

УДК 548:549.211

В.Н. Квасница

Институт геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семеново НАН Украины
03680, г. Киев-142, Украина, пр. Акад. Палладина, 34
E-mail: vmkvas@hotmail.com

ОЧЕРК МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ КРИСТАЛЛОГРАФИИ ПРИРОДНОГО АЛМАЗА

Обобщены результаты многолетних исследований кристалломорфологии эндо- и экзогенного алмаза на примере его микрокристаллов из кимберлитов, метаморфических пород, импактитов и россыпей разных алмазоносных провинций. Приведены данные о простых формах микрокристаллов, их габитусах и обликах, простых и сложных двойниках, автоэпитаксиальных сростках, а также об антискелетных и скелетных кристаллах. Проанализирована зависимость кристалломорфологии природного алмаза от структурных особенностей минерала, способов и механизмов роста кристаллов. Показано, что микрокристаллы эндогенного алмаза отличаются от его макрокристаллов полиэдрией разного происхождения.

Вступление. Морфология кристаллов природного алмаза чрезвычайно разнообразна [1, 2, 4, 15]. Для эндогенных алмазов следует различать морфологию кристаллов из кимберлитов, лампроитов, лампрофиров и метаморфических пород, а среди экзогенных алмазов следует выделять импактные алмазы из астроблем и метеоритов. Морфология кристаллов синтетического алмаза также разнообразна и зависит от способа синтеза. Алмазы, выращенные при статическом давлении и высокой температуре в области стабильности, сильно отличаются от кристаллов, полученных в результате ударного синтеза в условиях высоких давления и температуры. Также характерные морфологические признаки имеют кристаллы алмаза, синтезированные путем *CVD* процесса из газовой фазы (CH_4 , C_2H_2), при давлении менее одной атмосферы и высокой температуре.

Условия роста всех указанных выше геолого-генетических типов алмаза существенно отражаются на морфологии его кристаллов. Кроме поликристаллического импактного алмаза, в пределах всех других геолого-генетических типов можно выделить три группы:

монокристаллы, поликристаллы и смешанные моно-поликристаллы. И. Сунагава [16, 17] предположил, что вероятной причиной их разнообразия служит, прежде всего, степень пресыщения минералообразующей среды и размер единиц роста, а также скорость и механизм роста кристаллов.

В данной статье основное внимание уделено особенностям минералогической кристаллографии алмаза разных геолого-генетических типов, рассмотренным преимущественно на примере его микрокристаллов из кимберлитов и импактитов. **Цель работы** — описать и сопоставить разную кристалломорфологию этих генетических типов алмаза, разные способы и механизмы роста их кристаллов.

Образцы и методы исследований. Гониометрия и электронная микроскопия были основными методами проведенных исследований по геометрической кристаллографии природного алмаза. Использован гониометр ГД-1 и различные электронные микроскопы: *JSM-6700F (JEOL)* и РЭМ-100У. В отдельных случаях возникала необходимость проведения спектроскопических и рентгеновских исследований. Изучены микрокристаллы алмаза из кимберлитов Якутской и Архангельской провинций, россыпей Украинского щита, мета-

морфических пород Казахстана, микрокристаллы импактного алмаза из астроблем Украины и России. Размеры кристаллов — 0,1–1,0 мм, преимущественно менее 0,5 мм.

Результаты исследований и обсуждение.

Простые формы кристаллов эндогенного алмаза. Алмаз кристаллизуется в гексоктаэдрическом классе симметрии. Однако вопрос о его кубической голо- или гемиедриии время от времени возникает на страницах научных журналов. Исходя из голоэдриии алмаза, на его кристаллах могут быть развиты грани семи простых форм: октаэдр, куб, ромбододекаэдр, тригон- и тетрагон-триоктаэдр, тетрагексаэдр и гексоктаэдр. В прошлом наиболее полные данные о простых формах кристаллов алмаза были приведены в монографии А.Е. Ферсмана [8]. На редких макрокристаллах алмаза из кимберлитов Южной Африки, кроме обычного октаэдра, были зафиксированы плоские и гладкие грани еще ряда простых форм: куб, ромбододекаэдр, тригон-триоктаэдр $\{331\}$, $\{332\}$, $\{221\}$ и тетрагон-триоктаэдр $\{211\}$, $\{322\}$. Все эти формы имеют второстепенное значение.

Изучение микрокристаллов алмаза из кимберлитов, лампроитов, метаморфических пород и россыпей, предпринятое во второй половине XX в., показало, что полиэдриия для них характерна [1, 3, 4, 14]. На таких сложных по огранке полиэдрах были установлены плоские и гладкие грани всех семи простых форм

гексоктаэдрического класса симметрии (рис. 1), в том числе множество тригон- и тетрагон-триоктаэдров, тетрагексаэдров и гексоктаэдров. Но все эти грани разных простых форм, имеющие ростовую природу, лишь усложняют габитусные октаэдры алмаза. Можно утверждать, что многие микрокристаллы эндогенного алмаза, в отличие от его макрокристаллов, полиэдриические. Природное растворение кристаллов алмаза редко приводит к полиэдриии, чаще — к образованию округлых форм, геометрические параметры которых указаны в работах И.И. Шафрановского, А.А. Кухаренко, К.В. Митрофановой, Г. Кальба [6, 7, 10, 12]. При этом полиэдриия, возникающая при растворении кристаллов алмаза, значительно беднее ростовой полиэдриии и представлена преимущественно тетрагон- и тригон-триоктаэдрами. Грани этих форм в целом имеют вид плоских поверхностей, могут быть округлыми и со своеобразными скульптурами. Микрограницы $\{hkk\}$ форм растворения принадлежат к впадинам. Заметим также, что при интенсивном растворении кристаллов вся ростовая полиэдриия алмаза исчезает.

