

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.41.04.003>

УДК 549.211

В.М. Квасниця

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: vmkvas@hotmail.com

ІМПАКТНІ АЛМАЗИ З НЕОГЕНОВОГО РОЗСИПУ САМОТКАНЬ (СЕРЕДНЄ ПРИДНІПРОВ'Я)

Описані імпактні алмази (діаманти) з неогенового титано-цирконієвого розсипу Самоткань, розташованого на Середньопридніпровському мегаблоці Українського щита. Розсип Самоткань є похованим прибережно-морським покладом міоценових пісків. Вони збагачені важкими мінералами, в тому числі мікродіамантами різної природи. Окрім кристалів ендегенного (мантійного) діаманта розсип містить імпактний апографітовий діамант (до 11 % від усієї кількості знайдених кристалів діаманта). Розмір кристалів імпактного діаманта не перевищує 0,3 мм. Корінні джерела живлення розсипу ендегенним і імпактним діамантом невідомі. Наведені результати комплексного вивчення кристалів імпактного діаманта — морфології, мікротопографії, анатомії, ізотопного складу вуглецю, фотолюмінесценції, оптичної, інфрачервоної і раманівської спектроскопії. Кристали імпактного діаманта мають зовнішні морфологічні і внутрішні анатомічні ознаки твердофазового переходу графіту в діамант за ударних навантажень, вони є параморфозами діаманта по графіту. На рівні макроморфології до них можна віднести ідентичні для кристалів графіту і параморфоз діаманта їх пінакоїдальний і пінакоїдально-призматичний габітуси та пластинчастий і табличчастий обрис. На рівні нано-мікроморфології ознаками цього переходу є інтенсивні окремі паралельні штрихи по (11 $\bar{2}$ 1) чи системи цих штрихів у двох-трьох напрямках з кутами 60° між ними на площині (0001), а також новоутворені скульптури на площинах (0001) кристалів. Ці скульптури на площинах (0001) представлені різними нано- і мікроблоками овально-видовженої форми, а також різними ямками розчинення, строго орієнтованими вздовж [10 $\bar{1}$ 0]. Анатомічними ознаками твердофазового переходу графіт — діамант у кристалах самотканських імпактних діамантів є їх полісинтетичне двійникування і полікристалічна будова самих двійників. Ізотопний склад вуглецю імпактних діамантів у межах від -10,35 до -23,06 ‰ $\delta^{13}\text{C}$, за середнього значення -17,64 ‰ $\delta^{13}\text{C}$. Фотолюмінесцентні та спектроскопічні особливості вивчених діамантів свідчать про відсутність азотних дефектів у кристалах, які є характерними для мантійного діаманта. Спектри комбінаційного розсіювання самотканських імпактних діамантів указують на дефектну будову їх кристалів, пов'язану з інтенсивним двійникуванням і полікристалічністю внаслідок ударних навантажень. Обговорено питання про материнське джерело і можливі шляхи надходження імпактного діаманта в розсип Самоткань.

Ключові слова: імпактний апографітовий діамант, морфологія, мікротопографія, анатомія, ізотопний склад вуглецю, фотолюмінесценція, спектроскопія, неогеновий розсип Самоткань, Український щит.

Вступ. На Українському щиті виявлено декілька титано-цирконієвих розсипів неогенового віку, які містять мікроалмази (мікродіаманти) різного походження. Деякі з них можна віднести до родовищ дрібного діаманта. До таких належить, зокрема, розсип Самоткань, який знаходиться у Середньопридніпровському мегаблоці Українського щита. Цей мегаблок потужністю ~200 км є типовою граніт-зеленокам'яною областю архейського віку. У його

межах серед плагіогранітів і гранодіоритів збереглися залишки океанічної кори. Вона представлена зміненими ультраосновними породами і базальтами, перетвореними на амфіболіти і темно-зеленуваті сланці.

Розсип Самоткань є похованим прибережно-морським потужним покладом пісків неогенового віку (міоцен — сарматський ярус, полтавська серія, за [13], а за новими даними [9, 14] — новопетрівська світа полтавської серії). Піски збагачені важкими і стійкими у ході перенесення мінералами (циркон, ільменіт, рутил,

дистен, силіманіт, ставроліт), зокрема мікродіамантами різної природи. Окрім кристалів ендегенного (мантійного) діаманта розсип містить імпактний апографітовий діамант (до 11 % від усієї кількості знайдених тут кристалів діаманта [10]). Корінні джерела живлення розсипу ендегенним і імпактним діамантом невідомі.

Природа всієї популяції ендегенного діаманта остаточно не з'ясована: існує декілька гіпотез, головні серед них — мантійна і метаморфічна. Типові мінерали-супутники діаманта з кімберлітів і лампроїтів у розсіпі не виявлені. Кристали ендегенного діаманта розсипу Самоткань мають ряд специфічних ознак. Більшість кристалів не перевищують 0,13–0,25 мм у діаметрі. Багато з них мають кубічний габітус, звичайні також октаедричні кристали і так звані перехідні форми типу $\{111\} + \{110\}$ і $\{100\} + \{110\} + \{111\}$, рідше трапляються ромбододекаедричні кристали. Наявні також кристали в облямівці. Значна кількість кристалів забарвлена в жовтий, зелений, коричневий і фіолетовий кольори, багато кристалів люмінесцює в оранжевих тонах. Серед самотканських діамантів багато пошкоджених кристалів та їх уламків. У деяких кристалах самотканських діамантів виявлені включення мінералів мантійних лерцолітів (олівін і енстатит) [16].

Мінералогія ендегенного діаманта з розсипу Самоткань висвітлена в численних публікаціях, тоді як імпактний діамант цього розсипу ще не привернув належної уваги. Наша стаття є доповненням до попередніх досліджень самотканського імпактного діаманта і присвячена вивченню його мінералогії, коли одні і ті ж кристали діаманта комплексно досліджено. Насамперед із застосуванням сучасних методів детально досліджено морфологію і мікротопографію кристалів діаманта, їхню анатомію, а також важливі фізичні властивості, які раніше не були вивчені. Стаття є також певним узагальненням раніше отриманих даних про імпактний діамант з розсипу Самоткань.

