

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.46.01.032>
УДК 549.621.98 (477/478)

О.В. Павлюк, канд. геол. наук, наук. співроб.

E-mail: alia.pavliuk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5234-2908>

В.М. Павлюк, мол. наук. співроб.

E-mail: v-pavlyuk@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-7035-8505>

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, просп. Акад. Палладіна, 34

ВИСОКОБАРИЧНІ ОРАНЖЕВІ ГРАНАТИ ІЗ ОСАДОВИХ ВІДКЛАДІВ ВЕРХНЬОГО ПОБУЖЖЯ (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

Статтю присвячено вивченню оранжевих гранатів із міоцен-пліоценових відкладів балтської світи та сарматського регіоярису Вінницької ділянки. Вінницька ділянка розташована в межах південно-західного схилу Українського щита. Кристалічний фундамент на переважній площі представлений гранітоїдами бердичівського комплексу палеопротерозойського віку, менше — ендербітами і чарнокітами літинського комплексу неоархейського віку. Серед них трапляються тіла мафітів і ультрамафітів потужністю 0,5—2 м. Осадочний чохол загальною потужністю до 20 м представлений пісками і глинами середнього сармату, балтської світи і четвертинних відкладів. Відклади збагачені мантійними мінералами, насамперед піропом. Також виявлено чотири кристали алмазу. Вивчено хімічний склад (253 кристалів) та морфологію (278 кристалів) оранжевих гранатів. Досліджені зразки представлені переважно гранатами піропового та піроп-альмандинового складу, також у невеликій кількості присутні grosulari. Більшість гранатів представлена необкатаними уламками кристалів розміром від 0,2 до 0,6 мм з ознаками інтенсивних гіпергенних змін, проявлених у розвитку позитивного (блокового) рельєфу та негативного — у вигляді різної форми каналів травлення. Особливості морфології свідчать про можливе незначне віддалення цих гранатів від їхніх первинних джерел і тривале перебування у корі вивітрювання. Корінні джерела гранату, вірогідно, є докембрійськими та розташовані в активних тектонічних зонах, що призвело до їхнього руйнування. Згідно з даними щодо хімічного складу, серед оранжевих гранатів переважають низькохромисті вебстеритові та низькокальцієві еклогітові різновиди, а також гранати високозалізистих мантійних піроксенітів. Наявність у багатьох гранатах домішки титану вказує на вірогідну алмазонасність частини корінних джерел.

Ключові слова: гранат, піроп, еклогіт, морфологія, хімічний склад, Вінницька ділянка, Український щит.

Вступ. Вінницька ділянка розташована на південно-західній околиці м. Вінниця, на правому березі Південного Бугу. Площа ді-

лянки становить 144 км². Пошукові роботи в межах ділянки були започатковані в 1968—1974 рр. Д.А. Лавровим (Lavrov, 1972; Lavrov,

Цитування: Павлюк О.В., Павлюк В.М. Високобаричні оранжеві гранати із осадових відкладів Верхнього Побужжя (Український щит). *Мінерал. журн.* 2024. 46, № 1. С. 32—44. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.46.01.032>

© Видавець ВД "Академперіодика" НАН України, 2024. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

1974)^{1,2}, а на початку 1980-х рр. попутно виконані В.Д. Гейком під час ГГК-200 аркуша Вінниця (Heiko, 1982)³ і М.М. Ляшком у ході ГГК-50 Вінницької площі (Liashko, 1986)⁴. Під час останніх пошукових робіт на алмази, виконаних Правобережною експедицією Державного підприємства "Північгеологія" (Dovhan, 2008)⁵, на Вінницькій ділянці було пробурено 16 свердловин. Метою буріння було дослідження ізометричних і овальних магнітних аномалій невеликої інтенсивності, а також оконтурення висококонтрастного піропового ореолу. Проби відбирали з базального і поверхневого осадових горизонтів. Ці роботи унаслідок виявлення в проміжних колекторах середнього сармату, балтської світи і антропогену середньо-висококонтрастних ореолів піропу, а в балтських відкладах — чотирьох кристалів алмазу, обґрунтували перспективність Вінницької ділянки на пошуки корінних джерел цих мантійних мінералів. Глибинні гранати оранжевого кольору раніше не досліджували. Вивчено було лише хімічний склад гранатів густо-фіолетового кольору з підвищеним вмістом хрому (Vuiko, 1983). Це спонукало нас до дослідження широко поширених на Вінницькій ділянці оранжевих гранатів.

Геологічна будова. Вінницька ділянка розташована в межах Подільського блоку (Дністровсько-Бузький мегаблок Українсь-

кого щита), у східній периферійній частині Літинського ендербітового купола. Для неї характерні ознаки цієї великої, складної за будовою і неоднозначної за генезисом структури. З півдня ділянка примикає до зони Хмільницького глибинного розлому коромантійного закладання, що також позначилось на її будові (рис. 1).

У гравітаційному полі це район Вінницького максимуму, у магнітному — регіональна магнітна аномалія, що відповідає Літинському ендербітовому куполу. І в першому, і в другому випадку ділянка тяжіє до східної периферійної частини цієї глибинної зонально-концентричної структури. У межах ділянки магнітне поле неоднорідне. На фоні загального негативного поля фіксуються окремі ізометричні, овалоподібні та лінійні позитивні і негативні аномалії різної напруженості: від 30—50 до 1000 нТл і більше. Слабомагнітні та інтенсивніші магнітні аномалії утворюють кільцеві, напівкільцеві ланцюгоподібні міні- і макроплікативні структури. Лінійні негативні аномалії, як правило, фіксують розривні порушення. Природа позитивних аномалій різноманітніша: вони характеризують метагаброїди, тіла ультраосновних порід, зокрема вірогідних коматітів, піроксеніві кристалосланці, ендербіти.

Кристалічний фундамент на переважній більшості площі представлений гранітоїдами бердичівського комплексу, меншою мірою — ендербітами і чарнокітами літинського комплексу. Їх чітко фіксують інтенсивні позитивні магнітні аномалії. Інтенсивні і слабомагнітні аномалії ізометричної та лінійної ланцюжково-подібної форми характеризують у більшості випадків метагаброїди — піроксенові кристалосланці. Вони зосереджені на всій території ділянки, беручи участь у складкоутворенні. У південно-східній частині ділянки зосереджені слабо- і високоінтенсивні магнітні аномалії, представлені ендербітами і стратифікованими метаморфізованими ультрамафітами — вірогідними перидотитовими і піроксенітовими коматіитами. Останні беруть участь у складчастості, утворюючи лінзовидно-кільцеві і напівкільцеві структури. У деяких структурах (західна частина Сабарівського кар'єру) поруч із коматіитами трапляються плутонічні дайкоподібні тіла

¹ Лавров, Д.А., Кирилов, Г.К., Кручек, А.И. (1972), Отчет о результатах поисков алмазов в пределах Правобережной Украины за 1967—1972 гг., Киев.

² Лавров, Д.А., Кручек, А.И. (1974), Отчет о результатах поисков россыпей алмазов в бассейнах рек Днестр и Юж. Буг, проведенных в 1972—1974 гг., Киев.

³ Гейко, В.Д. и др. (1982), Отчет о результатах глубинного геологического картирования м-ба 1:200 000 территории листа М-35-XXIX (Винница) и групповой геологической съемки м-ба 1:50 000 листов М-35-105, -106. Киев: Геоинформ.

⁴ Ляшко, Н.А. и др. (1986), Отчет о результатах глубинного геологического картирования м-ба 1:50 000 южной части Хмельницкой зоны. Листы М-35-105-А-6, г; -105-В-а, в, г; -105-Г-6; -106-В; -106-Г-в Винницкой обл. (геологосъем. партия № 39, 1983—1986 гг.). Киев: Геоинформ.

