

УДК 548.211

В. М. Квасниця

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М. П. Семененка НАН України, м. Київ, Україна
kvasnytsya@ukr.net

Основні морфологічні різновиди алмазних кубів

Охарактеризовано два основних різновиди кубічних кристалів природного алмазу і мікротопографію їхніх граней та показана їх відмінність від кубічних кристалів штучного алмазу. Особливості морфології кубічних кристалів алмазу зумовлені їхніми механізмами росту.

Ключові слова: алмаз, кристаломорфологія, кубічні кристали, мікротопографія, механізм росту.

Переважаюча більшість кристалів алмазу у мантийних породах таких як кімберліти і лампроїти є октаедрами, індивідами перехідної форми октаедр-ромбододекаедр, індивідами комбінаційної форми октаедр-ромбододекаедр-куб і кривогранними ромбододекаедрами (дододекаедрами). У цих корінних породах відносно рідко трапляються кубічні кристали алмазу (гексаедри), ще рідкісніші – тетрагексаедри. Куби є найпоширенішими серед дрібних кристалів алмазу розміром менше 2 мм і, особливо, серед індивідів розміром менше 1 мм. В інших мантийних породах – у лампрофірах і метакометітах значна частина кристалів алмазу представлена кубами, особливо серед мікрокристалів розміром менше 1 мм. Також багато кубів серед мікрокристалів алмазу розміром менше 0,5 мм містять ультраметаморфічні породи. Значно поширені алмазні куби розміром менше 0,5 мм у неогенових пісках України, наприклад у розсипі Самоткань (Середнє Придніпров'я) вони складають у середньому 50–60 % від видобутих алмазів [1]. Огранення кубів є неплоскогранним, поверхня граней таких кристалів є шорсткою – горбистою чи ямчастою, а у тетрагексаедрів – нерідко округлою. На відміну цьому кубічні грані штучних НРНТ і CVD кристалів алмазу є плоскими і гладкими.

У 1980–1990 рр. З. В. Бартошинський [2, 3] запропонував кристаломорфологічну класифікацію алмазних кубів із кімберлітів і розсипів Якутії, виділивши серед них 11 морфологічних типів. В основу такої класифікації кубів було покладено їхню морфологію, переважно габітус і мікротопографію їхніх граней. В подальшому його класифікація кубів була підтверджена на прикла-

ді алмазів із кімберлітів Біломор'я [4]. Вивчення значної кількості алмазних кубів із неогенових пісків України і ультраметаморфічних порід Казахстану дозволяє нам підтвердити запропоновану З. В. Бартошинським класифікацію, дещо уточнивши її і звести її до двох основних різновидів кубів – власне кубів і псевдокубів, також переважно на основі їхньої кристаломорфології. Такий поділ кубів на два основних різновиди вже було означено в роботі для алмазів із кімберлітів Біломор'я [4]. Окрім того у нашому короткому повідомленні ми хочемо підкреслити значну різницю у побудові граней куба алмазних кристалів природного і штучного походження. Алмазні тетрагексаедри у даній публікації не розглядаються, хоча вони багато в чому подібні до кубів.

В самотканських неогенових пісках та інших різновікових теригенних відкладах України домінують два вищезначені різновиди кубічних кристалів алмазу, характеристика яких наведена нижче. З цих різновидів частіше трапляються куби, рідше псевдокуби – принаймні у більшості колекцій видобутих алмазів.

