

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Ю.В.Баталевой «Экспериментальное моделирование метасоматических минералообразующих процессов в углеродсодержащей литосферной мантии», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 - минералогия, кристаллография.

Диссертационная работа Ю.В.Баталевой посвящена одной из фундаментальных проблем минералогии, петрологии и геохимии – роли метасоматических процессов в формировании минерального состава мантийных пород. Основными целями исследования, поставленными автором в данной работе, являлись: 1) Экспериментальное моделирование процессов минералообразования в углеродсодержащей литосферной мантии в результате окислительно-восстановительного взаимодействия различных метасоматических агентов (флюидов и расплавов) при параметрах, соответствующих образованию алмазов. 2) Выявление на основе полученных экспериментальных данных минералогических и кристаллографических особенностей образующихся фаз, оценка условий нуклеации/роста алмаза и графита. 3) Сопоставление результатов экспериментального моделирования с имеющимися данными по минералогии мантии, полученными при изучении мантийных ксенолитов и включений в алмазах, а также с современными представлениями о метасоматических преобразованиях в мантии, вызванных мантийно-коровым взаимодействием в зонах субдукции.

В настоящее время проблема мантийного метасоматоза находится в центре внимания исследователей глубинных процессов, ей посвящено множество как петролого-минералогических, так и экспериментальных работ. Многие вопросы остаются предметом обсуждения. В этом отношении диссертационная работа, которая содержит большой массив новых оригинальных экспериментальных данных, является, безусловно, актуальной.

Работа состоит из восьми глав (кроме введения и краткого заключения). В первой главе дан обзор предшествующих исследований по мантийному метасоматозу. Огромный фактический материал, накопленный к настоящему времени, включая данные экспериментальных исследований в этой области изложен полно, в сжатой форме, что свидетельствует о широкой эрудиции автора, понимании главных узловых нерешенных вопросов по данной проблеме. Во второй главе подробно описаны применяемая аппаратура высоких давлений, используемые впервые оригинальные методические подходы для проведения экспериментов с участием окислительных и восстановительных агентов метасоматических реакций, а также аналитические методы исследования полученных экспериментальных образцов. Необходимо отметить, что в работе использован практически весь арсенал современных инструментальных методов для

определения состава, структуры и морфологии синтезированных в опытах фаз, включая оптику, методы сканирующей и энергодисперсионной спектроскопии, рентгенографии, Мессбауэровской, КР и ИК спектроскопии.

Результаты экспериментальных исследований изложены в главах 3-6. Как одно из достоинств работы следует отметить хорошую организацию рукописи: четкое изложение задачи постановки каждой серии экспериментов, описания полученного фактического материала, реконструкция механизмов минералообразования. Особое внимание в каждом разделе уделено процессам образования фаз элементарного углерода алмаза и графита.

В последних двух главах проведено обобщение полученных результатов. В 7-ой главе рассмотрена одна из наиболее актуальных проблем – условия формирования магнезиовюстита в ассоциации с графитом и алмазом в процессах мантийного метасоматоза. В 8-ой главе – дано приложение результатов исследования к природным процессам, предложены новые модели мантийного метасоматоза под влиянием поступающих флюидов и расплавных фаз из погружающейся плиты в зонах субдукции.

В качестве основных достоинств диссертационной работы можно выделить следующие.

1. В работе представлен очень большой объем новых экспериментальных данных, полученных с применением оригинальной методики. Проведение экспериментов, в которых в реакционную капсулу помещались исходные компоненты, контрастно различающиеся по своему окислительно-восстановительному состоянию и таким образом создавался редокс фронт, дали возможность расшифровать основные механизмы метасоматического минералообразования с участием летучих компонентов в исследуемых системах. Следует подчеркнуть, что доказанная в работе возможность захвата растущими кристаллами алмаза, граната, пироксена и др. в ходе опыта сопутствующих минеральных, расплавных и флюидных фаз позволила выделить последовательные стадии процессов минералообразования и предложить убедительную их физико-химическую реконструкцию. Сравнение результатов экспериментального моделирования с природными данными дает снование утверждать, что процессы мантийного метасоматоза, сопряженные с алмазообразованием, очевидно, протекали в редокс-фронтных условиях.