Простые формы кристаллов экзогенного (импактного) алмаза. При образовании таких алмазов в астроблемах по кристаллам графита в идеальном случае полностью сохраняется огранка кристаллов графита с соответствующим набором простых форм, присущих кристаллам этого минерала (рис. 2), т. е. возникает

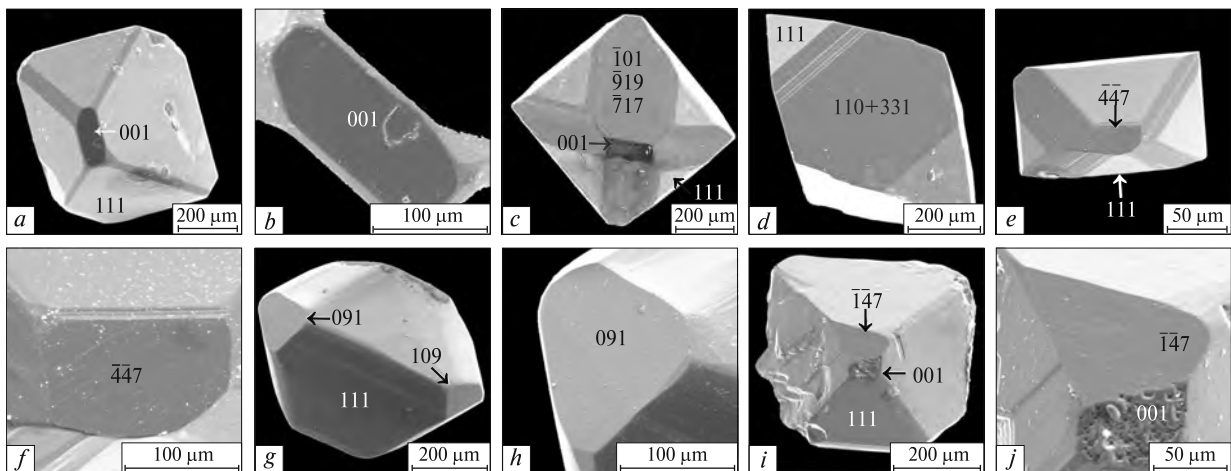


Рис. 1. Простые формы роста микрокристаллов алмаза из кимберлитов (Якутия): *a, b* — куб, *c, d* — ромбододекаэдр и тригон-триоктаэдр $\{331\}$ и $\{991\}$, *e, f* — тетрагон-триоктаэдр $\{447\}$, *g, h* — тетрагексаэдр $\{190\}$, *i, j* — гексоктаэдр $\{174\}$. РЭМ (растрово-электронно-микроскопические) снимки

Fig. 1. Simple forms of growth of diamond microcrystals from kimberlites (Yakutia): *a, b* — cube, *c, d* — rhombic dodecahedron and $\{331\}$ and $\{991\}$ trisoctahedrons, *e, f* — $\{447\}$ trapezohedron, *g, h* — $\{190\}$ tetrahexahedron, *i, j* — $\{174\}$ hexoctahedron. SEM (scanning-electron microscope) images

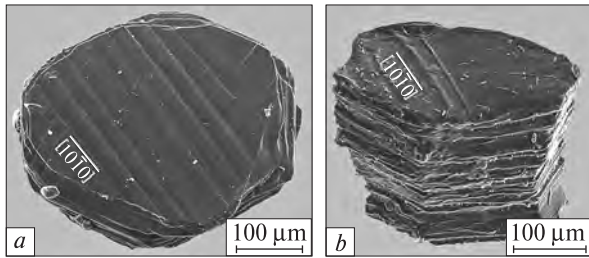


Рис. 2. Апографитовые импактные алмазы (Попигаийский метеоритный кратер, Россия): *a* — пинакоидальный габитус, *b* — пинакоидально-призматический габитус. РЭМ снимки

Fig. 2. Apographitic impact diamonds (Popigai crater, Russia): *a* — pinakoid habit, *b* — pinakoid-prismatic habit. SEM images

параморфоза алмаза по графиту. Как известно, доминирующая простая форма большинства кристаллов графита — пинакоид.

Этот алмаз представляет собой поликристаллическое и полифазное текстурированное образование, состоящее из микро- и наночастиц алмаза, лонсдейлита и реликтов графита [2]. Соотношение содержания этих трех фаз в параморфозах разное: от доминирования алмаза до преобладания лонсдейлита. Однако это почти не сказывается на общей форме бывшего кристалла графита, за исключением некоторых искажений гексагональности графитового кристалла. Всего на алмазных параморфозах установлено 30 типичных простых форм графита. Формы роста на поверхностях (0001) алмазных параморфоз представлены образованиями разной формы (рис. 3). Неко-

торая часть таких образований может быть отнесена к морфологическим наноявлениям лонсдейлита, исходя из их формы и строгого геометрического положения на (0001) [13]. В редких случаях на пинакоидальных поверхностях алмазных параморфоз вырастают наночастицы октаэдрической и кубо-октаэдрической формы (рис. 3).

