

УДК 549.211+548.4

Д.К. Возняк, В.Н. Квасниці

Інститут геохімії, мінералогії і рудоутворення
ім. Н.П. Семененко НАН України
03680, г. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: voznyak@igmof.gov.ua

ОБОСНОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ТИПА МИНЕРАЛЬНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КРИСТАЛЛАХ ЭНДОГЕННОГО АЛМАЗА

В статье критически рассмотрен вопрос о сингенетичности минеральных включений в кристаллах алмаза из кимберлитов. На основании собственных исследований и обзора публикаций сделан вывод, что сингенетические включения в минералах различаются между собой типом огранки участка свободного роста. Во многих минералах она имеет форму, присущую веществу минерала-включения, а в кристаллах алмаза — алмазную огранку, т. е. минерала-хозяина. Такое различие в форме участка свободного роста сингенетических включений поясняется разными значениями свободной энергии граней минерала-включения и минерала-хозяина в минералообразующем флюиде. Алмазная форма присуща также включениям без типичных признаков совместного роста. На сингенетичность минеральных включений в кристаллах алмаза указывают лишь типичные признаки: наличие индукционных граней и ребер, псевдорребер и псевдограней. В алмазе из кимберлитов минеральные включения представлены преимущественно протогенетическим типом. Поэтому утверждение о кристаллизации алмаза из силикатной магмы перидотитового, пироксенитового и эклогитового состава ставится под сомнение, поскольку оно лишается доказательной базы: наличия соответствующих парагенетических ассоциаций минералов-включений, сингенетичных алмазу.

Со второй половины XX ст., времени первых определений химического состава включений в алмазе с помощью электронно-зондового метода, количество достоверно установленных минералов, заключенных в кристаллах алмаза, резко возросло. К настоящему времени накоплен большой фактический материал по диагностике и химическому составу минеральных включений в алмазе. Обобщающие результаты исследований обнаруженных минералов-включений в кристаллах алмаза из кимберлитов имеются в ряде работ [14, 17, 23, 26, 31, 32 и др.]. Поскольку в кристаллах алмаза преобладали определенные парагенетические ассоциации минералов-включений, был сделан вывод о кристаллизации алмаза на глубине мантии из силикатных магм перидотитового, пироксенитового, эклогитового состава. Обычно в кристаллах алмаза встречаются минералы-включения одного парагенезиса, преимущественно перидотитового или

эклогитового, однако иногда некоторые кристаллы алмаза содержат включения обоих парагенезисов.

В кристаллах алмаза установлены включения алмаза, гранатов, оливина, энстатита, хромдиопсида, хромшпинелида, рутила, коэсита, магнетита, графита, пирита, пирротина, пентландита и других минералов. Определяющие минералы перидотитового парагенезиса: пироп, оливин, энстатит, хромит; эклогитового парагенезиса: пироп-альмандин, клинопироксен, рутил, дистен, корунд, коэсит. Появление таких парагенезисов минеральных включений в кристаллах алмаза обосновывают недостаточно аргументировано [4]. По некоторым минеральным включениям (ферропериклаз в ассоциации с Mg, Si- и Ca, Si-"перовскитом", мейджоритовым гранатом) стремятся даже установить более-менее точное место образования алмаза в мантии [22, 24, 27—29, 33].

Указанные находки имели бы однозначное толкование, если бы минералы-включения в

© Д.К. ВОЗНЯК, В.Н. КВАСНИЦА, 2013

алмазе были сингенетичными минералу-хозяину (алмазу) [5]. Сложность генетического разделения минералов-включений в алмазе показательна, поскольку информация о находках типичных (классических) почти отсутствует [8, 14, 23, 35]. Ю.Л. Орлов [14], вероятно, первым отметил, что лишь на включениях алмаза и граната в алмазе установлены типичные индукционные грани.

