

ОТЗЫВ

Официального оппонента доктора геолого-минералогических наук Васильева Евгения Алексеевича на диссертацию Карповича Захара Алексеевича на тему:

«Наращение кристаллов алмаза на лонсдейлит содержащие фрагменты импактных алмазов Попигайской астроблемы в статических условиях высоких давлений и температур (экспериментальные данные)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – Минералогия, кристаллография

Для минералогии и кристаллографии одним из самых интересных объектов изучения является алмаз. В случае импактного генезиса, алмаз часто содержит лонсдейлит. В ходе исследований структуры лонсдейлита установлено, что его можно рассматривать как предельный двойник алмаза – каждый тетраэдрический слой повернут на 60° к предыдущему. Только в одной работе (Шумилова и др. 2011) лонсдейлит описан как самостоятельная наноразмерная фаза. Исследование алмаза с лонсдейлитом просвечивающей электронной микроскопией (Nemeth et al, 2014) выявило в нем только очень высокую плотность двойникования и дефектов упаковки кубического алмаза. Исходя из противоречивости выводов солидных публикаций, вполне правомерен центральный вопрос в обосновании актуальности работы: «Что такое лонсдейлит – самостоятельная фаза или дефектный алмаз?». Диссертантом реализован ростовой подход к поиску ответа на этот вопрос: изучена кристаллизация углерода на лонсдейлитсодержащем алмазе импактного генезиса в НРНТ экспериментах. Цель работы – изучение взаимоотношения природного импактного алмаза и выросшего на нем синтетического. Действительно, если лонсдейлит – самостоятельная фаза, то его принципиально возможно вырастить в лабораторных условиях. Если же лонсдейлит – это дефектный алмаз, то в квазистационарных условиях НРНТ эксперимента его получить невозможно. В связи с реализацией оригинального подхода к решению важной задачи, диссертация безусловно имеет научную новизну и актуальность.

Материалы работы изложены в пяти главах, основные результаты сформулированы в трех защищаемых положениях. Текст диссертации предваряется скудным разделом «Условные обозначения...», большинство каковых далее почему-то нигде не используются, а большинство приведенных в тексте аббревиатур – в разделе не упомянуты. В разделе присутствует утвердительная запись «лонсдейлит – гексагональная фаза углерода (ГФУ)», однако в выводах автор склоняется к точке зрения, что лонсдейлит – это дефектный алмаз.

В первой главе «Литературный обзор» проанализированы данные по условиям образования и приведены основные характеристики алмаза, лонсдейлита, приведены диаграммы состояния и фазовые диаграммы основных ростовых систем НРНТ. Материалы главы достаточно кратко, но убедительно показывают необходимость проведенной работы, уверенное знание диссертантом современного состояния исследований в выбранном направлении, адекватность использованных подходов.

Во второй главе «Аппаратура, методика исследования» описана аппаратура и технология синтеза алмаза, методы исследования. Большая часть раздела (20 из 32 стр.)

содержит описание образцов, послуживших затравками. Не приведено описание аппаратуры, на которой регистрировались спектры поглощения в УФ диапазоне. К сожалению, в разделе отсутствует описание процедуры определения доли лонсдейлита (по данным комбинационного рассеяния), которая в одном из образцов превысила 50 %. Без описания этой процедуры у читателя вообще нет возможности удостовериться в существовании «лонсдейлита». Методику надо было описать детально, так как она тесно связана с основным вопросом раздела «актуальность»: что такое лонсдейлит – самостоятельная фаза или дефект структуры? Вызывает сомнение уместность определения доли лонсдейлита в единицах мол. % (и в лонсдейлите и в алмазе единственный компонент - атомы углерода), и округление значения в некоторых случаях до 5%, а в других – до 0.1 %.

Третья глава «Кристаллизация алмаза в системе Fe-C-S» содержит описание и результаты комплексного изучения кристаллов, выращенных в этой среде. Исследование кристаллов проведено методами люминесцентной, инфракрасной и УФ/ВО абсорбционной спектроскопии. В материалах главы следовало бы привести описание и характеристики кристаллов, выращенных в тех же условиях, но без добавки серы. В результате сравнения этих кристаллов можно было бы сделать развернутые и обоснованные выводы о влиянии добавки серы в среду на характеристики алмаза. Замечание: подпись к рис. 3.10 описывает спектры ФЛ, неверно обозначена полоса H3 как «линия поглощения».

Четвертая глава «Зоны регенерации на кристаллах импактного алмаза полигайской астроблемы в контакте с металлическим Fe-Ni расплавом». В главе показано изменение морфологии растущего на импактной затравке алмаза, выделено три зоны – слоистая, мелкокристаллическая и монокристалльная. Показано, что в условиях эксперимента лонсдейлит не трансформируется и не образуется.

Пятая глава «Результаты исследования нарастания кристаллов кубического алмаза на паракристаллы импактного алмаза» посвящена росту алмаза на апографитовых индивидах. В разделе показан способ выращивания сдвойникованных кристаллов алмаза, которые весьма перспективны для изучения роли двойниковых границ в разных аспектах дефектообразования. К сожалению, изложенные результаты заключаются исключительно в SEM изображениях, а основной объем этого раздела приходится на красивые иллюстрации. Хорошо было бы провести изучение углов разориентировки индивидов в полученных сростках (хотя бы графически), такие данные несомненно позволили бы повысить научную информативность этого раздела. Следовало так же изучить спектроскопические особенности выращенных алмазов (как это сделано в третьей главе). Ведь у автора были все возможности для регистрации спектров КР, ФЛ, а во многих образцах и ИК поглощения. Автору необходимо продолжить исследования в этом направлении, возможности и предпосылки имеются.