⁵ Довгань, Р.М., Павлюк, В.М. (2008), Пошуки корінних родовищ алмазів у межах Бердичівського підняття. Звіт Правобережної ГЕ за 1991—2008 рр. Київ: Геоинформ.

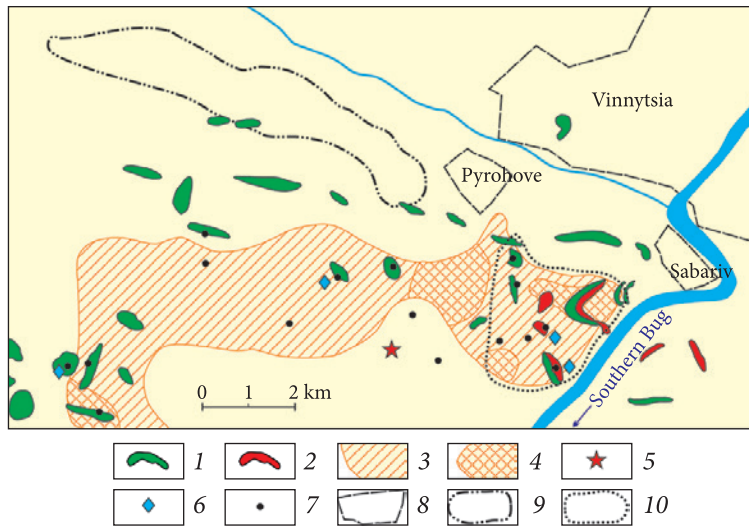


Рис. 1. Схема Вінницької ділянки: 1 — метагаброїди; 2 — ультрабазити; ореоли піропу в базальному горизонті: 3 — середньоконтрастні, 4 — висококонтрастні; 5 — знахідки алмазу; 6 — проби з аномальним вмістом хром-шпінеліду; 7 — свердловини, у пробах з яких досліджено оранжеві гранати (Dovhan, 2008); 8 — межі населених пунктів; 9 — сарматська палеодолина; 10 — ореол гранатів із підвищеним вмістом альмандинового компоненту

Fig. 1. Schema of the Vinnytsia area: 1 — metagabbroids; 2 — ultrabasic rocks; halos of pyrope in the basal horizon: 3 — medium contrast, 4 — high contrast; 5 — diamond finds; 6 — samples with anomalous chrome-spinel content; 7 — wells in which orange garnets were studied (Dovhan, 2008); 8 — boundaries of settlements; 9 — Sarmatian paleovalley; 10 — halo of garnets with an increased content of the almandine component

ультрамафітів — піроксенітів, перидотитів, дунітів. Серед ендербітів і ультрамафітів трапляються малопотужні тіла карбонатних порід — кальцифірів. Ультрамафіти поширені переважно в східній частині ділянки і представлені серією тіл (дайок) слюдистих лерцолітів, гарцбургітів і клінопіроксенітів, зокрема шпінель-сапфіринового ортопіроксеніту, потужністю 0,5—2 м. Окрім ортопіроксенітів, у Сабарівському кар'єрі трапляються тіла (дайки) вебстеритів, нерідко з оливом і флогопітом.

Розривні структури численні, але переважно це розломи місцевого характеру. Головною структурою є Лукашівська зона розломів — фрагмент регіональної Хмельницької зони. Локальні субширотні розломи — відлуння Хмельницької зони глибинних розломів, розташовані переважно у східній периферійній частині Літинського куполу.

Осадовий чохол представлений відкладами середнього сармату, балтської світи і четвертинної системи. Відклади середнього сармату поширені здебільшого у західній, північній і південній частинах ділянки, а у центральній і східній вони розмиті річковими потоками, відповідно в балтський і четвертинний період. Середньосарматський під'ярус представлений переважно двочленним літологічним складом — пісками і глинами потужністю від 1—5 до 20 м, де піски

залягають головним чином в нижній частині розрізу. Границя між сарматськими і балтськими відкладами нечітка. Судячи із літологічного складу, відклади середнього сармату належать до прибережно-морських і, не виключено, субконтинентальних (фіксуються вуглисті прошарки) фацій. Відклади балтської світи — основного носія алмазу і супутніх йому мінералів — перекривають утворення середнього сармату, а в місцях підняття кристалічного фундаменту (центральне підняття) залягають на розмитій поверхні кори вивітрювання. Особливістю балтської світи є насиченість її річковими, озерними та іншими континентальними відкладами — різнозернистими озалізненими пісками з дрібною галькою яшми і кременю, рідше — бурувато-жовтими глинами. Потужність балтських відкладів становить від 5—10 до 30 м.

У четвертинний період річкові потоки подекуди розмили балтські, а разом з ними і сарматські відклади. Тому базальний горизонт у межах ділянки представлений трьома стратиграфічними проміжними колекторами — середньосарматським (переважає), балтським і четвертинним. Останній поширений лише в руслі Південного Бугу та його притоків. У четвертинних пісках, як і в сарматських і балтських відкладах, трапляється яшмоподібна і кремениста галька.

У формуванні палеорельєфу значну роль відіграли неотектонічні підняття і опускання, які спричинили розмив у центральній частині ділянки балтськими потоками сарматських відкладів, а в четвертинний період р. Південний Буг з притоками розмили балт і сармат у східній частині ділянки.

Алмаз і супутні йому мінерали. У ході великооб'ємного опробування піщаних відкладів балтської світи в районі с. Бохоники Д.А. Лавровим (Lavrov, 1972) у св. 16-б (пр. 91/2) в пробі об'ємом 35 м³ виявлено чотири кристали алмазу:

1) октаедричної форми, безколірний, розміром 0,25 × 0,15 мм;

2) у вигляді ушкодженого куба бруднувато-жовтого кольору розміром 0,20 × 0,20 мм;

3) уламок безколірного кристала розміром 0,22 × 0,20 мм;

4) безколірний і безформний, розміром 0,22 × 0,20 мм.

Генезис виявлених тут кристалів детально не вивчали. Є підстави вважати, що безколірні алмази, швидше за все, мають кімберлітове походження (Afanasyev et al., 2001; Bobrievich, 1975).

Піроп. Піропи, як і хромшпінеліди, трапляються в усіх проміжних колекторах, причому найбільше їх у балтських і четвертинних відкладах. Вони утворюють контрастні ореоли як в базальних, так і поверхневих горизонтах. У базальному горизонті середнього сармату, представленому різно- і великозернистими пісками і глинами, нерідко записоченими, у південно-західній частині ділянки виявлений середньоконтрастний піроповий ореол з вмістом піропів від 19 до 1630 знаків на 20 л породи. Мінімальний вміст піропів характерний для глин і глинистих пісків.

Відклади балтської світи збагачені піропами більше, ніж сарматські. У централь-

ній частині Вінницької ділянки в базальному горизонті балтської світи, представлено-му різнозернистими пісками, піщанистими глинами і грубозернистими, частково гравелистими пісками, встановлений середньо-висококонтрастний ореол піропів, оконтурений на основі 27 проб із 27 свердловин. Довжина ореолу орієнтовно 7 км, ширина від 0,75 до 2,5 км. Вміст піропу від 38 до 1500 знаків на 20 л породи, середній — 394 знаки. У поверхневому горизонті балтської світи піропи утворюють середньо-висококонтрастний ореол практично у тих самих границях, що і в базальному горизонті, інколи ледь звужуючись або розширюючись. Ореол оконтурений на основі 47 проб із 21 свердловини. За контрастністю він явно переважає базальний горизонт. Тут в деяких пробах вміст піропів досягає близько 2,5 тисяч знаків, а середній вміст вищий — 480 знаків на 20 л породи.

