

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.087>  
УДК 549.211

**В.М. Квасниця**, д-р геол.-мін. наук, проф., зав. від.  
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; <http://orcid.org/0000-0002-3692-7153>

## ПРО ДІАМАНТИ ІНГУЛО-ІНГУЛЕЦЬКОГО МЕГАБЛОКУ (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

*Розглянуто три знахідки діамантів на Інгуло-Інгулецькому мегаблоці Українського щита: у брекчієподібних породах ділянки Грузьке, у еклігітоподібних породах у басейні р. Інгул та у метеоритному кратері Зелений Гай. Надано коротку характеристику цих діамантів, які представляють їхні різні геолого-генетичні типи. Зроблено оцінку істинності знахідок діамантів та природи їхніх кристалів. Показано, що вісім діамантів ділянки Грузьке різні за розміром (0,2—1,4 мм), формою, забарвленням, набором азотних центрів і ступенем збереження. За даними інфрачервоної спектроскопії всі вивчені кристали можна віднести до природних діамантів мантійного типу та погрупувати їх, оскільки вони належать до декількох спектральних типів: Па, ІаАВ, ІаВ і Ів. Проте виникає декілька сумнівів щодо істинності цієї знахідки: 1. Наявність в малих за вагою пробах із зерна свердловин такої високої концентрації діамантів. 2. Велике розмаїття кристалів у цих пробах за спектральними типами фізичної класифікації. 3. Ознаки механічного впливу на всіх кристалах, що не виключає версію їхнього походження із діамантної бурової коронки (суміші кристалів природного і, можливо, штучного діаманту). Питання про належність знайдених діамантів брекчієподібним породам ділянки Грузьке залишається відкритим. Дрібні діаманти (до 0,3 мм), які виявлені в еклігітоподібних породах у басейні р. Інгул, за ознаками (переважно кубо-октаедричний габітус, прояви скелетних форм росту, плоский характер поверхні граней куба, жовто-зелене забарвлення, тяжі включень) дуже подібні до кристалів штучного НРНТ діаманту. Однак такі ж дрібні діаманти знайдено в породах Євро-Азійського альпійського і Уральського та Центрально-Азійського каледонських офіолітових поясів і продуктах виверження сучасних вулканів Камчатки. Такі діаманти знайдено також у лампроїтоподібних породах трубки Мрія в Приазов'ї, вони трапляються в корах вивітрювання і теригенних відкладах України. Потрібно з'ясувати справжню природу цих знахідок. Тому необхідно здійснити ревізію всіх знахідок подібних діамантів в Україні. Показано, що діаманти з метеоритного кратера Зелений Гай є типовими імпактними апографітовими утвореннями — параморфозами діаманту по графіту. Спростовано висновки деяких дослідників про мантійну природу діамантів із цього кратера.*

**Ключові слова:** мантіїні та імпактні діаманти, Інгуло-Інгулецький мегаблок, Український щит.

Нині в мінералогії земного діаманту виділяють його декілька основних геолого-генетичних типів: мантіїні діаманти кімберлітового, лампроїтового чи лампрофірового типу, мантіїні діаманти офіолітового типу, мантіїні діаманти метаморфічного типу та діаманти імпактного типу. Хоча перелік діамантоносних земних порід з акцесорними кристалами цього мінералу

є набагато ширшим [12]. Діамантам кожного вказаного вище типу властивий набір характерних ознак кристалів, які дають змогу досить чітко їх розрізняти один від одного [1, 13, 15].

**Метою** даної публікації є критичний розгляд трьох сенсаційних знахідок діамантів на Інгуло-Інгулецькому мегаблоці з врахуванням власного досвіду їх вивчення. Виявлення іс-

Цитування: Квасниця В.М. Про діаманти Інгуло-Інгулецького мегаблоку (Український щит). *Мінерал. журн.* 2021. 43, № 1. С. 87—96. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.087>

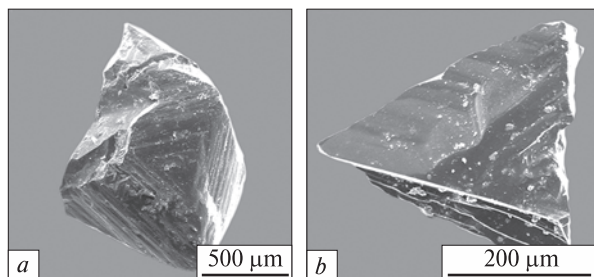


Рис. 1. Діаманти з майже повним (*a* — *G7*) чи частковим (*b* — *G6*) збереженням природного огранення із керна свердловин у брекчієподібних породах ділянки Грузьке

Fig. 1. Diamonds with almost complete (*a* — *G7*) or partial (*b* — *G6*) preservation of the natural faceting from the wells in breccia-like rocks of the Gruzke area

тинності знахідок діамантів та природи їхніх кристалів є наріжним каменем вивчення цього мінералу. Без з'ясування цих двох питань прогнози про перспективи діамантоносності певних ділянок і тіл на цьому мегаблоці не можуть бути надійно обґрунтованими.

На теренах Інгуло-Інгулецького мегаблоку відомі численні знахідки діамантів у корінних і осадових породах — понад декількох десятків дрібних кристалів і один майже півтораміліметровий кристал.

Знайдені діаманти за опублікованими ознаками їхньої фізіографії можна віднести до декількох геолого-генетичних типів: мантийні кімберлітового, лампроїтового чи лампрофірового типу, мантийні офіолітового типу та імпактного типу. Імпактні діаманти відкриті у брекчіях метеоритних кратерів Бовтишка і Зелений Гай, їхня діагностика і їхнє походження не спричиняють ніякого сумніву. Тоді як походження і природа знайдених діамантів перших двох типів мають декілька запитань. Головні з них стосуються достовірності знахідок діамантів. 1. Діаманти належать до породи чи є засміченням цих порід? 2. Діаманти є природними чи штучними кристалами? Не менш важливо висвітлити методи діагностики і вивчення діамантів із метою визначення їхнього геолого-генетичного типу. На прикладі не зовсім зрозумілих знахідок діамантів у корінних і осадових породах України загалом, на Інгуло-Інгулецькому мегаблоці зокрема та іноді некоректного їх використання для прогнозу і оцінки діамантоносності деяких геологічних тіл, розсипів чи територій, зупинимось на найвідоміших знахідках діамантів на цьому мегаблоці, кристали яких довелося вивчати.