Попередні дослідження. Історія українського імпактного діаманта починається якраз із його знахідки в неогенових пісках розсипу Самоткань. Це була чи не перша знахідка імпактного діаманта в світі у земній породі. Майже одночасно на півночі Якутії у розсіпі на річці Ебелях був знайдений полікристалічний діамант, названий якутитом, проте його імпактну природу доведено значно пізніше. Вперше ім-

пактний діамант був виявлений сімферопольськими мінералогами в неогенових пісках розсипу Самоткань 1967 року і названий сланцюватим різновидом діаманта через переважно тонкопластинчасту форму його кристалів [10, 11]. У 1970 році в кристалах цього діаманта рентгенографічно діагностовано лонсдейліт. Це стало першою знахідкою лонсдейліту в земних породах, а головне — індикаторною ознакою ударного походження самого діаманта. Результати досліджень цього діаманта в ХХ столітті підсумовані у монографії Ю.О. Полканова [10]. Було вивчено зовнішню форму і скульптури на поверхні кристалів діаманта, їхнє забарвлення і оптичну анізотропію, фото-, рентгено- і термолюмінесценцію, електронний парамагнітний резонанс, ізотопний склад вуглецю, домішки в кристалах, їхній фазовий склад тощо. Майже всі отримані дані свідчили про відкриття нового генетичного типу природного діаманта, про його контрастну відмінність за більшістю ознак від мантійного діаманта з кімберлітів і про його апографітову ударнометаморфогенну природу. Із перерахованих попередніх найважливіших досліджень самотканського імпактного діаманта акцентуємо увагу на таких: 1) за даними морфологічних досліджень показана апографітова форма кристалів діаманта; 2) виконано детальне рентгенографічне вивчення кристалів діаманта, виявлено їх змінний поліфазовий склад (діамант, лонсдейліт, графіт) і текстуровану та полікристалічну внутрішню будову кристалів [11]; 3) для наважок імпактного діаманта різного кольору, які склалися з багатьох десятків і сотень кристалів, отримано дані про легкий ізотопний склад вуглецю [4, 5, 7]; 4) за даними фотолюмінісцентних досліджень і електронного парамагнітного резонансу в кристалах самотканського імпактного діаманта не були виявлені дефекти, пов'язані з домішками азоту, властивими кристалам діаманта кімберлітів.

Зразки і методи дослідження. Морфологія, мікротопографія поверхні і анатомія кристалів імпактного апографітового діаманта з розсипу Самоткань вивчена з використанням методів растрової електронної мікроскопії. Досліджено три десятки різнозабарвлених кристалів. Кристали тонкопластинчасті і таблитчасті, уламкові, тільки деякі добре збережені та з фрагментами гексагональних контурів. Розміри кристалів у площині (0001) від 0,1 до 0,3 мм.

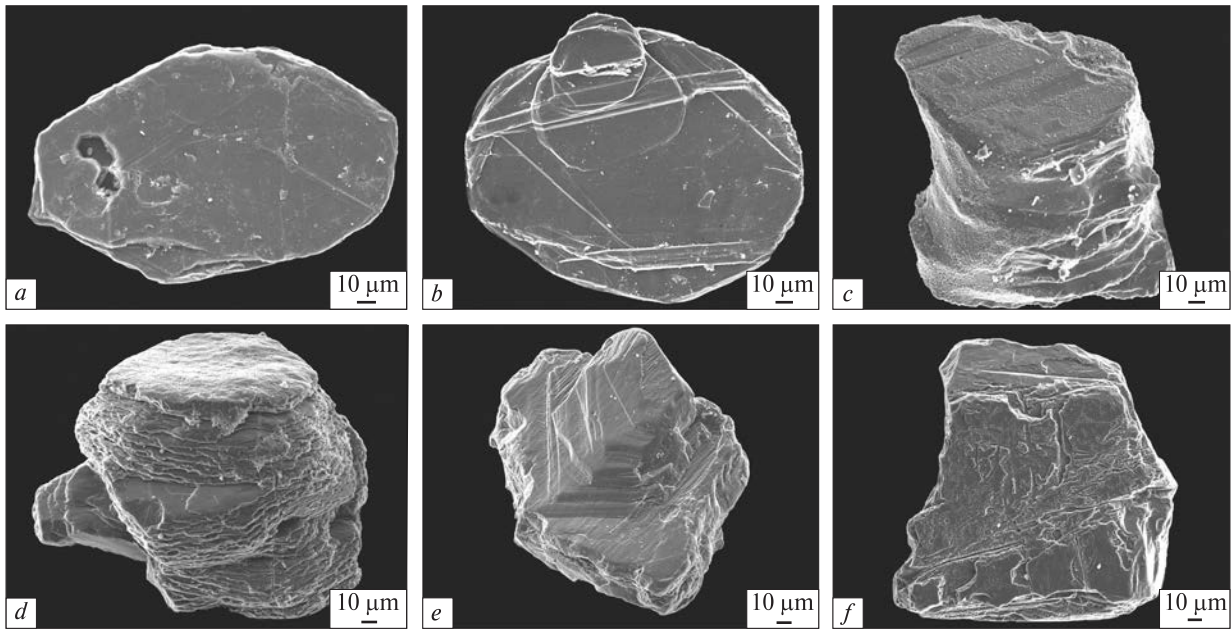


Рис. 1. Імпактні діаманти з розсипу Самоткань, кристали: *a, b* — пінакоїдальні; *c, d* — пінакоїдально-призматичні, *e* — здвійниковані, *f* — уламок пінакоїдального кристала

Fig. 1. Impact diamonds from Samotkan placer: *a, b* — pinakoidal crystals; *c, d* — pinakoidal-prismatic crystals, *e* — twinned crystals, *f* — fragment of pinakoidal crystal

Морфологічне дослідження цих кристалів виконано в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) ім. М.П. Семененка НАН України (м. Київ) на електронному мікроскопі *JSM 6700F* фірми *Jeol* (Японія) з енергодисперсійним аналізатором. Для декількох кристалів діаманта вивчені їх фізичні властивості та ізотопний склад вуглецю. Із них два жовті кристали були досліджені послідовно за допомогою методів фотолюмінесценції, оптичної, інфрачервоної та раманівської спектроскопії. Оптичні і фотолюмінесцентні спектри цих двох кристалів записані в ІГМР НАН України (аналітики М.М. Таран і Т.М. Лупашко), а їхні інфрачервоні та раманівські спектри записані в Центрі геологічних досліджень міста Потсдам, Німеччина (аналітики М.М. Таран і Р. Томас).

