

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Васильева Евгения Алексеевича "ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЕ В АЛМАЗЕ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ КРИСТАЛЛОГЕНЕЗИСА "

на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук
по специальности 25.00.05 — Минералогия, кристаллография

Диссертация посвящена актуальной проблеме выявления механизмов кристаллообразования природного алмаза. Основным методом исследования служит анализ дефектной структуры монокристаллов. Научная новизна исследования весьма высока и представлена многочисленными недавними публикациями автора в авторитетных научных журналах. Значимость результатов изучения закономерностей образования и эволюции дефектов в природном алмазе связана не только с поиском коренных алмазоносных объектов, но и диагностикой облагороженного и синтетического алмаза.

В основу исследования положена идея В.В. Бескрованова о циклах кристаллизации алмаза, происходящих в режиме смены нормального на тангенциальный механизм роста. Изложенный В.В. Бескровановым ранее и вслед за ним диссертантом онтогенетический взгляд на "циклический", но термодинамический по существу, процесс роста мантийного алмаза является, к сожалению, описательным, не раскрывающим физические причины истинной цикличности на каждом этапе кристаллизации.

Вполне очевидно, что в условиях мантийной конвекции и движения консолидированного вещества литосферы, только литосферная тектоника может служить спусковым механизмом для начала каждого этапа кристаллизации алмаза. Каждый тектонически обусловленный этап роста алмаза представляет собой неравновесный релаксационный процесс, который тоже может обладать свойством смены механизмов роста. Однако в основном проявляется иной, макроскопический феномен, который в первую очередь и рассматривал В.В. Бескрованов. Он связан с общей термодинамической эволюцией Земли, понижением ее температуры и тектонической активности и проявляется в минералогии алмаза. На протяжении, по крайней мере, последнего миллиарда лет, в ходе тектонически обусловленных процессов в литосфере, начальная величина отклонения от равновесия — разность энтропий, связанная с локальным скачком давления ("пересыщение" по В.В. Бескрованову), минералообразующей системы в среднем понижается. Поэтому более древние кубоиды или внутренние части октаэдрических алмазов демонстрируют макроскопически "нормальный" механизм роста, более характерный для экстремально неравновесных кристаллообразующих систем, а более молодые, наиболее востребованные на рынке октаэдрические алмазы растут по тангенциальному (дислокационному) механизму.

Диссертант демонстрирует понимание описанного обстоятельства, однако находится в рамках традиционного стиля изложения результатов, принятого среди специалистов-алмазников. С одной стороны это делает ему честь, но с другой — тормозит проникновение физического мышления в минералогию.

Для рецензента наиболее близким является первое защищаемое положение диссертации. Обсудим его более подробно.

Диссертант утверждает, что "Ключевое отличие кристаллов природного алмаза от синтетического и от кристаллов многих других минералов заключается в том,

ОТЗЫВ

ВХ. № 477-9 от 05.10.21
АУ УС

что тангенциальный рост алмаза происходит только гранями $\{111\}$ ". Однако с этим трудно согласиться. В некоторых работах диссертанта, (например, *Васильев Е.А., Клепиков И.В., Антонов А.В., // Зап. РМО, 2018, ч.147, вып. 4, с.114*) приведены катодолюминесцентные изображения поперечного сечения алмазов, на которых часто проявляются признаки равновесной трансформации поверхности, происходящей во время межтектонических событий в истории алмаза. Известно, что грани $\{110\}$ и $\{111\}$ существенно, более чем на 20%, различаются по поверхностным энергиям – 6,5 и 5,3 Дж/м² (*Новиков Н.В., Федосеев Д.В., Шульженко А.А., Богатырева Г.П. Синтез алмазов. Киев: Наук. думка, 1987, 160 с.*). Поэтому небольшая по ширине (по нашим оценкам, не более 0.1 мм) грань ромбододекаэдра, гипотетически возникающая на стадии роста (описанной выше тектонической, релаксационной) согласно принципу Гиббса-Кюри исчезнет в последующем равновесном процессе за сотни тысяч лет, не оставив после себя свидетельств. Но часть дефектов, сформировавшихся в пирамиде роста грани $\{110\}$ "растворится" в теле кристалла, изменив общий фон его дефектного строения. При синтезе алмаза, за недостатком времени ни о какой равновесной трансформации говорить не приходится, поэтому грани $\{110\}$ $\{100\}$ обычно явно присутствуют в габитусе. Таким образом, "макроскопический" онтогенетический подход не точно отражает физику процесса.

Отличие между природными и синтетическими алмазами заключается только в средах кристаллизации, способах доставки вещества к растущей поверхности, и в механическом факторе. "Нормальный" механизм роста, воспринимаемый с позиции макроскопического взгляда на форму кристалла в условиях ограниченного пространства гетерогенной мантийной среды и при больших отклонениях от равновесия, обусловленных повышением давления в результате тектонического процесса, может представлять собой по существу механизм двумерного зародышеобразования. Этот механизм способен реализоваться на мелких многочисленных гранях, в основном относящихся в F-формам $\{111\}$, $\{100\}$ и S-формам алмаза — $\{110\}$, серия тригонтриоктаэдров и тетрагонтриоктаэдров (согласно по теории цепей сильных связей Хартмана), возникающих на изрезанном микрорельефе алмаза. Изрезанный рельеф связан с непрерывным механическим воздействием со стороны породообразующих минералов. Такой макроскопически "нормальный" механизм не может существовать в металлическом расплаве при искусственном синтезе, поскольку главным фактором в разности энтропий является изменение температуры системы, а для питания граней кристалла вполне достаточно диффузионного пространства, а механический фактор исключен.

Октаэдрическая огранка природного алмаза и приписываемый ей тангенциальный рост может происходить в благоприятных условиях роста, в которых механический фактор минимизируется. Такие условия роста характерны для современного этапа эволюции литосферы Земли и в недавнем прошлом включая и эпоху кимберлитового вулканизма. Иными словами, октаэдрическая или кубоидная огранка говорит не столько о механизме роста, сколько о возрасте процесса минералообразования. Интерпретация полученных диссертантом результатов в таком ключе возможно привнесет новое знание.

Остальные защищаемые положения по мнению рецензента базируются на надежных эмпирических данных и не вызывают возражений.

Диссертация "Дефектообразование в алмазе на разных этапах кристаллогенезиса", представленная на соискание ученой степени доктора геолого-

минералогических наук по специальности 25.00.05 — Минералогия, кристаллография, соответствует требованиям раздела 2 "Положения о присуждении ученых степеней" Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет", утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм, а ее автор — Васильев Евгений Алексеевич — заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 — Минералогия, кристаллография.



Ракин Владимир Иванович

ул. Первомайская, 54, Сыктывкар, 167982,

Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук»

Главный научный сотрудник, доктор геолого-минералогических наук

29 сентября 2021 г.