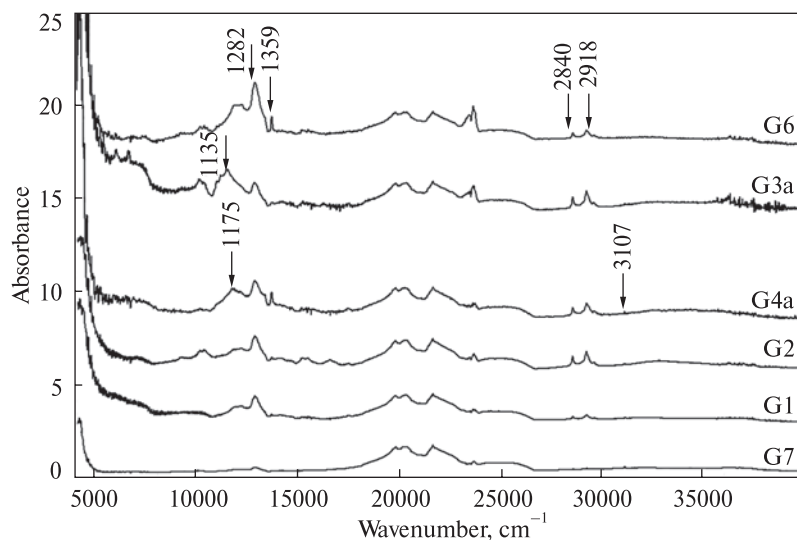
**Знахідка 1.** У 2005—2006 рр. із кернових проб свердловин 4085, 4084 і 4059, які розкрили брекчієподібні породи райгородської світи раннього палеоцену декількох аномалій ділянки Грузьке Інгульського блоку (у верхів'ї р. Грузької, на захід — північний захід від м. Кропивницький) у ЦЛ КП "Кіровгеологія" (мінералог Л.О. Соломатіна) та в ЦЛ ПДРГП "Північгеологія" під керівництвом Т.М. Звенигородської виділено діаманти, хромові піропи і піроп-альмандини [8]. У нашому розпорядженні було вісім кристалів діаманту з керна цих свердловин, проте точна прив'язка всіх діамантів до певної свердловини і горизонту нам невідома — частково ці дані наведено у публікаціях [2, 8]. Зупинимось на характеристиках цих кристалів. За розміром, формою, забарвленням, набором азотних центрів і ступенем збереження знайдені кристали є різними. Зазначимо, що лише на двох кристалах збережені елементи їхнього первинного огранення.

Кристал *G7* — майже цілий, безбарвний, розміром по видовженню 1,4 мм (рис. 1). Кристал пошкоджений, із досить великим вихилом, однак виразних ознак інтенсивного зносу вершин, ребер і граней немає. Належить до кристалів перехідної форми октаедр-ромбододекаедр, із домінуванням останнього. Грані октаедра плоскі, гладенькі, різні за розміром, на деяких із них розвинуті обернено паралельні трикутні западини. Деякі грані октаедра у вигляді мініатюрних площадок. Грані ромбододекаедра не плоскі, дещо викривлені, вкриті паралельною штриховкою і мають різний розмір. На кристалі проявлений антискелетний ріст, коли за рахунок наростання кристала октаедричними пластинками, які поступово зменшуються за розміром, з'являються дещо кривогранні поверхні ромбододекаедра. Кристал спотворений із видовженням по одній із головних кристалографічних осей — осі четвертого порядку.

В кристалі є багато дрібних чорних включень, переважно їх велике скупчення біля однієї із його вершин. За даними фотолюмінесцентних досліджень, здійснених Т.М. Лупашко, кристал світиться в ультрафіолеті інтенсивним жовтим кольором, а в спектрі фотолюмінесценції (ФЛ) проявлені дві широкі смуги у ділянці 540 і 600 нм. Остання смуга передбачає наявність в кристалі азотного центру *S1*. Відомо, що цей центр часто трапляється в азотних кристалах діаманту спектральних типів *Ia* і *Ib*.

Рис. 2. Інфрачервоні спектри діамантів G1, G2, G3a, G4a, G6 і G7 із керна свердловин у брекчієподібних породах ділянки Грузьке (центр A —  $1282\text{ cm}^{-1}$ , центр B1 —  $1175\text{ cm}^{-1}$ , центр B2 —  $1359\text{--}1382\text{ cm}^{-1}$ , центр C —  $1135\text{ cm}^{-1}$ ,  $>\text{C}=\text{CH}_2$  —  $3107\text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$  —  $2840\text{--}2980\text{ cm}^{-1}$ )

Fig. 2. Infrared spectra of diamonds G1, G2, G3a, G4a, G6 and G7 from core wells in breccia-like rocks of the Gruzke area (center A —  $1282\text{ cm}^{-1}$ , center B1 —  $1175\text{ cm}^{-1}$ , center B2 —  $1359\text{--}1382\text{ cm}^{-1}$ , center C —  $1135\text{ cm}^{-1}$ ,  $>\text{C}=\text{CH}_2$  —  $3107\text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$  —  $2840\text{--}2980\text{ cm}^{-1}$ )



Центр S1 у вивченому кристалі має відносно високу концентрацію, що вказує на низький вміст у ньому основного азотного центру A\*. Оскільки через високий вміст центр A глушить свічення від центру S1.

Дійсно, за даними досліджень з інфрачервоної спектроскопії (FTIR), цей кристал за фізичною класифікацією можна умовно віднести до спектрального типу IaA, оскільки в його інфрачервоному спектрі (ІЧ) (рис. 2) помітна дуже слабка смуга A-центру ( $1282\text{ cm}^{-1}$ ) з низькою загальною концентрацією азоту  $15\text{ at.ppm}$  (вміст азотних та інших центрів в усіх кристалах розраховано К.О. Ільченко). Загалом, ді-

аманти з загальним вмістом домішок азоту менше  $20$  чи  $40\text{ ppm}$  належать до спектрального типу IIa — так званих безазотних кристалів. Окрім того, кристал має незначні домішки водню (лінія  $3107\text{ cm}^{-1}$ ) і груп  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$  (лінії  $2840\text{--}2980\text{ cm}^{-1}$ ). Їхні лінії також слабо проявлені на спектрі кристала. Невисокий ступінь агрегації азоту в цьому діаманті вказує на його відносно не тривале перебування в мантиї.

Кристал G6 — безбарвний уламок, розміром до  $0,7\text{ mm}$ . Його природна поверхня майже не збереглася, окрім частин двох плоских граней октаедра. Уламок зі свіжими поверхнями сколювання по площинах спайності (111), отже, в концентраті з керна можливе було знаходження інших частин цього кристала. Має синій колір фотолюмінесценції, а в його спектрі ФЛ проявлена смуга центру  $N_3V$ . Такий центр є типовим для мантийних діамантів, особливо для тих, які мають також основний азотний центр B1. Наявність останнього центру в діаманті вказує на його триваліше перебування в мантиї, ніж діаманту G7. До того ж він має відносно інтенсивний центр B2 ( $0,35\text{ mm}^{-1}$ ) і групи  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$ . Кристал G6 належить до спектрального типу IaAB, загальний вміст домішок азоту в кристалі є помірним —  $214\text{ at.ppm}$ .