Результати досліджень. *Кристаломорфологія і мікротопографія.* Кристали імпактного діаманта з розсипу Самоткань є апографітовими поліфазовими утвореннями — параморфозами лонделейту і діаманта по кристалах графіту (рис. 1). Вони представлені переважно тонкопластинчастими і таблитчастими пінакоїдальними багатогранниками, зрідка пінакоїдально-призматичними багатогранниками, проте серед знайдених діамантів частіше трапляються уламки пінакоїдальних кристалів. Досконало утворені кристали з ідеальною графітовою

морфологією є рідкісними (рис. 1, *a, b*). Також рідкісними є діамантові параморфози двійників графіту по закону Веселовського (рис. 1, *e*). На колишніх пінакоїдальних поверхнях графіту багатьох кристалів розвинуті новоутворені скульптури росту і розчинення — овально-видовжені блоки, тріщини і округлі та прямокутні западини (рис. 2), які раніше виявлено на кристалах імпактного апографітового діаманта з декількох метеоритних структур [6, 17]. Ці скульптури мають свою симетрію і закономірно орієнтовані відносно контурів колишніх граней пінакоїда уздовж $[10\bar{1}0]$. Вони є індикаторами кристалічних фаз параморфоз — лонделейту і діаманта [17]. Скульптури мають розмір від 1–2 до 10 мікрон. Не менш характерними для поверхонь (0001) параморфоз є штрихи двійникування по $(11\bar{2}1)$.

Анатомія. Внутрішня будова кристалів самотканського імпактного діаманта відкривається завдяки електронно-мікроскопічному вивченню їх поверхні за великого збільшення (рис. 2, *e, f*). Кристалам властиво полісинтетичне двійникування по $(11\bar{2}1)$ і полікристалічна будова самих двійників, які є типовими для імпактного апографітового діаманта з метеоритних структур [17]. Розмір кристалітів двійників у самотканських імпактних діамантах — 20–50 нм.

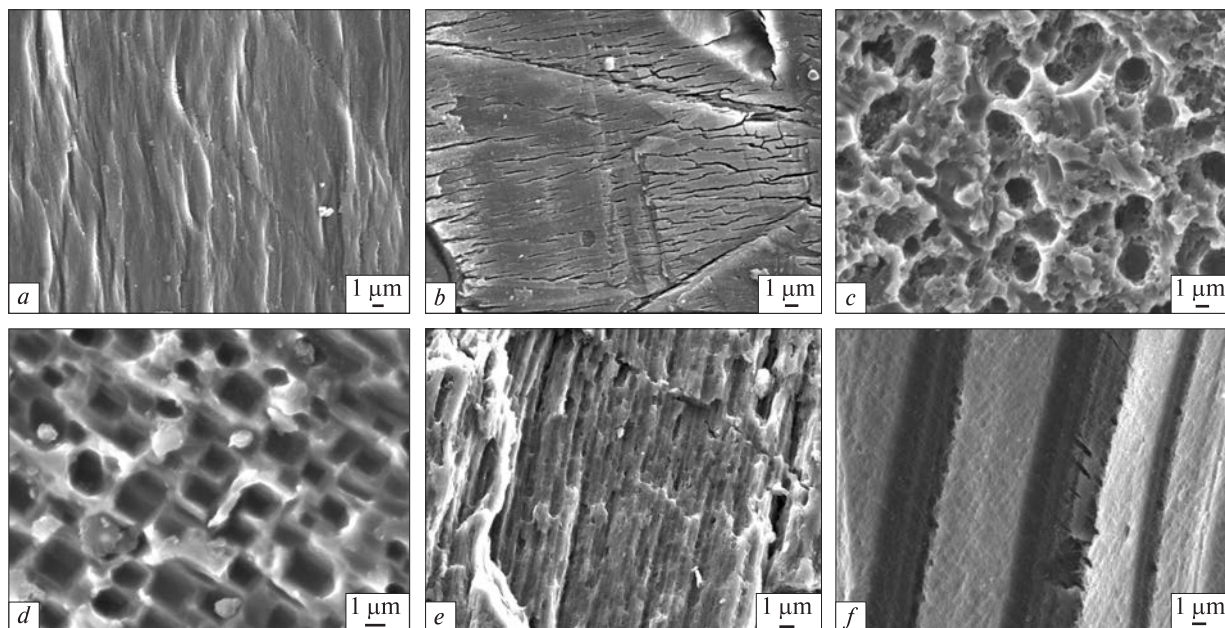


Рис. 2. Скульптури росту і розчинення на поверхнях (0001) кристалів імпактного діаманта з розсипу Самоткань: *a* — горбисті виступи, *b* — тріщини, *c, d* — округлі і чотирикутні западини, *e* — перетинні штрихи по (112̄1), *f* — двійники по (112̄1)

Fig. 2. Growth and dissolution sculptures on surfaces (0001) of impact diamond from Samotkan placer: *a* — hills, *b* — cracks, *c, d* — rounded and rectangular pits, *e* — intersecting strokes on (112̄1), *f* — twins on (112̄1)

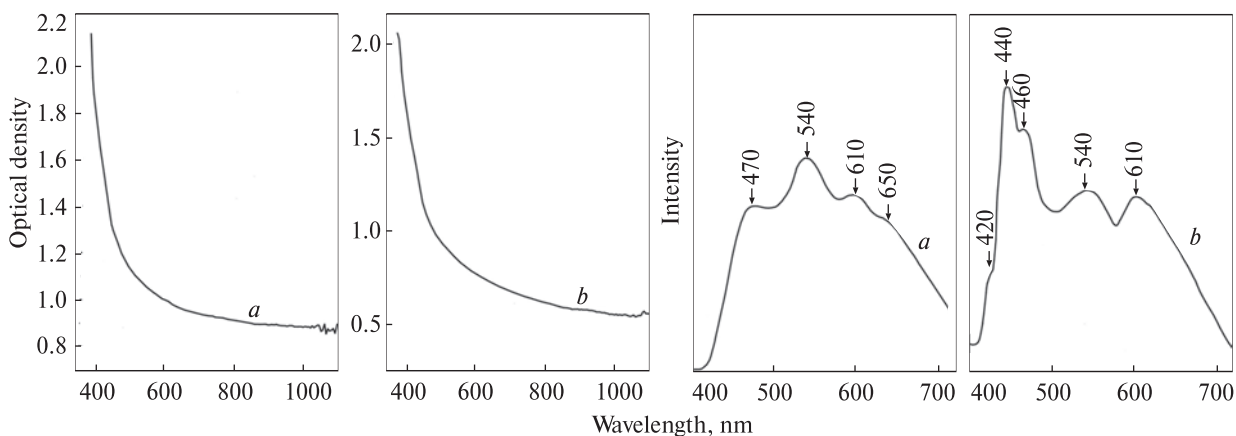


Рис. 3. Спектри поглинання у видимій області (ліворуч) і фотолюмінесценції (праворуч) двох жовтих кристалів імпактного діаманта з розсипу Самоткань (тут і на рис. 4, 5 кристал *a* — світло-жовтий, кристал *b* — жовтий)

