

Отзыв

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

Диссертация посвящена одной из главных современных проблем геохимии мантии – мантийному метасоматозу. Содержание работы можно условно разделить на две части. Исследования природного материала и проведения эксперимента в условиях высокого давления и температур для доказательства возможности образования в мантийных условиях высоко щелочных титановых фаз.

В первой части работе на обширном коллекционном материале уникальных мантийных ксенолитов из кимберлитовых трубок Мир и Обнаженная (Якутия) исследуются следы и возможные геохимические признаки мантийного метасоматоза (геологическому описанию материалов посвящены Главы 1 и 4).

В приложении к диссертации представлен обширный аналитический материал (более 3400 анализов) полученный автором по макро составу минералов и распределению в них микроэлементов.

Автором самостоятельно выполнены, аналитические исследования на современном оборудовании локального микроанализа (КР-спектроскопии, LA ICP-MS, оптической, сканирующей электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа с электронным зондом). Описание методик приведено в главе 3.

Основное внимание автор обращает внимание на келифитовые каймы – продукты реакционных взаимодействий граната с реакционной окружающей средой (Глава 6). Следует подчеркнуть, что автор в диссертации провел детальный обзор имеющейся литературы по генезису келифитовых кайм в мантийных ксенолитах. В литературном обзоре рассмотрены редкие источники 70х годов, 1941 и 1912 как из французских, так и из немецких публикаций. Основательность Софьи Сергеевны позволяет говорить о хорошем знании предмета исследования. Огромный объем информации, которая посвящена этим проблемам, не позволил диссертанту привести в обзоре все работы, но хотелось бы, чтобы она в дальнейшем учитывала несколько важных работ, не упомянутых в обзоре. ([Foley et al. 2006] келифитовые каймы и стекла с содержанием до 6% K₂O в ксенолитах оазиса Джетти Антарктида; [Simon et al. 2003] редкоземельные элементы в келифитовых каймах с клинопироксеном; [Larén et al. 2009] ксенолиты Норвегии, 3 млрд. эволюции литосферы Балтики, стадийность в формировании келифитовых кайм, в условиях рифтинга).

Важным явлением, которое описал диссертант в данной работе, являются следы распада твердых растворов в гранате и пироксене (Глава 5). К сожалению, помимо самого факта распада автор не остановился на его механизме, составе ламелей, P-T условиях распада. В ряде случаев диссертант путает включения минералов с структурами распада. Например, апатит никак не может быть частью распада твердых растворов пироксена (Рис.3 Г).

Сопоставление материала из двух трубок выполнено, только качественно и генетических выводов из сопоставления не сделано. Правда на стр. 13 Главы 6 приводятся выводы из работы [Spengler et al., 2019], но к каким структурам распада из наблюдаемых диссертантам это относится совершенно не понятно (и почему об этом сказано не в 5-й главе ?). Такие структуры распада прежде всего является доказательством быстрого подъема вещества (пироксена, граната) из зоны экстремальной растворимости

компонентов - Ti, Al, Cr в структуре минералов в область, где в условиях низких температур и давлений происходит твердо фазовый распад.

Описанные автором, келифитовые каймы могут быть как классическими – многослойными, так и тонким однослойными. Из недостатков работы можно упомянуть, что анализ генезиса этих объектов в главе 6 не сопровождается сопоставлением химического состава слоев и генетическими выводами, расчетом баланса вещества в реакциях.

Из минералогического парагенезиса флогопит-амфибол-хлорит делается вывод, что в их формировании активное участие принимал мантийный флюид обогащенный Ti и K. Под воздействием, которого (MMS) в келифитовых каймах сформировались редкие K-титанаты - имэнгита, матиасита, магнетоплюмбита, которые образуют сростания с минералами как первичной (рутил-флогопит-доломитовой), так и вторичной (серпентин-кальцитовой) ассоциаций.

Был проведен рентгеноспектральный анализ редкой минеральной фазы, изоструктурной линдквиститу и расшифрована ее кристаллическая структура. Оценка параметров формирования этих титанатов была выполнена в дальнейшем автором в результате высокотемпературных экспериментов на установке высокого давления (Глава 8).

Таким образом, из петрографических наблюдений твердых растворов, в работе доказано три факта: 1. Наличие в мантийном источнике избыточных компонентов условно относящихся к MMS - титана, алюминия, щелочей 2. Аномально высокие условия по давлению и температуре в источнике 3. Неравновесный быстрый подъем мантийного вещества.

В Главе 9 проводится анализ распределения редкоземельных и редких элементов в пироксенах и гранатах и на основании редкоземельной диаграммы [Coltorti et al., 1999] определяется степень воздействия и тип MMS в исследованных образцах. Следует отметить, что автор не использует другие дискриминационные диаграммы этого типа, например [Norman 1989], ограничившись диаграммой с элементом переменной валентности – Eu.