Третій кристал складено нами умовно з трьох уламків G1, G2 і G4a через однакове забарвлення і за майже однаковими даними фотолюмінесценції та інфрачервоної спектроскопії для них. Це майже безбарвні з жовтуватим відтінком уламки з відносно свіжими зламами за спайністю, розміром до  $0,2\text{--}0,3\text{ mm}$  кожний за видовженням (рис. 3). Можна гадати, що ці

\* Основними структурними домішками азоту в кристалах діаманту є так звані A-, B- і C-центри, що представляють собою, атоми азоту чи їх групи, які ізоморфно заміщують атоми вуглецю в ґратці діаманту. За вмістом і будовою цих азотних центрів діаманти поділяються на спектральні типи. Діаманти з системою поглинання, обумовленої C-центрами (одиначні атоми азоту у вузлах ґратки), відносять до спектрального типу Ib. Якщо весь структурний азот в кристалі представлений виключно A-центрами (два атоми азоту в сусідніх вузлах ґратки), то кристали цього спектрального типу позначаються IaA. Діаманти, що містять азот тільки у формі центру B (чотири атоми азоту, тетрадрично розташовані навколо вакансії атома вуглецю), належать до типу IaB. Для позначення діамантів змішаних типів, які найпоширеніші серед природних кристалів, прийняті такі позначення: IaAB (комбінація A- і B-центрів) і IaB (комбінація A- і C-центрів). "Безазотні" діаманти із загальним вмістом структурного азоту  $<40\text{ at.ppm}$  чи  $<20\text{ at.ppm}$  відносять до спектрального типу IIa. Центр B часто іменують позначенням B1, щоб розрізнити його від центру B2 (platelets).



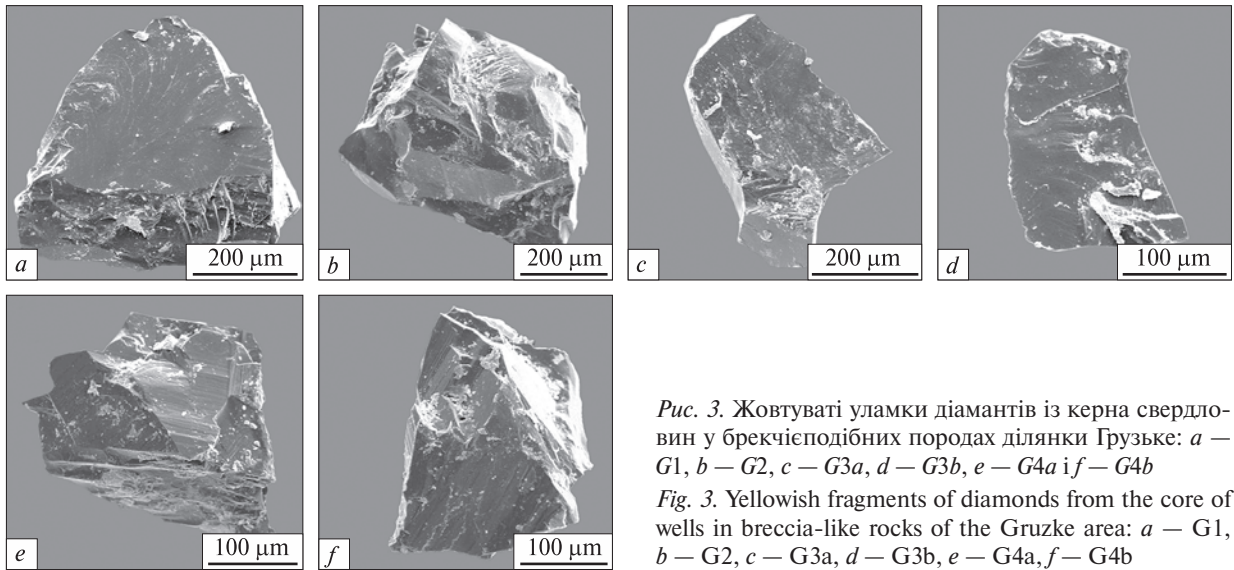


Рис. 3. Жовтуваті уламки діамантів із керна свердловин у брекчієподібних породах ділянки Грузьке: а — G1, б — G2, с — G3a, d — G3b, e — G4a і f — G4b

Fig. 3. Yellowish fragments of diamonds from the core of wells in breccia-like rocks of the Gruzke area: a — G1, b — G2, c — G3a, d — G3b, e — G4a, f — G4b

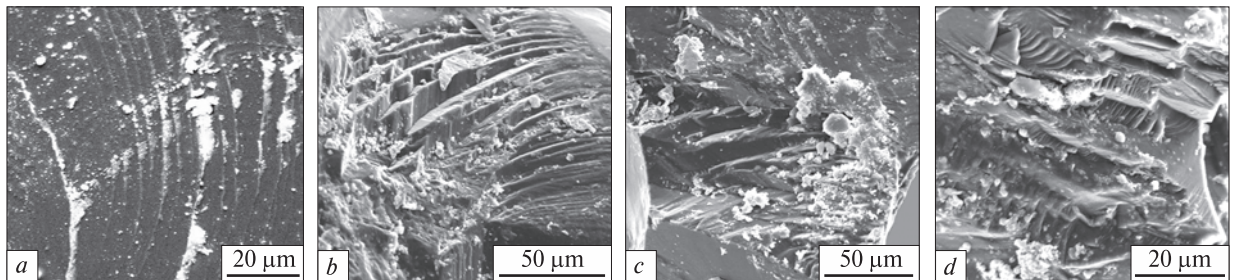


Рис. 4. Поверхні сколювання та зносу жовтуватих уламків діамантів ділянки Грузьке: а — G1, б — G2, с — G3a, d — G4a

Fig. 4. The surfaces of chipping and wear of yellowish fragments of diamonds of the Gruzke area: a — G1, b — G2, c — G3a, d — G4a

уламки отримано у ході приготування концентрату для мінералогічного аналізу за рахунок розбиття одного цілого кристала. Водночас на уламках проявлені ознаки механічного зносу (рис. 4), що не виключає їх попадання в керн із бурової коронки. Проте природа зносу (природний чи техногенний) не з'ясована, як і кристалографічна форма цілого кристала. Уламки мають димчасто-блакитно-зелену фотолюмінесценцію з проявом центрів  $N_3V$  і  $H3$  в спектрах ФЛ. Співвідношення цих центрів в уламках різне. Вказані центри є додатковими в діамантах спектрального типу IaA і IaB1, а центр  $H3$  виникає тільки в діамантах з A-центрами. Наявність таких центрів у діамантах вказує на відносно тривале їх перебування у мантиї. Всі ці кристали належать до спектрального типу IaAB. Загальний вміст домішок азоту в кристалах: уламок G1 — 88 at.ppm, уламок G2 — 97 at.ppm і уламок G4a — 154 at.ppm. Вони містять 4–46 % азоту у формі центрів