Формы растворения на поверхностях импактного алмаза, в случае растворения преобладающей в параморфозе алмазной фазы, как и на кристаллах эндогенного алмаза, представлены тригон- и тетрагон-триоктаэдрами, правда только в виде три- и гексагональных наноразмерных впадин (рис. 4) [13]. Если в параморфозе доминирует лонсдейлит, то растворение вскрывает его прямоугольные наноразмерные пластинки (рис. 4).

Габитусы кристаллов эндогенного алмаза. Отчетливо различаются несколько основных и производных типов габитуса кристаллов алмаза из кимберлитов, лампроитов, лампрофиров и метаморфических пород: октаэдрический, кубический, додекаэдрический и тетрагексаэдрический (рис. 5). Нередко в ограничении кристаллов алмаза участвуют разные комбинации указанных форм. Но только октаэдрический габитус определяет истинная простая форма кристаллов алмаза — октаэдр. Истинный куб не порождает габитусные формы кристаллов алмаза. Габитусные алмазные кубы имеют разную природу. Они возникают при вырождении граней октаэдра (так называемые

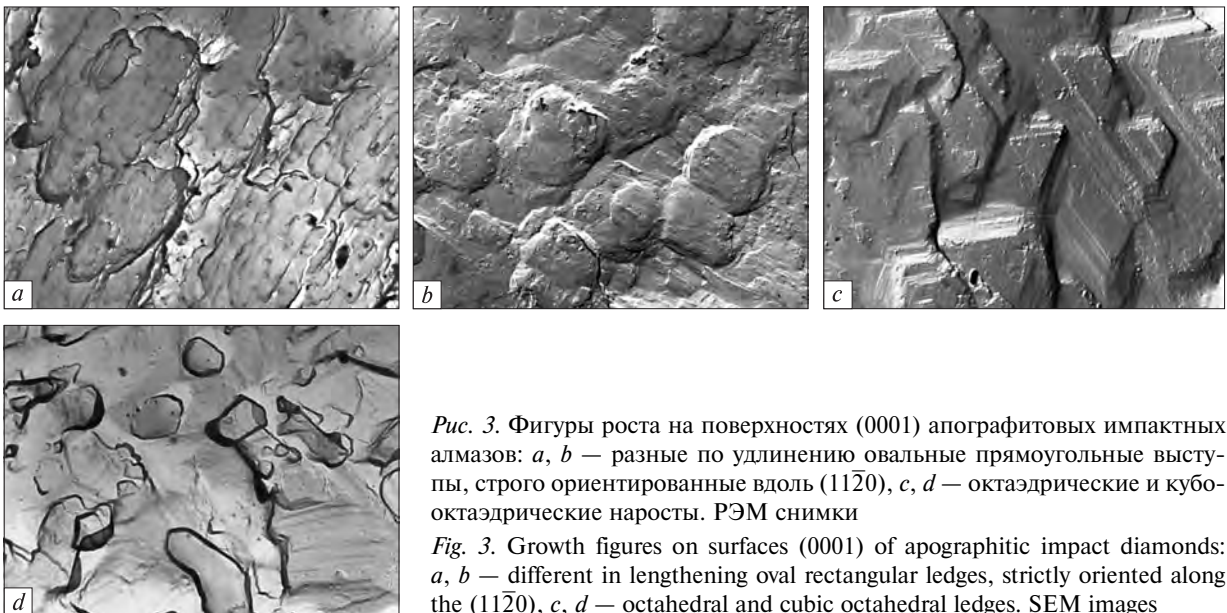


Рис. 3. Фигуры роста на поверхностях (0001) апографитовых импактных алмазов: *a, b* — разные по удлинению овальные прямоугольные выступы, строго ориентированные вдоль $(11\bar{2}0)$, *c, d* — октаэдрические и кубо-октаэдрические наросты. РЭМ снимки

Fig. 3. Growth figures on surfaces (0001) of apographitic impact diamonds: *a, b* — different in lengthening oval rectangular ledges, strictly oriented along the $(11\bar{2}0)$, *c, d* — octahedral and cubic octahedral ledges. SEM images

