

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.03.073>
УДК 550.93

О.М. Пономаренко, д-р геол. наук, акад. НАН України, директор
E-mail: pan.igmof@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5179-6091>

І.М. Лісна, канд. геол.-мін. наук, старш. наук. співроб.
E-mail: Lesirmich@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-7545-1752>

Л.М. Степанюк, д-р геол. наук, чл.-кор. НАН України, проф., заст. дир.
E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>

Л.В. Шумлянський, д-р геол. наук, пров. наук. співроб.
E-mail: lshumlyanskyu@yahoo.com; <http://orcid.org/0000-0002-6775-4419>

В.М. Мінеєва, мол. наук. співроб.
E-mail: mivernik@ukr.net; <http://orcid.org/0000-0003-0198-0146>

О.В. Заяць, канд. геол. наук, наук. співроб.
E-mail: zaiats@nas.gov.ua; <http://orcid.org/0001-7545-1752>

Л.В. Сьомка, наук. співроб.
E-mail: liudmylas26@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7059-2502>

В.В. Гулько, аспірант
E-mail: vladimir.gulko@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-6085-8346>

О.О. Коваленко, мол. наук. співроб.
E-mail: ok.igmr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5772-8970>

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

ДО ПИТАННЯ ПРО ВІК ЧАРНОКІТОЇДІВ ТАШЛИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ (ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

У результаті виникнення сумніву стосовно положення ташлицького комплексу в Кореляційній хроностратиграфічній схемі раннього докембрію Українського щита, вивчено та продатовано циркони із чарнокітоїдів Приінгульської синкліналі. Встановлено наявність в них цирконів двох генерацій: ранньої архейської (~3 млрд рр.) та ранньопротерозойської ($2,0 \pm 0,1$ млрд рр.). Наявність в чарнокітоїдах циркону архейського віку свідчить, що протолітом чарнокітоїдів ташлицького комплексу в Приінгульській синкліналі слугували давніші породи, ніж породи спасівської світи, яку вважають протерозойською, але молодші за еоархейські ендербіти гайворонського комплексу. Архейські породи $2,0 \pm 0,1$ млрд рр. тому разом з породами інгуло-інгулецької серії зазнали вплив гранулітового метаморфізму (ультраметаморфізму), в результаті якого в чарнокітоїдах утворились циркони ранньопротерозойського віку. Архейські циркони ташлицького комплексу Приінгульської синкліналі, які за морфологією відповідають гранітоїдам (вулканітам) амфіболітової (зеленосланцевої?) фації, не подібні на еоархейські циркони із ендербітів гайворонського комплексу, які мають "типоморфний" циркон, що частково зберігає зовнішній вигляд у ході тектоно-магматичних перетворень.

Ключові слова: Приінгульська синкліналь, чарнокітоїди, циркони, ізотопний уран-свинцевий вік, гранулітова фація метаморфізму.

Цитування: Пономаренко О.М., Лісна І.М., Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Мінеєва В.М., Заяць О.В., Сьомка Л.В., Гулько В.В., Коваленко О.О. До питання про вік чарнокітоїдів ташлицького комплексу (Інгульський мегаблок Українського щита). *Мінерал. журн.* 2021. 43, № 3. С. 73–84. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.03.073>

Вступ. У південно-східній частині Приінгульської синкліналі Інгульського мегаблоку Українського щита І.Б. Щербаковим і С.В. Бухаревим у 1991 р. встановлено чарнокітоїди, які за зовнішнім виглядом подібні до ендербітів гайворонського комплексу віком 3,75—3,8 млрд рр. У результаті виділено ташлицький комплекс, віднесений в Кореляційній хроностратиграфічній схемі раннього докембрію Українського щита (УЩ) до палеоархею [7]. За підсумками детальних досліджень цих чарнокітоїдів у авторів виникли сумніви щодо їхньої подібності до ендербітів гайворонського комплексу. Основні відмінності чарнокітоїдів Приінгульської синкліналі від давніх ендербітів гайворонського комплексу такі: згідне залягання серед гнейсів інгуло-інгулецької серії протерозойського віку, відсутність давнього циркону, нижча ступінь метаморфізму, украй мала розповсюдженість двопроксенових кристалосланців. Дослідники [26, 27] запропонували підняти ташлицький комплекс у хроностратиграфічній схемі вище, на рівень протерозойської інгуло-інгулецької серії.

Мета роботи: визначити вік цирконів із чарнокітоїдів ташлицького комплексу Приінгульської синкліналі, віднесених до палеоархею в Кореляційній хроностратиграфічній схемі раннього докембрію Українського щита.

Загальні відомості щодо геології і геохронології порід Інгульського району. Інгульський мегаблок розташований в центральній частині Українського щита, обмежуючись на заході Голованівською, а на сході Криворізько-Кременчуцькою шовними зонами. У структурному плані Інгульський район охоплює центральну осьову меридіональну зону, складену гранітоїдами Новоукраїнського масиву та Корсунь-Новомиргородського плутону, і два синклінорії — Братський і Інгульський, які обрамляють центральну осьову частину з заходу та сходу відповідно. Породи Братського й Інгульського синкліноріїв традиційно розглядають як ранньопротерозойські, і відносять до інгуло-інгулецької серії, представленої потужною товщею гнейсів, карбонатних, кременистих та інших метаморфічних порід. Відповідно до геодинамічної моделі регіону [5], в центральній частині Інгульського мегаблоку в ранньому протерозої відбувалось кілька фаз стиснення та розтягування літосфери, що проявилось спочатку в субширотному розсуванні Західної та Східної мікроплит УЩ і накопи-

ченні потужної товщі осадово-вулканогенних порід інгуло-інгулецької серії, а потім (2,05 і 1,75 млрд рр. тому) в нових субширотних роздвигач і утворенню 2,05 млрд рр. тому субмеридіональної розривної зони Херсон — Смоленськ, по якій відбувався дренаж мантійних горизонтів [5]. В Інгульському синклінорії метаморфічні породи представлено породами спасівської та чечеліївської світ, у Братському — рошачівською і кам'яно-костуватською світами. Спасівська та кам'яно-костуватська світи складені біотит-гіперстеновими плагіогнейсами, метаморфізованими в умовах гранулітової фації. Повсюдно серед гнейсів розвинуті виходи гнейсоподібних чарнокітоїдів, які під час картування часто визначені як біотит-гіперстенові гнейси і за хімічним складом подібні до андезитів. Після накопичення та метаморфізму осадово-вулканогенних порід інгуло-інгулецької серії в них вкорінювалися гранітоїди кіровоградського (2022—2065 млн рр. [19, 40] і новоукраїнського (2028—2039 млн рр. [18, 22, 25]) комплексів, а пізніше — Корсунь-Новомиргородський анортозит-рапаківігранітний плутон (1744—1757 млн рр. [20, 39]), та численні дайки основного та ультраосновного складу (1810—1775 млн рр. [14]).