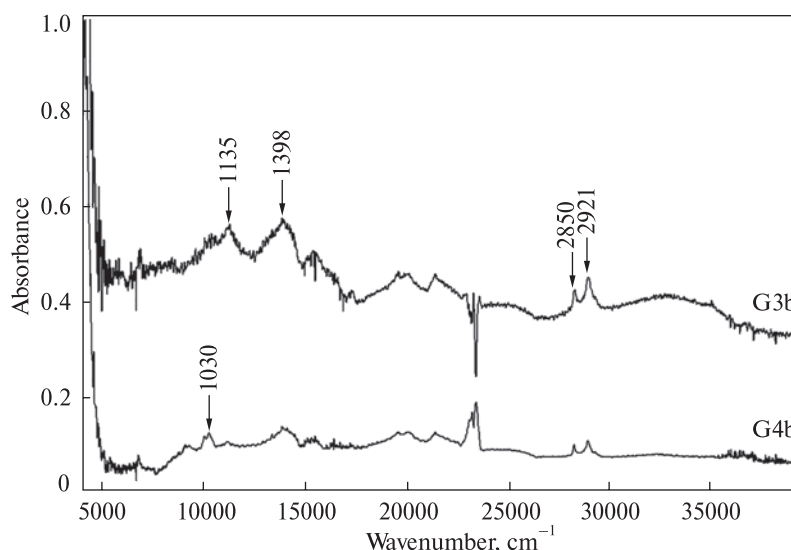
B1 ( $N_{B1} = 2 \div 71$  at.ppm,  $N_{B1} \% \text{ сер.} = 13 \%$ ). У всіх спектрах спостерігається смуга поглинання центру B2 з інтенсивністю 0,038–0,264  $\text{mm}^{-1}$ , а також лінії водню і груп  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$ .

Можна вписати у групу із трьох кристалів дрібний жовтуватий уламок G3a (рис. 2), однак він містить багато азоту у формі центру C (139 at.ppm), а загальний вміст азоту 171 at.ppm. Він може належати до спектрального типу Iab. Хоча у його спектрі також спостерігається смуга поглинання центру B2 з інтенсивністю 0,029  $\text{mm}^{-1}$ , а також лінії водню і груп  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$ . Ще два дрібні уламки G3b (жовтуватий) і G4b (зеленкуватий) належать до спектрального типу Ib із вмістом азоту 113 at.ppm і 49 at.ppm відповідно (рис. 3, 5). У спектрах цих уламків також проявлені лінії груп  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$ .

Отже, за даними досліджень з інфрачервоної спектроскопії знайдені кристали можна погрупувати, вони можуть належати до природних діамантів мантийного типу, оскільки вони на-

Рис. 5. Інфрачервоні спектри діамантів G3b і G4b із керна свердловин у брекчієподібних породах ділянки Грузьке (центр C — 1135  $\text{cm}^{-1}$ )

Fig. 5. Infrared spectra of diamonds G3b and G4b from core wells in breccia-like rocks of the Gruzke area (center C — 1135  $\text{cm}^{-1}$ )



лежать до декількох спектральних типів: *Pa*, *IaAB*, *Iab* і *Ib*. Якщо тип *IaAB* є характерним для діамантів із кімберлітів, лампроїтів і лампрофірів, то діаманти типу *Pa* є рідкіснішими у цих породах, а діаманти типів *Iab* і *Ib* — дуже рідкісними. Тип *Ib* характерний для штучних *HPHT*-діамантів\*, а також для офіолітових і вулканогенних діамантів. Тобто діаманти типу *Ib* (G3b і G4b) із ділянки Грузьке можуть належати і до штучних кристалів. Із всіх цих типів певної уваги заслуговують кристал типу *Pa* і, особливо, кристали типу *IaAB*, які містять основні азотні центри *A*, *B1* і *B2* із домінуванням центру *A*. Вміст азоту в кристалах низький — 88—214 *at.ppm* (середній вміст 130 *at.ppm*). Ступінь агрегації структурного азоту в таких кристалах діаманту свідчить про відповідну термальну історію діамантовмісних мантийних порід і самого діаманту. Діаманти типу *IaAB* є кристалами з проміжним станом агрегації азоту (*Ib* → *Iab* → *IaA* → *IaAB* → *IaB*). Відомо, що в діамантах (октаедри, перехідні форми октаедр-ромбододекаедр, додекаедроїди) цього типу поява *B1*-центрів часто супроводжується ростом *B2*-центрів — так званих "пластинок" (*platelets*), які утворюються в площинах (100) кристала шляхом осадження інтерстиціального вуглецю під час росту *B1*-центрів. Вони мають малу кількість азоту. "Пластинки" ростуть із різною швидкістю, яка залежить від температури, а також можуть розпадатися

\* Штучні діаманти широко відомі як *HPHT*-діаманти. *HPHT* розшифровується як *high-pressure high-temperature* ("високий тиск і температура").

унаслідок деформації кристалів чи під час короткотермінових сильних нагрівань кристалів діаманту. Кристали з добре розвиненими "пластинками" зазнали довготривалої агрегації азоту — перебування мільярдів років у стабільній і прохолодній мантийній літосфері. Для діамантів ділянки Грузьке еволюція центрів від *A* до *B1* і *B2* не зовсім зріла, оскільки концентрація центру *B1* низька, а розвиток центру *B2* невисокий (до 0,35  $\text{mm}^{-1}$ ). Розрахована температура перебування цих діамантів у мантиї лежить в межах 1030—1140  $^{\circ}\text{C}$ . За загальним невисоким вмістом домішок азоту можна прогнозувати належність цих діамантів ділянки Грузьке до перидотитової асоціації. Оскільки за статистичними даними середній вміст азоту в кімберлітових діамантах цієї асоціації значно менший (середній вміст 72 *at.ppm*), ніж в діамантах еклігітової асоціації (середній вміст 378 *at.ppm*) [17].

Водночас, при позитивних ознаках про мантийну кімберлітову, лампроїтову чи лампрофірову природу більшості діамантів ділянки Грузьке виникають сумніви щодо істинності цієї знахідки:

1. Наявність в малих за вагою пробах з керна такої високої концентрації діамантів.
2. Велике розмаїття кристалів у цих пробах за спектральними типами фізичної класифікації.
3. Ознаки механічного впливу на всіх кристалах, що не виключає версію їхнього походження із діамантової бурової коронки (суміші кристалів природного і, можливо, штучного діаманту).