КУБИ

Ці поліедри є результатом волокнистого (нормального, фібрильного) росту (рис. 1, *a*). Поверхня їх кубічних граней є шорсткою, складеною з численних мініатюрних горбиків, які є проявом виходу на цю поверхню сукупності пучків ростових волокон (див. рис. 1, *б*). Такі дрібногорбисті поверхні тільки за своїм геометричним положенням відповідають граням куба. Окрім домінуючої волокнистої внутрішньої будови, анатомія таких кристалів може бути складною – секторіальною і зональною з проявом різних зародків, зокрема навіть октаедричних. Не зовсім зрозумілою є причина формування волокнами саме кубічного за формою кристала. Ці поліедри майже завжди забарвлені у різні кольори (жовтий, коричневий, бурий, зелений, фіолетовий, сірий та ін.), збагачені на мінеральні і багатофазові флюїдні включення, азотні і водневі домішки та інші леткі і важкі елементи. Вони часто належать до спектральних типів *Ib–Iab*, тобто до кристалів із слабо агрегованими домішками азоту і відповідно з нетривалим перебуванням у мантії.

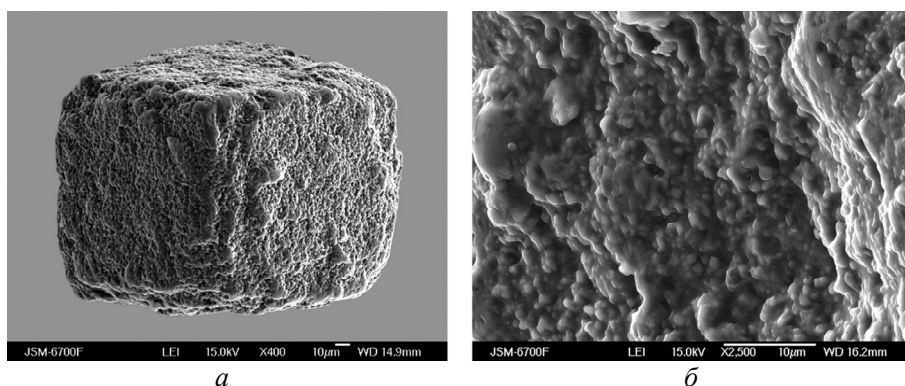


Рис. 1. Куб алмазу (*a*) і характерна дрібногорбиста поверхня грані куба (100) (*б*), мікрокристал із неогенових пісків розсипу Самоткань (Середнє Придніпров'я).

ПСЕВДОКУБИ

Вони побудовані із октаедричних нашарувань, що зменшуються в напрямку до вершин кубів – до виходів осей третього порядку (рис. 2, *a*, *б*). В результаті такого антискелетного росту виникають ямчасті поверхні куба і паралельно штриховані поверхні ромбододекаедра. Це відбувається внаслідок

суттєво більшого наростання октаедричних шарів, ніж їхнього розростання. Поверхні огранення лише за кристалографічною позицією відповідають граням вказаних форм, справжніми на таких кристалах є лише малі за площею чи зовсім мініатюрні грані октаедра. За габітусним значенням такий ріст продукує частіше псевдокуби, рідше – псевдоромбодокедри. Механізм росту псевдокубів, як і октаедрів, дислокаційний (спіральний) чи бездислокаційний (двомірний). Кубічні поверхні цих поліедрів покриті чисельними октаедричними виступами і різними западинами, останні є нерідко квадратними – строго орієнтованими зворотно до контурів поверхні куба (кут повороту 45°) (див. рис. 2, *в*, *г*). Западини мають гостро чи зрізано пірамідальну форму, їх стінки є плоскими, гладкими чи східчасто гладкими та відповідають геометричному положенню граней октаедра. Анатомія більшості псевдокубів відносно проста – складена з октаедричних пірамід росту. Ці поліедри є частіше безбарвними і нерідко мають спектральні характеристики майже аналогічні алмазним октаедрам, тобто належать до типів *IaA–IaAB* з тривалим перебуванням у мантийних умовах.

