

Отзыв

официального оппонента на диссертацию в виде научного доклада Виктора Викторович Шарыгина «Минералообразование в пирометаморфических, щелочно-магматических и метеоритных ассоциациях», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 - Минералогия, кристаллография.

Диссертация посвящена изучению процессов высокотемпературного минералообразования (>900 С) в ряде экзотических минеральных систем, таких как пирометаморфические породы, магматические ультраосновные силикатно-карбонатные системы и метеориты. Автором показано, что обогащение редкими элементами и появление минерального разнообразия происходит во многом благодаря процессам высокотемпературной несмесимости расплавов.

Основу диссертации составляют 202 научных публикации, среди которых 96 статей опубликованы в рецензируемых журналах, а 40 статей были изданы в журналах верхних квартилей (Q1-Q2).

Диссертация состоит из трех глав, каждая из которых посвящена изучению отдельных минеральных ассоциаций (пирометаморфизм, ультраосновные щелочные карбонатно-силикатные системы и метеоритное вещество).

В первой главе рассматриваются экспериментальные данные по зависимости от температуры растворимости различных компонентов в минералах перовскитоподобных структур и структуры корунд-гематит. Этот анализ проведен с целью выявления потенциальных геотермометров для пирометаморфических пород. Влиянием давления в данном случае можно пренебречь, так как подавляющее большинство пирометаморфических пород сформировалось при давлении, близком к атмосферному. Автор предполагает, что наличие в породах браунмиллерита, сребродольскита (развивающегося по браунмиллериту при понижении температуры), шуламитита, шарыгинита и/или наталиякуликита может служить индикатором пирометаморфизма низкокремнистых высококальциевых пород. Для метакарбонатных пирометаморфических пород характерны один или два минерала индикатора из приведенного списка, реже 3, а в исключительных случаях 4 минерала.

В этой главе детально рассмотрена минералогия пирометаморфических пород Хатрурим Бэзин (Израиль). На основе составов минералов автор делает оценку температуры формирования ассоциаций Fe-перовскит + наталиякуликит и Fe-перовскит + шарыгинит в диапазоне 1170-1200 С. Он также отмечает обилие других примесей (Al, Cr) в минералах

данной ассоциации. В этой связи у рецензента возникает ряд вопросов и существенное замечание:

На рис. 1.4.-3 приведена диаграмма фазовых переходов в системе $\text{CaTiO}_3 - \text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, построенная по экспериментальным данным Vesce et al., 1999, 2000, 2002. Эти эксперименты проводились при атмосферном давлении в равновесных условиях (медленный отжиг) и при фугитивности кислорода на уровне кислородного буфера IW+1.

1. Соответствуют ли условия природного минералообразования указанным параметрам? Можно допустить, что давление было близко к атмосферному, но оценка фугитивности кислорода в работе не приведена.
2. Предложенная диаграмма подразумевает формирование парагенезиса за счет разложения более высокотемпературного перовскита, однако, из фотографий 1.4.-1 не видно реликтов такой реакции.
3. Формирование минеральных ассоциаций из газовых струй может существенно отклоняться от равновесных условий, которые создавались при эксперименте. В качестве примера можно привести кристаллизацию богатого примесями (в том числе и Fe) кристобалита из газовой фазы при температуре заведомо ниже 900 С [Иванова и др., НДМ, 2018].

Для системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ справедливы те же замечания, что и для системы $\text{CaTiO}_3 - \text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$. Не могла ли фаза FeAlO_3 кристаллизоваться из газовой фазы? Тогда ее существование может быть объяснено кинетикой кристаллизации, а не кинетикой остывания системы.

Вторая глава посвящена изучению силикатно-карбонатной несмесимости в вулканических породах Олдоиньо-Ленгаи и других вулканов Восточно-Африканского рифта, а также вулкана Пьян-ди-Челле (Италия). Проявления силикатно-карбонатной несмесимости детально изучалась диссертантом в течение многих лет. Для комбеит-волластонитовых нефелинитов термометрические эксперименты с карбонатно-силикатными расплавленными включениями в нефелине показали, что при 900 С происходит гомогенизация карбонатной глобулы внутри силикатного включения. При этом, фазовая граница между карбонатным и силикатным расплавом сохраняется. Появление при нагреве внутри включения капель солевых расплавов отмечено в диапазоне 670-840 С. При термометрических экспериментах с силикатными расплавленными включениями в волластоните удалось добиться гомогенизации при 1085–1130°С, а карбонатно-солевые включения во фторapatите имеют температуру гомогенизации в интервале 900–1130°С.

В нефелине оливин-флогопитовых ийолитов были обнаружены карбонат-силикатные включения, сходные с включениями в нефелине нефелинитов. Гомогенизация карбонатной глобулы происходила также в районе 900°C. В апатите этих пород отсутствуют силикатные включения, но фиксируются карбонатно-солевые. В титаномагнетите и клинопироксене, помимо силикатных и карбонатных расплавов отмечаются сульфидные глобулы. Они автором отнесены к вторичным (для клинопироксена). В оливине диссертант описывает только вторичные расплавные и флюидные включения.