Нижче у табл. 1 наведено характеристику колірної гами глибинних гранатів ділянки у відкладах сарматського і балтського віків. Як видно з табл. 1, співвідношення кольорів гранату в сарматських і балтських відкладах приблизно однакове. Це вказує на спільні для обох горизонтів корінні джерела, а також на те, що балтські піски утворились переважно за рахунок перемиву сарматських. Дещо вищий відсоток оранжевих і нижчий фіолетових гранатів у сарматських відкладах пояснюється меншою механічною стійкістю оранжевих і кращою — фіолетових у наближених до фундаменту і менш зрілих відкладах сармату. У балтських пісках гранати дещо більші: 81,4 % проти 54,8 % у найпоширенішій фракції 0,25—0,5 мм. Але це зростання відбувається лише за рахунок оранжевих і рожевих гранатів.

У четвертинний період ореоли піропів формувались переважно у русловому алювії

Таблиця 1. Кольорова гама глибинних гранатів Вінницької ділянки у сарматських і балтських відкладах
Table 1. Color spectrum of deep-seated garnets in the Vinnytsia area in Sarmatian and Balta deposits

Age of deposits	Number of garnet crystals	Color, %			
		Orange	Pink	Red	Violet
Sarmatian (N ₁ S ₂)	816	26,7	37,1	16,9	19,2
Balta (N ₁₋₂ bl)	9039	20,4	40,7	15,3	22,9

Південного Бугу і його притоків за рахунок розмиву піропоносних балтських відкладів, рідше сарматських. У східній частині ділянки в зоні сучасного руслового алювію Південного Бугу у св. 65 (Lavrov, 1972) в чотирьох пробах виявлено вміст піропу до 3113 знаків на 20 л породи, за ваги проб 3,7—5,2 кг. Це найконтрастніша піропова аномалія на усій Хмельницько-Вінницькій площі. Формувалась ця аномалія в русловому алювії Південного Бугу за рахунок розмиву піропоносних балтських відкладів за наявності природної пастки — підняття фундаменту.

Хромшпінелід. У межах Вінницької ділянки хромшпінеліди трапляються рідко. Як зазначено вище, у відкладах середнього сармату їх вміст дуже низький — знаки; така ж картина спостерігається і в четвертинних відкладах. І лише в балтській світі їх вміст дещо більший — до 4 г/т в базальному горизонті, і до 10 г/т у поверхневому, за винятком кількох проб, де їх вміст високий — до 31 г/т. Інструментально хромшпінеліди не вивчено.

Автори звіту (Dovhan, 2008) не відкидають вірогідності існування місцевих корінних джерел мантійних мінералів, тим паче, що в межах ділянки виявлені дайки ультраосновних порід, а також вулканіти ультрабазитового складу — коматііти. Проте факти, отримані у ході дослідження ультрамафітів Вінницької ділянки, не дають можливості позитивно оцінити їхню приналежність до мантійного магматизму.

Оранжеві гранати було вилучено із проб свердловин, пробурених під час пошукових робіт на алмази (Dovhan, 2008); загалом 31 проба із 16 свердловин. Проби відібрані із піщаного горизонту середнього сармату і балтської світи, що залягає вище.

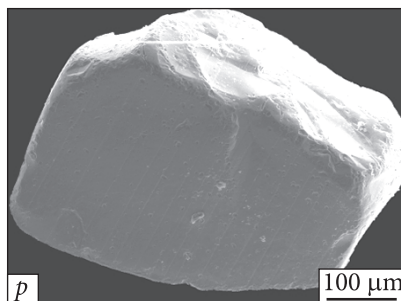
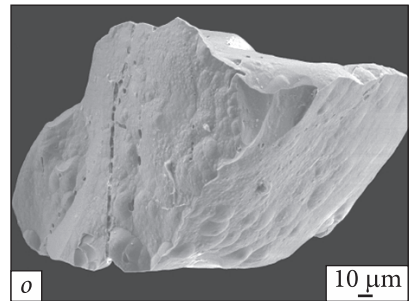
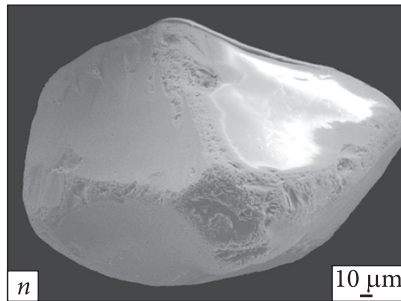
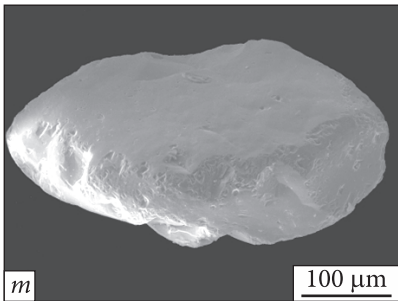
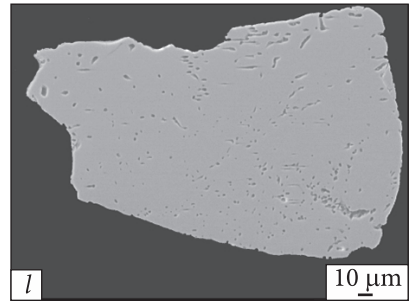
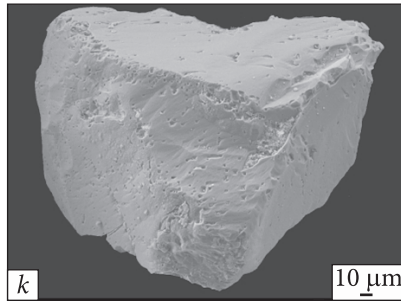
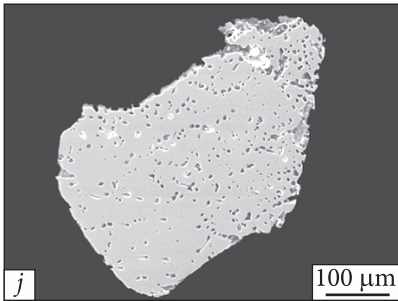
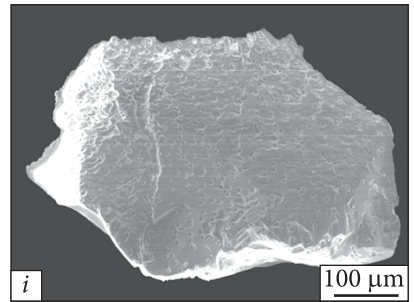
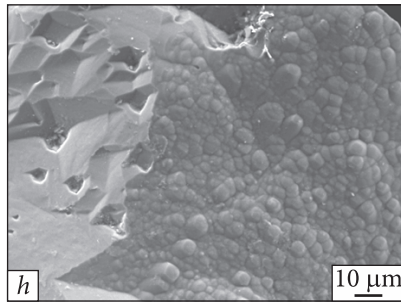
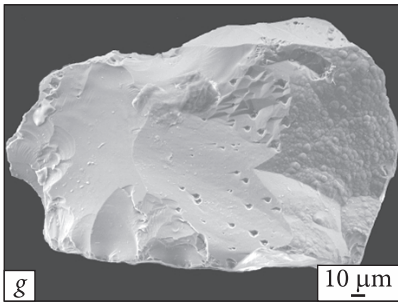
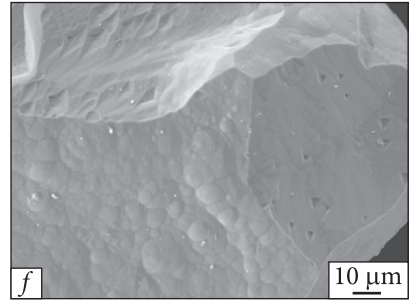
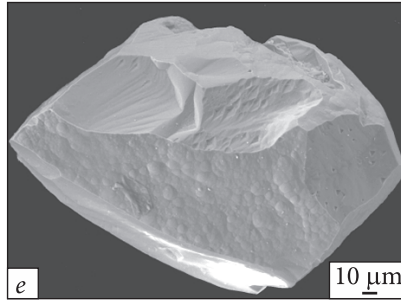
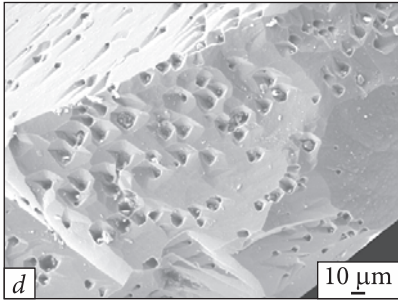
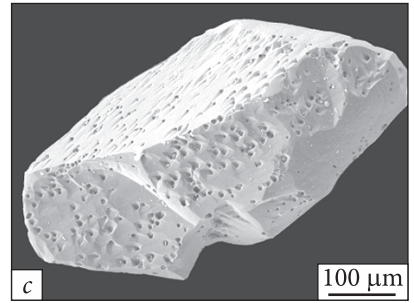
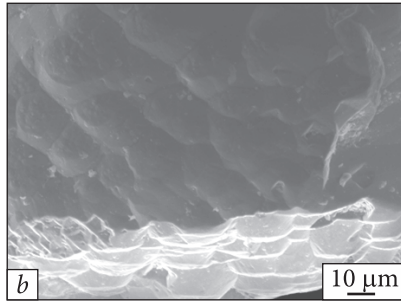
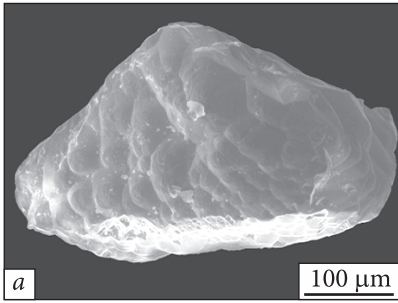
Методи дослідження. Морфологію і хімічний склад гранатів досліджено за допомогою електронного мікроскопа JSM-6700F з енергодисперсійною системою для мікроаналізу JED-2300 методом SEM-EDS (прискорювальна напруга — 20 кВ, сила струму зонда $6 \cdot 10^{-10}$ А, його діаметр — 1—2 мкм). Як стандарти використані чисті метали або їхні оксиди. Розрахунок концентрацій елементів здійснено за методом ZAF-корекції.