За даними [16], тектонічні події в центральній частині Інгульського району супроводжувалися руйнуванням залишків архейської континентальної кори. Тому породи центральної частини Інгульського мегаблоку вважають практично повністю протерозойськими, не зважаючи на їхню велику потужність [16]. Тобто, аналога гайворонському комплексу віком 3,8 млрд рр. в Інгульському районі на сучасному ерозійному зрізі не може бути [27].

Проте деякі дослідники все ж не виключали існування в Інгульському блоці архейської кори. І.М. Етінгоф і Я.П. Білінська [28], вивчаючи стратиграфічні розрізи Інгульського району, припускали можливість віднесення спасівської світи до архею. Є.П. Беліченко [3] стверджує, що за петрохімічними характеристиками гнейси обрамлення Корсунь-Новомиргородського та Новоукраїнського плутонів подібніші до архейських утворень, і зіставляє їх з ендербіто-гнейсами Середнього Побужжя. Я.М. Белевцев та ін. [1] отримали архейський вік (2670 млн рр.) для цирконів із біотитового гнейсу Інгульського синклінорію, які вони вважали кластогенним. І.Б. Щербаков в монографії [27] наводить дані про архейський вік,

отриманий Д.М. Щербаком зі співавторами [23] для порід золоторудного Клинецького родовища. Вони визначили вік циркону із біотитового гнейсу чечеліївської світи (3195 млн рр.), який автори вважали кластогенним, отриманим завдяки руйнуванню дніпровських гранітів. Такої ж точки зору дотримується В.М. Загнітко та ін. [8]. Досліджуючи ці циркони, І.Б. Щербаков не виявив ознак їхньої кластогенності і дійшов висновку, що вони подібні до цирконів із ендербіто-гнейсів Середнього Побужжя. О.Р. Белєвцев у дисертаційній роботі [2] приймає цю цифру (3195 млн рр.) за вік клинецьких гнейсів. Поблизу Клинецького золоторудного родовища для тоналітів, які січуть породи чечеліївської світи, за допомогою термоіонного Pb-Pb методу отримано цифру віку 3100 млн рр., що також свідчить про архейський вік чечеліївської світи [29]. Багато дослідників [6, 9, 11, 24] висловлювались про наявність в межах Інгульського району гранулітового фундаменту архейського віку, припускаючи його двоярусну будову, у якій верхній гранулітовий ярус представлений спасівською, кам'яно-костуватською та рошаківською світами ранньопротерозойського віку. На думку В.М. Клочкова, під Інгульським мегаблоком є два типи фундаменту: гранулітовий в Братському синклінорії та граніт-зеленокам'яний в Інгульському синклінорії.

Натепер максимальний вік цирконів, отриманий за допомогою класичного уран-свинцевого методу для порід Інгульського синклінорії, становить 2670–2500 млн рр. [25].

Результати досліджень чарнокітоїдів ташлицького комплексу. Ташлицький комплекс складений чарнокітоїдами, які розвинені в породах інгуло-інгулецької серії у Братському й Інгульському синкліноріях. Ми розглянули чарнокітоїди Приінгульської синклінали Інгульського синклінорії, де встановлено ендербіти, подібні до "гайворонського" типу [26, 27]. У Приінгульській синкліналі гіперстен-біотитові гнейси спасівської світи та чарнокітоїди розташовані уздовж Західно-Інгулецького розлому у вигляді смуги шириною до 5 км [28]. Взаємовідносини гнейсів та чарнокітоїдів у Приінгульській синкліналі всюди однакові: основою є гіперстен-біотитові плагіогнейси спасівської світи й узгоджені з ними гнейсоподібні чарнокітоїди часто з овалоїдами діопсидових кристалосланців. Гнейсоподібні чарнокітоїди січуться масивними середньозернистими чар-

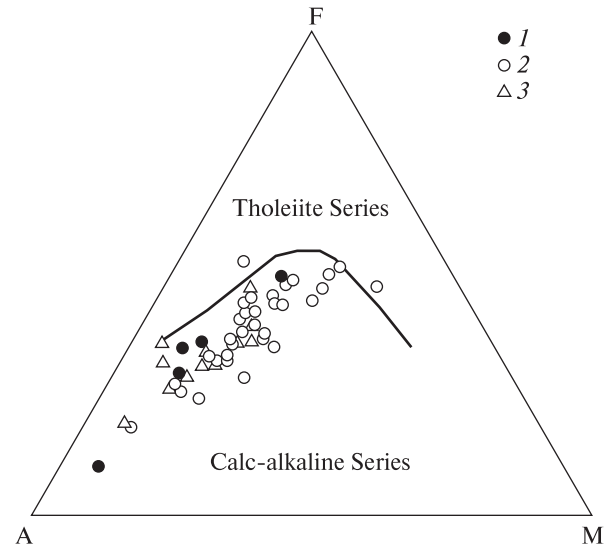


Рис. 1. Діаграма AFM [35]: 1 — ендербіти ташлицького комплексу; 2 — ендербіти гайворонського комплексу; 3 — літинські ендербіти

Fig. 1. AFM diagram [35]: 1 — enderbites of the Tashlyk complex; 2 — enderbites of the Haivoron complex; 3 — Lityn enderbites

нокітами ("ятранського" типу), і всі вони перетинаються жилами гранітів новоукраїнського типу [27].

У чарнокітоїдах, за даними спектрального аналізу, спостерігається такий вміст елементів, г/т: Ni — 50, Cr — 100, V — 50, Zr — 30, Nb — 5, Ba — 650, Sr — 65, Rb — 35.

Залізистість чарнокітоїдів ташлицького комплексу становить 62–82 %. Вони мають низький ступінь окислення заліза, що свідчить про відновлювальні умови кристалізації. Температура утворення чарнокітоїдів становить 650–700 °C [10, 26, 27]. За геофізичними даними в цьому районі, що відповідає межі Інгульського блоку та Західно-Інгулецької смуги, виділяється Олександрійсько-Боковянське підняття Мохо з амплітудою здіймання 2–3 км [11], до якого приурочена магнітна аномалія на глибинах 1–5 км. У межах цього підняття потужність протерозойських відкладень скорочується до 2–3 км. Сіро-гнейсовий фундамент (тоналіто-гнейсовий) виявлено на глибинах всього 500 м на схід від Криничевацького куполу [30].