Fig. 3. Absorption spectra in the visible region (left) and photoluminescence (right) of two yellow crystals of impact diamond from Samotkan placer (here and in Fig. 4, 5 crystal *a* is light yellow, crystal *b* is yellow)

Ізотопний склад вуглецю. Вивчено ізотопний склад вуглецю для шести різнозбарвлених кристалів самотканських імпактних діамантів (таблиця) [15], вони збагачені переважно легким ізотопом C^{12} . Їхній ізотопний склад від $-10,35$ до $-23,06$ ‰ $\delta^{13}C$, за середнього значення $-17,64$ ‰ $\delta^{13}C$. Ці дані майже співпадають із раніше отриманими для наважок із десятків і сотень кристалів імпактного діаманта з цього розсипу [4, 5, 7], а саме жовті криста-

ли: $-13,5$; $-17,6$ і $-20,1$ ‰ $\delta^{13}C$; чорні кристали: $-15,3$ і $-15,8$ ‰ $\delta^{13}C$.

Оптична спектроскопія. Забарвлення самотканських імпактних діамантів переважно чорне, сіре, сіро-чорне, світло-жовте і жовте, трапляються і безбарвні кристали. Для двох жовтих кристалів записані спектри у видимій області (у діапазоні 350–1100 нм) (рис. 3) [18]. Колір цих діамантів обумовлений сильним короткохвильовим поглинанням, край якого по-

трапляє у видиму область спектра. Подібні спектри отримані для жовтих діамантів із кімберлітів, забарвлення яких спричинено ізольованими атомами азоту в структурі кристалів. Проте азотні центри, за даними фотолюмінесцентних досліджень і інфрачервоної спектроскопії, в цих кристалах не виявлені. Природу жовтого забарвлення вивчених діамантів нез'ясовано.

Фотолюмінесценція. Записані спектри фотолюмінесценції (ФЛ) для двох вищевказаних самотканських жовтих імпактних діамантів (в діапазоні 370–800 нм за збудження $\lambda = 365$ нм і температури 300° К) [8]. У спектрах ФЛ (рис. 3) відсутні типові лінії монокристалів мантійного діаманта: світло-жовтий кристал *a* — смуги 470, 540, 610 і 650 нм, жовтий кристал *b* — смуги 420, 440, 460, 540 і 610 нм. Найінтенсивнішими є широкі безструктурні смуги 440 і 540 нм. Природа всіх смуг нез'ясована. Видима ФЛ цих кристалів оранжево-жовта. Раніше такі ж безазотні спектри ФЛ було отримано для так званих сланцюватих діамантів цього розсипу — широкі смуги з максимумами 580 і 610 нм [10].

Інфрачервона спектроскопія. В інфрачервоних спектрах (ІЧ-спектрах) вивчених семи кристалів самотканських імпактних діамантів не проявлені лінії азотних центрів А, В₁ і С [8]. На рис. 4 показані спектри двох вказаних вище жовтих кристалів діаманта з переважно слабкими лініями і смугами: кристал *a* — 687, 1408, 1562, 2854 і 2921 см⁻¹; кристал *b* — 1108, 1212, 1537, 2336, 2365, 2857, 2923 і 3745 см⁻¹. Смуга 1408 см⁻¹, можливо спричинена валентними коливаннями аніона CO₃²⁻, а лінії в інтервалі 2854–2923 см⁻¹, імовірно належать до валентних коливань зв'язків С-Н в аліфатичних групах СН₂ і СН₃. Природа інших ліній і смуг не визначена, на ІЧ-спектрах мантійного діаман-

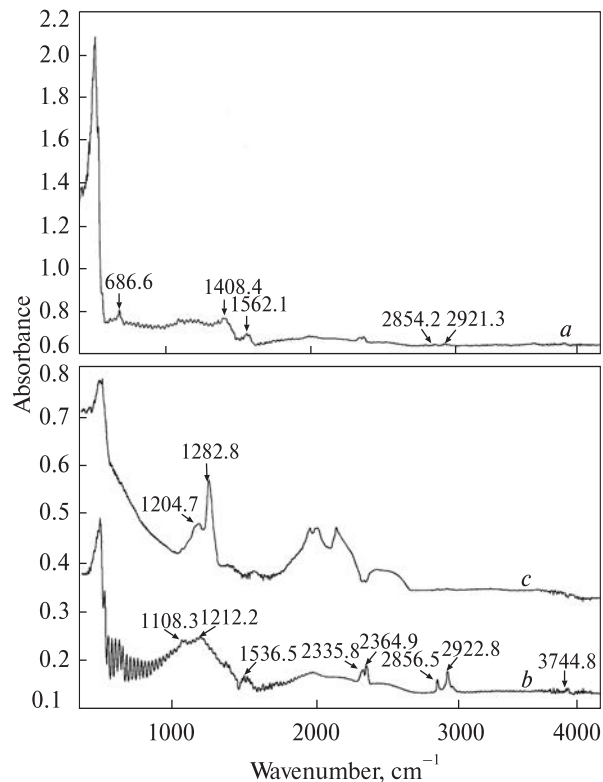


Рис. 4. Інфрачервоні спектри двох жовтих кристалів імпактного діаманта з розсипу Самоткань (*a*, *b*) і безбарвного мікрокристала діаманта октаедричного габітуса (*c*) із цього ж розсипу

Fig. 4. Infrared spectra of two yellow crystals of impact diamond (*a*, *b*) from Samotkan placer and a colorless microcrystal of octahedral habit (*c*) from the same placer

та вони як правило відсутні. Також слабо проявлені лінії в зоні власного двофононного коливання діаманта. Ці лінії згладжені, відсутнє розчеплення найбільш низькочастотної з них на дві компоненти. Це, мабуть, спричинено структурною недосконалістю кристалів. Для порівняння на рис. 4, *c* показано інфрачервоний спектр безбарвного мікрокристала діаман-

Ізотопний склад вуглецю в імпактних алмазах із розсипу Самоткань [15]
Isotopic composition of carbon in impact diamonds from Samotkan placer [15]