Осознавая значимость сингенетических включений для восстановления условий формирования эндогенных алмазов, исследователи стали расширять круг минералов-включений, сингенетичных алмазу. К ним отнесли и включения граната, оливина, орто- и клинопироксена, хромита и др., форма которых отвечала огранке алмаза (обычно октаэдру). В качестве доказательства одновременного роста включений и алмаза и обоснования парагенетических ассоциаций минералов стали привлекать и другие особенности включений, наиболее полно сгруппированных в работе [17]. Поэтому вопрос, каким образом использовать минеральные включения в алмазе для достоверной реконструкции условий образования эндогенного алмаза, и дальше остается актуальным.

Прежде чем непосредственно перейти к изложению материала, определим суть некоторых важных терминов, используемых в статье.

Включение — любой изолированный со всех сторон в процессе кристаллизации участок в теле кристалла, имеющий с ним фазовую границу [6, 7].

Флюид — термин используется нами в широком (обобщающем) значении как минералообразующая среда с малой динамической вязкостью, включающая расплав, жидкость и газ.

Генетическое разделение минеральных включений проводится согласно классификации В.А. Мокиевского и Ян Фэн-Дзюня [13], но с несущественной разницей: мы не используем термины (первичные — одновременные — вторичные), а отдаем предпочтение их синонимам (протогенетические — сингенетические — эпигенетические). Первый вариант терминов задействован и в генетической классификации флюидных включений, но имеет несколько иное толкование. Первичные и одновременные тут — синонимы, при этом вторичные включения могут консервироваться как во время, так и после роста кристаллов. Поэтому термины "первичные, одновременные, вторич-

ные", на наш взгляд, нецелесообразно использовать при генетическом классифицировании минеральных включений — они не содействуют взаимопониманию между исследователями.

Генетические классификации минералов-включений в кристаллах алмаза в процессе их изучения изменялись. Вначале были выделены лишь син- и эпигенетические включения [14, 17, 25], позже — протогенетические, которые, однако, были объединены в одну группу с сингенетическими [31, 32]. К эпигенетическим необоснованно отнесены также образования, несоответствующие термину "включение", поскольку их герметичность нарушена *незалеченными* трещинами, т. е. трещинами, выходящими на поверхность кристалла. Они не имеют отношения к росту кристаллов алмаза. Проявилась и другая крайность: само пребывание минерала-включения в кристалле алмаза оказывается достаточным аргументом отнесения его к сингенетическим [14].

Напомним, что сингенетические включения — индивиды особого рода, в строении которых имеется участок совместного (индукционного, одновременного) роста включения с минералом-хозяином и участок роста включения в свободном пространстве (в дальнейшем — участок свободного роста) [5].

Наиболее полный набор критериев, используемых для доказательства одновременности роста и парагенетической связи минерала-включения с алмазом, приводится в работе [17]: 1) морфологические соотношения включений с алмазом; 2) закономерное ориентирование (эпитаксия) минералов-включений относительно алмаза; 3) отсутствие обломков кристаллов среди включений в алмазах; 4) почти полное отсутствие вторичных изменений минералов, захваченных алмазом, при повсеместных проявлениях таких изменений в минералах кимберлитов; 5) одинаковый состав разных зерен одного и того же минерала в одном кристалле при достаточно широком диапазоне состава включений в разных кристаллах алмаза; 6) наличие закономерных парагенетических соотношений между включениями разных минералов в одном кристалле алмаза; 7) закономерные отличия минералов и их парагенезисов, законсервированных алмазом, от минеральных парагенезисов фаций меньших давлений.