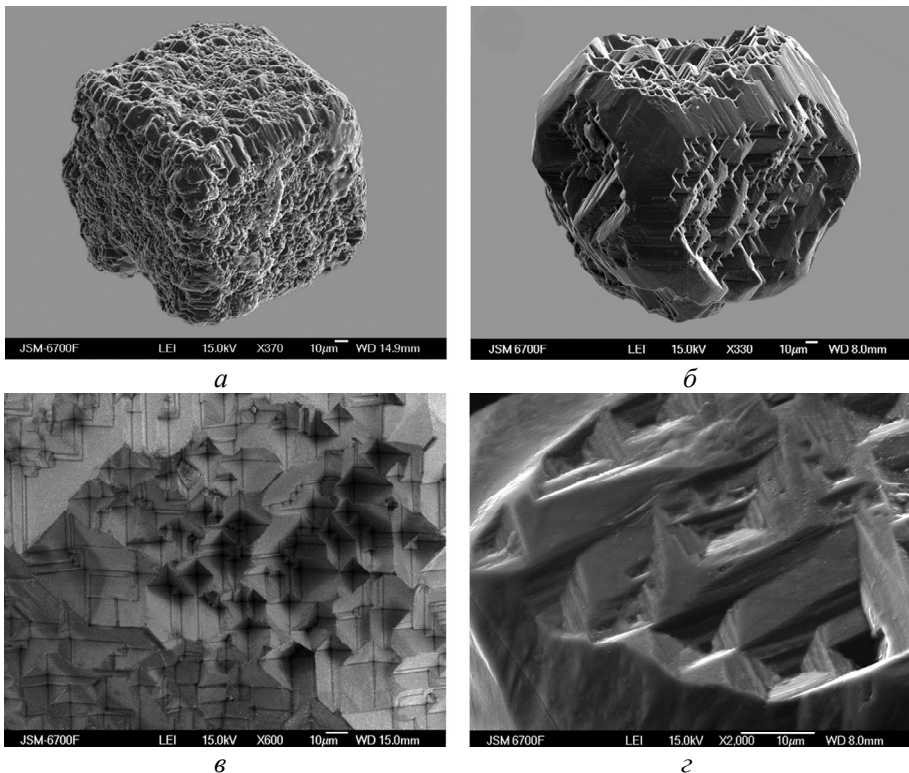


Рис. 2. Псевдокуби алмазу і характерні поверхні граней $\{100\}$: *а* – мікрокристал із неогенових пісків розсипу Самоткань (Середнє Придніпров'я); *б* – мікрокристал із протерозойських конгломератів Волині (псевдокуби ускладнені гранями октаедра і поверхнями ромбодокедра); *в* – ямчата поверхня грані куба, грань $\{100\}$ псевдокубічного кристала; *г* – ямчата поверхня грані куба, грань $\{100\}$ як притуплення вершини октаедричного кристала.

Для росту як кубів, так і псевдокубів необхідні пересичене вуглецем мінералоутворювальне середовище і відповідно швидкий ріст кристалів. Тільки у випадку росту кубів це переважно силікатне середовище має бути ще й збагачене різними домішками і кристалічними нано-мікрофазами. Імовірно захоплення домішок і численних нано-мікровключень викликає появу волокон.

Зокрема існує версія, що саме водневі включення сприяють росту алмазного кристала волокнами, блокуючи розростання октаедричних шарів. Водночас швидкий ріст сприяє захопленню включень і домішок. Цікаво, що прояви волокнистого росту на кристалах штучного НРНТ алмазу не траплялися.

ПЛОСКІ ГРАНІ КУБА

Розвиток плоских і гладких граней куба на кристалах природного алмазу є рідкісним (рис. 3), окрім часто ускладнених незначними плоскими гранями куба октаедричних мікрокристалів алмазу із офіолітів і вивержень сучасних вулканів [5, 6] та інколи таких же граней куба на октаедричних мікрокристалах алмаза із ультраметаморфічних порід. Також трапляються подібні октаедричні мікрокристали з плоскими гранями куба серед алмазів із неогенових пісків України. Ці плоскі грані куба на вище означених кристалах алмазу ніколи не мають габітусного значення, тоді як на штучних НРНТ і CVD кристалах алмазу вони є часто габітусними (рис. 4).