2. В работе представлены данные по определению изотопного состава углерода исходных компонентов и углеродсодержащих фаз в продуктах экспериментов, которые позволили установить источники углерода в синтезируемых алмазах и графитах в исследуемых системах. Показано, что взаимодействие карбонат – железо сопровождается значительным изотопным фракционированием углерода ($\delta^{13}\text{C} \sim 6.5 \text{ ‰}$) между карбидом и обогащенным тяжелым изотопом углерода карбонатным расплавом. Таким образом,

алмазы, образующиеся в процессе опыта из металлического Fe-C расплава и карбонатного расплава, для которых единым источником углерода являлся карбонат, значительно отличались по соотношению изотопов углерода. Это позволяет объяснить одну из причин изотопной гетерогенности природных алмазов.

3. В работе на основании проведенных комплексных исследований выявлены условия формирования Fe^{3+} -содержащего магнезиовюститита в ассоциации с алмазом и графитом в литосферной мантии. Подтверждены данные, что магнезиовюститит может образовываться в породах литосферной мантии при субдукции окисленных коровых карбонат-содержащих пород плиты в восстановленную металлосодержащую мантию.

4. По результатам моделирования карбонат – оксидного взаимодействия с участием ильменита выявлены T-fO₂ условия, определяющие генерацию и состав Fe^{3+} и Fe^{2+} -содержащих карбонатно-силикатных расплавов. Показано, что такие расплавы, обогащенные Fe^{3+} , могли играть большую роль в качестве окислительных агентов мантийного метасоматоза, проникая в восстановленные области литосферной мантии, благодаря своей высокой мобильности.

5. В целом ряде систем изучены редокс реакции взаимодействия серы в различных ее формах (элементарная сера, пирит, сульфат) с силикатами, железом, карбидом железа и карбонатами, которые раскрывают особенности метасоматического минералообразования в мантии с участием такого важного летучего компонента как сера. Показано, что присутствие серы в системе карбид-карбонат существенно понижает температуру начала плавления (более, чем на 300°C) с образованием расплавов Fe-S-C и Fe-S-O. Определено влияние серы на процессы нуклеации и роста алмаза в разных средах.

6. На основании результатов изучения редокс реакций в серосодержащих системах в работе предложены модели преобразования ультрабазитов надсубдукционной мантии при их взаимодействии с обогащенными серой метасоматическими расплавами/флюидами. Рассмотрены возможные следствия поступления из погружающейся плиты серы в различных ее редокс состояниях и формах. В виде восстановленных серосодержащих расплавов/флюидов, вызывающих в мантии сульфидизацию Fe, Ni-силикатов и образование сульфидов и сульфидных расплавов; в виде окисленных SO₃-флюидов, образующихся при десульфатизации ангидрита при погружении плиты, а также в виде компонента карбонатно-силикатных флюидов/расплавов. Сделанные обобщения существенно расширяют наши представления о роли серы в мантийном метасоматозе.

Перечисленные выше достижения составляют основу защищаемых положений, которые, по мнению оппонента, вполне доказаны материалами диссертационной работы.

Принципиальных возражений и замечаний к представленной работе у оппонента нет. По тексту диссертации можно сделать ряд замечаний, которые связаны с интерпретацией некоторых полученных экспериментальных данных, а также редакционного характера.

1. При объяснении результатов опытов по редокс взаимодействию в системах карбид (когенит)-сера – оксид (глава 5) предлагаются реакции с участием кислорода (реакции 5.5 – 5.6, 5.8). Не совсем ясен источник кислорода. Только в последующем при описании опытов в системе когенит - оксид предполагается, что аналогичные реакции окисления когенита с участием кислорода (реакции 5.13 и 5.15) протекают при взаимодействии с «микропорциями воздуха», адсорбированными на исходных материалах, помещаемых в капсулу (дана ссылка на работу, где это рассмотрено более детально). Желательно было бы оценить необходимые количества кислорода для протекания этих реакций, достаточно ли адсорбированного воздуха для полного окисления когенита.