Из перечисленных выше признаков лишь первый объективен, поскольку он основыва-

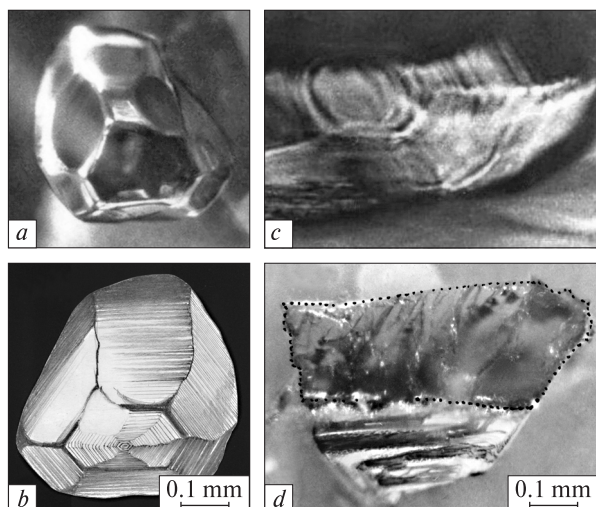


Рис. 1. Сингенетические включения граната в кристаллах алмаза: *a* — участок включения, имеющий идиоморфную алмазную огранку (вид сверху); *b* — то же включение (снизу), отчетливо видны признаки совместного роста (рисунок); *c* — деталь *b* (фотография); *d* — шлифованная часть включения пиропроссуляр-уваровитового граната [8] выделена пунктирной линией, его нижняя часть индуцирована совместным ростом граната и алмаза

Fig. 1. Syngenetic garnet inclusions in diamond crystals: *a* — the inclusion section having euhedral diamond cut (top view), *b* — the same inclusion from the bottom, clearly visible signs of shared growth (Figure), *c* — part *b* (photo), *d* — a ground part of the inclusion of pyrope-grossular-uvarovite garnet [8] marked-out by the dotted line, the lower part is induced by the common growth of garnet and diamond

ется на ростовых соотношениях между минералом-включением и минералом-хозяином. Но морфологические признаки учитываются как классическим критерием принадлежности минералов-включений к сингенетическим [8, 14], так и нетрадиционным [1, 2, 17, 18], согласно которому "алмазная" форма включений — это результат сингенетического роста. Первый критерий однозначно доказывает сингенетичность включений алмазу, а нетрадиционный вызывает возражения [3, 8, 10, 21, 34].

Типичные сингенетические минералы-включения, участок свободного роста которых имеет огранку алмаза. Такие включения впервые обнаружены нами [8] в кристаллах алмаза из аллювия р. Биллях (Анабарский щит, Якутия, РФ). Включения граната и оливина имеют участки как индукционного, так и свободного роста (рис. 1). Участок свободного роста граната, согласно результатам гониометрических измерений, огранен следующими наиболее

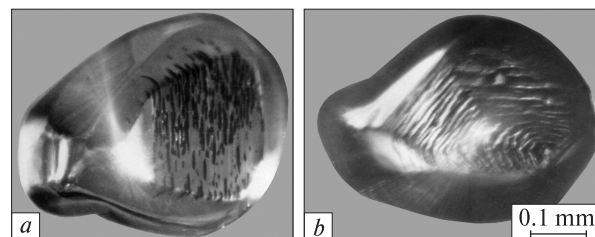


Рис. 2. Сингенетическое включение оливина в алмазе: *a* — вид идиоморфного участка включения. Хорошо видны многочисленные темные выделения сульфида (?) по трещинам спайности оливина; *b* — форма нижней части включения, индуцированной совместным спиральным (?) ростом минералов

Fig. 2. Syngenetic inclusions of olivine in diamond: *a* — the euhedral form area of inclusion. Numerous dark sulfide discharges (?) on cleavage cracks of olivine are clearly visible, *b* — form of the bottom of the inclusion induced joint spiral (?) growth of minerals

развитыми простыми формами алмаза: {111}, {100}, {223}, {331}, {679}, {378} и др. [8]. Оливину также присуща "алмазная" огранка (рис. 2). По своей форме обнаруженные включения отличаются от обычных сингенетических включений только тем, что у них участок свободного роста имеет огранку, которая свойственна алмазу, а не минералу-включению (например, октаэдр флюорита в кристаллах топаза [3] и кварца [5] или кубо-октаэдр пирита в кварце [12] и др.).