За хімічним складом ендербіти ташлицького комплексу Приінгульської синклінали, як і ендербіти гайворонського комплексу, розташовуються на діаграмі AFM в полі вапняно-лужних порід (рис. 1). Водночас вони належать до низькопералюмінієвих порід (I-P) (рис. 2),

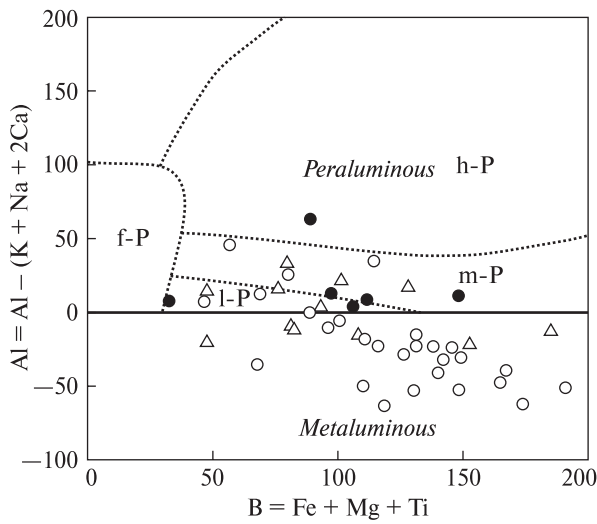


Рис. 2. Діаграма B—A (за [41]). Умовні позначення див. на рис. 1

Fig. 2. B—A diagram (modified by [41]). Symbols as in Fig. 1

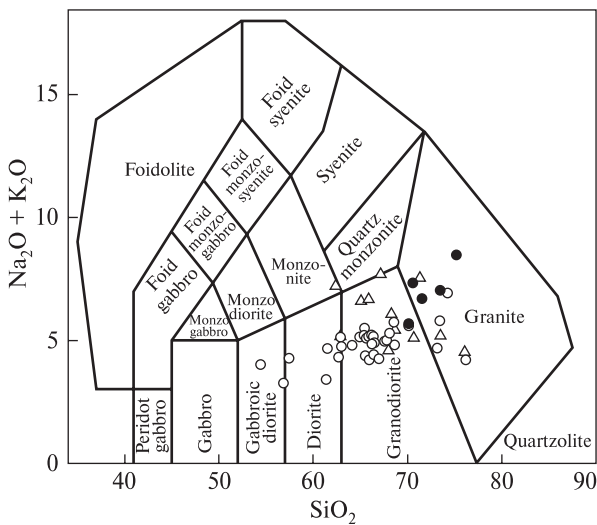


Рис. 3. Класифікаційна діаграма $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ [36]. Умовні позначення див. на рис. 1

Fig. 3. $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ classification diagram [36]. Symbols as in Fig. 1

тоді як ендербіти гайворонського комплексу — до метаалюмінієвих порід.

На класифікаційній діаграмі (рис. 3) ендербіти гайворонського комплексу відповідають гранодіоритам, а чарнокітоїди ташлицького комплексу — гранітам.

На діаграмі О'Коннора (рис. 4) ендербіти гайворонського комплексу розміщуються переважно в полі тоналітів і гранодіоритів, а чарнокітоїди ташлицького комплексу — в полі гранітів. На тектонічних діаграмах гайворон-

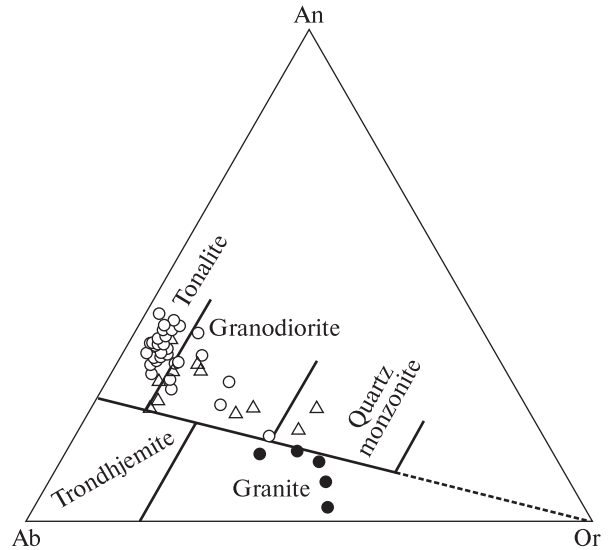


Рис. 4. Діаграма An—Ab—Or [37]. Умовні позначення див. на рис. 1

Fig. 4. Normative An—Ab—Or classification diagram [37]. Symbols as in Fig. 1

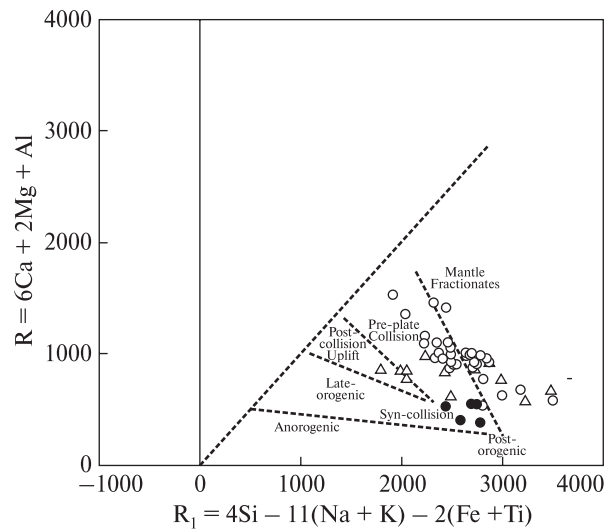


Рис. 5. Діаграма R—R₁ [31]. Умовні позначення див. на рис. 1

Fig. 5. Diagram R—R₁ [31]. Symbols as in Fig. 1

ські ендербіти потрапляють в поле доколізійних порід, а ташлицькі чарнокітоїди — в поле синколізійних (рис. 5). Тобто, хімічні дані вказують на більш основний характер ендербітів гайворонського комплексу, порівняно з чарнокітоїдами ташлицького, що припускає пізніше утворення (або перетворення?) чарнокітоїдів ташлицького комплексу, порівняно з гайворонським.

Для уточнення віку ташлицького комплексу вивчено циркони із відслонень чарнокітоїдів у

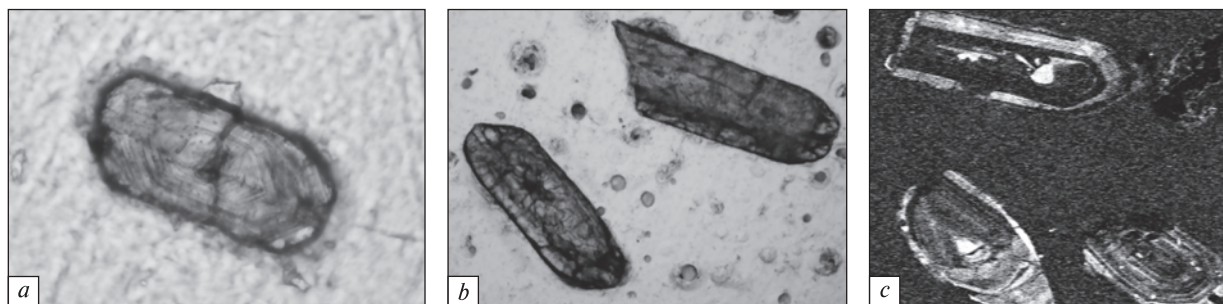


Рис. 6. Вигляд цирконів ранньої генерації з ендербіту 4967: під мікроскопом (а, б), люмінесценція під впливом катодних променів (с)

Fig. 6. Images of zircons of the early generation from enderbite 4967: under optical microscope (a, b), cathodoluminescence (c)

східній частині Приінгульської синклінали: на лівому березі р. Інгул у балці біля с. Лаврівка, у х. Зелений Гай на березі р. Боковенька і у кар'єрі на правому березі р. Верблюжка. Хімічні аналізи цих порід наведено в табл. 1.