Эти факты установленные диссертантом позволяют выдвинуть первое защищаемое положение. Здесь мы его приводим в небольшой собственной редакции:

«Геохимические признаки метасоматических процессов надежно устанавливаются в мантийных породах кимберлитовых трубок Мир и Обнаженная на основании распределения P3Э в гранатах и клинопироксенах ..». Здесь надо добавить, что выводы сделаны и на основании изучения минералогического парагенезиса ксенолитов, обнаружении редких калий-титановых минералов. *«..На основании редкоэлементного состава клинопироксена (TiO₂-Zr и Y-Zr) можно выделить два типа мантийного метасоматоза, происходившего до кимберлитового магматизма – карбонатитовый и силикатный в трубке Мир, и силикатный метасоматоз в трубке Обнаженная.»* В формулировке защищаемого положения у автора, еще добавляется – *«низкотемпературный флогопитовый метасоматоз..».*

Но что это такое в автореферате и диссертации не раскрывается. Не понятно из чего следует что расплавный метасоматоз высокотемпературный, а флогопитовый напротив низкотемпературный. Высоко щелочные расплавы также имеют низкие температуры плавления. Термин флогопитовый метасоматоз по-видимому введен в тезисах доклада на конференции IAVCEI [Shee et al., 1993], и понятно что в одностраничном тексте особых обоснований не представлено.

По сути это видимо процесс, в котором образуется парагенезис с флогопитом. Таким процессом может быть и реакция образования келифитовых кайм (с вполне подвижным калием и титаном) и процессы взаимодействия с щелочными насыщенными

флюидами расплавами. То есть это тот же силикатный метасоматоз. Поэтому термин «*флогопитовый метасоматоз*...» явно избыточный. Кроме того на Рис.11 Zr-Ti [Griffin & Ryan 1995] основное внимание обращено на тренд изменение концентраций в зернах граната от центра к краю, а в автореферате из Рис.12(б) не понятно как эти тренды отражаются на рисунке. В общем, эти вопросы остаются не понятными из представленного материала.

Однако в целом нет сомнения в обоснованности первого защищаемого положения. Оно доказывается как минералогическими, так и геохимическими данными и подтверждается расчетами по геотермии граната (Глава 9).

Формулировка второго защищаемого положения раскрывает первое защищаемое положение, уточняя, что метасоматоз происходил при вполне подвижном поведении титана и калия. При этом автор уходит от ответа на вопроса, а на каком этапе карбонатном или силикатном происходило формирования редких минералов титана? В формулировке – «*..проявлении процесса мантийного метасоматоза, протекающего под влиянием флюида/расплава, обогащенного Ti и K.*» не понятно к какому этапу относится данный парагенезис. Судя по ассоциации с шпинелью вероятно это силикатно-расплавный метасоматоз. Но опять в целом положение не вызывает сомнения и является полностью доказанным как минералогическими данными, так и данными моделирования в экспериментальных условиях.

Результаты экспериментов, которые провел автор, изложены в 8 главе. Эксперимент проведен по равновесию глиноземистая хромовая шпинель – калиевый водно-углекислый флюид. Не понятно, откуда в продуктах опыта при этом появляется кварц (стр. 89 диссертация)? По-видимому, это ошибка, поскольку в продуктах опытов силикатные фазы отсутствуют. Окислительные условия опыта видимо регулируются соотношением железа 2-3 в буферной шпинели и CO-CO₂ во флюиде. Возможно, также участие в буфере разновалентного хрома. Однако этот вопрос в работе не рассматривается. Интересно, что в недавних экспериментах [Kargin et al. 2021] по плавлению Grnt-Spl ксенолитов в присутствии щелочных альвизитовых расплавов высокотитановые фазы находятся в реакционных взаимоотношениях с высокохромистыми фазами. По видимому, роль углекислого флюида в эксперименте из данной работы играет существенную роль для стабильности щелочных титанатов в присутствии хромита. Странно, что автор не обсуждает данную работу. Тем не менее, это еще раз подтверждает, научную ценность и новизну эксперимента проведенного автором в котором удалось получить искомые щелочные титанаты. И следует поддержать третье защищаемое положение автора как полностью обоснованное.

Подводя итоги, несмотря на некоторые недостатки работы, вызванные, прежде всего огромным материалом, который был получен обширными исследованиями по данной теме как в отечественной, так и в западной литературе, автору удалось выполнить полностью оригинальное законченное исследование, получить важные теоретические и практические результаты.

Автор лично освоил огромное число сложных аналитических, минералогических и петрографических методов. Получил большой объем интересного материала по геохимии и минералогии. Частично этот материал обработан в данной работе, но несомненно он требует еще дополнительного анализа и на его основе можно будет сделать новые интересные заключения. Исследование очень перспективное и важное.

Несмотря на недостатки в литературной обработке материала (некоторая сумбурность и непоследовательность изложения) все защищаемые положения работы подтверждены представленным материалом и надежно обоснованы.

Воробей Софья Сергеевна заслуживает ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – «минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых»

Асавин Алексей Михайлович

к.г.-м.н.

Научный сотрудник

Лаборатории геохимии и рудоносности щелочного магматизма

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского

119991 Москва, Ул. Косыгина 19

www.geokhi.ru

aaalex06@inbox.ru

89163279948

Я, Асавин Алексей Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку
8.09.2023

Подпись: Асавина Алексей Михайловича
удостоверен: [Signature]
Институт геохимии им. В.И. Вернадского ГЕОХИ РАН