Морфологія гранатів. Морфологію гранатів Вінницької ділянки досліджено на при-

кладі 278 кристалів (46 із сарматських відкладів та 232 із балтських). Більшість із них представлені необкатаними уламками кристалів розміром 0,2—0,6 мм (рис. 2). Ймовірно, ці уламки утворились у процесі вивітрювання унаслідок корозійного розтріскування, пов'язаного з ефектом адсорбційного зниження міцності. Паралельно із втратою міцності відбувалось розчинення. Корозійне розтріскування відбувалось насамперед завдяки поверхнево активним властивостям органічних речовин. Вони адсорбувались поверхнею кристала, найінтенсивніше в місцях найдефектніших зон структури завдяки їхній підвищеній енергії, та переводили його у вигідніший енергетичний стан. Унаслідок цього процесу й утворились уламки. Ті уламки, що утворились у постмагматичних умовах, мають пласкі сколи, оскільки розтріс-

Рис. 2. Морфологія оранжевих гранатів Вінницької ділянки: *a* — уламок кристала гранату з кубоїдним (блоковим) рельєфом поверхні; *c* — кристал гранату з густо розвинутою сіткою каналів травлення по всій поверхні; *b, d, f, h* — деталізація поверхні; *e, g* — уламки кристалів гранату з раковистим зломом, дрібно-горбистою поверхнею та каналами травлення у вигляді трикутників та ромбів, що розвиваються по осях третього та другого порядків відповідно; *i, k* — уламки кристалів гранату з сіткою каналів травлення по дислокаціях, які пронизують кристали наскрізь; *j, l* — фото зрізу кристалів *i* та *k*; *m, n* — кристали зі слідами обкатаності на ребрах без елементів гіпергенних змін; *o* — кристал з дрібно-горбистою поверхнею та каналами травлення у вигляді "ланцюжка"; *p* — кристал зі слідами обкатаності на ребрах і паралельними смугами, які, можливо, є слідами розпаду твердого розчину

Fig. 2. Morphology of orange garnets from the Vinnytsia area: *a* — garnet crystal fragment with a cuboidal (block) surface relief; *b* — garnet crystal with a densely developed network of etching channels over the entire surface; *b, d, f, h* — surface detailing; *e, g* — garnet crystal fragments with conchoidal fracture, finely bumpy surface, and etching channels in the form of triangles and rhombuses, developing along the axis of the 3rd and 2nd orders, respectively; *i, k* — fragments of garnet crystals with a grid of etching channels along dislocations that penetrate the crystals entirely; *j, l* — photo of a section of crystals *i* and *k*; *m, n* — crystals with signs of abrasion on edges without elements of hypergenic changes; *o* — crystal with a small hilly surface and etching channels in the form of a "chain"; *p* — crystal with signs of abrasion on edges and parallel stripes, which are probably traces of the decomposition of the solid solution



кування відбувалось по найдефектніших зонах, часто орієнтованих по ромбододекаедру. В гіпергенних умовах розтріскування відбувалось по дефектах структури, які розташовані хаотично і мають менший рівень надлишкової енергії, тому сколи набули раковистого вигляду (рис. 2, с). Корозійне розтріскування відбувається в ширших межах умов, ніж гіпергенне розчинення, тому не завжди на уламках є елементи травлення. Проте абсолютна більшість досліджених уламків (88 %) все-таки містять елементи гіпергенного розчинення.

Гіпергенне травлення мінералів відбувалось у кислому середовищі, оскільки, згідно з (Afanasyev et al., 2001), травлення в лугах не дає такої конфігурації скульптур на поверхні мінералів. Корозійні агенти впливали на дефектні структури мінералу, внаслідок чого утворились різноманітні елементи гіпергенного розчинення. Спочатку утворювались негативні елементи рельєфу гранатів — канали травлення різноманітної форми (западни, каверни, клиноподібні заглиблення), які розвивались по дислокаціях найдефектніших зон кристала. У досліджених гранатах Вінницької ділянки такі канали травлення мають діаметр від 0,5 до 15 мк, у поперечному перерізі вони мають округлу, трапеціє-, ромбо-, клиноподібну чи трикутну форму. Найчастіше вони досить рівномірно розподілені на одній із граней кристала та не глибокі; інколи кристал повністю

"усіяний" такими каналами (рис. 2, с, і). Також трапляються кристали, на яких вони утворюють "ланцюжок" (рис. 2, о). На невеликій частині гранатів канали травлення проходять глибоко в середину кристала.

Паралельно з утворенням негативних елементів на поверхні кристалів, або ж дещо пізніше, вже на малодфектних частинах мінералу розвивався позитивний рельєф. Швидке розчинення сильно дефектних зон зерна пізніше призвело до вивільнення блоків із низькою концентрацією дефектів, які в процесі гіпергенезу намагались досягти рівноважної форми розчинення, а саме — кубоїда. Здебільшого поверхня кубоїдів гладка, проте інколи на ній розвивається крапле-, конусоподібний, дрібногорбистий мікрорельєф. Між окремими горбиками зрідка формуються щілини травлення. На місці ромбододекаедра і на ребрах кубоїда позитивний рельєф не розвивається, натомість в цих місцях утворюються човноподібні пологі западини, орієнтовані довгою віссю уперек ребра кубоїда та не пов'язані з дислокаціями. На місці октаедра і поблизу, на вершинах кубоїда, позитивний рельєф також не утворюється, проте інколи розвиваються неглибокі тригональні виїмки.