Формирование плоских граней минералов в процессе кристаллобластеза не имеет однозначного термодинамического обоснования. Для корректного определения такого идиоморфизма минералов на границе с флюидом необходимо знать значения поверхностной энергии граней кристаллов при параметрах природного минералообразования, которые неизвестны. Г.Т. Остапенко [15] пришел к выводу, что "наибольшим стремлением к идиоморфизму должны, вероятней всего, обладать грани, имеющие по возможности наиболее высокое значение свободной поверхностной энергии на границе с собственным паром, вакуумом, воздухом (т. е. грани, принадлежащие кристаллам с прочными межатомными связями) и одновременно являющиеся в данном кристалле гранями с наименьшими значениями этой величины". Алмаз, вероятно, отличается максимальными их значениями.

Следует подчеркнуть, что при изучении типичных сингенетических включений огранке участков их свободного роста не уделялось должного внимания, поскольку априори при-

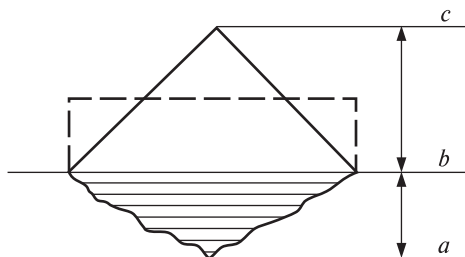


Рис. 3. Схема образования сингенетического минерального включения с "алмазной" огранкой в кристалле эндогенного алмаза (пояснения в тексте): штриховая линия — начальная форма участка свободного роста включения; сплошная жирная линия — современная огранка включения; a , b , c — ростовые уровни (этапы) становления сингенетического минерала-включения — соответственно, зарождение, завершение совместного роста и формирование его "алмазной" формы

Fig. 3. Scheme of formation of syngenetic mineral inclusion with a "diamond" cut in the crystal of endogenous diamond (explanations are in the text): the dashed line — the initial form of the free growth area of inclusion; the solid heavy line — modern cut of inclusion; a , b , c — growth levels (stages) of the formation of syngenetic mineral-inclusion — respectively, the birth, completion of the joint growth and formation of its "diamond" shape

нималось, что она (огранка) определяется минеральным веществом включений. Но оказалось, что форма участков свободного роста сингенетических включений в одних случаях отвечает огранке, свойственной структуре минерала-включения (октаэдры флюорита в топазе и кварце, кубо-октаэдры пирита в кварце), а в других — структуре минерала-хозяина (алмаза). В основе такого различия лежат значения свободной поверхностной энергии граней минерала-включения и минерала-хозяина, а также свойства минералообразующего флюида относительно включения и минерала-хозяина.

Если минералообразующий флюид обеспечивает рост обоих соприкасающихся индивидов, то этот участок включения приобретает индукционные ребра и грани, псевдорребра и псевдограни. После прекращения роста включения возможны два механизма консервации участков его свободного роста в минерале-хозяине. Первый — значение поверхностной энергии граней минерала-включения (флюорита, пирита) больше таковой минерала-хозяина (топаза, кварца). Тогда огранка участка свободного роста минерала-включения сохраняет свой начальный вид, т. е. октаэдра, кубо-октаэдра [5, 12]. Во втором случае свободная

поверхностная энергия граней включения меньше таковой минерала-хозяина — начальная огранка участка свободного роста сингенетического включения трансформируется в форму минерала-хозяина. Если скорость роста минерала-хозяина существенно превышает таковую включения, то на них отсутствуют либо слабо проявлены индукционные грани совместного роста [5, 9].

Логично предположить: если минералообразующий флюид не является маточной (ростовой, аутигенной) средой для включения, то оно сохранит свою начальную форму. Такие свойства минералообразующей среды возможны, вероятно, в редких случаях.