Номер кристала	Маса кристала, мкг	Колір кристала та його прозорість	$\delta^{13}\text{C}$, ‰
1	15	Сірий, напівпрозорий	-16,64; -15,84; -15,74
2	8	Сіро-чорний, непрозорий	-15,04
3	24	Чорний, непрозорий	-10,35
4	15	Сіро-жовтуватий, напівпрозорий	-18,20; -17,24
5	24	Сіро-зеленуватий, напівпрозорий	-21,53
6	12	Жовтий, прозорий	-23,06; -22,75
Середнє	16		-17,64

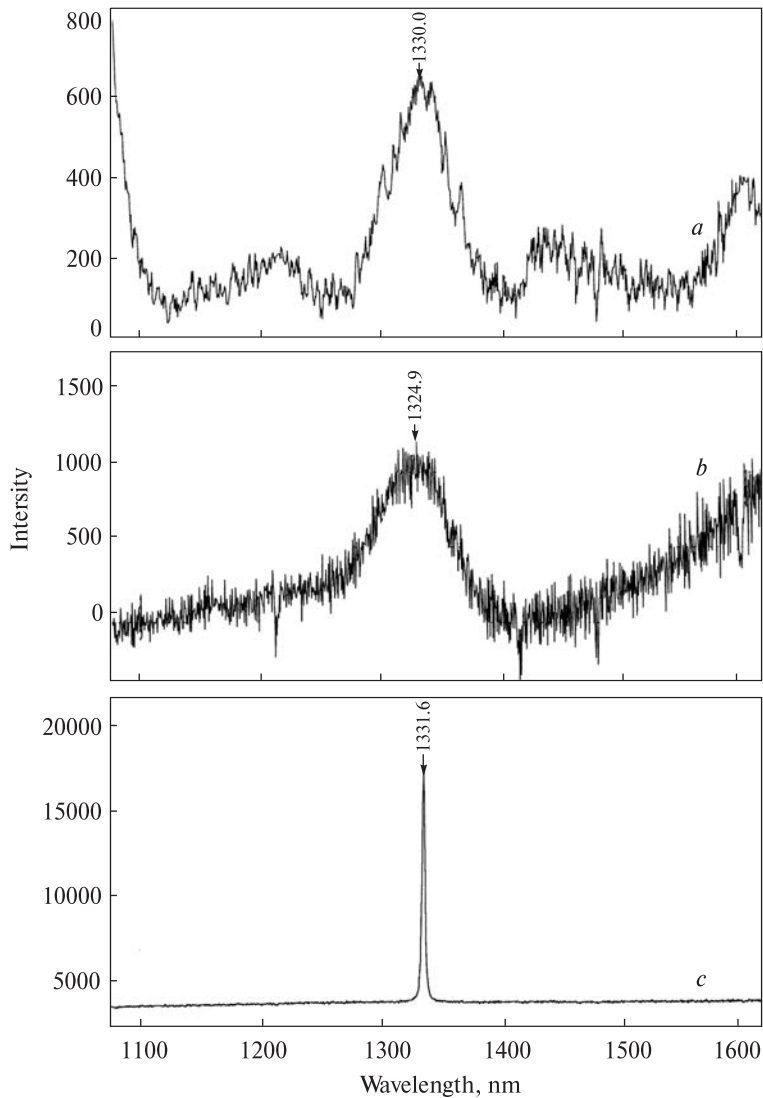


Рис. 5. Спектри комбінаційного розсіювання двох жовтих кристалів імпаکتного діаманта (*a*, *b*) з розсіпу Самоткань і безбарвного мікродіаманта октаедричного габітусу (*c*) із цього ж розсіпу

Fig. 5. Raman spectra of two yellow crystals of impact diamond (*a*, *b*) from Samotkan placer and a colorless microdiamond of octahedral habit (*c*) from the same placer

та октаедричного габітусу з розсіпу Самоткань, на якому видні лінії азотних дефектів (центр А — головна лінія 1282 cm^{-1} , діамант типу Ia) і лінії в двофононній області спектра діаманта. Загалом отримані спектри самотканських імпактних діамантів є близькими до ІЧ-спектрів природного діаманта ударного походження з різних метеоритних кратерів.

Раманівська спектроскопія. Частота і ширина ліній комбінаційного розсіювання (КР) двох вказаних вище імпактних самотканських діамантів такі: світло-жовтий кристал *a* — $\nu = 1330\text{ cm}^{-1}$, $\gamma = 45\text{ cm}^{-1}$; жовтий *b* — $\nu = 1324,9\text{ cm}^{-1}$, $\gamma = 60\text{ cm}^{-1}$ (рис. 5). Тобто для вивчених діамантів має місце відхилення значень частоти і ширини ліній КР від стандарту ($\nu = 1332,5\text{ cm}^{-1}$, $\gamma = 1,65\text{ cm}^{-1}$), що свідчить про значну дефектність структури кристалів та про їх багатофазову і полікристалічну будову. Для порівняння на рис. 5, *c* показано спектр слабо

дефектного безбарвного мікродіаманта діаманта октаедричного габітусу з розсіпу Самоткань, структуру якого можна вважати досконалою.

Обговорення і висновки. За результатами багаторічних попередніх досліджень, узагальнених у монографії [10], особливо рентгенометричного вивчення, давно було показано, що так звані сланцюваті діаманти з пісків неогенового розсіпу Самоткань належать до імпактних утворень [11]. Підтвердженням цього висновку є отримані нами дані комплексного вивчення імпактних самотканських діамантів. Морфологічні, ізотопні, фотолюмінесцентні і спектроскопічні властивості яких є типовими для природних апографітових діамантів ударного походження.

Кристали імпаکتного діаманта з розсіпу Самоткань, так само як і добре вивчені діаманти із відомих метеоритних кратерів [6, 17], мають

зовнішні морфологічні і внутрішні анатомічні ознаки твердофазового переходу графіту в діамант за ударних навантажень. Макроморфологічні ознаки — це ідентичні для кристалів графіту і параморфоз діаманта їх пінакоїдальний і пінакоїдально-призматичний габітуси і пластинчастий та табличчастий обриси. Мікроморфологічними ознаками цього переходу є інтенсивні окремі паралельні штрихи по $(11\bar{2}1)$ чи системи цих штрихів у двох-трьох напрямках із кутами 60° між ними на площині (0001) — сліди інтенсивного двійникування, а також новоутворені скульптури на площинах (0001) параморфоз. Ці нано-мікророзмірні скульптури мають вигляд закономірно орієнтованих уздовж $[10\bar{1}0]$ блоків росту овально-видовженої форми, а також закономірно орієнтованих уздовж $[10\bar{1}0]$ округлих чи геометрично правильних чотирикутних ямок розчинення. Анатомічними ознаками твердофазового переходу графіт — діамант у самотканських імпактних діамантах є їх полісинтетичне двійникування і тонка полікристалічна будова самих двійників.