Відслонення, в якому встановлено чарнокітоїди гайворонського типу, розташоване на лівому березі р. Інгул в балці біля покинутого с. Лаврівка, яке розташоване на 8 км нижче за течією від с. Інгуло-Кам'янка. У балці біля с. Лаврівка відслонення представлено чергуванням зеленувато-сірих гнейсоподібних ендербітів і чарнокітів, які візуально дуже подібні. Серед них іноді трапляються прошарки діопсидових вапняно-силікатних плагіогнейсів (скарноїдів). Мінеральний склад відібраного зразка чарнокіту (№ 4966), %: плагіоклаз — 40, кварц — 20, гіперстен — 10, біотит — 10, калієвий польовий шпат — 20, поодинокі зерна, гранату; акцесор-

ні: циркон, апатит, монацит. Калієвий польовий шпат і скелетні зерна гіперстену мають накладений характер [26, 27]. Структура породи гранобластова. У чарнокіті наявні циркони двох генерацій. Переважають циркони ранньої генерації — коричневі короткопризматичні чіткі кристали цирконового типу, іноді гіацинтового (приблизно 65 %) з $L4 = 0,12-0,2$ мм, $K_{\text{вид}} = 1,5-2,0$. Серед них є темно-коричневі, напівпрозорі з матовим блиском (~25 %), і світло-коричневі прозоріші, однорідні, зональні, з матовим або скляним блиском (~40 %) (рис. 6, б). Коричневі та темно-коричневі циркони, як правило, мають облямівки цирконів, ймовірно, пізнішої генерації (рис. 6, а). Товщина облямівок варіює від слабо помітних до таких, що займають більшу частину зерна. В окремих облямівках, за даними зондового мікроаналізу, зменшується вміст Hf, порівняно з

Таблиця 1. Хімічний склад (%) чарнокітоїдів Приінгульського району [26, 27]

Table 1. Chemical composition (%) of charnockitoids of the Pryinhul area [26, 27]

Oxide	Sample				Oxide	Sample			
	4966	4967	4975	4986		4966	4967	4975	4986
SiO ₂	70.78	69.25	69.95	66.40	K ₂ O	4.03	2.72	4.11	2.33
TiO ₂	0.23	0.29	0.27	0.40	P ₂ O ₅	0.14	0.14	0.09	0.13
Al ₂ O ₃	12.65	12.15	13.71	11.98	SO ₃	0.14	0.12	0.11	0.05
Fe ₂ O ₃	0.38	0.22	0.10	0.35	CO ₂	0.53	0.53	—	—
FeO	4.31	7.18	4.45	8.77	LOI	0.38	0.71	0.45	0.88
MnO	0.07	0.20	0.03	0.05	Σ	100.08	100.28	99.54	99.56
MgO	1.56	1.69	1.25	2.10	F	75	82	78	81
CaO	2.13	2.16	1.84	2.65	f ₀	8	3	9	4
Na ₂ O	2.62	2.86	3.19	3.07					

П р и м і т к а. 4966 — чарнокіт, с. Лаврівка; 4967 — ендербіт, с. Лаврівка; 4975 — чарнокіт, р. Боковенька; 4986 — ендербіт, р. Верблюжка.

N o t e. 4966 — charnockite, Lavrivka village; 4967 — enderbite, Lavrivka village; 4975 — charnockite, Bokovenka river; 4986 — enderbite, Verblyuzhka river.



Рис. 7. Вигляд цирконів пізньої генерації з чарнокіту 4967 під мікроскопом
 Fig. 7. Optical image of zircons of the late generation from charnockite 4966

центральною незміненою цирконами. Відповідно, в об'єктах збільшується Zr/Hf відношення, що, можливо, вказує на посилення PT умов гранулітового метаморфізму.

Циркони пізньої генерації, які перебувають у вигляді об'ємків і самостійних кристалів, мають коричневий, ясно-коричневий колір з сильним "дорогоцінним" блиском. Вони прозорі, однорідні. Форма зерен частіше округлена, іноді видовженопризматична, або бочкоподібна. Ці циркони за виглядом нагадують "дорогоцінні" гранулітові циркони гайворонських ендербітів, віком орієнтовно 2,0 млрд рр. Деякі відмінності у зовнішньому вигляді між ними (коричневий колір, видовженопризматична форма), можливо, є результатом нижчих PT -умов у Приінгульській синкліналі. Їхня кількість становить ~35 % (рис. 7).

В ендербіті (пр. 4967) з цього відслонення також переважають коричневі короткопризматичні кристали цирконового типу, іноді гіацинтового з $L4 = 0,12-0,2$ мм, $K_{\text{вид}} = 1,5-2,0$, віднесені до ранньої генерації. Серед них є темно-коричневі, напівпрозорі циркони, для яких отримано архейський ізотопний вік. Циркони пізньої генерації прозорі з сильним скляним блиском у вигляді округлих, призматичних і навіть кулеподібних зерен. Мінеральний склад ендербіту, %: плагіоклаз — 40, кварц — 20, гіперстен — 15, біотит — 10, калієвий польовий шпат — 7, поодинокі зерна діопсиду, гранату, шееліту; акцесорні: циркон, апатит.

Подібні різновиди цирконів характерні для чарнокітоїдів і з інших відслонень Приінгульської синкліналі. На березі р. Боковенька біля х. Зелений Гай гіперстен-біотитові гнейси перешаровуються із зливними зеленувато-сірими смугастими чарнокітоїдами, збагаченими калієм. Наявні в них циркони ранньої і пізньої генерації. Циркони ранньої генерації мають коричневий, ясно- і темно-коричневий

колір, тетрагонально-призматичні, переважно цирконового типу з $L4 = 0,2$ мм, $K_{\text{вид}} = 2,0$. Циркони пізньої генерації округлені або видовженопризматичні згладжені, з сильним скляним блиском.