Поэтапное образование сингенетических включений граната и оливина с "алмазной" огранкой в кристаллах алмаза рассмотрим на схеме (рис. 3). Вначале, еще при формировании индукционного участка включения, росли одновременно и алмаз, и включение (временной интервал роста a — b , рис. 3). В дальнейшем, после прекращения роста включения, растущий алмаз полностью обволакивает (консервирует) включение, изменяя его форму. Преобразование изначальной формы включения (штриховая линия) в "алмазную" (интервал роста b — c , рис. 3) происходит вследствие того, что: алмазообразующий флюид служит ростовой средой и для включения; свободная энергия граней кристалла алмаза превышает таковую включения. Иными словами, минерал включения претерпевал лишь перекристаллизацию на контакте с гранями алмаза, приобретая его огранку.

Минералы-включения, имеющие "алмазную" огранку. "Алмазную" огранку имеют и минералы-включения без типичных признаков совместного роста включения и алмаза. Однако и здесь, по нашему мнению, включения приобретают "алмазную" форму в процессе перекристаллизации его вещества алмазообразующим флюидом. Однако для реализации такого процесса, вероятно, необходимо каким-то образом закрепить включение, например, путем частичной его консервации в кристалле алмаза. Но в таких случаях "алмазная" огранка включения не будет распространяться на всю его поверхность.

Существует мнение [10], согласно которому "алмазная" форма минералов-включений — результат образования отрицательного кристалла путем преобразования твердого вещества

включения. Этому процессу содействуют: длительное время (сотни миллионов — миллиарды лет) пребывания включений на глубине мантии при высоких значениях *PT*-параметров, а также наличие пленки флюида на контакте фаз "минерал включения — алмаз". А.Б. Мальков и А.М. Асхабов [10, 11] предложили способ количественной оценки времени образования формы минералов-включений в виде отрицательного кристалла. Для флюидных включений изменение их формы в направлении приобретения ими огранки отрицательного кристалла — широко распространенное в природе явление.

Нельзя признать обоснованным мнение о формировании отрицательных кристаллов-включений в процессе заполнения минералами характерных "октаэдрических ямок роста" на гранях кристаллов алмаза [3, 17, 18].

Таким образом, "алмазная" форма минералов-включений в кристаллах алмаза не может служить критерием отнесения их к сингенетическим.

Сингенетические включения в алмазе, обнаруженные на одних объектах, не служат гарантией того, что на других они также будут сингенетическими. В частности, среди включений оливина установлены и сингенетический [8], и протогенетические типы. В последнем случае он может иметь и "алмазную" огранку [2, 19], и форму, свойственную кристаллам оливина [1]. В последнем случае алмазообразующий флюид, вероятно, мог быть индифферентным к оливину в процессе его консервации.

Минеральные включения и среда минералообразования. Далее речь идет не о минералообразующем флюиде, т. е. минералообразующей среде, принимавшей участие в росте кристаллов алмаза, а о среде минералообразования, т. е. той общей обстановке, в которой происходил рост кристаллов (наличие во флюиде минералов-спутников, возможности свободного роста кристаллов и пр.).

Небольшим преувеличением будет утверждение, что в кристаллах алмаза большинство включений протогенетические. Такого же мнения придерживаются и авторы публикации [30].

В составе включений в *синтезированных* алмазах обнаружены минералы, не имевшие отношения к флюиду, который принимал участие в росте кристаллов алмаза, а содержав-

шиеся в контейнере, использованном для синтеза [16, 20]. Подобная ситуация, вероятно, имела место в природе: твердые мантийные породы сыграли лишь роль своеобразного "контейнера", в котором происходила кристаллизация эндогенного алмаза.

Определяемые по ассоциациям минералов-включений в алмазе условия их кристаллизации не могут вызывать доверия, поскольку бездоказательно принимается, что включения росли одновременно с алмазом при участии идентичного флюида. Если значения *PT*-параметров, установленные по ассоциациям минералов-включений, в какой-то мере характеризуют условия формирования пород, в которых пребывал алмаз, то утверждение о росте кристаллов алмаза из перидотитового или эклогитового силикатных расплавов необоснованно. Тут нет противоречия, поскольку кристаллизация алмаза, как показывают результаты исследования флюидных включений в алмазе и цирконе кимберлитового типа, происходила не из силикатного расплава, а из специфических по составу флюидов: от солевых безводных расплавов до обогащенных водой и солями растворов [3].