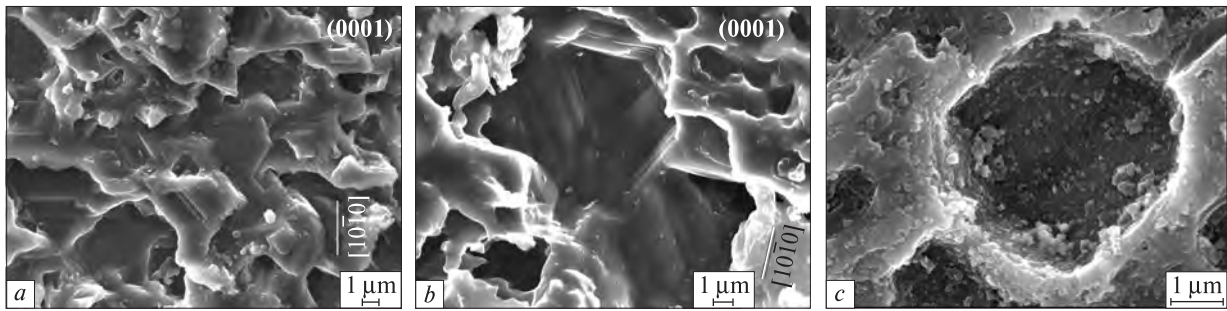
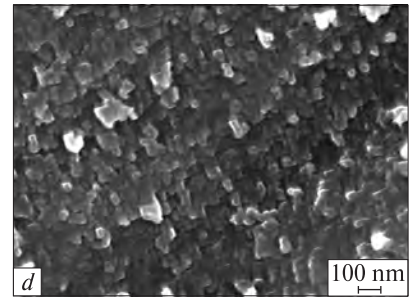


Рис. 4. Фигуры растворения на поверхностях (0001) апографитовых импактных алмазов: *a, b* — тре- и шестиугольные впадины, *c, d* — узоры прямоугольных пластинок во впадинах. РЭМ снимки

Fig. 4. Etch figures on surfaces (0001) of apagraphitic impact diamonds: *a, b* — triangular and hexagonal cavities, *c, d* — patterns of rectangular plates in the depressions. SEM images



псевдокубы) и при росте волокнами по (111) и (100) (их можно назвать поликристаллическими кубами) и, возможно, при растворении этих габитусных форм образуются кубоиды и тетрагексаэдровиды. Октаэдровиды и додекаэдровиды — это результат растворения октаэдра. Комбинационный тип состоит из элементов указанных выше габитусов в разных сочетаниях. Для каждого алмазопоявления и месторождения существует характерное соотношение габитусов кристаллов. Алмазам из метаморфических пород свойственен широкий спектр габитусов, меняющийся в зависимости от минерального состава пород. В каждой кимберлитовой трубке набор габитусов более-менее постоянен. При этом трубки

и разные петротипы кимберлита одной и той же трубки могут различаться по соотношению габитусов кристаллов алмаза. В зависимости от количества коренных источников, промежуточных коллекторов и истории формирования россыпи соотношение габитусных форм алмаза в ней может быть разным.

Габитусы кристаллов импактного алмаза. В полном соответствии с габитусными формами кристаллов графита среди импактных алмазов распространены пинакоидальные и пинакоидально-призматические кристаллы (рис. 2).

Облики кристаллов эндогенного алмаза. Идеально изометрические кристаллы — редкость. Уплотнение вдоль тройных и удлинение вдоль двойных и четверных осей симметрии — это

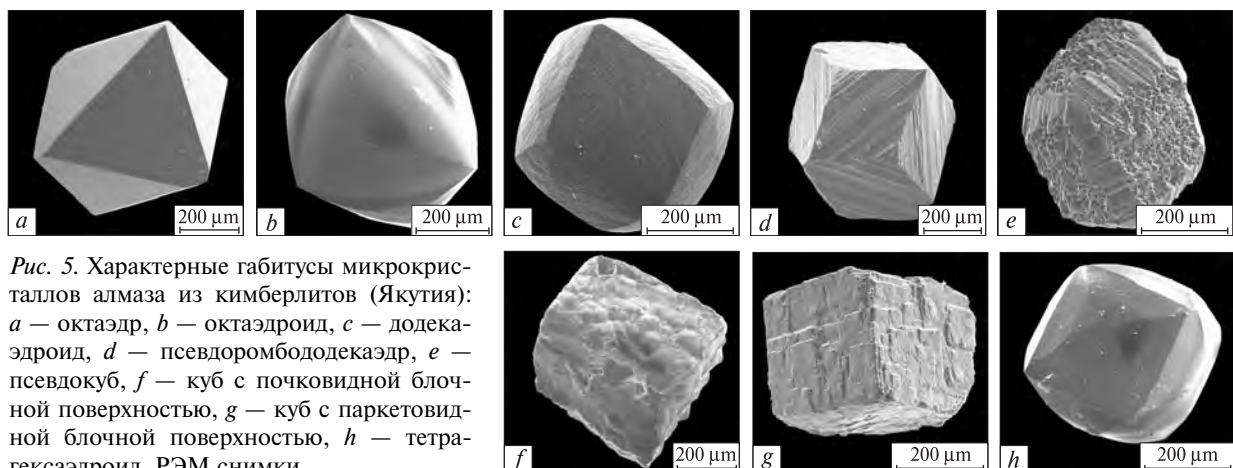


Рис. 5. Характерные габитусы микрокристаллов алмаза из кимберлитов (Якутия): *a* — октаэдр, *b* — октаэдровид, *c* — додекаэдровид, *d* — псевдоромбододекаэдр, *e* — псевдокуб, *f* — куб с почковидной блочной поверхностью, *g* — куб с паркетовидной блочной поверхностью, *h* — тетрагексаэдровид. РЭМ снимки

Fig. 5. Characteristic habits of diamond microcrystals from kimberlites (Yakutia): *a* — octahedron, *b* — oktahedroid, *c* — dodecahedroid, *d* — pseudorhombic dodecahedron, *e* — pseudocube, *f* — cube with kidney-block surface, *g* — cube with parquet block surface, *h* — tetrahexahedroid. SEM images