Найчастіше негативні елементи гіпергенного розчинення трапляються поруч із позитивними на уламках кристалів гранату — 52 %; у 32 % гранатів трапляється лише позитивний "блоковий" тип поверхні, а у

Таблиця 2. Статистичні дані щодо характеру поверхні гранатів Вінницької ділянки з відкладів балтської світи та сарматського регіонарусу

Table 2. Statistical data on the surface characteristics of garnets of the Vinnytsia area from the deposits of the Balta suite and the Sarmatian stage

Sculptures of hypergenic changes	Moderate degree of abrasion signs	High degree of abrasion signs	No signs of abrasion
Balta suite ($N_{1-2}bl$)	1	2	245
Etching channels	1	0	36
Cuboidal (block) surface	4	0	68
Etching channels and cuboidal surface together	0	0	112
Without signs of hypergenic changes	4	2	30
Sarmatian stage (N_1S_2)	2	0	53
Etching channels	0	0	10
Cuboidal (block) surface	2	0	13
Etching channels and cuboidal surface together	0	0	18
Without signs of hypergenic changes	0	0	11

Рис. 3. Діаграма складу гранатів Вінницької ділянки, за (Udovkina, 1986). Поля складу гранатів із еклогітів і еклогітоподібних порід: ксеноліти в кімберлітових трубках (1—3): 1 — неалмазоносні еклогіти; 2 — алмазоносні еклогіти і включення в алмазах; 3 — гроспидити, корундові і кіанітові еклогіти. Еклогіти гнейсо-амфіболітових і метаморфічних комплексів (4—8): 4 — кіанітові і каринтинові еклогіти Полярного Уралу (піропові еклогіти); 5 — кіанітові еклогіти Східних Судетів Богемського масиву, Скандинавського п-ова (Західна Норвегія), Африки (Замбія); 6 — альмандинові біметасоматичні еклогіти Полярного Уралу; 7 — альмандинові еклогіти Полярного Уралу; 8 — те саме, Пн. і Пд. Казахстану. Еклогіти слюдиисто-глагоуфанових комплексів (9—11): 9 — альмандинові еклогіти Південного Уралу (максютівський комплекс), Пн. і Пд. Тянь-Шаню, Каліфорнії, Пд. Америки (Еквадор, Колумбія), Зх. Альп, Скандинавського п-ова; 10 — еклогітоподібні кімберлітових трубок; 11 — поле гранатів із глаукофанізованих еклогітів і глаукофанових сланців. Гранати (12—14): 12 — із "піроксеніту" трубки Мозес-Рок (Пн. Америка); 13 — відкладів балтської світи, 14 — відкладів сарматського ярусу

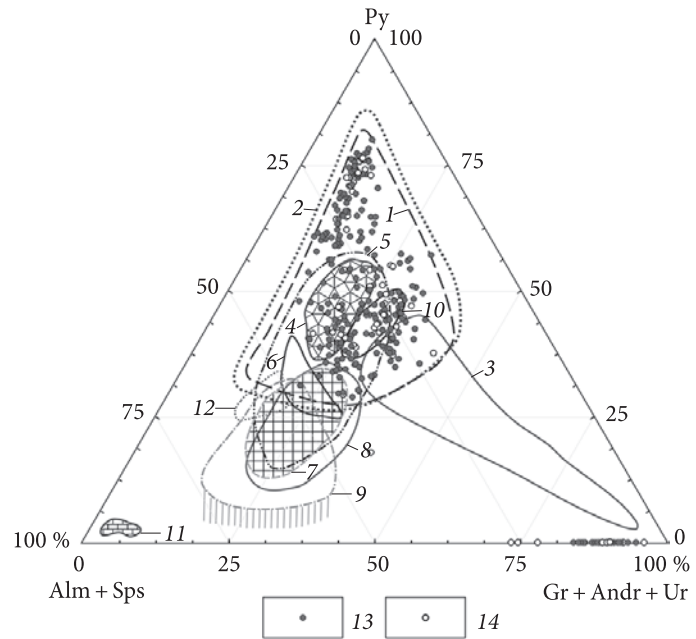


Fig. 3. Diagram of the garnet composition of the Vinnytsia area according to (Udovkina, 1986). Fields of composition of garnets from eclogites and eclogite-like rocks: *xenoliths in kimberlite tubes* (1—3): 1 — non-diamond-bearing eclogites; 2 — diamond-bearing eclogites and inclusions in diamonds; 3 — grosspidites, corundum and kyanite eclogites. *Eclogites of gneiss-amphibolite and metamorphic complexes* (4—8): 4 — kyanite and carinthine eclogites from the Polar Urals (pyrope eclogites); 5 — kyanite eclogites of the Eastern Sudetes (Bohemian Massif), of the Scandinavian Peninsula (Western Norway) and Africa (Zambia); 6 — almandine bimetasomatic eclogites of the Polar Urals; 7 — almandine eclogites of the Polar Urals; 8 — the same North and South of Kazakhstan. *Eclogites of mica-glaucophane complexes* (9—11): 9 — almandine eclogites of the Southern Urals (Maksyutiv complex), North and South Tien Shan, California, South America (Ecuador, Colombia), Western Alps, Scandinavian Peninsula; 10 — eclogite-like kimberlite tubes; 11 — garnet field from glaucophanized eclogites and glaucophane schists. *Garnets* (12—14): 12 — pyroxenite garnets of the Moses Rock tube (North America), 13 — garnets from the deposits of the Balta suite; 14 — garnets from the deposits of the Sarmatian stage

16 % — лише негативні елементи травлення. Серед кристалів із відкладів балтської світи та сарматського регіоярусу співвідношення між різними скульптурами гіпергенного походження суттєво не розрізняється. Елементи обкатаності виявлено на незначній частині кристалів. Нами зафіксовано тільки два сильно обкатаних зерна із балтських відкладів і 11 зерен із наявністю незначних проявів обкатаності у вигляді шорсткої поверхні (два із сарматських та дев'ять із балтських відкладів). Усі сильно обкатані кристали та 44 % кристалів слабкої обкатаності не мають на своїй поверхні елементів гіпергенного розчинення, а на решті слабо обкатаних кристалів гіпергенні зміни хоч і присутні, але на незначній площі і в початковій стадії (табл. 2).

Це може свідчити про їхнє перебування в менш кислому гіпергенному середовищі з низькою активністю корозійних агентів.

Підсумовуючи дослідження з морфології гранатів Вінницької ділянки, ми маємо змогу дійти висновків про можливу незначну віддаленість корінних джерел, тривале перебування в корі вивітрювання з кислим середовищем і високою активністю корозійних елементів. Також існує велика ймовірність, що гранати вже в корінних породах були сильно тріщинуватими та дефектними унаслідок динамометаморфічних змін. Отже, корінні джерела піропу, вірогідно, є докембрійськими і розташовані на ділянках інтенсивних тектонічних зрушень. Перебування в агресивній гіпергенній обстановці

Таблиця 3. Представницькі склади гранатів з осадових відкладів Вінницької, мас. %

Table 3. Representative garnets compositions from the sedimentary deposits of Vinnytsia area, wt. %