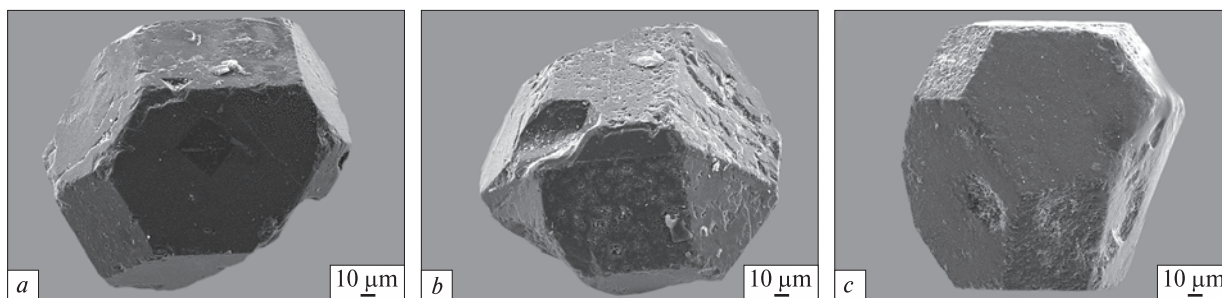


Рис. 6. Жовтувато-зелені кубо-октаедричні діаманти, які знайдені у теригенних відкладах України: *a*, *b* — кристали кубо-октаедричного габітусу, *c* — кристал октаедричного габітусу

Fig. 6. Yellowish-green cubo-octahedral diamonds found in terrigenous sediments of Ukraine: *a*, *b* — crystals of cube-octahedral habit, *c* — crystal of octahedral habit

Велика концентрація діамантів, різна ступінь збереження їхніх кристалів та їхній можливий різноманітний набір за фізичною класифікацією характерніші для діамантів із розсипу, ніж для діамантів із кімберлітового тіла. Оскільки, в розсип можуть попадати діаманти з декількох корінних тіл, кристали діаманту з цих тіл матимуть свої особливості. Разом вони можуть створити розмаїття діамантів із різними спектральними характеристиками. Отже, без повторних знахідок питання про належність знайдених діамантів брекчієподібним породам ділянки Грузьке залишається відкритим. Тому і оцінка перспектив діамантоносності відкладів райгородської світи раннього палеоцену, як і самих аномалій ділянки Грузьке на Інгуло-Інгулецькому мегаблоці потребує подальших досліджень.

**Знахідка 2.** У кінці 1990 рр. в екологітоподібних породах в басейні р. Інгул геологами Львівського національного університету імені Івана Франка виявлено незвичайні як для таких метаморфічних порід діаманти [7]. Описані кристали виділено в лабораторії ЦТЕ Т.Н. Звенигородською та Ю.І. Сулеймен. Досліджено понад десяти таких кристалів. Вони є дуже дрібними (переважно 0,1 мм у поперечнику, зрідка 0,2—0,3 мм) багатогранниками, майже безбарвними з жовтувато-зеленими відтінками, їхніми уламками та скелетними формами. Серед багатогранників виділяються куби з незначним розвитком граней октаедра на вершинах кристалів, кубо-октаедри та октаедри. Грані куба і октаедра є плоскими. Багатогранники утворюють незакономірні й закономірні (за шпінелевим законом) зростки. Спостережено три типи скелетних форм кристалів у вигляді пустотілих кубів, "рамкових" граней октаедра та своєрідних "іхтіогліптів". На частині кристалів

проявлені сліди високотемпературного впливу у вигляді овалізації кристалів, корозійного "з'їдання" ребер, утворення візерунку чотирикутних западин на гранях куба та шагрені. Багато кристалів містять своєрідні "тяжі" із чорних включень, які розташовані від центральних частин кристала до їхніх вершин. Виявлені кристали діаманту за вказаними ознаками (переважно кубо-октаедричний габітус, прояви скелетних форм росту, плоский характер поверхні граней куба, тяжі включень) дуже подібні до кристалів штучного *HPHT*-діаманту.

Наше звернення до цієї знахідки обумовлено тим, що такого ж типу дрібні (до 0,5 мм), часто жовтувато-зелені діаманти знаходять в перидотитах-хромітитах офіолітових комплексів Євро-Азійського альпійського (у проявах Мьянми, Китаю, Індії, Туреччини і Албанії, найбільше проявів такого діаманту виявлено в офіолітах Тибету) і Уральського (Росія) та Центрально-Азійського (Китай) каледонських поясів [11, 13, 18], у вулканічних породах Камчатки (базальтові лави, туфобрекчії, туфи, пірокластичка тощо) [4]. Ці діаманти, як й інгульські кристали, радикально відмінні від діамантів із кімберлітів, лампроїтів, лампрофірів та метаморфічних порід, насамперед, за плоскогранною кубо-октаедричною морфологією (плоскі габітусні грані куба відсутні на кристалах кімберлітового чи лампроїтового діаманту, лише зрідка слабо розвинені плоскі грані куба притупляють вершини октаедричних мікрокристалів діаманту цього мантийного типу) і переважно із жовто-зеленим забарвленням, а також за ізотопією вуглецю (збагачені легким ізотопом вуглецю, середнє значення  $\delta^{13}\text{C} = -26\text{‰}$ ), домішками азоту в неагрегованій формі (кристали спектрального типу *Ib*) та мінеральними включеннями (часто різні метали



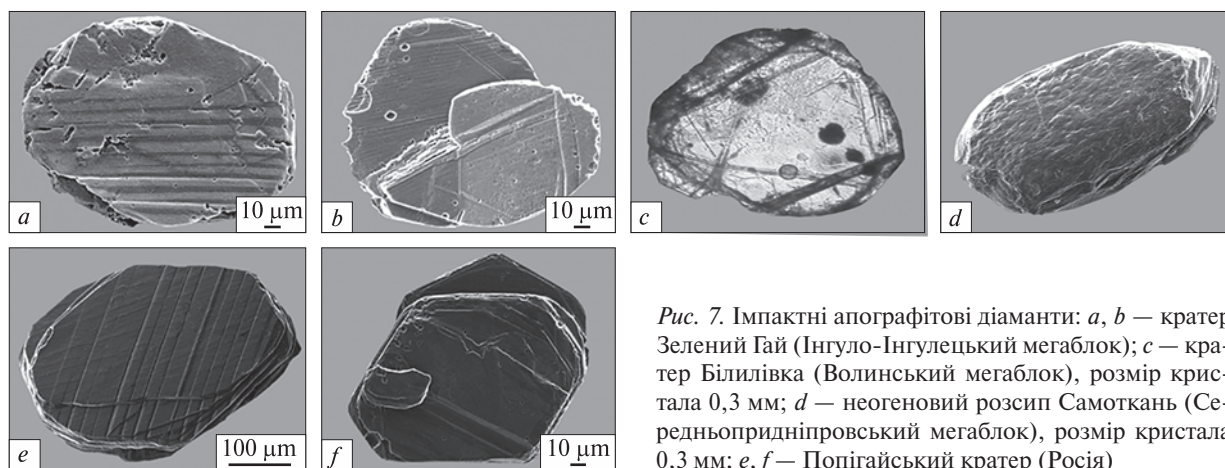


Рис. 7. Імпактні апографітові діаманти: *a, b* — кратер Зелений Гай (Інгуло-Інгулецький мегаблок); *c* — кратер Білilівка (Волинський мегаблок), розмір кристала 0,3 мм; *d* — неогеновий розсип Самоткань (Середньопридніпровський мегаблок), розмір кристала 0,3 мм; *e, f* — Попігайський кратер (Росія)