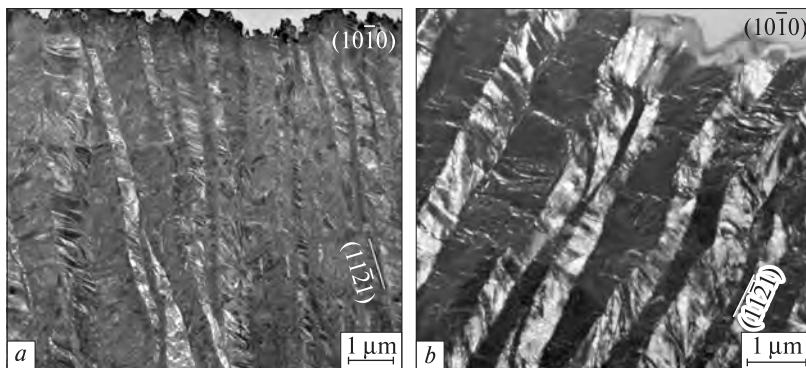


Рис. 6. Механические двойники апографитовых импактных алмазов (Попигаийский метеоритный кратер): *a* — общий вид на плоскость $(10\bar{1}0)$, *b* — детализация двойников [13]. ТЕМ (трансмиссионно-электронно-микроскопические) снимки
 Fig. 6. Mechanical twins of apographtic impact diamonds (Popigai crater): *a* — general view on the $(10\bar{1}0)$, *b* — detail of twins [13]. TEM (transmission-electron microscope) images

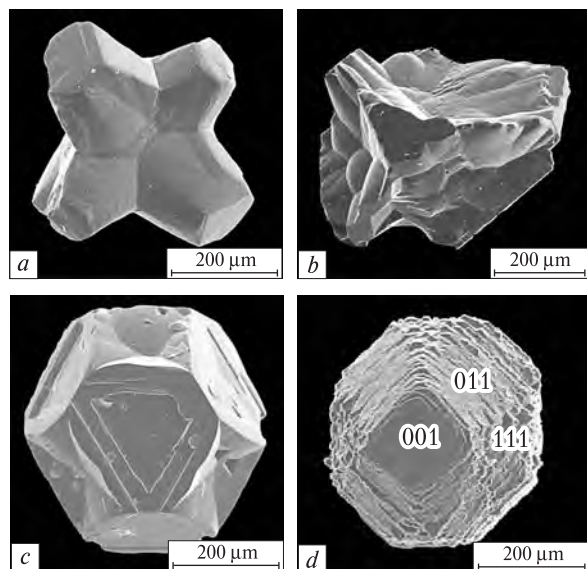


Рис. 7. Скелетные и антискелетные микрокристаллы алмаза из кимберлитов (Якутия): *a–c* — разные по форме скелеты, *d* — антискелет — комбинация куба, октаэдра и ромбододекаэдра, возникающая при спиральном росте кристалла по (001) . РЭМ снимки

Fig. 7. Skeletal and antiskeletal diamond microcrystals from kimberlites (Yakutia): *a–c* — different in form skeletons, *d* — antiskeleton — a combination of the cube, octahedron and rhombic dodecahedron, which arose in the spiral crystal growth on (001) . SEM images

наиболее частые искажения октаэдров, кубов, додекаэдроидов, комбинационных полиэдров. Уплотнение вдоль тройной оси особенно характерно для двойников кристаллов.

Облики кристаллов импактного алмаза: согласно структурному мотиву графита наиболее характерны пластинчатые по (0001) кристаллы.

Двойниковые сростки кристаллов эндогенного алмаза. Двойники кристаллов разного габитуса, реже их пятерники по (111) обычны среди алмазов из кимберлитов, лампроитов. Редко встречаются так называемые псевдотетраэдры — двойники по-разному развитых

октаэдров алмаза по (111) , когда один из индивидов имеет вид пластинки по (111) .

Двойниковые сростки кристаллов импактного алмаза. Кроме редких двойников апографитовых кристаллов (по закону Веселовского), кристаллам импактного алмаза на микроуровне свойственно двойникование по $(11\bar{2}1)$. На пинакоидальных гранях оно проявлено в виде параллельной штриховки (рис. 2). При интенсивном развитии такого механического двойникования по $(11\bar{2}1)$ на поверхностях (0001) возникают хорошо заметные треугольные выступы, ограниченные узкими полосками граней $(1.1.\bar{2}.15)$ и $(11\bar{2}1)$ и пересекающими всю поверхность (0001) , а в разрезе кристалла отчетливо проявлены полисинтетические двойники (рис. 6), характерные для кристаллов графита. На наноуровне для фаз алмаза в параморфозах зафиксировано двойникование по (111) .

Скелеты и антискелеты кристаллов эндогенного алмаза. Собственно скелетные образования весьма редки (рис. 7). Антискелеты — обычное явление. Они могут быть разнообразными по форме, но возникают при антискелетном росте кристаллов пластинками по (111) (рис. 5, 7).

Скелеты и антискелеты кристаллов импактного алмаза не зафиксированы.