Поэтому есть основания предполагать, что алмазообразующий флюид находился в зонах трещиноватости твердых пород мантии. На протяжении длительной истории формирования геологических объектов, содержащих алмаз, из-за резкого падения флюидного давления в процессе многочисленных тектонических нарушений разного масштаба происходило перемещение алмазообразующего флюида и взвешенных в нем кристаллов минералов разного состава. Малая динамическая вязкость солевых расплавов и водных солевых растворов способствует перемещению флюида по системе трещин, вероятно, с большой скоростью. Таким механизмом можно пояснить наличие в кристаллах алмаза минералов-включений разных минеральных ассоциаций и сложную анатомию его кристаллов.

Выводы. 1. Сингенетичность минералов-включений в кристаллах алмаза достоверно определяет лишь классический критерий. По таким признакам к сингенетическим включениям можно отнести только алмаз, гранат и оливин. Поэтому утверждение о кристаллизации алмаза из силикатной магмы перидотитового, пироксенитового и эклогитового состава ставится под сомнение, т. к. оно лиша-

ется доказательной базы: наличия соответствующих парагенетических ассоциаций минералов-включений, сингенетичных алмазу.

2. Редкие находки классических сингенетических включений в кристаллах алмаза объясняются: а) трудностью изучения включений в кристаллах алмаза и выявления на них признаков сингенетического роста и, по-видимому, недостаточным количеством изученных индивидов; б) вероятно, значительно большей нормальной скоростью роста граней кристаллов алмаза относительно таковой минералов-включений; в) редкостью сингенетического роста алмаза и минералов-включений. Последняя причина, на наш взгляд, является основной.

3. Преобладающее большинство минеральных включений в кристаллах алмаза — протогенетические. Их минеральные ассоциации соответствуют типу породы, в твердом веществе которой формировались кристаллы алмаза. Она (порода) была лишь своеобразным контейнером, в котором росли кристаллы алмаза.