Фотолюмінесцентні і спектроскопічні особливості вивчених діамантів свідчать про відсутність азотних дефектів у кристалах, які є характерними для мантійного діаманта. Спектри комбінаційного розсіювання самотканських імпактних діамантів указують на дефектну будову їх кристалів, пов'язану з інтенсивним двійникуванням і полікристалічністю унаслідок ударних навантажень.

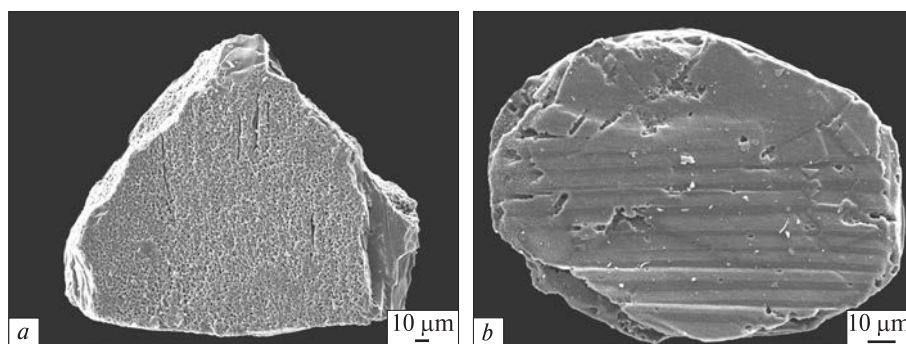
Оскільки самотканські неогенові піски містять значну частину добре відсортованих кристалів імпактного діаманта, то важливим є питання про його материнське джерело. За палеогеографічними реконструкціями і за даними про вік циркону та його елементи-домішки з неогенових пісків розсіпу Самоткань областями зносу для нього були кристалічні породи центральної частини Середньопридніпров-

ського мегаблоку і східної частини Інгуло-Інгулецького мегаблоку [12]. Прогнозують [14], що корінними джерелами осадового матеріалу для розсіпу були криворізька та інгулецька серії осадово-вулканічних порід Криворізько-Інгулецького синклінорію, інгульська серія гнейсів, граніти і магматити кіровоградського типу (Кіровоградсько-Бобринецький, Долинський, Верблюзький і Боковянський масиви). Вважається, що проміжними колекторами є насамперед олігоценів товщі харківської серії та берекського регіорусу схилу Українського щита. Тобто джерелом — проміжним колектором важких мінералів для розсіпу були пізньо-олігоценів відклади [9].

Безпосередньо поблизу розсіпу невідомі метеоритні структури, які могли би бути постачальником імпактного діаманта в самотканські піски. Однак на вказаних вище мегаблоках розташовані порівняно недалеко від розсіпу два діамантоносні метеоритні кратери: Терни на Середньопридніпровському мегаблочі поблизу м. Кривий Ріг і Зелений Гай на Інгуло-Інгулецькому мегаблочі (відстань до розсіпу приблизно в 125 км на південний захід від кратеру Терни і приблизно в 80 км на захід від кратеру Зелений Гай). Кратер Терни є сильно еродованою метеоритною структурою (вихідний діаметр 15 км, нині 8 км; глибина ерозії до 1 км, вік кратеру 280 ± 10 млн рр., а кратер Зелений Гай є подвійною метеоритною структурою в 0,8 і 0,7 км, палеоценового віку) [2, 3]. Діаманти цих кратерів є імпактними апографітовими утвореннями (рис. 6). Оцінка можливих запасів імпактного діаманта в цих кратерах наведена в публікації [2]: кратер Терни — середній вміст діаманта в 0,05 карат на тонну імпактної породи (максимальний вміст — 0,3 кар/т) і кратер Зелений Гай — середній вміст $<0,01$ кар/т (максимальний вміст — 0,05 кар/т).

Рис. 6. Імпактні апографітові діаманти з метеоритних кратерів Терни (а) і Зелений Гай (б)

Fig. 6. Impact apographitic diamonds from meteorite craters Terny (a) and Zelenyi Gai (b)



У ранньому-середньому еоцені на території Середнього Придніпров'я існували акумулятивні низинні рівнини, зокрема у напрямку м. Олександрія — м. Дніпро і м. Кривий Ріг — м. Дніпро [1], вони були місцями нагромадження теригенного матеріалу. У пізньому еоцені також існував понижений суходіл у напрямі м. Кривий Ріг — м. Дніпро, в цей же час ця територія заливається морем. У середньомуіоценовий час територія розсипу Самоткань знаходилася в зоні прибережного мілководдя [9, 14]. Тому можна висловити припущення, що імо-

вірно саме метеоритний кратер Терни з урахуванням його глибокої ерозії до самого цоколя і значного вмісту діаманта міг бути материнським джерелом імпаکتного діаманта для розсипу Самоткань. Якщо ж таке припущення не вірне, то корінним джерелом самотканського імпаکتного діаманта була ще не відкрита у Середньому Придніпров'ї метеоритна структура.