У покинутих кар'єрах на правому березі р. Верблюжка, чарнокітоїди представлено гнейсоподібними, зеленувато-сірими масивними або неясносмугастими меланократовими відмінами, мінеральний склад яких подібний до зразків, описаних вище: плагіоклаз, кварц, гіперстен, біотит, калієвий польовий шпат, діопсид, циркон, апатит. У них переважає циркон пізньої генерації, який визначається однорідністю, прозорістю, сильним "дорогоцінним" блиском. Дрібні зерна округлі, списоподібні, видовженоподібні, згладжені, прозорі, мають коричневий колір, сильний скляний блиск. Великі кристали також прозорі, однорідні, коричневого кольору з червонуватим відтінком зі скляним блиском. Мають чіткі, іноді списоподібні дітетрагонально-призматичні форми гіацинтового типу або плоскі прямокутні форми — з $L4 = 0,2-0,3$ мм і $K_{\text{вид}} = 1,5-2,5$. Наявний у них незначною кількістю і циркон ранньої генерації — коричневий, короткопризматичний, напівпрозорий з матовим блиском, $L4 = 0,05-0,25$ мм і $K_{\text{вид}} = 1,5-2,5$.

Під час картування гнейсоподібні чарнокітоїди часто визначаються як біотит-гіперстенові гнейси і відносяться до спасівської світи. Як вважає І.Б. Щербаков [26], ці гнейсоподібні дрібнозернисті породи за мінеральним складом можуть бути визначені і як гнейси, і як гнейсоподібні чарнокітоїди, а з петрографічних позицій їх можна називати гіперстен-біотитовими гнейсами і плагіогнейсами. У такому випадку не виключено, що протоліти спасівської світи також могли бути архейськими.

Датування цирконів із чарнокітоїдів ташлицького комплексу. Датування коричневих і темно-

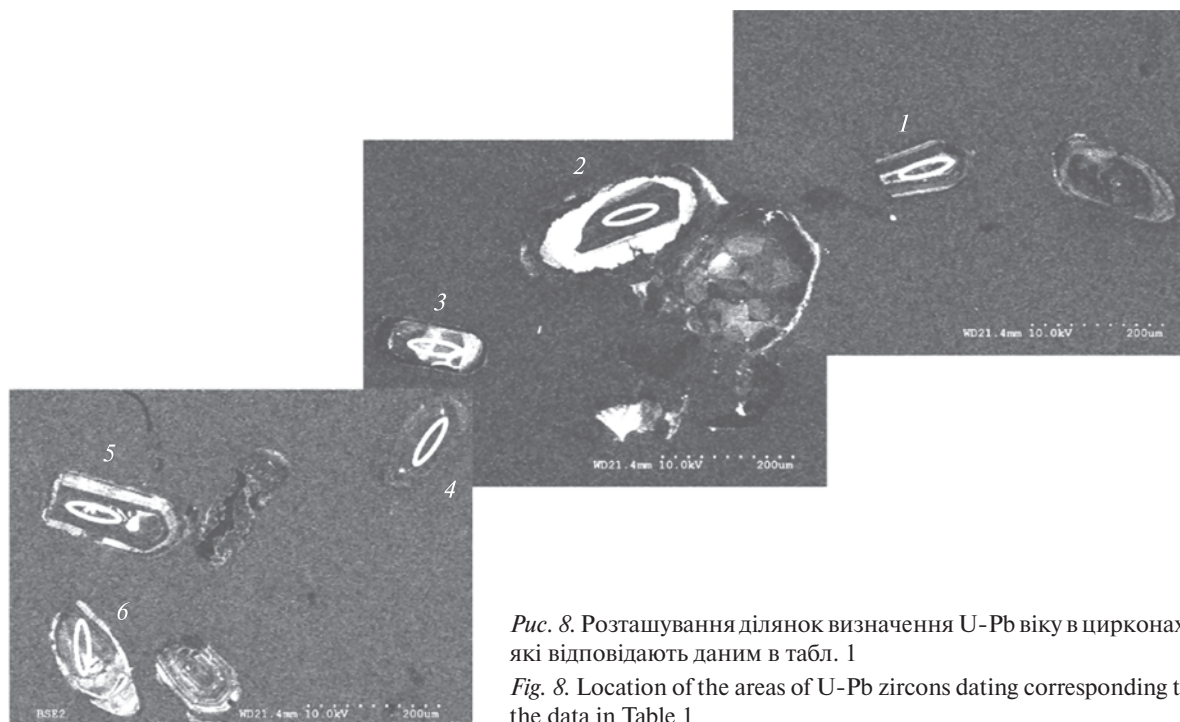


Рис. 8. Розташування ділянок визначення U-Pb віку в цирконах, які відповідають даним в табл. 1

Fig. 8. Location of the areas of U-Pb zircons dating corresponding to the data in Table 1

коричневих короткопризматичних цирконів ранньої генерації з чарнокітоїдів Приінгульської синклінали за допомогою класичного уран-свинцевого ізотопного методу показало, що вони подібніші до архейських, ніж протерозойських. За відношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ для них отримано вік 2556 млн рр. [25]. Для уточнення ізотопного віку, з цієї ж проби (ендербіт № 4967) за допомогою методу *ICP-MS* з лазерною абляцією продатовано шість зерен цирконів. Аналіз виконано в Бристольському університеті (Велика Британія) з використанням маспектрометра *Finnigan Element 2*, оснащеного лазерною приставкою *New Wave Research UP193HE Deep-UV* (193 nm) *Excimer laser*. Циркони випаровувались в атмосфері гелію, ос-

кільки за таких умов підвищується чутливість приладу та зменшується міжелементне фракціонування [32, 33]. Випаровування виконувалось вздовж лінії завдовжки 30 μm з розмірами лазерного пучка 30 μm , частота імпульсів 4 Hz та щільність енергії лазерного пучка на зразку — 2 J/cm^2 . Зразки вимірювались послідовно за стандартом 91500 [42]. Послідовність вимірювання охоплювала шість стандартів та 10 зразків. Точність вимірювань відстежувалась повторними вимірюваннями вторинного стандарту (циркон *GJ-1*) [34]. Кількість звичайного свинцю в аналізованих цирконах була менше межі визначення, тому корекція на звичайний свинець не застосовувалась.