4. Все разнообразие форм минералов-включений в кристаллах алмаза определяется способностью алмазообразующего флюида обеспечивать не только рост алмаза, но и: а) его совместный рост с минералом-включением; б) лишь переотлагать вещество минерального включения; в) быть индифферентным относительно минерала-включения. В первом случае образуются сингенетические включения, во втором формируется "алмазная" форма включений, в третьем сохраняется начальный вид минералов-включений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартошинский З.В., Ефимова Э.С. Кристалломорфология включений оливина в алмазах // Минерал. сб. Львов. ун-та. — 1974. — **28**, № 2. — С. 67—71.
2. Бартошинский З.В., Ефимова Э.С., Жихарева В.П., Соболев Н.В. Кристалломорфология включений граната в природных алмазах // Геология и геофизика. — 1980. — № 3. — С. 12—22.
3. Возняк Д., Квасниця В. Де і як ростуть земні алмази? // Геолог України. — 2010. — № 1—2. — С. 48—61.
4. Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Михайличенко О.А. и др. Дискретность процесса природного алмазообразования // Минерал. журн. — 1989. — **11**, № 3. — С. 3—19.
5. Григорьев Д.П. Онтогенез минералов. — Львов : Изд-во Львов. ун-та, 1961. — 284 с.
6. Ермаков Н.П. Геохимические системы включений в минералах. — М. : Недра, 1972. — 375 с.
7. Калужный В.А. Основы учения о минералообразующих флюидах. — Киев : Наук. думка, 1982. — 238 с.
8. Квасниця В.Н., Вишневский А.А., Возняк Д.К. и др. Ассоциация пироп-гроссуляр-уваровитового граната и оливина в алмазе // Минерал. журн. — 1992. — **14**, № 2. — С. 80—88.
9. Корнилов Н.А. К вопросу о совместном росте двух минералов // ЗВМО. — 1954. — Ч. 83, вып. 3. — С. 260—262.
10. Мальков Б.А., Асхабов А.М. Кристаллические включения с октаэдрической огранкой (отрицательные кристаллы) — свидетели ксеногенности алмазов в кимберлитах // Докл. АН СССР. — 1978. — **242**, № 3. — С. 690—692.
11. Мальков Б.А., Асхабов А.М. Диффузионно-преобразованные кристаллические включения в оливинах как показатели их ксеногенности в кимберлитах // Там же. — 1978. — **238**, № 3. — С. 695—697.
12. Минералогия Криворожского бассейна / Отв. ред. Е.К. Лазаренко. — Киев : Наук. думка, 1977. — 544 с.
13. Мокиевский В.А., Ян Фэн-Цзюнь. Новое о твердых включениях в кристаллах // ЗВМО. — 1961. — Ч. 90, вып. 5. — С. 510—520.
14. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. — М. : Наука, 1984. — 264 с.
15. Остапенко Г.Т. Термодинамические условия идиоморфизма для соприкасающихся минералов // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1987. — № 9. — С. 25—28.
16. Самойлович М.И., Комов И.Л., Кутырев Ф.Ш. и др. К образованию алмазов в природных и экспериментальных системах // Самородное элементообразование в эндогенных процессах : Тр. Всесоюз. конф. Ч. III. — Якутск, 1985. — С. 62—65.
17. Соболев Н.В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. — Новосибирск : Наука, 1974. — 264 с.
18. Соболев Н.В., Бартошинский З.В., Ефимова Э.С. и др. Ассоциация оливин-гранат-хромдиопсид из якутского алмаза // Докл. АН СССР. — 1970. — **192**, № 6. — С. 1349—1352.
19. Соболев Н.В., Боткунов А.И., Бакуменко И.Т., Соболев В.С. Кристаллические включения с октаэдрической огранкой в алмазах // Там же. — 1972. — **204**, № 1. — С. 192—195.
20. Сухарев А.Е., Петровский В.А. Минералогия карбонадо и экспериментальные модели их образования. — Екатеринбург : УрО РАН, 2007. — 193 с.
21. Шкодзинский В.С. Генезис кимберлитов и алмаза. — Якутск : ОАО "Медиа-холдинг Якутия", 2009. — 352 с.
22. Brenker F.E., Stachel T., Harris J.W. Exhumation of lower mantle inclusions in diamonds — ATEM investigation of retrograde phase transitions, reactions and exsolution // Earth and Planet. Sci. Lett. — 2002. — **198**. — P. 1—9.
23. Bulanova G.P. The formation of diamond // J. Geochem. Explor. — 1995. — **53**. — P. 1—23.
24. Davies R., Griffin W.L., Pearson N.J. et al. Diamonds from the deep : Pipe DO-27, Slave Craton, Canada // Proc. of the 7th Intern. Kimberlite Conf. Vol. I. — Cape Town (South Africa) : Red Roof Design, 1999. — P. 148—155.