Автоэпитаксические сростки кристаллов эндогенного алмаза. К ним можно отнести алмазы в "рубашке", когда на монокристалл алмаза нарастает его поликристаллическая фаза. Весьма редки так называемые вершинники алмаза — наросты на вершинах кубов.

Автоэпитаксические сростки импактного алмаза. Весьма редки наросты октаэдров и кубо-октаэдров алмаза на поверхностях алмазных параморфоз. Они примечательны тем, что их части образовались разными способами (рис. 3).

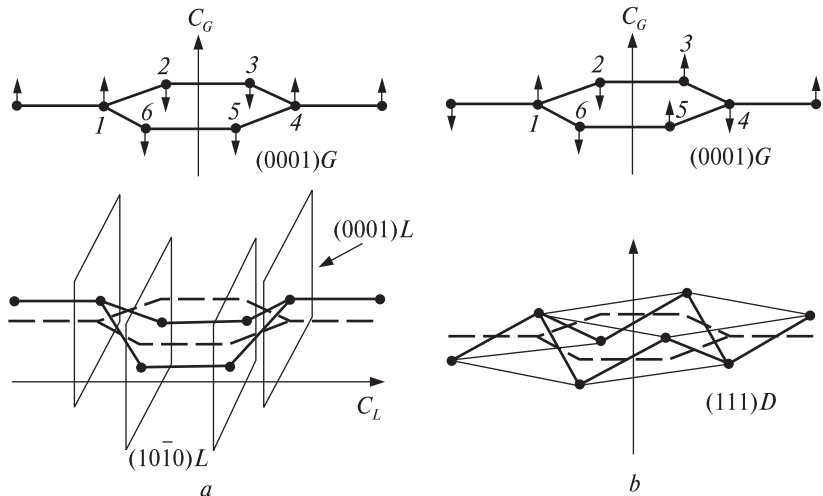


Рис. 8. Два способа трансформации слоев графита (G) при ударной нагрузке [5]: a — продольный изгиб, образование структуры лонсдейлита (L); b — гофрировка, образование структуры алмаза (D)

Fig. 8. Two ways to transform graphite (G) layers under impact load [5]: a — buckling, formation of lonsdaleite (L) structure, b — corrugation, formation of diamond (D) structure

Способы и механизмы роста кристаллов эндогенного алмаза. Этот алмаз преимущественно имеет идиоморфную форму, он растет в форме кристаллов, их сростков и поликристаллических образований (борт, баллас). Если он растет в магме, то для соблюдения идиоморфизма должен кристаллизоваться одним из первых. Однако наличие в алмазе разных минеральных включений (гранаты, пироксены, хромшпинелиды и др.) противоречит этому. Кроме того, алмаз редко срастается с минералами силикатной магмы (известны редчайшие сростки с гранатом и др.), тогда как сростки алмаза с алмазом — обычное явление.

Это актуализует вопросы о времени кристаллизации алмаза и природе включений в нем (прото- или сингенетических). Если алмаз растет одновременно с этими минералами, то следует искать иную причину его идиоморфизма. Ксеноморфные алмазы зафиксированы только в метеоритах и, изредка, в метаморфических породах. На большинстве кристаллов эндогенного алмаза отчетливо проявлено послойное напластование по (111), что свидетельствует о тангенциальном антискелетном механизме их роста (рис. 5). При изучении внутреннего строения кристаллов наблюдается также послойный рост по (100) и сферическое наложение (подобие агатового). Спиральный рост кристаллов алмаза фиксируется очень редко. Японские исследователи отмечали спирали роста на гранях {111}, нами зафиксированы спирали роста на гранях {100} (рис. 7). В последнем случае грани октаэдра и ромбододекаэдра образуются вследствие вырождения граней куба.

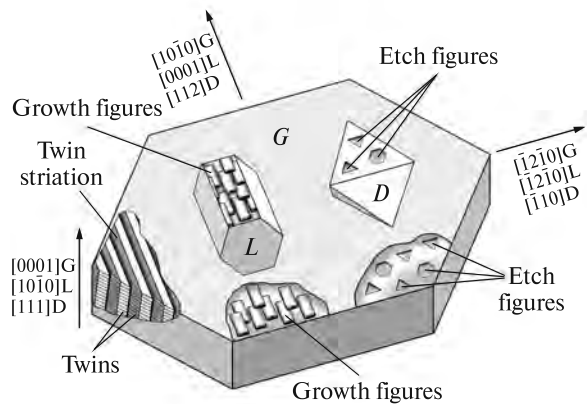


Рис. 9. Ориентационные соотношения структур исходного графита и новообразованных фаз алмаза и лонсдейлита в импактном апографитовом алмазе (G — кристалл графита, D — гипотетический кристалл алмаза, L — гипотетический кристалл лонсдейлита). Фигуры роста и растворения на поверхности (0001) параморфозы [13]

Fig. 9. Orientation relationship of structures of precursor graphite and newly formed lonsdaleite and diamond (G is a graphite crystal, D is a hypothetical diamond crystal, L is a hypothetical lonsdaleite crystal). The growth and etch figures on the (0001) surface of paramorphose [13]

Часть алмазных кубов образуется в результате нарастания волокон и субпараллельных микроблоков вдоль направлений [100], т. е. им свойственен нормальный (волоконистый) и микроблочный (адгезионный) механизмы роста (рис. 5). Как раз при антискелетном послойном росте возникают габитусные псевдоромбододекаэдры и псевдокубы (рис. 5, d , e), а также грани { hhl }, { hkk } и, возможно, грани { $hk0$ } и { hkl }. Это пассивные формы роста (без собственных пирамид). Согласно такому механизму происходит эволюция алмазного октаэдра в другие псевдоформы.