Sample No.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Prp	Alm	Sps	Grs	Ti-andr	Andr	Uv
<i>Balta suite (N₁₋₂bl)</i>															
1	42,38	0,76	21,88	1,76	8,53	b. d.	20,68	4,02	72,9	16,9	0	3,2	2	0	4,9
2	41,85	0,44	23,35	1,59	8,44	"	20,33	4	72,8	17	0	4,6	1,2	0	4,5
3	42,16	0,66	21,34	1,96	8,56	"	20,81	4,51	72,7	16	0	2,9	1,7	1,2	5,4
4	42,56	0,48	22,39	1,33	8,47	"	20,57	4,19	72,6	16,8	0	5,6	1,3	0	3,7
5	42,67	b. d.	22,88	1,38	9,09	"	19,88	4,11	71,2	18,3	0	6,6	0	0	3,9
6	41,84	"	24,23	b. d.	9,59	"	18,53	5,82	66	19,1	0	14,8	0	0,1	0
7	41,88	"	23,37	0,43	10,88	"	18,53	4,9	65,9	21,5	0	11	0	0,3	1,2
8	41,64	"	23,78	0,5	10,86	"	18,36	4,86	65,7	21,8	0	11	0	0	1,4
9	42,65	"	23,45	b. d.	10,13	"	18,11	5,65	65	20,4	0	14,6	0	0	0
10	40,66	0,46	22,96	"	12,34	"	16,78	6,81	61	21,2	0	10,6	1,3	5,9	0
11	41,08	b. d.	24,41	"	11,34	"	16,52	6,66	59,9	22,7	0	16,8	0	0,6	0
12	40,37	"	23,99	"	13,92	0,34	15,97	5,42	59	25,9	0,7	10	0	4,3	0
13	42,14	"	23,29	"	10,88	b. d.	16,09	7,6	58,2	22,1	0	19,8	0	0	0
14	41,64	0,46	22,87	"	10,59	"	15,76	8,69	56,4	21,3	0	21,1	1,2	0	0
15	41,14	b. d.	22,56	0,81	14,14	0,4	15,2	5,74	55,3	28,9	0,8	12,7	0	0	2,3
16	42	0,4	23,24	b. d.	8,67	b. d.	15,15	10,56	54,9	17,6	0	26,4	1,1	0	0
17	41,62	0,45	22,93	"	11,78	"	13,7	9,52	50,5	24,3	0	24	1,3	0	0
18	40,95	b. d.	23,76	"	12,08	"	12,77	10,44	47,2	25,1	0	27,7	0	0	0
19	40,93	"	24,05	"	11,94	"	12,44	10,64	46,4	25	0	28,6	0	0	0
20	40,23	0,7	23,01	"	12,51	"	12,25	11,31	44,8	25,5	0	27,5	1,9	0,3	0
21	41,2	0,55	23,04	"	15,4	"	10,21	9,61	39,6	33,5	0	25,2	1,6	0	0
22	40,46	0,59	23,14	"	13,49	"	10,17	12,15	38,4	28,6	0	31,3	1,7	0	0
23	39,77	b. d.	20,31	"	6,14	"	b. d.	33,78	0	9	0	85,1	0	5,9	0
24	39,65	0,71	21,17	"	4,03	"	"	34,44	0	8,2	0	89,5	2	0,3	0
25	40,16	0,5	21,54	"	5,18	"	"	32,61	0	11	0	87,5	1,4	0	0
<i>Sarmatian stage (N₁S₂)</i>															
33	42,3	0,32	22,02	1,19	8,35	b. d.	21,6	4,23	75,7	13,7	0	2,4	0,8	4,1	3,3
35	41,51	0,73	22,7	1,53	8,12	"	20,92	4,5	74,1	14,4	0	2,6	2	2,6	4,3
34	42,47	0,58	22,18	1,06	8,76	0,5	20,3	4,15	71,3	17,3	1	6	1,5	0	3
32	41,41	0,77	21,73	1,86	9,78	b. d.	20,02	4,42	71,1	17,7	0	1,2	2,1	2,7	5,3
27	42,55	b. d.	23,42	b. d.	10,93	"	18,04	5,06	64,9	22,1	0	13,1	0	0	0
26	41,88	"	23,32	"	11,56	"	18,15	5,09	64,6	22,4	0	12	0	1	0
39	40,8	"	22,99	0,47	13,81	"	17,59	4,35	64,3	24,3	0	4,1	0	6	1,4
36	41,93	"	23,12	b. d.	11,91	"	17,48	5,57	62,1	23,6	0	14,1	0	0,2	0
40	42,2	"	23,89	"	9,33	"	14,88	9,7	54,9	19,3	0	25,7	0	0	0
37	40,89	"	23,2	"	14,23	"	14,87	6,81	54,2	28	0	16,1	0	1,7	0
30	40,4	0,55	22,34	"	11,77	"	12,95	11,99	47,3	21,2	0	25,6	1,5	4,3	0
31	41,01	b. d.	23,58	"	9,9	"	12,95	12,55	47,1	20,1	0	32,7	0	0,1	0
38	40,91	0,59	23,32	"	11,67	"	11,99	11,52	44,7	24,4	0	29,2	1,7	0	0
29	40,56	b. d.	23,23	"	15,94	"	10,39	9,88	39,3	33,8	0	26,9	0	0	0
28	39,82	"	23,38	"	16,25	"	10,35	10,2	38,7	33,8	0	27	0	0,5	0
41	39,94	0,47	21,51	"	5,1	"	b. d.	32,98	0	10,8	0	87,9	1,3	0	0
42	39,51	b. d.	22,27	"	7,78	4,29	"	26,15	0	17,1	9,5	73,4	0	0	0
43	40,35	0,42	22,17	"	2,83	0,7	"	33,53	0	6,1	1,5	91,2	1,2	0	0

П р и м і т к а. Andr — андрадит, Alm — альмандин, Grs — grosуляр, Prp — піроп, Sps — спесартин, Ti-Andr — Ti-андрадит, Uv — уваровіт; b. d. — нижче межі виявлення.

N o t e. Andr — andradite, Alm — almandine, Grs — grossular, Prp — pyrope, Sps — spessartine, Ti-Andr — Ti-andradite, Uv — uvarovite; b. d. — below the detection limit.

довершило розпад зерен. Це пояснює той факт, що, незалежно від розміру, цілих кристалів практично не виявлено.

Хімічний склад гранатів. Дослідження хімічного складу оранжевих гранатів Вінницької ділянки виконано на прикладі 253 кристалів. Досліджені зразки переважно представлені гранатами піропового та піропальмандинового складу, невелика частина — grosулярами (табл. 3). Як видно з діаграми, побудованої за Н.Г. Удовкіною (рис. 3) (Udovkina, 1986), фігуративні точки гранатів утворюють чотири ареали. Серед них один — grosуляри, вірогідно, скарнового походження, інші три потрапили в поля неалмазонасних та алмазонасних еклогітів, зокрема включень у алмазах. Три еклогітові ареали розділені за вмістом піропового (верхній ареал) та альмандинового компонентів (поля ліворуч та праворуч). Глибинні гранати як балтського, так і сарматського віку потрапляють у всі три ареали. Це пояснюється тим, що піски балтської світи утворились за рахунок перемивання сарматських відкладів, на яких вони залягають, що вказує на існування спільного для обох вікових горизонтів корінного джерела. У переважній більшості проб фіксуються гранати одночасно верхньої групи — збагаченої піроповим компонентом і правої — збагаченої grosуляровим компонентом. І лише в шести із 16 свердловин виявлені гранати, найзбагаченіші альмандиновим компонентом. Усі ці свердловини розташовані на західному фланзі Вінницької ділянки в районі с. Сабарова і с. Бохоники, де залягає крайня східна лінза пісків добре вивченого "класичного" балту на східній границі його поширення. Отже, можна говорити про певну латеральну зональність у розташуванні гранатів еклогітового типу в межах Вінницької ділянки.

Ми винесли склад гранатів на діаграму метаморфічних фацій, за Дж. Шьонігом (Schönig, 2021) (рис. 4), з якої видно, що абсолютна більшість гранатів як із сарматських, так і балтських відкладів потрапляють у поле еклогітових порід ультрависокого тиску. Мікроскопичний аналіз у межах його чутливості не зафіксував у гранатах натрію і фосфору. Проте із 36 досліджених кристалів у 11 встановлено домішки титану від 0,4 до 0,71 %.