25. *Harris J.W.* The recognition of diamond inclusions. Pt. 1. Syngenetic inclusions // *Ind. Diamond Rev.* — 1968. — **28**. — P. 402—410.
26. *Harris J.W.* Inclusions in diamond // *The Properties of Diamond* / Ed. J.E. Fild. — London : Acad. Press, 1979. — P. 555—591.
27. *Harris J.W., Hutchison M.T., Hursthouse M. et al.* A new tetragonal silicate mineral occurring as inclusions in lower-mantle diamonds // *Nature.* — 1997. — **387**. — P. 486—488.
28. *Hayman P.C., Kopylova M.G., Kaminsky F.V.* Lower mantle diamonds from Rio Soriso (Juina area, Mato Grosso, Brasil) // *Contribs Mineral and Petrol.* — 2005. — **149** (4). — P. 430—445.
29. *Hutchison M.T., Hursthouse M.B., Light M.E.* Mineral inclusions in diamonds associations and chemical distinctions around the 670-km discontinuity // *Contribs Mineral. and Petrol.* — 2001. — **142**, No 1. — P. 119—126.
30. *Israeli E.S., Harris J.W., Navon O.* Fluid and mineral inclusions in clouded diamonds from Koffiefontein, South Africa // *Geochim. et cosmochim. acta.* — 2004. — **68**, No 11. — P. 2561—2575.
31. *Meyer H.O.A.* Genesis of diamond : A mantle saga // *Amer. Miner.* — 1985. — **70**. — P. 344—355.
32. *Meyer H.O.A.* Inclusions in diamond // *Mantle Xenoliths* / Ed. P.H. Nixon. — Chichester : Wiley, 1987. — P. 501—523.
33. *Stachel T., Harris J.W., Brey G.P., Joswig W.* Kankan diamonds (Guinea) II : lower mantle inclusion paragenesis // *Contribs Mineral. and Petrol.* — 2000. — **140**. — P. 16—27.
34. *Taylor L.A., Anand M., Promprated P.* Diamond and their inclusions : are the criteria for syngenetic valid? // 8th Intern. Kimberlite Conf. (Victoria, June 22—27, 2003) : Long Abstr. — Victoria : Nat. Resour. Can., 2003. — P. 1—5.
35. *Tomlinson E.L., Jones A.P., Harris J.W.* Co-existing fluid and silicate inclusions in mantle diamond // *Earth and Planet. Sci. Lett.* — 2006. — **250**. — P. 581—595.

Поступила 26.03.2013

Д.К. Возняк, В.М. Квасниця

ОБГРУНТУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО ТИПУ МИНЕРАЛЬНИХ ВКЛЮЧЕНЬ У КРИСТАЛАХ ЕНДОГЕННОГО АЛМАЗУ

У статті критично проаналізовано питання щодо сингенетичності мінеральних включень у кристалах алмазу з кімберлітів. На базі власних досліджень і

огляду інших публікацій зроблено висновок, що сингенетичні включення у мінералах розрізняються між собою за типом огранки ділянки вільного росту. У багатьох мінералах вона відповідає речовині мінералу-включення, а в кристалах алмазу — алмазній огранці, тобто мінералу-господарю. Таку різницю у формі ділянки вільного росту сингенетичних включень можна пояснити різними значеннями вільної енергії граней мінералу-включення і мінералу-господаря в мінералоутворювальному флюїді. Алмазна форма притаманна також включенням без типових ознак сумісного росту. На сингенетичність мінеральних включень у кристалах алмазу вказують лише типові ознаки: наявність індукційних граней і ребер, псевдорібер і псевдограней. Мінеральні включення у кристалах алмазу із кімберлітів представлені переважно протогенетичним типом. Тому твердження про кристалізацію алмазу із силікатної магми перидотитового, піроксенітового й еклогітового складу сумнівне, оскільки позбавляється підґрунтя: наявності відповідних асоціацій мінералів-включень, сингенетичних алмазу.

D.K. Voznyak, V.M. Kvasnytsya

GROUNDING OF GENETIC TYPE OF MINERAL INCLUSIONS IN ENDOGENOUS DIAMOND CRYSTALS

The issue of syngenetic mineral inclusions in diamond crystals from kimberlites has been critically analyzed in the paper. Based on own researches and reviews of other publications it was concluded that syngenetic inclusions in minerals have different type of cut of free growth area. In many minerals it corresponds to mineral-inclusion substance, and in diamond crystals — diamond cut, i. e., host mineral. This difference in the form of the free growth area of syngenetic inclusions is caused by different values of free energies of faces of inclusion-mineral and host-mineral in mineral-forming fluids. The diamond form is inherent in the inclusions without typical features of compatible growth. The syngenetics of mineral inclusions in diamond crystals indicate only typical signs: the presence of induction faces, edges, pseudoedges and pseudofaces. Mineral inclusions in the crystal of diamond from kimberlites are mainly represented by their protogenetics type. Therefore, the assertion of diamond crystallization from silicate magma of peridotite, pyroxenite and eclogite composition is questionable because it is deprived of the evidence base: presence of appropriate associations of syngenetic to diamond inclusion-minerals.