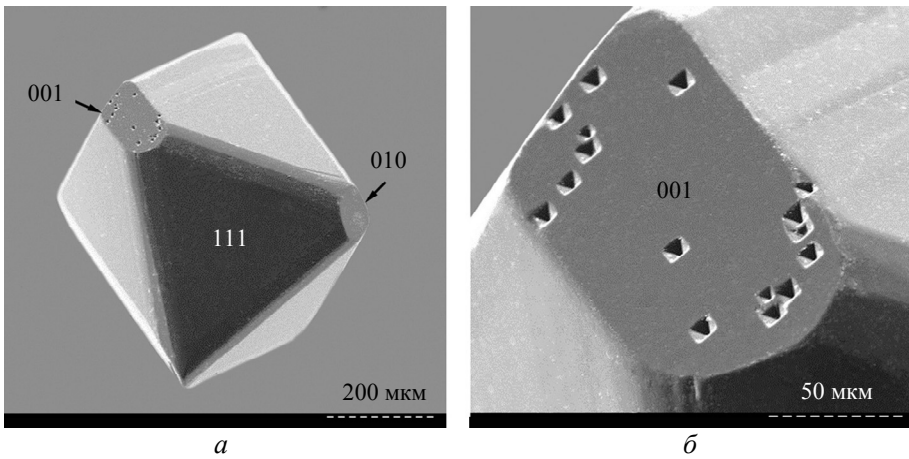


Рис. 3. Плоскі, гладкі грані куба на октаедричному мікрокристалі алмазу з кімберлітів Якутії [7]: загальний вигляд кристала (а) і деталізація окремої грані куба (б).

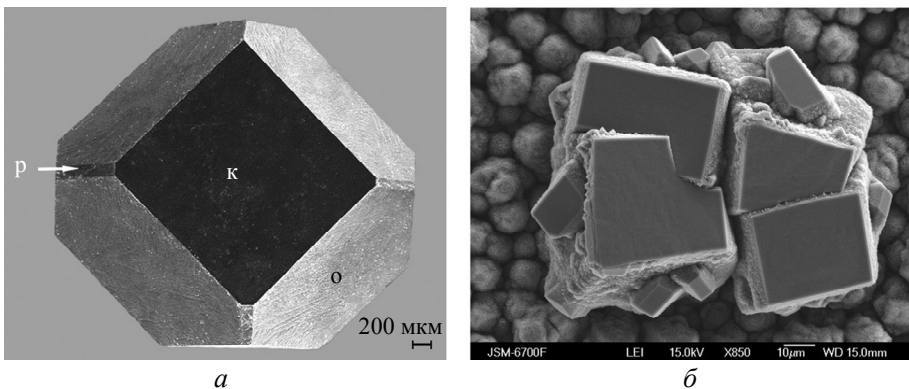


Рис. 4. Плоскі, гладкі грані куба на кристалах штучного алмазу: а – кубо-октаедричний НРНТ алмаз (к – грань куба, о – октаедра, р – ромбододекаедра); б – скупчення кубічних кристалів CVD алмазу; НРНТ і CVD кристали синтезовано в Інституті надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України.

Пояснення росту плоских і гладких граней куба на кристалах штучного НРНТ і CVD алмазу дав І. Сунагава [8, 9]. На кристалах НРНТ алмазу, які

синтезовані в метал-вуглецевій системі, грань куба у випадку її поверхневої реконструкції внаслідок адсорбції молекул N_2 чи H_2 може вести себе як гладка поверхня – тобто здійснюється перехід шорсткої грані куба К в гладку грань F (класифікація граней за розробкою П. Хартмана). Поява плоских граней куба на кристалах CVD алмазу також може бути зумовлена адсорбцією молекул водню [9]. Із припущення І. Сунагави реконструкція поверхні для кристалів НРНТ алмазу можлива в такому штучному розчині-розплаві, в якому металевий елемент як розчинник має невеликий іонний радіус, тоді як в природному силікатному середовищі з розчинником із великим іонним радіусом цього не відбувається. Втім причина появи плоских і гладких граней куба може бути й іншою, оскільки кристали алмазу з офіолітів і вивержень сучасних вулканів також ростуть у силікатному середовищі, як і рідкісні октаедричні мікрокристали алмазу з плоскими і гладкими гранями куба з кимберлітів.