Таблиця 2. Результати U-Pb датування цирконів з ендербіту ташлицького комплексу (пр. 4967)

Table 2. Results of U-Pb dating of zircons from enderbite of the Tashlyk complex (smp. 4967)

Analysis #	Concentrations, ppm			Th/U	Isotope ratios								Isotope age, Ma					Disc., %	
	U	Th	Pb		$\frac{^{204}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1s	Rho	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1s	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1s	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1s	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$		1s
4967-01	255	148	156	0.58	0.0000	14.930	0.285	0.5230	0.0029	0.3	0.2070	0.0038	2712	12	2811	18	2883	30	6
4967-02	458	269	313	0.59	0.0001	17.461	0.333	0.5755	0.0032	0.3	0.2201	0.0040	2930	13	2960	18	2981	29	2
4967-03	159	75	103	0.47	0.0001	15.459	0.296	0.5611	0.0032	0.3	0.1998	0.0037	2871	13	2844	18	2825	30	-2
4967-04	535	228	345	0.43	0.0000	15.646	0.299	0.5670	0.0031	0.3	0.2001	0.0037	2895	13	2855	18	2827	30	-2
4967-05	249	60	158	0.24	0.0001	16.440	0.314	0.5768	0.0032	0.3	0.2067	0.0038	2936	13	2903	18	2880	30	-2
4967-06	184	40	106	0.22	0.0000	14.410	0.276	0.5323	0.0030	0.3	0.1963	0.0036	2751	13	2777	18	2796	30	2

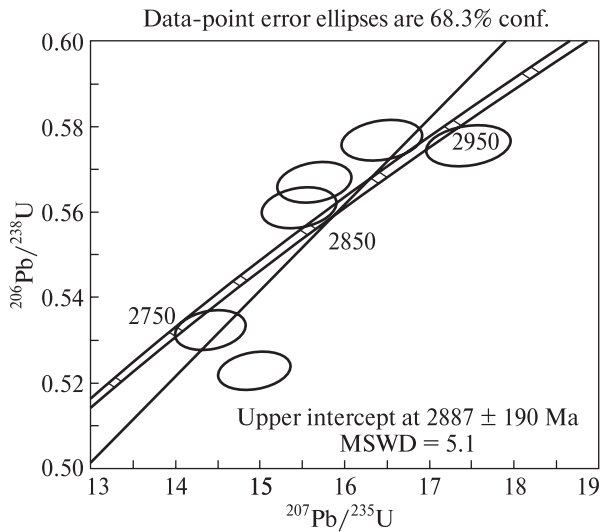


Рис. 9. U-Pb ізотопна діаграма для цирконів ранньої генерації із ендербіту ташлицького комплексу (пр. 4967)

Fig. 9. U-Pb isotope diagram for zircons of the early generation from enderbite of the Tashlyk complex (sample 4967)

Ізотопний U-Pb вік визначений в центральних ділянках кристалів циркону, розташування яких (рис. 8) відповідає отриманим даним ізотопного віку табл. 2.

У результаті в різних кристалах цирконів ранньої генерації отримано вік від 2981 до 2796 млн рр. (за $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$). Ізохронний вік за верхнім перетином конкордії становить 2880 ± 190 млн рр. (рис. 9). У цирконах віком 2981 млн рр. спостерігається вищий вміст урану, торію, свинцю та високе відношення $\text{Th}/\text{U} = 0,59$. У цирконах віком 2796 млн рр. вміст урану, торію та свинцю зменшується, відповідно, до 184, 40, 106 г/т. Зменшується Th/U відношення до 0,22. Зниження віку цирконів ранньої генерації, є результатом впливу на них тектоно-магматичної події (ультраметаморфізму?) $2,0 \pm 0,1$ млрд рр. тому, що мала місце в Інгульському мегаблоці. У чарнокітоїдах у результаті

цієї тектоно-магматичної події з'являється новий циркон, віднесений нами до пізньої генерації, який є відмінним від циркону ранньої генерації прозорістю, сильним "дорогоцінним" блиском, іноді жирним, різною формою зерен від округленої до видовженої, або призматичної, світло-світло-коричневим, або темно-коричневим кольором, іноді з червонуватим відтінком.

Водночас в чарнокітоїдах з'являється монацит, U-Pb ізотопний вік якого дорівнює $2031,1 \pm 3$ млн рр. (табл. 3). Монацит, відібраний із чарнокіту у відслоненні біля с. Лаврівка (пр. 4966), має неправильну форму у вигляді дрібних прозорих уламків світло-світло-жовтого кольору зі скляним блиском. У крупніших зернах блиск монациту стає матовим.

Обговорення результатів. В чарнокітоїдах Приінгульської синкліналі наявні циркони двох генерацій: ранньої — архейського віку $\sim 3,0$ млрд рр., і пізньої — ранньопротерозойського віку $\sim 2,0$ млрд рр. Наявність у чарнокітоїдах ташлицького комплексу циркону архейського віку свідчить, що утворилися ці чарнокітоїди завдяки перетворенню давніших порід, ніж породи спасівської світи, яку вважають палеопротерозойською. Породи Інгульського мегаблоку $2,0 \pm 0,1$ млрд рр. тому зазнали тектоно-магматичну подію (ультраметаморфізм?), у результаті якої в чарнокітоїдах утворилась нова генерація циркону, можливо, в результаті привнесення цирконію флюїдами у ході ультраметаморфізму або, можливо, із мантиї. Вони відмінні від цирконів ранньої генерації прозорістю, однорідністю, "дорогоцінним" блиском, різноманітною формою — від заокругленої до видовжено-непризматичної.

Відповідно до генераційного аналізу, розробленому І.В. Носиревим, В.М. Робул [15], циркони ранньої генерації за зовнішнім виглядом (короткопризматичні кристали з чіткими формами цирконового, рідше гіацинтового типу,

Таблиця 3. Результати U-Pb датування монациту з чарнокіту ташлицького комплексу (пр. 4966)

Table 3. Results of U-Pb dating of monazite from charnockite of the Tashlyk complex (smp. 4966)

Fraction	Concentration, ppm		Isotope ratios					Age, Ma			Discord., %
	U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	
1	879	6063	7400	7,8839	0,05223	0,39074	6,7438	2126	2078	2031,3	-4,7
2	822	5742	11590	7,9271	0,05151	0,39085	6,7433	2127	2078	2030,6	-4,7
3	842	5649	8160	7,8933	0,0529	0,38489	6,6437	2099	2065	2031,5	-3,3

часто тонкозональні), є синпетрогенними для порід архею, і реліктовими — для протерозою. За [15], до реліктових відносяться циркони, що утворилися до формування існуючої асоціації породоутворювальних мінералів гірської породи і залишились в породі під час її формування. Отже, реліктові циркони можуть бути цирконами протоліту даної породи, як в нашому випадку, або ксеногенними цирконами.

Циркони пізньої генерації, за [15], "накладені" циркони, які виникають у ході перетворення порід під впливом накладених ендегенних геологічних процесів.

Отримані значення ізотопного віку цирконів ранньої генерації (від 2981 до 2796 млн рр.) із чарнокітоїдів ташлицького комплексу Приінгульської синклінали значимо нижчі за вік цирконів із ендербітів гайворонського комплексу. За морфологією вони відповідають гра-

нітоїдам (вулканітам) амфіболітової фації, що підтверджує думку В.М. Клочкова про існування у східній частині Інгульського синклінорію граніт-зеленокам'яного фундаменту. За зовнішнім виглядом архейські циркони ташлицького комплексу не схожі на циркони еоархейських ендербітів [4, 12, 13, 17, 21, 38] гайворонського комплексу віком 3,65 млрд рр. Останні мають "типоморфний" циркон, який частково зберігає зовнішній вигляд під час тектоно-магматичних перетворень.