2. В разделе 4.2. предполагается, что летучесть кислорода в опытах по взаимодействию карбонат – оксид с участием ильменита находится на уровне буфера ильменит-рутил - магнетит (IRM). Однако, как показывают анализы буферных минеральных фаз после опыта, они представляют собой твердые растворы, изоморфно содержащие довольно заметные концентрации магния, хрома и др., поэтому летучесть кислорода должна отличаться от буферного значения. Очевидно, имея это в виду, автор говорит только о летучести «на уровне IRM». Но разница может быть значительной. Поэтому, возможно, не только диффузия водорода в систему из окружающего ансамбля может быть причиной понижения fO_2 в системе, как это предполагается автором.

3. При обсуждении температурных условий стабильности когенита не всегда ясно соответствует ли верхний предел его устойчивости при данных T-P- fO_2 параметрах равновесным условиям, или определяется кинетикой протекания реакции, которая зависит от температуры.

4. Замечания редакционного характера:

Стр. 122. (последний абзац). Очевидно в тексте описка. Имеется в виду процессы в «необогатенной карбонатом» серии экспериментов, в которой образующейся при декарбонатизации флюид не формирует отдельную самостоятельную фазу (в отличие от «обогатенной карбонатом» серии).

В тексте (стр. 177) и на рис. 5.5г указано, что в системе карбид – сера при 1500°C образуется Орх, Ol и Grt (опыт SU-1607). В табл. 5.1 Орх в этом опыте отсутствует.

Стр. 183. В тексте: «... в присутствии серосодержащих флюидов и сульфидных расплавов когенит неустойчив при температурах выше 1100°C...». Однако, в табл. 5.6 указано, что когенит присутствует в опыте при 1200°C.

Стр. 236. В тексте - «...высокие концентрации серы (5 и 10 мол.%) приводят к полной перекристаллизации ОI и формированию Орх...». Но в табл. 6.4 и 6.9 Орх отсутствует. Возможно, имеется в виду Орх, растворенный в силикатном оксидном расплаве. Необходимо было бы пояснить.

Стр. 297. Ссылка на рис.1.8, очевидно, перепутана. Возможно, имелся в виду рис.4.8 (?). Но его в тексте нет. (Рисунок с номером 4.7 также отсутствует, за рис. 4.6 в тексте сразу следует рис. 4.9).

В тексте встречаются повторы, которые в некоторых случаях не обязательны для изложения материала и их можно было бы избежать.

Сделанные замечания не затрагивают существа данной работы и общую ее высокую оценку.

Результаты исследования, несомненно, имеют большую практическую значимость. Они открывают новые возможности в использовании различных по химическому составу сред и T-P-fO₂ параметров для синтеза алмазов и, возможно, других полезных материалов.

Надо отдать должное автору за прекрасное оформление рукописи. Текст диссертации написан четко и информативно, очень хорошо иллюстрирован. Опубликованные работы в рецензируемых высокорейтинговых международных и отечественных журналах, а также автореферат полностью отражают содержание диссертации, которая отвечает требованиям ВАК РФ к докторским диссертациям, а ее автор Юлия Владиславна Баталева, безусловно, заслуживает присуждения степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия и кристаллография.

Луканин Олег Александрович

Доктор геолого-минералогических наук

Специальность : Геохимия и геохимические методы поисков полезных ископаемых

Главный научный сотрудник, заведующий лабораторией геохимии мантии Земли 25.00.09

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

119991, Москва, ул. Косыгина 19.

Тел. 4991373055, email: lukanin@geokhi.ru

Я, Луканин Олег Александрович, автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



О.А.Луканин