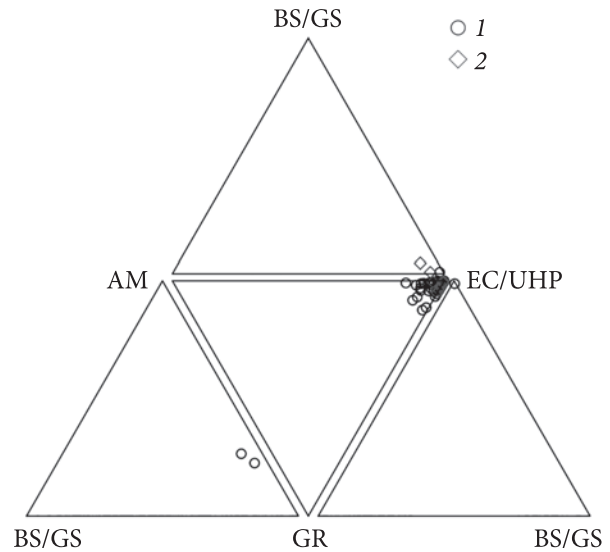


Рис. 4. Діаграма складу гранатів Вінницької ділянки за (Schönig, 2021): 1 — гранати балтських відкладів; 2 — гранати сарматських відкладів. Фація: AM — амфіболітова; BS/GS — блакитних / зелених сланців; EC/UHP — еклогітова / ультрависоких тисків; GR — гранулітова

Fig. 4. Diagram of the composition of garnets from the Vinnytsia area according to (Schönig, 2021): 1 — garnets of Balta deposits; 2 — garnets of Sarmatian deposits. AM — amphibolite facies; BS/GS — blueschist / greenschist facies, EC/UHP — eclogite / ultrahigh-pressure facies, GR — granulite facies

Згідно з (Dawson, 1980), домішки титану, а також натрію і фосфору в гранатах є ознакою алмазонасності мантийних еклогітів.

Серед досліджених нами оранжевих гранатів Вінницької ділянки 11 діагностовані як grosуляри. Лише два з них, згідно з класифікацією (Schönig, 2021), віднесені до гранулітової фації, інші — метасоматичного (скарнового) походження. Grosуляри можуть мати місцеве походження. В 2 км на північний захід від ділянки розташована Лукашівська структура, в якій широко поширені скаполіт-флогопітові з олівіном і нефеліном кальцифіри і скарни. У 32 % з 158 мінералогічних аналізів цих порід трапляється гранат з вмістом до 25 кг/т. Інше вірогідне джерело гранату — Калинівська карбонатна структура, розташована на 25 км північніше. Вміст гранату в скарнах сягає 27,7 кг/т. Гранати з обох масивів досі інструментально не досліджені.

Ми перевірили подібність оранжевих гранатів Вінницької ділянки до гранатів з основних типів алмазонасних порід кокчетав-

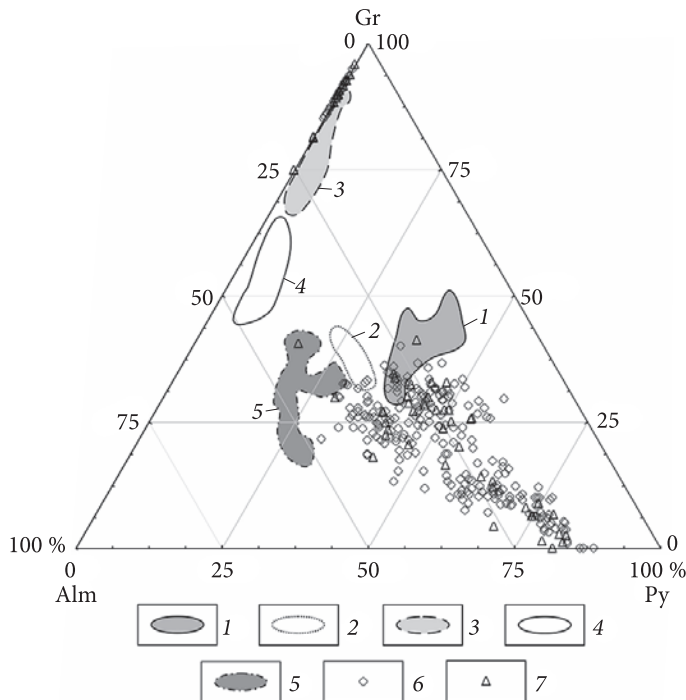


Рис. 5. Діаграма складу гранатів Вінницької ділянки та типи гранатів із основних різновидів алмазоносних порід Кокчетавського комплексу за (Sobolev, 1987): 1 — магnezіальні карбонатно-силікатні; 2 — Mg гранат-клинопіроксенові; 3 — Ca-Fe гранат-клинопіроксенові та Ca-Fe карбонатно-силікатні з калієвим польовим шпатом; 4 — Ca-Fe калішпатові гранат-піроксенові та Ca-Fe еклогітоподібні (Grt-Cpx породи, в яких Cpx містить Na переважно у вигляді егірину); 5 — алмазоносні гнейси і сланці з реліктом Grt-Cpx асоціацій; 6 — гранати балтських відкладів; 7 — гранати сарматських відкладів

Fig. 5. Diagram of the composition of garnets from the Vinnytsia area and types of garnets from the main varieties of diamond-bearing rocks of the Kokchetav complex according to (Sobolev, 1987): 1 — magnesium carbonate-silicate; 2 — Mg garnet-clinopyroxene; 3 — Ca-Fe garnet-clinopyroxene and Ca-Fe carbonate-silicate with potassium feldspar; 4 — Ca-Fe potassium feldspar garnet-clinopyroxene and Ca-Fe eclogite-like rocks (Grt-Cpx rocks, in which Cpx contains Na, mainly in the form of aegirine); 5 — diamond-bearing gneisses and schists with relics of Grt-Cpx associations; 6 — garnets of Balta deposits; 7 — garnets of Sarmatian deposits

cate; 2 — Mg garnet-clinopyroxene; 3 — Ca-Fe garnet-clinopyroxene and Ca-Fe carbonate-silicate with potassium feldspar; 4 — Ca-Fe potassium feldspar garnet-clinopyroxene and Ca-Fe eclogite-like rocks (Grt-Cpx rocks, in which Cpx contains Na, mainly in the form of aegirine); 5 — diamond-bearing gneisses and schists with relics of Grt-Cpx associations; 6 — garnets of Balta deposits; 7 — garnets of Sarmatian deposits

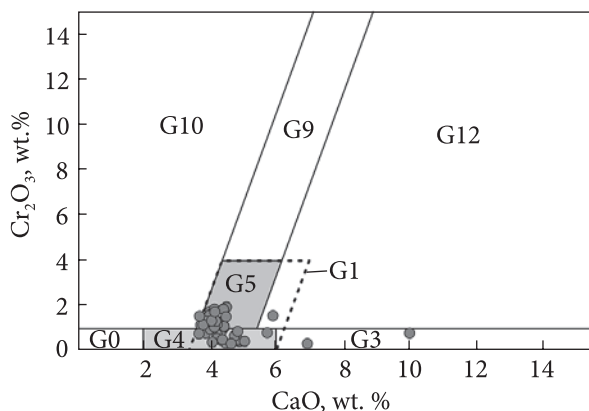


Рис. 6. Оранжеві гранати Вінницької ділянки на класифікаційній схемі, за (Grütter, 2004). Групи гранатів: G0 — некласифікована категорія гранатів; G1 — низькохромисті мегакристи; G3 — еклогітові гранати; G4 — низькохромисті вебстеритові та низькокальцієві еклогітові гранати; G5 — високозалізисті піроксеніти; G9 — лерцолітові гранати; G10 — гарцбургітові гранати; G12 — верлітові гранати

Fig. 6. Orange garnets from the Vinnytsia area on H.S. Grütter's classification scheme (Grütter, 2004). Garnet groups: G0 — unclassified; G1 — low-Cr megacrysts; G3 — eclogitic; G4 — low-Cr websteritic and low-Ca eclogitic; G5 — high-Fe pyroxenitic; G9 — lherzolitic; G10 — harzburgitic; G12 — wherlitic

ського комплексу Казахстану. Як видно з діаграми (рис. 5), частина гранатів Вінницької ділянки з підвищеним вмістом grosularового компонента попадають у поле магnezіальних карбонатно-силікатних еклогітів. Деякі точки потрапляють у поле алмазоносних гнейсів і сланців. Проте оранжеві гранати Вінницької площі, порівняно з кокчетавськими, мають вищий вміст піропового компонента. Це знижує перспективи виявлення подібних порід на Вінницькій площі.

