатит, монтичеллит, амфибол (паргасит), флогопит). Это конечно не имеет решающего значения, но по тексту диссертации периодически попадаются плохо сформулированные предложения, смысл которых трудно понять с первого раза.

Несмотря на сделанные замечания и некоторую нелогичность структуры диссертации что не удивительно при таком широком охвате вопросов мантийного метасоматоза, работа в целом производит положительное впечатление. Сделан большой объем аналитических работ, освоен широкий спектр аналитических методов, интерпретация данных по большей части корректна. Защищаемые положения хорошо аргументированы. По теме диссертации опубликовано 7 статей в российских и зарубежных рецензируемых журналах,

рекомендованных ВАК. Диссертационная работа показывает компетентность автора в данной теме, хорошее владение материалом, способность к самостоятельной работе.

Таким образом, диссертационная работа Воробей Софьи Сергеевны выполнена на высоком научном уровне и соответствует паспорту специальности по специальности 1.6.4 и требованиям ВАК. Следовательно, автор работы заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – минералогия, кристаллография. геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Официальный оппонент:

Агашев Алексей Михайлович 
кандидат геолого- минералогических наук
Снс лаборатории литосферной мантии и алмазных месторождений (№451)
Институт Геологии и Минералогии им. В.С. Соболева СО РАН
Почтовый адрес: 630090, г. Новосибирск,
проспект Академика Коптюга, 3
Адрес электронной почты: agashev@igm.nsc.ru
Телефон: +7(913) 926-86-11

Я, *Агашев Алексей Михайлович*, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«11» Сентября 2023г.

 /Агашев А.М.



ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ

Турко К.В.

 2023