Fig. 7. Impact apographtic diamonds: *a, b* — Zeleny Gayi crater (Ingul-Ingulets domain); *c* — Bilylivka crater (Volyn domain), crystal size 0.3 mm; *d* — Samotkan Neogene placer (Middle Dnipro domain), crystal size 0.3 mm; *e, f* — Popigayi crater (Russia)

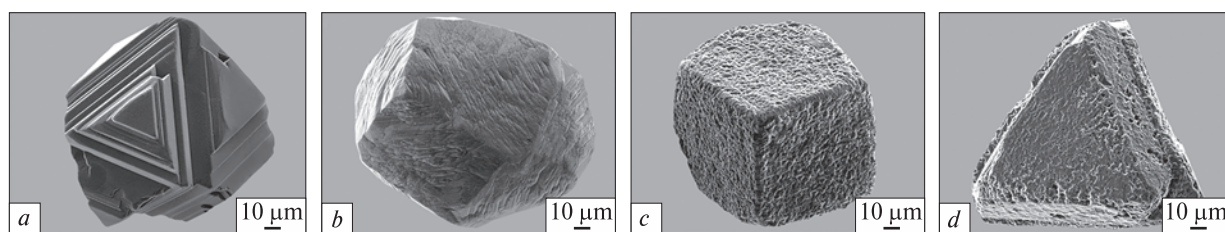


Рис. 8. Мантийні діаманти з неогенового розсипу Самоткань: *a* — кристал октаедричного габітусу, *b* — кристал додекаедричного габітусу, *c* — кристал кубічного габітусу, *d* — двійник октаедрів по шпінелевому закону типу *macle*  
Fig. 8. Mantle diamonds from the Samotkan Neogene placer: *a* — crystal of octahedral habit, *b* — crystal of dodecahedral habit, *c* — crystal of cubic habit, *d* — contact twin of octahedrons according to the spinel twin law — the macle type

та їх сплави, муасоніт, а також представники оксидів і силікатів). Головне, вони не супроводжуються характерними мінералами-супутниками діаманту з кімберлітів, такими як гранат-піроп, хромдіопсид, хромшпінелід, пікроїлменіт. На думку дослідників [3, 10], вказані особливості офіолітових і вулканогенних діамантів свідчать про інше, сильно відновне, мантийне середовище кристалізації діаманту та інший резервуар вуглецю у мантиї на відміну від умов кристалізації діамантів із кімберлітів і лампроїтів. Із даних про таке відновне середовище кристалізації офіолітових діамантів та включень у них металів як каталізаторів росту можна гадати, що це і є причиною імітації ними саме плоскогранної кубо-октаедричної морфології, так властивої для штучного *HPHT*-діаманту.

Проте існує зовсім протилежна думка про походження діамантів з офіолітів і продуктів виверження сучасних вулканів. Вважають [14], що ці знайдені діаманти є продуктом засмічення вказаних порід штучним *HPHT*-діамантом.

Однак оскільки такі ж жовтувато-зелені, дрібні плоскогранні кубо-октаедричні діаманти трапляються в корах вивітрювання і осадових породах України (рис. 6), а також вони давно виявлені в лампроїтоподібних породах трубки Мрія в Приазов'ї і підтверджені зовсім недавно знахідкою [9], важливо виконати ревізію всіх подібних знахідок діаманту на Українському щиті. Не буде зайвим і ще раз підтвердити діамантоносність лампроїтоподібних порід трубки Мрія. Не звертаючи уваги навіть на те, що ці давні породи утворені під час зовсім інших геологічних обставин, ніж офіоліти каледонських і альпійських поясів чи сучасні вулканіти. Як висновок, знайдені на теренах України жовтувато-зелені, дрібні плоскогранні кубо-октаедричні діаманти потребують детального вивчення на сучасному рівні для виявлення їхньої істинної природи.

**Знахідка 3.** Час від часу в українській геологічній літературі з'являються публікації, які ставлять під сумнів діагностику метеоритних кратерів України і природу їхньої діамантонос-

ності. Дослідники відносять такі структури до ендегенних вибухових утворень типу кімберлітових чи лампроїтових трубок, а їхні діаманти до мантийних пластинчастих утворень типу *Слоан* із кімберлітів у США, наприклад, як про це стверджує автор у публікації [6]. Зокрема, це стосується і метеоритного кратера Зелений Гай на Інгуло-Інгулецькому мегаблоці (місце розташування кратера на північ — північний схід від м. Знам'янка, координати 48°44' пн. ш., 32°45' сх. д.) та його діамантів. Насправді діаманти з метеоритних кратерів України і, зокрема саме з кратера Зелений Гай, є типовими імпактними апографітовими утвореннями — параморфозами діаманту по графіту (рис. 7). Для такого висновку навіть достатньо вивчення тільки форми діамантів з цього кратера. Ми мали змогу вивчати морфологію і топографію восьми дуже дрібних пластинчастих кристалів з цього кратера (із керн свердловин, пробурених у 2001 р.), два з яких мають добре збережену графітову форму (рис. 7, *a, b*). На поверхні (0001) кристала 7, *a* яскраво виражено інтенсивне двійникування по площині (1121), як і на діаманті 7, *e* з Попігайського кратера. Це одна з характерних топоморфологічних ознак кристалів імпактного діаманту, які зазнали значного ударного навантаження. Інші вивчені кристали з кратера Зелений Гай є пластинчастими уламками.

У дисертації *M.L. Otter "Diamonds and their mineral inclusions from the Sloan diatremes of the Colorado-Wyoming state line kimberlite district, North America"* за 1989 р. не знайдено жодного виділення такого морфологічного типу діамантів як *Слоан*, діаманти з кімберлітових тіл цього району в США є звичайними мантийними кристалами з типовою морфологією і належать до перидотитової і еклогітової асоціацій. Допускаємо, що пластинчасті діаманти типу *Слоан* — це жаргон назви двійників діаманту типу *macle* (два здвійниковані октаедри по площині (111) і сплюснені вздовж осі третього порядку, перпендикулярної до площини двійникування кристалів), які нерідко мають незвичну тригональну, а внаслідок сильного спотворення октаєдрів, рідкісну псевдогексагональну форму.