ВИСНОВКИ

Можна констатувати, що в мантійних алмазоносних породах зі зменшенням розміру кристалів алмазу зростає кількість їхніх кубів, особливо серед кристалів розміром менше 0,5 мм. Причину цього явища не з'ясовано, можливо куби зароджуються і ростуть за відносно низьких температур.

Різниця у середовищі кристалізації та у механізмах росту зумовлюють характер і ступінь розвитку граней куба на кристалах природного і штучного алмазів – волокнистого для першого і дислокаційного (спірального) чи бездислокаційного (двовірного) для другого. Псевдокуби природного алмазу ростуть за дислокаційним (спіральним) чи бездислокаційним (двовірним) механізмом.

Все ж потрібно зазначити, що анатомічні картини кубічних кристалів природного алмазу часто свідчать про їхню складну внутрішню будову з різним поєднанням пошарового (тангенціального) і нормального механізмів росту. Тому зовнішня форма кубів чи псевдокубів визначається типом механізму росту на заключній стадії їхньої кристалізації.

V. M. Kvasnytsya

Seimenko Institute of Geochemistry, Mineralogy, and Ore Formation,

National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Main morphological varieties of diamond cubes

The two main varieties of cubic crystals of natural diamond and the microtopography of their faces are characterized, and their difference from cubic crystals of synthetic diamond is shown. Features of the morphology of cubic diamond crystals are due to their growth mechanism.

Keywords: *diamond, crystal morphology, cubic crystals, microtopography, growth mechanism.*

1. Полканов Ю.А. Мелкие алмазы песчаных отложений: распространение, свойства, происхождение, значение. Симферополь: СПД Барановский А.Э.. 2009. 228 с.
2. Бартошинский З.В. Минералогическая классификация природных алмазов. *Минерал. журнал.* 1983. Том 5, № 5. С. 84–93.
3. Бартошинский З.В., Квасница В.Н. Кристалломорфология алмаза из кимберлитов. Киев: Наук. думка. 1991. 172 с.
4. Бартошинський З, Бекеша С., Винниченко Т., Побережська І. Морфологія та оптичні властивості алмазних кубів та тетрагексаєдрів із кимберлітів. *Мінерал. збірник.* 2003. №53, вип. 1–2. С. 15–34.

5. Dilek Y., Yang J.S. Ophiolites, diamonds, and ultrahigh-pressure minerals: New discoveries and concepts on upper mantle petrogenesis. *Lithosphere*. 2018. Vol. 10, no. 1. P. 3–13.
6. Гордеев Е.И., Силаев В.И., Карпов Г.А. Аникин Л.П., Васильев Е.А., Сухарев А.Е. Об истории открытия и природе алмазов в вулканических породах Камчатки. *Вестник Перм. ун-та. Геология*. 2019. Том 18, № 4. С. 307–331.
7. Kvasnytsya V. Crystal forms of natural microdiamonds. *Diamond Relat. Mater.* 2013. Vol. 39, October. P.89–97.
8. Sunagawa I. Growth and morphology of diamond crystals under stable and metastable conditions. *J. Crystal Growth*. 1990. Vol. 99, no. 1–4. P. 1156–1161.
9. Sunagawa I. *Crystals: Growth, Morphology, and Perfection*, Cambridge, New York, Melbourne: Cambridge University Press, 2005. 308 p.

Надійшла до редакції 21.02.23

Після доопрацювання 21.02.23

Прийнята до опублікування 28.02.23