Способы и механизмы роста импактного алмаза. Апографитовый импактный алмаз образуется вследствие твердофазового перехода графитовой структуры в лонсдейлит и алмаз по мартенситному механизму. При так называемом продольном изгибе графитовых слоев возникает структура лонсдейлита, а при их гофрировке — структура алмаза (рис. 8). Такой механизм образования определяет строгие ориентационные соотношения разных кристаллических фаз углерода (алмаза, лонсдейлита и графита) в импактном апографитовом алмазе (рис. 9), а также фигур роста и растворения на поверхностях (0001). Как отмечено выше, в результате свободной кристаллизации и послойного роста на некоторых алмазных параморфозах автоэпитаксически нарастают нанокристаллические полиэдры алмаза.

Форма кристаллов алмаза и ее зависимость от структуры. Теоретические основы геометрической кристаллографии алмаза были разработаны А.Ф. Уэллсом [18], Г.А. Вольфом [19], П. Хартманом [9, 11], И. Сунагавой [16, 17].

В ряд по уменьшению относительной ретикулярной плотности сеток кристаллические формы алмаза располагаются так: (110) — 1,414 → (111) — 1,154 → (100) — 1,0 → (112) — 0,816 → (130) — 0,632 → (113) — 0,604 → → (231) — 0,534 → (114) — 0,472 → (331) — 0,458 → (120) — 0,447 → (332) — 0,426 и т. д. То есть самая важная ростовая форма алмаза — октаэдр — не возглавляет эту последовательность. А.Ф. Уэллс [18] для объяснения преимущественного роста кристаллов алмаза по плоскостям (111) объединил пару октаэдрических сеток, тесно прилегающих друг к другу, в одну суммарную сетку, получив таким образом плоскость элементарного слоя. Согласно Г.А. Вольфу [19], для искусственных веществ с алмазной структурой ряд важных ростовых форм следующий: {111}, {001}, {113}, {011} и {013}. П. Хартман [9, 11] произвел *PBC* (*Periodic band chains*) анализ кристаллов алмаза: {111} — содержит *3PBC* — это *F*-грани (плоские), {110} — содержит *1PBC* — *S*-грани (ступенчатые), а {100} — не содержит *PBC* — *K*-грани (шероховатые). Согласно П. Хартману, самыми важными в алмазе должны быть грани, параллельные не менее двум векторам с сильными связями (*PBC*). В зоне [110] все грани между ($\bar{1}\bar{1}1$) и (111) должны полностью или частично быть шероховатыми, тогда как грани между (111) и (11 $\bar{1}$) — ступенчатыми.

Исходя из такого анализа, послойный механизм роста возможен только для граней октаэдра, грани {110} и {*hhl*} должны быть ступенчатыми, грани остальных форм, включая куб, не должны появляться на кристаллах алмаза в виде плоских кристаллографических граней. Однако на кристаллах синтетического алмаза грани {111}, {100}, {110}, {311}, {511}, {711} плоские, а на кристаллах природного алмаза грани тетрагон-триоктаэдра ступенчатые, как и грани {110} и {*hhl*}.

Объяснение появлению плоских граней куба на кристаллах синтетического алмаза дал И. Сунагава [16, 17]. Он предположил, что грани куба — это *S*- и *F*-грани. При реконструкции поверхности (100) — заполнении некомпенсированных связей в двух идентичных зонах [110] и [1 $\bar{1}$ 0], грани куба преобразуются в *F*-грани с *2PBC*. Таким образом, возможен послойный рост граней куба для кристаллов синтетического алмаза, имеющего крупные элементы роста. Однако И. Сунагава не допускал слоистого роста граней куба для кристаллов природного алмаза, поскольку считал, что природный алмаз растет в силикатной системе с атомными элементами роста. Тем не менее, на кристаллах природного алмаза встречаются плоские грани всех семи простых форм гексоктаэдрического класса симметрии. При этом плоским граням куба на кристаллах природного алмаза свойственен слоистый, в том числе спиральный, рост по (100). Плоские грани всех других типов кристаллических форм алмаза, по-видимому, принадлежат к так называемым граням торможения. Все они, включая и плоские грани куба, не достигают габитусного развития.

Выводы. Результаты минералого-кристаллографического исследования свидетельствуют о том, что в природе реализуются два способа кристаллизации алмаза. Это свободный рост, т. е. диффузионная кристаллизация, и принудительный рост при ударной нагрузке — твердофазовый переход. Возможны также несколько механизмов формирования кристаллов (слоистый тангенциальный, спиральный, нормальный и блочный для эндогенного алмаза, а также механизм перекристаллизации для импактного алмаза).

Версия кристаллизации эндогенного алмаза из флюида в относительно свободном пространстве (преимущественно в микроскопических полостях и трещинах) может

объяснить идиоморфизм большинства его кристаллов.