Основные результаты работы сформулированы в 10 пунктах «Заключения». Ответом на основной вопрос работы о природе лонсдейлита являются пункты 1, 3, 9: лонсдейлит в ходе эксперимента не образуется, что согласуется с моделью его природы как дефекта структуры. Оригинальные научные результаты сведены диссертантом в три защищаемых положения.

В первом положении постулируется, что добавка серы в ростовую среду Fe-C снижает концентрацию азота в растущем алмазе. Защищаемое положение достаточно обосновано экспериментальными материалами, удачно объединяет содержание работы по технологии синтеза, с исследованием полученных образцов. Однако фраза «... не увеличивает РТ-параметры» не несет позитивного смысла, а отрицательный смысл можно расширять долго, например: «...не уменьшает РТ-параметры, не влияет на скорость роста, не изменяет морфологию, не изменяет плотность, не влияет на изотопный состав».

Во втором положении утверждается, что при условиях эксперимента на лонсдейлит-содержащие затравки нарастает алмаз без лонсдейлита. Это защищаемое положение вполне обосновано и является основным в работе. Однако, формулировка этого положения могла быть более выверенной: предложение «Рост лонсдейлита не имеет места» не имеет смысловой законченности, и не несет позитивного смысла. Вместо этого предложения достаточно было добавить «**только**» перед «...кубической...» в первом предложении.

В третьем положении постулируется разница в морфологии нарастающего алмаза в зависимости от содержания лонсдейлита в затравке. При низкой доле лонсдейлита образуются параллельные и субпараллельные индивиды, при высокой – вырастают незакономерные сростки. Положение хорошо обосновано, сопровождается большим количеством иллюстраций, замечаний к нему нет.

Замечание по структуре диссертации: каждая глава должна содержать раздел выводов. В этом случае автор лучше структурирует и формулирует результаты своего исследования, а читателю легче понять логику работы.

Важное замечание заключается в неоднозначности используемой автором терминологии. Однозначность каждого термина является основой адекватного представления и восприятия любого материала. В представленной работе основное ключевое слово – «алмаз» используется в двух смыслах – как минерал/фаза, и как отдельные индивиды (кристаллы, агрегаты) минерала. Эта неоднозначность заложена уже в названии диссертации. Впрочем, такая неоднозначность встречается в публикациях и диссертациях и применительно к другим объектам: «гранаты», «цирконы».

Замечания редакционного характера есть к следующим фрагментам: «...использовать алмаз материалом...» (с. 12). «Алмаз имеет высокую температуру плавления...» (с. 14) – алмаз вообще не плавится. «... твердость (алмаза) равна 10 по шкале Мооса [Орлов, 1984]» (с. 14). Ссылка на Орлова в этом месте не уместна, так как показатель заложен в шкалу ее автором. «Алмаз с примесью лонсдейлита» (с. 15); примесь – это другой элемент или хим. соединение. «... таких минералах, как ...гранат» (с.18). «Гранат» - это группа (надгруппа) минералов, соответственно правильно писать «минералов группы граната», или «гранатов». «...веществ в качестве геттеров, таких как Zr, Hf»; это элементы а не вещества. «... подобный механизм...мог иметь место быть и при Попигайском феномене». «...содержание ... варьировало...» (с. 52). «... кристаллы субпараллельны по своей ориентации относительно друг друга» (с. 95). Замечания к «Заключению»: «...зарождение кристаллов начиналось на разных местах поверхности затравки импактного алмаза» (п.4.) – этот вывод может быть справедлив и для

монокристаллической затравки, и поэтому наблюдаемые признаки не есть «основное отличие». По-видимому, основным отличием является именно поликристалличность выросшего алмаза. «Различная ориентация связана с различными факторами...» (п.5) – это общее утверждение, не относящееся к содержанию исследования. «... происходит перекристаллизация лонсдейлитсодержащего алмазного субстрата...» (п.7) В данном случае термин «перекристаллизация» не подходит, так как обсуждается изменение морфологии растущей поверхности, но не объемное изменение соотношения разных зерен или растворение и последующая кристаллизация (рекристаллизация/перекристаллизация).

В целом, диссертация является законченной научно-квалификационной работой, написана грамотным языком, сопровождается обширным фактическим и графическим материалом. Результаты работы прошли достаточную апробацию, опубликованы в шести статьях Перечня ВАК, в том числе трех – входящих в БД SCOPUS, закреплены в патенте РФ. Практическая значимость работы заключается в необходимости совершенствования технологий синтеза алмазного сырья, изучения взаимодействия алмаза и металл-углеродных сплавов. Результаты работы могут быть использованы на предприятиях, занимающихся синтезом алмаза и изготовлением алмазного инструмента.

Таким образом, диссертация **«Наращение кристаллов алмаза на лонсдейлит содержащие фрагменты импактных алмазов Попигайской астроблемы в статических условиях высоких давлений и температур (экспериментальные данные)»**, представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография, соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, а ее автор – **Карпович Захар Алексеевич** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография.

Официальный оппонент

Доктор геолого-минералогических наук ведущий научный сотрудник лаборатории изучения вещественного состава федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный горный университет»

Васильев Евгений Алексеевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Адрес: 21-я линия, д. 2, Санкт-Петербург, 199106

Тел.: 8(812) 328-82-00



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ
С ПЕРСОНАЛОМ
А.В. БОБРОВ