Згідно з класифікаційною діаграмою Г.С. Грюттера (Grütter, 2004), переважна більшість досліджених зразків потрапляють у поля гранатів із низькокальцієвих еклогітів G4 і високозалізистих мантієвих піроксенітів G5 (рис. 6). Ці поля також знаходяться в групі G1 — низькохромистих, збагачених залізом і титаном мегакристів гранату з мантієвих порід, хоча групи G4 і G5 містять менше титану.

Висновки. За результатами досліджень гранатів з Вінницької ділянки можна дійти висновку щодо таких ключових аспектів:

1. На Вінницькій ділянці встановлено висококонтрастний, розміром 12,0 × 2,5 км,

ореол глибинних гранатів, у якому значну роль відіграють гранати оранжевого кольору. У піропоносних пісках виявлено алмази. Особливості геологічної будови кристалічного фундаменту вказують на вірогідність існування близько розташованих корінних джерел мантієвих мінералів.

2. Особливості морфології свідчать про можливо незначне віддалення цих гранатів від їхніх первинних джерел. Також зафіксовано тривалий вплив корозійних елементів кислого середовища у корі вивітрювання, що призвело до розвитку гіпергенної поверхні на абсолютній більшості кристалів. Корінні джерела піропу, вірогідно, є докембрійськими та розташовані на активних тектонічних зонах, що призвело до їхнього руйнування. Ця обставина пояснює, чому практично не-

можливо знайти недефектні цілі кристали гранатів, незалежно від їхнього розміру.

3. Серед оранжевих гранатів Вінницької ділянки переважають низькохромисті вебстеритові та низькокальцієві еклогітові, а також гранати високотитаністих мантієвих піроксенітів. Наявність у багатьох гранатах домішки титану вказує на вірогідну алмазонасність частини корінних джерел. Гранати корових еклогітів типу кокчетавських не встановлені.

4. За хімічним складом і морфологією поверхні гранати сарматських і балтських відкладів суттєво не розрізняються. Це вказує на спільні для обох горизонтів корінні джерела мінералу. А знаходження багатьох гранатів у базальному горизонті свідчить про незначну відстань від корінних джерел.

REFERENCES / ЛІТЕРАТУРА

- Afanasyev, V.P., Zinchuk, N.N. and Pohilenko, N.P. (2001), *Morphology and morphogenesis of indicator minerals of kimberlites*, Branch "Geo" of Publ; SO RAS, Publ. House "Manuskript", Novosibirsk, 276 p. [in Russian].
- [Афанасьев, В.П., Зинчук, Н.Н., Похиленко, Н.П. (2001), *Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов*. Новосибирск: Фил. "Гео" Изд-ва СО РАН "Манускрипт". 276 с.]
- Bobrievich, A.P., Druzhinin, L.N., Kvasnitsa, V.N., Kruchek, A.I., Lavrov, D.A. and Smirnov, H.I. (1975), *Lithology and mineral resources*, No. 4, pp. 119-127 [in Russian].
- [Бобриевич, А.П., Дружинин, Л.Н., Квасница, В.Н., Кручек, А.И., Лавров, Д.А., Смирнов, Г.И. (1975), *Литоология и полезные ископаемые*. № 4. С. 119—127.]
- Dawson, J.B. (1980), *Kimberlites and their xenolites*, Springer-Verlag, Berlin, New York, 252 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-67742-7>
- Grütter, H.S., Gurney, J.J., Menzies, A.H. and Winter, F. (2004), *Lithos*, No. 77, pp. 841-857. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2004.04.012>
- Kvasnytsya, V.M. (2020), *Mineral. Journ.*, Vol. 42, No. 3, Kyiv, pp. 3-16 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.03.003>
- [Квасниця, В.М. (2020), *Мінерал. журн.* **42**, № 3. С. 3—16.]
- Schönig, J., von Eynatten, H., Tolosana-Delgado, R. and Meinhold, G. (2021), *Contrib. Mineral. Petrol.*, Vol. 176, No. 98, pp. 2-21. <https://doi.org/10.1007/s00410-021-01854-w>
- Sobolev, N.V. and Shatskii, V.S. (1987), *Geol. and Geophys.*, No. 7, pp. 77-80 [in Russian].
- [Соболев, Н.В., Шацкий, В.С. (1987), *Геология и геофизика*. № 7. С. 77—80.]
- Udovkina, N.G. (1986), in: *Peculiarities of rock-forming minerals of igneous rocks*, Nauka, Moscow, pp. 229-240 [in Russian].
- [Удовкина, Н.Г. (1986), Сб. *Особенности породообразующих минералов магматических пород*. Москва: Наука. С. 229—240.]
- Vuiko, V.I., Vyshnevskiy, A.A., Tsybmal, S.N. and Chebotariov, V.A. (1983), *Mineral. Journ.*, Vol. 5, No. 3, Kyiv, pp. 42-49 [in Russian].
- [Вуйко, В.И., Вишневыский, А.А., Цымбал, С.Н., Чеботарев, В.А. (1983), *Мінерал. журн.* **5**, № 3. С. 42—49.]

Received 08.11.2023

O.V. Pavliuk, PhD (Geology and Mineralogy), Research Fellow

E-mail: alia.pavliuk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5234-2908>

V.M. Pavliuk, Junior Research Fellow

E-mail: v-pavlyuk@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-7035-8505>

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

ULTRAHIGH-PRESSURE ORANGE GARNETS FROM THE SEDIMENTARY DEPOSITS OF THE UPPER BUG AREA (UKRAINIAN SHIELD)

The article is dedicated to the investigation of orange garnets from Miocene-Pliocene deposits of the Balta suite and the Sarmatian stage in the Vinnytsia area. The Vinnytsia area is located on the southwestern slope of the Ukrainian Shield. The crystalline basement on most of the area is represented by granitoids of the Berdychiv complex of Paleoproterozoic age, and to a lesser extent by enderbites and charnockites of the Lityn complex of Neoproterozoic age. Among these, there are mafic and ultramafic bodies ranging from 0.5 to 2 meters in thickness. The sedimentary cover with a total thickness of up to 20 m is represented by sands and clays of the middle Sarmatian, Balta, and Quaternary sediments. These deposits are enriched with mantle minerals, predominantly pyrope, and four diamond crystals have also been discovered. We studied the chemical composition (253 crystals) and morphology (278 crystals) of the orange garnets. The studied samples are mostly represented by garnets of pyrope and pyrope-almandine composition, a small part is represented by grossulars. Most of the garnets are unrounded crystal fragments ranging in size from 0.2 to 0.6 mm, exhibiting signs of intense hypogene changes. These are evident in the development of positive (block) and negative relief features, appearing as drop-shaped, cone-shaped, small hilly microrelief and various forms of etching channels. The morphological features suggest that these garnets were probably relocated a short distance from their primary sources and had been present in the weathering crust for an extended period. The original sources of garnets are most likely Precambrian and located on active tectonic zones, which led to their destruction. According to chemical composition data, among orange garnets low-chromium websterite and low-calcium eclogite varieties, as well as garnets of high-iron mantle pyroxenites are dominated. The presence of titanium impurities in many garnets indicates the possible diamond-bearing nature of some primary sources.

Keywords: garnet, pyrope, eclogite, morphology, chemical composition, Vinnytsia area, Ukrainian Shield.