Автор вдячний Р. Томасу, М. Тарану, Т. Лунашко і І. Гурненку за допомогу в аналітичних дослідженнях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Атлас палеогеографічних карт Української і Молдавської РСР (з елементами літофацій). 1 : 2 500 000 Ред. В.Г. Бондарчук. Київ: Вид-во АН УРСР, 1960. 87 с.
2. Вальтер А.А., Гурский Д.С., Еременко Г.К. Алмазоносность астроблем Украины и природа образования высоких концентраций импактных алмазов. *Мінерал. журн.* 1998. **20**, № 6. С. 48—63.
3. Вальтер А.А., Рябенко В.А., Котловская Ф.И. Терновская астроблема — новый наиболее глубоко эродированный кратер Украинского щита. *Докл. АН УССР. Сер. Б.* 1981. № 2. С. 3—7.
4. Галимов Э.М., Каминский Ф.В., Ивановская И.Н. Исследование состава углерода алмазов Урала, Тимана, Саян, Украины и других районов. *Геохимия.* 1978. № 3. С. 340—349.
5. Каминский Ф.В., Галимов Э.М., Ивановская И.Н., Кирикилица С.И., Полканов Ю.А. Изотопный состав углерода мелких алмазов Украины. *ДАН СССР.* 1977. **236**, № 5. С. 1207—1208.
6. Квасниця В.М., Вірт Р., Цымбал С.М. Наномікроморфологія і анатомія кристалів імпаکتного алмазу з Білілівської (Західної) астроблеми (Український щит). *Мінерал. журн.* 2015. **37**, № 4. С. 36—45.
7. Кравцов А.И., Кропотова О.И., Бобров В.А., Кирикилица С.И., Полканов Ю.А. Новые данные по изотопному составу углерода алмазов мелкозернистых россыпей Русской платформы. *Геохимия.* 1980. № 1. С. 143—147.
8. Лупашко Т.Н., Ильченко К.О., Квасниця В.М., Полканов Ю.О., Тарашан А.М., Таран М.М. Спектроскопічні властивості імпактних алмазів. *Зап. Укр. мінерал. тов-ва.* 2006. **3**. С. 81—87.
9. Петренко А.А. К вопросу о возрасте, генезисе и условиях формирования Самотканского месторождения титано-циркониевых россыпей. *Мінеральні ресурси.* 2008. № 1. С. 23—26.
10. Полканов Ю.А. Мелкие алмазы песчаных отложений: распространение, свойства, происхождение, значение. Симферополь: СПД Барановский А.Э., 2009. 228 с.
11. Полканов Ю.А., Еременко Г.К., Сохор М.И. Импактные алмазы в мелкозернистых россыпях Украины. *Докл. АН УССР. Сер. Б.* 1973. № 11. С. 989—990.
12. Цымбал С.Н., Гриффин В.Л., Белоусова Е.А., Щербак Н.П., Цымбал Ю.С., Панов Б.С. Возраст и коренные источники цирконов из титано-циркониевых россыпных месторождений Украинского щита. В сб.: *Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения. Тез. докл. XIII Междунар. совещ. по геологии россыпей и кор выветривания (Пермь, 22—28 авг. 2005 г.)*. Пермь: Пермский ун-т, 2005. С. 303—306.
13. Цымбал С.Н., Полканов Ю.А. Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины. Киев: Наук. думка, 1975. 248 с.
14. Хрушов Д.П., Зосимович В.Ю., Лаломов А.В., Кравченко Е.А., Василенко С.П., Охолина Т.В., Фурсова А.А. Миоценовые титано-циркониевые россыпи Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины: стратиграфическое положение, литостратиграфия и палеогеографические условия. *Геол. журн.* 2015. № 1 (350). С. 17—34.
15. Kvasnitsa V.N., Silaev V.I., Smoleva I.V. Carbon isotopic composition of diamonds in Ukraine and their probable polygenetic nature. *Geochemistry Intern.* 2016. **54**, No. 11. P. 948—963. <https://doi.org/10.1134/S0016702916090020>
16. Kvasnytsya V.M., Wirth R. Nano-inclusions in microdiamonds from Neogenic sands of the Ukraine (Samotkan' placer): a TEM study. *Lithos.* 2009. **113**. P. 454—464. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.05.019>
17. Kvasnytsya V., Wirth R. Micromorphology and internal structure of apographitic impact diamonds: SEM and TEM study. *Diamond & Related Materials.* 2013. **32**. P. 7—16. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2012.11.010>
18. Taran M.N., Kvasnitsa V.N., Valter A.A., Chashka A.I., Palkina E.Yu. Optical spectroscopy study of diamond microcrystals from placers of Ukraine. *Мінерал. журн.* 1998. **20**, № 6. С. 64—71.

Надійшла 10.10.2019

REFERENCES

1. Bondarchuk, V.G. (ed.) (1960), *Atlas of paleogeographic maps of the Ukrainian and Moldavian SSR (with elements of lithofacies). Scale 1 : 2 500 000*, Publ. House of the Acad. Sci. UkrSSR, Kyiv, UA, 87 p. [in Ukrainian].
2. Walter, A.A., Gursky, D.S. and Eremenko, G.K. (1998), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 20, No. 6, UA, pp. 48-63 [in Russian].
3. Walter, A.A., Ryabenko, V.A. and Kotlovskaya, F.I. (1981), *Reports of the UkrSSR Academy of Sciences, Ser. B*, No. 2, UA, pp. 3-7 [in Russian].
4. Galimov, E.M., Kaminsky, F.V. and Ivanovskaya, I.N. (1978), *Geochemistry*, No. 3, RU, pp. 340-349 [in Russian].
5. Kaminsky, F.V., Galimov, E.M., Ivanovskaya, I.N., Kirikilitsa, S.I. and Polkanov, Yu.A. (1977), *Reports of the SSSR Academy of Sciences*, Vol. 236, No. 5, RU, pp. 1207-1208 [in Russian].
6. Kvasnytsya, V.M., Wirth, R. and Tsybmal, S.M. (2015), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 37, No. 4, UA, pp. 36-45 [in Ukrainian].
7. Kravtsov, A.I., Kropotova, O.I., Bobrov, V.A., Kirikilitsa, S.I. and Polkanov, Yu.A. (1980), *Geochemistry*, No. 1, RU, pp. 143-147 [in Russian].
8. Lupashko, T.N., Ilchenko, K.O., Kvasnitsa, V.M., Polkanov, Yu.O., Tarashchan, A.M. and Taran, M.M. (2006), *Proceedings of Ukr. mineral. society*, Vol. 3, UA, pp. 81-87 [in Ukrainian].
9. Petrenko, A.A. (2008) *Mineral resource*, No. 1, UA, pp. 23-26 [in Russian].
10. Polkanov, Yu.A. (2009) *Fine diamonds of sand deposits: distribution, properties, origin, value*, Simferopol: SPD Baranovsky, A.E., UA, 228 p. [in Russian].
11. Polkanov, Yu.A., Eremenko, G.K. and Sokhor, M.I. (1973), *Rep. UkrSSR Acad. Sci., Ser. B*, No. 11, UA, pp. 989-990 [in Russian].
12. Tsybmal, S.N., Griffin, V.L., Belousova, E.A., Shcherbak, N.P., Tsybmal, Yu.S. and Panov, B.S. (2005), *Theses of XIII Intern. Meeting on the Geology of the Placers and Weathering Bark (Perm, Aug. 22-28, 2005)*, Perm Univ., RU, pp. 303-306 [in Russian].
13. Tsybmal, S.N. and Polkanov, Yu.A. (1975), *Mineralogy of titanium-zirconium placers of Ukraine*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 248 p. [in Russian].
14. Khrushchov, D.P., Zosimovich, V.Yu., Lalomov, A.V., Kravchenko, E.A., Vasilenko, S.P., Okholina, T.V. and Fursova, A.A. (2015), *Geol. J.*, No. 1 (350), UA, pp. 17-34 [in Russian].
15. Kvasnitsa, V.N., Silaev, V.I. and Smoleva, I.V. (2016), *Geochemistry Intern.*, Vol. 54, No. 11, pp. 948-963. <https://doi.org/10.1134/S0016702916090020>
16. Kvasnytsya, V.M. and Wirth, R. (2009), *Lithos*, Vol. 113, pp. 454-464. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.05.019>
17. Kvasnytsya, V. and Wirth, R. (2013), *Diamond and Related Materials*, Vol. 32, pp. 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2012.11.010>
18. Taran, M.N., Kvasnitsa, V.N., Valter, A.A., Chashka, A.I. and Palkina, E.Yu. (1998), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 20, No. 6, UA, pp. 64-71.