В расплавных включениях в нефелине фонолитов Олдоиньо-Ленгаи, а также в нефелине вулканов Садиман и Мосоник признаков силикатно-карбонатной несмесимости не обнаружено. В туфах Лаэтоли карбонатно-силикатные расплавные включения характерны для титаномагнетита и титанистого андрадита.

Замечания ко второй главе:

При изучении карбонатно-силикатной несмесимости при термометрических экспериментах с расплавными включениями в минералах нельзя пренебрегать существенным влиянием давления и возможной реакцией расплава с минералом-хозяином. В этой связи у рецензента возникают вопросы:

1. Было ли исследовано возможное взаимодействие карбонатно-силикатных расплавных включений с нефелином-хозяином? К примеру, перераспределение щелочей в нефелин и их возможная миграция из включения на магматической стадии может объяснить большие вариации состава карбонатных глобул при более-менее близком составе силикатного стекла (буферирование), а также невозможность гомогенизовать силикатный и карбонатный расплав.
2. Почему в силикатном стекле карбонатно-силикатных включений в нефелине не отмечается самостоятельная флюидная фаза? Не является ли это свидетельством взаимодействия различных составляющих включения после его консервации?
3. Изучался ли нефелин как качественный контейнер для расплавных включений? К примеру, термическое расширение нефелина в термометрических экспериментах, проводимых при внешнем атмосферном давлении может существенно снижать давление внутри включения при нагреве и смещать равновесие между силикатной и карбонатной фазой. Нет ли следов деформации нефелина на границе включения и минерала-хозяина? Измерялись ли композиционные профили в нефелине на границе с включениями?
4. Почему в оливине изученных пород зафиксированы только вторичные включения?

5. Размер карбонатных глобулей на рис. 2.2.-2 не превышает 2-3 мкм. Возможно, в таблице 7 анализы отражают влияние матрицы анализа на измеряемый состав.
6. Замечены следующие опечатки:

Стр. 22, конец второго абзаца – стеловатых. Наверное, стекловатых?

Стр. 24 - переход флюорита во флюоритовый расплав. Наверное, во фторидный расплав?

Стр. 44 трубке карбонатитовых лампрофирах. Наверное, лампрофиров

Третья глава посвящена изучению несмесимости в метеоритном веществе. Выявлен ряд высоконатровых Fe-Mg-Mn-Ca-фосфатов, выделения которых приурочены к троилитовым нодулям железных метеоритов. Диссертант детально изучал вещество метеоритов Эльга, Дарьинское и Уакит. Автор доказывает, что минеральное разнообразие в этих метеоритах связано с последовательным возникновением несмесимости, вначале между металлическим и сульфидным расплавом, а затем, между сульфидным и силикатным. К сульфидным выделениям приурочено большинство редких минералов, включая редкие сульфиды, фосфиды и нитриды. Иногда они приурочены к силикатным выделениям, но иногда образуют выделения без видимой связи с силикатами.

Вопросы по третьей главе:

1. Не до конца понятно обоснование последовательности проявления несмесимости. По логике автора силикатная составляющая сначала распределялась в сульфидную фазу, а затем обособлялась в виде самостоятельных выделений. Почему разделение жидкостей на металлическую, сульфидную и силикатную не могло происходить одновременно?
2. На рис. 3.3.-2 показано субмикронное выделение меди. Не могли ли такие мелкие частички сорбироваться на поверхности препарата во время препаратоподготовки или напыления образца? В моей практике такие случаи встречались.
3. Из описания силикат-натрофосфатной несмесимости в метеорите Эльга осталось неясным, сформировалась ли она при первичной кристаллизации метеорита или за счет более поздних импактных процессов. Был ли необходим этот этап несмесимости для формирования натрофосфатной минерализации? В метеорите Cape York натрофосфаты приурочены к сульфидным, а не силикатным выделениям.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация соответствует критериям и отвечает требованиям,

установленным ВАК РФ к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.05 – «Минералогия, кристаллография» (по геолого-минералогическим наукам), а также полностью соответствует критериям для докторских диссертаций. Таким образом, соискатель Виктор Викторович Шарыгин заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – «Минералогия, кристаллография».

Павел Юрьевич Плечов

Доктор геолого-минералогических наук, профессор РАН, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана Российской академии наук».

Адрес: 119071, г. Москва, Ленинский пр., д. 18, кор. 2

<http://www.fmm.ru/>

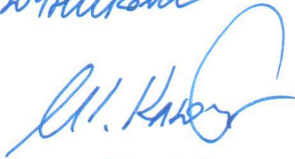
тел. (495) 952-00-67; факс (495) 952-48-50

E-mail: mineral@fmm.ru

Я, Плечов Павел Юрьевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

5 сентября 2022 г.

Подпись П.Ю. Плечова
устанавливаю,
Службный специалист
сектора АУП
М.К. Ключникова


05 IX 22