Генезис діамантів із метеоритних кратерів надійно обґрунтовано [1]. Імпактні діаманти є кардинально відмінними від мантийних ді-

мантів. Це ударно-метаморфічні апографітові, іноді, аповугільні (*тогорити*) і унікальні рідкісні апорослинні (*каріти*) утворення, останні два виявлено тільки у імпактих кратера Кара в Росії [5, 16]. Найважливішими аргументами такої природи імпактного апографітового діаманту є його апографітова морфологія, мікротопографія граней {0001} з новими скульптурами, багатофазовий склад (діамант, лонсдейліт, графіт), закономірні структурні взаємини цих фаз, часто легкий ізотопний склад вуглецю і його відповідність ізотопному складу графіту з вмисних порід кратера, склад і вміст домішок (немає основних азотних центрів *A, B* і *C*), специфічні фізичні властивості кристалів, теоретичні розрахунки і експериментальне отримання подібного штучного діаманту. Для порівняння з імпактними діамантами надаємо знімки морфологічних типів мантийного діаманту на прикладі діамантів із неогенового розсипу Самоткань на Середньопридніпровському мегаблоці, зокрема двійник *macle* (рис. 8). Такі типи кристалів поширені серед діамантів із кімберлітів, лампроїтів і лампрофірів, а також у метаморфічних породах Казахстану.

Насамкінець потрібно зазначити, що територія України забруднена самим різним техногенним матеріалом (включно діамантами різної природи), особливо велике навантаження припадає на ґрунти і сучасні алювіальні відклади. Широке використання діаманту як абразивного матеріалу забруднює довкілля. "Діамантне" буріння також додає свій внесок кристалів штучного і природного діаманту в кристалічні і теригенні породи. Разом це ускладнює оцінку справжності знахідок кристалів діаманту в усіх породах. Треба завжди пам'ятати, що тільки повторюваність знахідок діамантів для кожного випадку та їхнє детальне вивчення дає змогу стверджувати про їхню справжність. Атлас кристалічних форм діамантів різного походження міг би бути першим і найдоступнішим індикатором у їх попередній розбравці.

Знайдені на Інгуло-Інгулецькому мегаблоці діаманти у брекчієподібних породах ділянки Грузьке і у імпактих кратера Зелений Гай надано для вивчення геологами КП "Кіровогеологія" та проф. Г.М. Яценком із проявів еклогітоподібних порід басейну р. Інгул.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Вальтер А.А., Еременко Г.К., Квасница В.Н., Полканов Ю.А. Ударно-метаморфогенные минералы углерода. Киев: Наук. думка, 1992. 172 с.
2. Гайовський О.В., Бекеша С.М., Сливко Є.М., Яценко Г.М. Геологія та літолого-структурні умови локалізації брекчієподібних порід центральної частини Українського щита (на прикладі Грузького поля трубкоподібних тіл). *Геофізич. журн.* 2019. **41**, № 6. С. 93—110. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i6.2019.190068>
3. Галимов Э.М., Каминский Ф.В. Алмазы в океанической литосфере: вулканические алмазы и алмазы в офиолитах. *Геохимия*. 2021. **66**, № 1. С. 3—14. <https://doi.org/10.31857/S0016752521010040>
4. 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. **18**, № 4. С. 307—331. <https://doi.org/10.17072/psu.geol.18.4.307>
5. Езерский В.А. Гипербарические полиморфы, возникшие при ударном преобразовании углей. *Зан. Всесоюз. минерал. об-ва*. 1986. **115**, вып. 1. С. 26—33.
6. Калашник Г.А. Основні результати геолого-геофізичних досліджень на Зеленогайській структурі Інгульського мегаблоку Українського щита. *Мінеральні ресурси України*. 2017. № 3. С. 3—11.
7. Яценко Г.М., Бабинін О.К., Квасниця В.М., Росихіна А.І., Сливко Є.М. Попереднє повідомлення про алмази в золотоносному метаморфічному комплексі докембрію (Український щит). *Мінерал. зб.* 1999. **49**, вип. 1. С. 154—164.
8. Яценко Г., Кирьянов М., Калашник Г., Гайовський О., Сливко Є., Яценко І., Соломатіна Л. Мінералогічні особливості рудоносних порід чохла Кіровоградського блока Українського щита на прикладі теригенно-глинистої алмазонасної формації. *Мінерал. зб.* 2009. **59**, вип. 1. С. 144—159.
9. Яценко И.Г., Скублов С.Г., Левашова Е.В., Галанкина О.Л., Бекеша С.Н. Состав сферул и нижнемантийных минералов, изотопно-геохимическая характеристика циркона из вулканогенно-обломочных фаций лампроитовой трубки Мрия. *Зан. Горного ин-та*. 2020. **242**. С. 150—159. <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.2.150>
10. Das S., Basu A.R., Mukherjee B.K. In situ peridotitic diamond in Indus ophiolite sourced from hydrocarbon fluids in the mantle transition zone. *Geology*. 2017. **45**, № 8. P. 755—758. <https://doi.org/10.1130/G39100.1>
11. Dilek Y., Yang J.S. Ophiolites, diamonds, and ultrahigh-pressure minerals: New discoveries and concepts on upper mantle petrogenesis. *Lithosphere*. 2018. **10**, № 1. P. 3—13. <https://doi.org/10.1130/L715.1>
12. Kaminsky F.V. Non-kimberlitic diamondiferous igneous rocks: 25 years on. *J. Geol. Soc. of India*. 2007. **69**, № 3. P. 557—575.
13. Lian D., Yang J. Ophiolite-hosted diamond: A New window for probing carbon cycling in the deep mantle. *Engineering*. 2019. **5**, Iss. 3. P. 406—420. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.02.006>
14. Litasov K.D., Kagi H., Voropaev S.A., Hirata T., Ohfuji H., Ishibashi H., Makino Y., Bekker T.B., Sevastyanov V.S., Afanasiev V.P., Pokhilenko N.P. Comparison of enigmatic diamonds from the Tolbachik arc volcano (Kamchatka) and Tibetan ophiolites: assessing the role of contamination by synthetic materials. *Gondwana Research*. 2019. **75**. P. 16—27. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.04.007>
15. Shirey B.S., Cartigny P., Frost J.D., Keshav Sh., Nestola F., Nimis P., Pearson G.D., Sobolev V.N., Walter J.M. Diamonds and the geology of mantle carbon. *Revs Mineral. and Geochem.* 2013. **75**. P. 355—421. <https://doi.org/10.2138/rmg.2013.75.12>
16. Shumilova T.G., Ulyashev V.V., Kazakov V.A., Isaenko S.I., Svetov S.A., Chazhengina S.Y., Kovalchuk N.S. Karite — diamond fossil: A new type of natural diamond. *Geoscience Frontiers*. 2020. **11**, № 4. С. 1163—1174. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.09.011>
17. Stachel T., Harris J.W., Muehlenbachs K. Sources of carbon in inclusion bearing diamonds. *Lithos*. 2009. **112**. P. 625—637. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.04.017>
18. Yang J.S., Robinson P.T., Dilek Y. Diamonds in Ophiolites. *Elements*. 2014. **10**, № 2. P. 127—130. <https://doi.org/10.2113/gselements.10.2.127>