Не совсем ясна причина преимущественно-го антискелетного механизма роста кристаллов эндогенного алмаза: почему грань кристалла формируется от ее центра, а не от ребра. Знаменательно, что с увеличением размера кристаллов эндогенного алмаза его ограничение упрощается — кристалл, как правило, покрывается гранями октаэдра. Такое "морфологически размерное" явление характерно для кристаллов многих минералов и синтетических кристаллов многих веществ — они увеличиваются за счет роста структурно важных граней. Для эндогенных алмазов необходимо все же более детально выяснить природу полиэдриии микрокристаллов, детально изучив их анатомию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартошинский З.В., Квасница В.Н. Кристалломорфология алмаза из кимберлитов. — Киев : Наук. думка, 1991. — 172 с.
2. Вальтер А.А., Еременко Г.К., Квасница В.Н., Полканов Ю.А. Ударно-метаморфогенные минералы углерода. — Киев : Наук. думка, 1992. — 172 с.
3. Варшавский А.В., Буланова Г.П. Микрокристаллы природного алмаза // Докл. АН СССР. — 1974. — 217, № 5. — С. 1069—1072.
4. Квасница В.Н., Коптиль В.И., Зинчук Н.Н. Типоморфизм микрокристаллов алмаза. — М. : Недра, 1999. — 224 с.
5. Курдюмов А.В., Пилянкевич А.П. Фазовые превращения в углероде и нитриде бора. — Киев : Наук. думка, 1979. — 188 с.
6. Кухаренко А.А. Алмазы Урала. — М. : Госгеолтехиздат, 1955. — 514 с.
7. Митрофанова К.В. Новые данные по фотогониометрии алмазов // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. — 1955. — Ч. 84, вып. 2. — С. 220—223.
8. Ферсман А.Е. Кристаллография алмаза. — М. : Изд-во АН СССР, 1955. — 566 с.
9. Хартман П. Зависимость морфологии кристалла от кристаллической структуры (вводная лекция по морфологии кристаллов) // Рост кристаллов. — М. : Наука, 1967. — Т. 7. — С. 8—24.
10. Шафрановский И.И. Кристаллография округлых алмазов. — Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1948. — 132 с.
11. Hartman P. The non-uniform distribution of faces in a zone // Z. Kristallogr. — 1965. — 121. — P. 78—80.
12. Kalb G. Die Morphologie der Diamantkristalle unter Berücksichtigung der Oberflächenstruktur // Neues Jahrb. Mineral. Monatsh. — 1967. — 7, 8. — P. 193—256.
13. Kvasnytsya V., Wirth R. Micromorphology and internal structure of apographitic impact diamonds : SEM and TEM study // Diamond and Related Materials. — 2013. — 32. — P. 7—16.
14. Moore M. Optical studies of diamonds and their surfaces : a review of the plate professor Tolansky work // The properties of diamond / Ed. J.E. Field. — London-New-York-San-Francisco : Acad. Pres, 1979. — P. 245—277.
15. Moore M. Diamond morphology // Ind. Diamond Rev. — 1985. — 45, No 2. — P. 67—71.
16. Sunagava I. Morphology of natural and synthetic diamond crystals // Materials of the Earth's Interior. — Tokyo : TERRA PUB, 1984. — P. 303—330.
17. Sunagava I. Morphology of diamonds // Morphology and phase equilibrium of minerals (Materials of IMA, 1982). — Sophia, 1986. — P. 195—207.
18. Wells A.F. Crystal habit and internal structure // Phil. Mag. — 1946. — 37, No 266. — P. 184—199.
19. Wolff G.A. Faces and Habits of Diamond Type Crystals // Amer. Miner. — 1956. — 41, No 60. — P. 60—66.

Поступила 26.03.2013

В.М. Квасниця

НАРИС МІНЕРАЛОГІЧНОЇ КРИСТАЛОГРАФІЇ ПРИРОДНОГО АЛМАЗУ

Узагальнено результати багаторічних досліджень кристаломорфології енді- й екзогенного алмазу на прикладі його мікрокристалів із кимберлітів, метаморфічних порід, імпаکتитів і розсіпів різних алмазоносних провінцій. Наведено дані щодо простих форм мікрокристалів, їхніх габітусів й обрисів, простих та складних двійників, автоепітаксичних зростків, а також щодо антискелетних та скелетних кристалів. Проаналізовано залежність кристаломорфології природного алмазу від структурних особливостей мінералу, від способів і механізмів росту кристалів. Показано, що мікрокристали ендігенного алмазу відрізняються від його макрокристалів поліедрією різного походження.

V.M. Kvasnytsya

SYNOPSIS OF MINERALOGICAL CRYSTALLOGRAPHY OF THE NATIVE DIAMOND

Results of crystal morphology research of microdiamonds from kimberlites, metamorphic rocks, impactites and placers of different provinces have been summarized. The data on simple forms of microcrystals, their habit and shape, their simple and complex twins, autoepitaxy, skeleton and antiskeleton forms are discussed. The dependence of the appearance of various simple forms of natural diamond crystals on the structural features of the mineral, ways and mechanisms of crystal growth were examined. It is shown that the natural diamond microcrystals differ from its macrocrystals by polyhedra of different origin.