Received 10.10.2019

В.М. Квасниця

Институт геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семеновко НАН Украины
03142, г. Киев, Украина, пр-т Акад. Палладина, 34
E-mail: vmkvas@hotmail.com

ИМПАКТНЫЕ АЛМАЗЫ ИЗ НЕОГЕНОВОЙ РОССЫПИ
САМОТКАНЬ (СРЕДНЕЕ ПРИДНЕПРОВЬЕ)

Описаны импактные алмазы из неогеновой титано-циркониевой россыпи Самоткань, расположенной на Среднеприднепровском мегаблоке Украинского щита. Россыпь Самоткань — похороненная прибрежно-морская залежь миоценовых песков. Они обогащены тяжелыми минералами, в том числе микроалмазами разной природы. Кроме кристаллов эндогенного (мантийного) алмаза россыпь содержит импактный апографитовый алмаз (до 11 % от всего количества найденных кристаллов алмаза). Размер кристаллов импактного алмаза не превышает 0,3 мм. Коренные источники питания россыпи эндогенным и импактным алмазом неизвестны. Приведены результаты комплексного изучения кристаллов импактного алмаза — морфологии, микротопографии, анатомии, изотопного состава углерода, фотолюминесценции, оптической, инфракрасной и рамановской спектроскопии. Кристаллы импактного алмаза имеют внешние морфологические и внутренние анатомические признаки твердофазного перехода графита в алмаз при ударных нагрузках — параморфозы алмаза по графиту. На уровне макроморфологии к ним можно отнести идентичные для кристаллов графита и параморфоз алмаза их пинакоидальный и пинакоидально-призматический габитусы, пластинчатый и таблитчатый облик. На уровне нано-микроморфологии признаки этого перехода — интенсивные отдельные параллельные штрихи по (1121) или системы этих штрихов в двух-трех направлениях с углами 60° между ними на плоскости (0001), а также новые скульптуры на плоскостях (0001) кристаллов. Эти скульптуры представлены различными нано- и микроблоками овально-

удлиненной формы, а также впадинами растворения, строго ориентированными вдоль $[10\bar{1}0]$. Анатомическими признаками твердофазного перехода графит — алмаз в кристаллах самотканских импактных алмазов служат полисинтетическое двойникование и поликристаллическое строение самих двойников. Изотопный состав углерода импактных алмазов в пределах от $-10,35$ до $-23,06$ ‰ $\delta^{13}\text{C}$, при среднем значении $-17,64$ ‰ $\delta^{13}\text{C}$. Фотолуминесцентные и спектроскопические особенности изученных алмазов свидетельствуют об отсутствии азотных дефектов в кристаллах, характерных для мантийного алмаза. Спектры комбинационного рассеяния самотканских импактных алмазов указывают на дефектное строение их кристаллов, связанное с интенсивным двойникованием и поликристаллическостью вследствие ударных нагрузок. Обсужден вопрос о материнском источнике и возможном пути поступления импактного алмаза в россыпь Самоткань.

Ключевые слова: импактный апографитовый алмаз, морфология, микро топография, анатомия, изотопный состав углерода, фотолуминесценция, спектроскопия, неогеновая россыпь Самоткань, Украинский щит.

V.M. Kvasnytsya

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy
and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
E-mail: vmkvas@hotmail.com

IMPACT DIAMONDS FROM NEOGENE SAMOTCAN PLACER (MIDDLE-DNIPRO AREA)

Impact diamonds from the Neogene Samotkan titanium-zirconium placer located on the Middle-Dnipro megablock of the Ukrainian Shield are described. The Samotkan placer is a buried coastal-marine deposit of Miocene sands. The sands are enriched with heavy minerals, including microdiamonds of various origins. Besides endogenous (mantle) diamonds, the placer contains impact apographitic diamonds (up to 11 % of the total number of diamond crystals found). The size of the impact diamonds is up to 0.3 mm. The source rocks of endogenous and impact diamonds are unknown. The results of a comprehensive study of impact diamond crystals — morphology, microtopography, microstructure, carbon isotope composition, photoluminescence, optical, infrared, and Raman spectroscopy — are presented. Impact diamond crystals have external morphological and internal microstructural signs of solid-phase transition of graphite to diamond under impact shocks, they are paramorphoses on graphite. At the macromorphological level, these include their pinacoidal and pinacoidal-prismatic habitus and lamellar and tabular shape. At the nano-microstructural level, the signs of this transition are intense separate parallel strokes on (1121) or a system of these strokes in two or three directions with angles of 60° between them on the (0001) plane, as well as new sculptures on the (0001) planes of crystals. These sculptures are represented by various nano- and micro blocks of oval-elongated shape, as well as various etch pits, strictly oriented along $[1010]$. Microstructural features of the graphite-diamond transition in the studied crystals of impact diamonds are also their polysynthetic twinning and the polycrystalline structure of the twins themselves. The carbon isotopic composition of impact diamonds ranges from -10.35 to -23.06 ‰ $\delta^{13}\text{C}$, with an average value of -17.64 ‰ $\delta^{13}\text{C}$. The photoluminescent and spectroscopic features of the studied diamonds indicate the absence of nitrogen defects in crystals that are characteristic of mantle diamond. Raman spectra of the studied impact diamonds indicate a defective structure of their crystals caused by their intense twinning and polycrystallinity due to shock loads. The question of the source rocks and possible routes of influx of diamond into the Samotkan placer are discussed.

Keywords: impact apographitic diamond, morphology, microtopography, microstructure, carbon isotope composition, photoluminescence, spectroscopy, Neogene Samotkan placer, the Ukrainian Shield.