Надійшла 23.12.2020

## REFERENCES

1. Walter, A.A., Eremenko, G.K., Kvasnitsa, V.N. and Polkanov, Yu.A. (1992), *Impact-metamorphogenic minerals of carbon*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 172 p. [in Russian].
2. Hayovskyi, O.V., Bekesha, S.M., Slyvko, E.M. and Yatsenko, G.M. (2019), *Geophysical J.*, Vol. 41, No. 6, Kyiv, UA, pp. 93-110 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i6.2019.190068>
3. Galimov, E.M. and Kaminsky, F.V. (2021), *Geochemistry*, Vol. 66, No. 1, RU, pp. 3-14 [in Russian]. <https://doi.org/10.31857/S0016752521010040>
4. Gordeev, E.I., Silaev, V.I., Karpov, G.A., Anikin, L.P., Vasiliev, E.A. and Sukharev, A.E. (2019), *Proc. Perm Univ., Geology*, Vol. 18, No. 4, Perm, RU, pp. 307-331 [in Russian]. <https://doi.org/10.17072/psu.geol.18.4.307>
5. Ezersky, V.A. (1986), *Proc. All-Union Mineral. Soc.*, Vol. 115, No. 1, Leningrad, RU, pp. 26-33 [in Russian].
6. Kalashnyk, G.A. (2017), *Mineral resources of Ukraine*, No. 3, Kyiv, UA, pp. 3-11 [in Ukrainian].
7. Yatsenko, G.M., Babynin, O.K., Kvasnytsya, V.M., Rosykhina, A.I. and Slyvko, E.M. (1999), *Mineral. collection*, Vol. 49, No. 1, L'viv, UA, pp. 154-164 [in Ukrainian].

8. Yatsenko, G., Kiryanov, M., Kalashnyk, G., Hayovskyi, O., Slyvko, E., Yatsenko, I. and Solomatina, L. (2009), *Mineral. collection*, Vol. 59, No. 1, L'viv, UA, pp. 144-159 [in Ukrainian].
9. Yatsenko, I.G., Skublov, S.G., Levashova, E.V., Galankina, O.L. and Bekesha, S.N. (2020). *Proc. Mining Institute*, Vol. 242, St. Petersburg, RU, pp. 150-159 [in Russian]. <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.2.150>
10. Das, S., Basu, A.R. and Mukherjee, B.K. (2017), *Geology*, Vol. 45, No. 8, pp. 755-758. <https://doi.org/10.1130/G39100.1>
11. Dilek, Y. and Yang, J.S. (2018), *Lithosphere*, Vol. 10, No. 1, pp. 3-13. <https://doi.org/10.1130/L715.1>
12. Kaminsky, F.V. (2007), *J. Geol. Soc. of India*, Vol. 69, No. 3, pp. 557-575.
13. Lian, D. and Yang, J. (2019), *Engineering*, Vol. 5, Iss. 3, pp. 406-420. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.02.006>
14. Litasov, K.D., Kagi, H., Voropaev, S.A., Hirata, T., Ohfuji, H., Ishibashi, H., Makino, Y., Bekker, T.B., Sevastyanov, V.S., Afanasiev, V.P. and Pokhilenko, N.P. (2019), *Gondwana Research*, Vol. 75, pp. 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.04.007>
15. Shirey, B.S., Cartigny, P., Frost, J.D., Keshav, Sh., Nestola, F., Nimis, P., Pearson, G.D., Sobolev, V.N. and Walter, J.M. (2013), *Revs Mineral. and Geochem.*, Vol. 75, pp. 355-421. <https://doi.org/10.2138/rmg.2013.75.12>
16. Shumilova, T.G., Ulyashev, V.V., Kazakov, V.A., Isaenko, S.I., Svetov, S.A., Chazhengina, S.Y. and Kovalchuk, N.S. (2020), *Geoscience Frontiers*, Vol. 11, No. 4, pp. 1163-1174. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.09.011>
17. Stachel, T., Harris, J.W. and Muehlenbachs, K. (2009), *Lithos*, Vol. 112, pp. 625-637. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.04.017>
18. Yang, J.S., Robinson, P.T. and Dilek, Y. (2014), *Elements*, Vol. 10, No. 2, pp. 127-130. <https://doi.org/10.2113/gselements.10.2.12714>

Received 23.12.2020

V.M. Kvasnytsya, DrSc (Mineralogy and Crystallography),  
 Prof., Head of Department. 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; <http://orcid.org/0000-0002-3692-7153>

#### ABOUT DIAMONDS OF THE INGUL-INGULETS DOMAIN (THE UKRAINIAN SHIELD)

Three finds of diamonds on the Ingul-Ingulets domain of the Ukrainian Shield are considered: in breccia-like rocks of the Gruzke area, in eclogite-like rocks in the basin of the Ingul River and the Zeleny Gayi meteorite crater. A brief description of these diamonds is made, which represent their different geological and genetic types. The veracity of these diamond findings and the origin of their crystals are appreciated. It is shown that 8 diamonds of the Gruzke area differ in size (0.2-1.4 mm), shape, colour, set of nitrogen centres and degree of preservation. According to infrared spectroscopy, all the studied crystals can be attributed to natural diamonds of the mantle type and distinguish them into separate groups, as they belong to several spectral types: IIa, IaAB, Iab and Ib. However, there are several doubts about the veracity of this finding: 1. Finding in small samples of the core wells of such a high concentration of diamonds. 2. A large variety of crystals in these samples by spectral types of physical classification. 3. Signs of mechanical wear on all crystals, which does not exclude the version of their origin from a diamond drill bit (a mixture of crystals of the natural and possibly synthetic diamond). The question of whether the found diamonds belong to the breccia-like rocks of the Gruzke area remains open. Small diamonds (up to 0.3 mm), which are found in eclogite-like rocks in the basin of the Ingul River on several grounds (mainly cubo-octahedral habit, manifestations of skeletal forms of growth, flat surface of the cube faces, yellow-green colour, inclusions) are very similar to crystals of synthetic HPHT diamond. However, the same small diamonds are found in the rocks of the Euro-Asian Alpine and the Ural and Central-Asian Caledonian ophiolite belts and the eruptions of modern volcanoes in Kamchatka. Such diamonds are also found in lamproite-like rocks of the Mriya pipe in the Azov Sea region, and they are found in weathering crusts and terrigenous deposits of Ukraine. It is necessary to find out the true nature of these findings. Therefore, it is necessary to audit all finds of such diamonds in Ukraine. It is shown that diamonds from the Zeleny Gayi meteorite crater are typical impact apographitic crystals - diamond paramorphoses on graphite. The conclusions of some researchers about the mantle nature of these diamonds from this crater are denied.

**Keywords:** mantle and impact diamonds, the Ingul-Ingulets domain, the Ukrainian Shield.