Висновки. 1. Рання генерація циркону в чарнокітоїдах кристалізувалася не пізніше 2,98 млрд рр. тому, найвірогідніше за *PT*-умов амфіболітової фації, та є успадкованою чарнокітом із порід протоліту.

2. Чарнокіти Приінгульської синклінали (ташлицький комплекс) є палеопротерозойськими утвореннями, їх вік за монацитом — 2,03 млрд рр.

ЛІТЕРАТУРА

- Белевцев Я.М., Рудницький П.М., Сухинін О.М., Єгоров Ю.П., Олейник О.А. Про стратиграфію та структуру центральної частини Українського щита. *Геол. журн.* 1971. **31**, № 1. С. 114—128.
- Белевцев А.Р. Изотопный возраст и условия локализации золотого оруденения в Кировоградском блоке Украинского щита: автореф. дис. ... канд. геол. наук. Киев, 2002. 20 с.
- Беличенко Е.П. Петрогенезис гнейсово-мигматитовых толщ Братского и Ингульского синклиналиев Кировоградского блока (Украинский щит). *Минерал. журн.* 1997. **19**, № 6. С. 54—87.
- Бибикина Е.В. Древнейшие породы Земли: изотопная геохронология и геохимия изотопов. *Минерал. журн.* 2004. **26**, № 3. С. 13—20. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
- Гинтов О.Б., Мычак С.В. Геодинамическое развитие Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. *Геофиз. журн.* 2011. **33**, № 3. С. 102—118; № 4. С. 89—99.
- Гранулитовая фация Украинского щита. Под ред. И.С. Усенко. Киев: Наук. думка, 1985. 218 с.
- Єсипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Щербак М.П., Глеваський Є.Б., Скобелев В.М., Дранник А.С., Гейченко М.В. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та поясн. зап.). Київ: УкрДГРІ; НСК України, 2004. 30 с.
- Загнітко В.М., Монахов В.С., Великанов Ю.Ф. Мінералогічні та ізотопно-геохімічні фактори формування Клишівського золоторудного родовища. *Минерал. журн.* 1999. **21**, № 4. С. 45—56.
- Клочков В.М., Билинская Я.П., Шевченко А.М. Некоторые проблемы геологического строения Ингуло-Ингулецкого района. *Регіональні геологічні дослідження.* Київ, 2001. С. 153—157.
- Кривдік С.Г., Кравченко Г.Л., Томурко Л.Л., Дубина О.В., Загнітко В.М., Рокачук Т.А., Шнюкова К.Є., Мінеєва В.М. Петрологія і геохімія чарнокітоїдів Українського щита. Київ: Наук. думка, 2011. 215 с.
- Крюченко В.А. Геологическое истолкование результатов комплексной интерпретации геофизических данных по профилю ГСЗ Бабанка — Пятихатки. *Геол. журн.* 1981. **41**, № 4. С. 51—61.
- Лесная И.М. Геохронология чарнокитоидов Побужья. Киев: Наук. думка, 1988. 133 с.
- Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Левковская Н.Ю. Циркон — индикатор древнейших пород протоконтинентальной коры. *Минерал. журн.* 2000. **22**, № 4. С. 31—36. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
- Митрохин А.В., Вишневецкая Е.А., Гаценко В.А., Митрохина Т.В., Михальченко И.И., Шумлянский Л.В. Петрология, геохимия и рудоносность ультрамафитовых даек Новоукраинского дайкового поля (Ингульский мегаблок Украинского щита). *Минерал. журн.* 2016. **38**, № 1. С. 42—57. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.38.01.042>
- Носырев И.В., Робул В.М., Єсипчук К.Є., ОРСА В.И. Генерационный анализ акцессорного циркона. Москва: Наука, 1989. 203 с.
- Старостенко В.И., Гинтов О.Б. Геотектоника, глубинное строение и рудные месторождения Кировоградского рудного района Украинского щита по геофизическим данным. *Минерал. журн.* 2014. **36**, № 2. С. 27—45. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>

17. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Курило С.І., Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Вайлд С.А., Немчін А.А. U-Pb геохронологія (LA-ICP-MS) геологічних процесів у гранулітах Середнього Побужжя. Стаття 3. Породна асоціація нижньої течії р. Ятрань. *Мінерал. журн.* 2021. **43**, № 1. С. 34–50. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.034>
18. Степанюк Л.М., Андрієнко О.М., Довбуш Т.І., Бондаренко В.К. Вік формування порід Новоукраїнського масиву. *Мінерал. журн.* 2005. **27**, № 1. С. 44–50. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
19. Степанюк Л.М., Довбуш Т.І., Бондаренко С.М., Сьомка В.О., Грінченко О.В., Скуратівський С.Є. Уран-свинцева геохронологія порід калій-уранової формації Інгульського мегаблоку Українського щита. *Мінерал. журн.* 2012. **34**, № 3. С. 55–63. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
20. Шестопалова Е.Е., Степанюк Л.М., Довбуш Т.І., Котвицкая И.Н. Уран-свинцевий возраст циркона гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона (Ингульский мегаблок УЩ). *Мінерал. журн.* 2014. **36**, № 4. С. 95–106. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
21. Шумлянський Л.В. Геохімія піроксенових плагіогнейсів (ендербітів) Побужжя та ізотопний склад гафнію в цирконах. *Мінерал. журн.* 2012. **34**, № 2. С. 64–79. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
22. Шумлянський Л.В., Петренко О.В. Палеопротерозойський гранітоїдний магматизм Інгульського району Українського щита. *Геол.-мінерал. вісн. Криворізь. нац. ун-ту.* 2015. **33**, № 1. С. 80–87.
23. Шербак Д.Н., Пономаренко А.Н., Макаренко И.Д. Геохронология гранитоидов Ингуло-Ингулецкого мегаблока Украинского щита. *Геохимия и рудообразование.* 1995. Вып. 21. С. 74–88.
24. Шербак Н.П., Пономаренко А.Н. Возрастная последовательность процессов вулканизма и гранитоидного магматизма Украинского щита. *Мінерал. журн.* 2000. **22**, № 2/3. С. 12–24. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
25. Шербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В. Геохронология раннего докембрия Украинского щита (Протерозой). Киев: Наук. думка, 2008. 238 с.
26. Шербаков И.Б., Рябokonь В.В., Минеева В.Н. О валидности ташлыкского комплекса. *Геохимия и рудообразование.* 2004. Вып. 22. С. 67–71.
27. Шербаков И.Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУКЦ. 2005. 364 с.
28. Этингоф И.М., Билынская Я.П. Стратиграфия докембрия Ингуло-Ингулецкого района. *Геол. журн.* 1986. **46**, № 2. С. 66–73.
29. Яценко Г.М. Нижний докембрий центральной части Украинского щита. Львов: Вища шк., 1980. 139 с.
30. Яценко Н.Я., Шехоткін В.В. Навколо проблеми золотоносності Інгуло-Інгулецької зони УЩ. *Мінеральні ресурси.* 1998. № 2. С. 5–8.
31. Batchelor R.A., Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology.* 1985. **48**, Iss. 1–4. P. 43–55. [http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541\(85\)90034-8](http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541(85)90034-8)
32. Eggins S.M., Kinsley L.P.J., Shelley J.M.G. Deposition and element fractionation processes during atmospheric pressure laser sampling for analysis by ICP-MS. *Appl. Surf. Sci.* 1998. **127–129**. P. 278–286. [https://doi.org/10.1016/S0169-4332\(97\)00643-0](https://doi.org/10.1016/S0169-4332(97)00643-0)
33. Günther D., Heinrich C.A. Enhanced sensitivity in LA-ICP-MS using helium-argon mixture as aerosol carrier. *J. Anal. At. Spectrom.* 1999. **14**. P. 1369–1374. <https://doi.org/10.1039/A901648A>
34. Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L., Belousova E. The application of laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry to *in-situ* U-Pb zircon geochronology. *Chem. Geol.* 2004. **211**. P. 47–69. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.06.017>
35. Irvine T.N., Baragar W.R.A. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canad. Journ. Earth Sci.* 1971. **8**, № 5. P. 523–548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>
36. Middelmost E.A.K. Magmas and magmatic rocks: An introduction to igneous petrology. London and New York (Longman), 1985. 266 p.
37. O'Connor J.T. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratio. United States Geological Survey Professional Paper. 1985. 525B. P. 79–84.
38. Shumlyansky L., Wilde S.A., Nemchin A.A., Claesson S., Billström K., Bagiński B., Eoarchean rock association in the Dniester-Bouh Domain of the Ukrainian shield: a suite of LILE-depleted enderbites and mafic granulites. *Precam. Res.* 2021. **352**. 106001. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.106001>
39. Shumlyansky L., Hawkesworth C., Billström K., Bogdanova S., Mytrokhyn O., Romer R., Dhuime B., Claesson S., Ernst R., Whitehouse M., Bilan O. The origin of the Palaeoproterozoic AMCG complexes in the Ukrainian Shield: new U-Pb age and Hf isotopes in zircon. *Precam. Res.* 2017. **292**. P. 216–239. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2017.02.009>
40. Stepanyuk L.M., Kurylo S.I., Dovbush T.I., Grinchenko O.V., Syomka V.O., Bondarenko S.M., Shumlyansky L.V. Geochronology of granitoids of the Eastern part of the Inhul region (the Ukrainian Shield). *Geochemistry and Ore formation.* **38**. P. 3–13. <https://doi.org/10.15407/gof.2017.38.003>
41. Villaseca C., Barbero L., Herreros V. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts. *Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh: Earth Sci.* 1998. **89** (2). P. 113–119. <https://doi.org/10.1017/S0263593300007045>
42. Wiedenbeck M., Allé P., Corfu F., Griffin W.L., Meier M. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses. *Geostandards Newsletter.* 1995. **19**. P. 1–23. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.1995.tb00147.x>

Надійшла 07.05.2021

REFERENCES

1. Belevtsev, Ya.N., Rudnytsky, P.M., Sukhinin, A.N., Yehorov, Yu.P. and Oleynyk, O.A (1974), *Geol. Journ.*, Vol. 31, No. 1, Kyiv, UA, pp. 114-128 [in Ukrainian].
2. Belevtsev, A.R. (2002), *Isotope age and localization conditions of gold mineralization in the Kirovograd block of the Ukrainian Shield*, Abstr. PhD dis. geol. sci., Kyiv, UA, 20 p. [in Russian].
3. Belichenko, E.P. (1997), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 19, No. 6, Kyiv, UA, pp. 54-87 [in Russian].
4. Bibikova, E.V. (2004), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 26, No. 3, Kyiv, UA, pp. 13-20 [in Russian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
5. Gintov, O.B. and Mychak, S.V. (2011), *Geol. Journ.*, Vol. 33, No. 3, Kyiv, UA, pp. 102-118; No. 4, pp. 89-99 [in Russian].
6. Usenko, I.S. (ed.) (1985), *Granulite facies of the Ukrainian shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 218 p. [in Russian].
7. Yesipchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Shcherbak, M.P., Glevaskiy, Ye.B., Skobelyev, V.M., Drannyk, V.S. and Geichenko, M.V. (2004), *Correlated chronostratigraphic scheme of Early Precambrian of the Ukrainian Shield (scheme and explanatory note)*, NSC Ukraine, UkrDGRI, Kyiv, UA, 30 p. [in Ukrainian].
8. Zahnytko, V.M., Monakhov, V.S. and Velikanov, Yu.F. (1999), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 21, No. 4, Kyiv, UA, pp. 45-56 [in Ukrainian].
9. Klochkov, V.M., Bilynskaia, Ya.P. and Shevchenko, A.M. (2001), *Rehional'ni heolohichni doslidzhennya*, Kyiv, UA, pp. 153-157 [in Russian].
10. Kryvdik, S.G., Kravchenko, G.L., Tomurko, L.L., Dubyna, O.V., Zagnitko, V.M., Rokachuk, T.A., Shnyukova, K.Ye. and Mineeva, V.M. (2011). *Petrology and geochemistry of charnockitoids of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 215 p. [in Ukrainian].
11. Kriuchenko, V.A. (1981), *Geol. Journ.*, Vol. 41, No. 4, Kyiv, UA, pp. 51-61 [in Russian].
12. Lesnaya, I.M. (1988), *Geochronology of Pobuzh'ye charnockitoids*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 215 p. [in Russian].
13. Lesnaya, I.M., Ponomarenko, A.N. and Levkovskaya, N.Yu. (2000), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 22, No. 4, Kyiv, UA, pp. 31-36 [in Russian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
14. Mitrokhin, A.V., Vishnevskaya, E.A., Gatsenko, V.A., Mitrokhina, T.V., Mikhalchenko, I.I. and Shumlyansky, L.V. (2016), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 38, No. 1, Kyiv, UA, pp. 42-57 [in Russian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.38.01.042>
15. Nosyrev, I.V., Robul, V.M., Esipchuk, K.E. and Orsa, V.I. (1989). *Generative analysis of accessory zircon*, Nauka publ., Moscow, RU, 203 p. [in Russian].
16. Starostenko, V.I. and Gintov, O.B. (2014), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 36, No. 2, Kyiv, UA, pp. 27-45 [in Russian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
17. Stepanyuk, L.M., Shumlyansky, L.V., Kurylo, S.I., Syomka, V.O., Bondarenko, S.M., Wilde, S.A. and Nemchin, A.A. (2021), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 43, No. 1, Kyiv, UA, pp. 34-50 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.034>
18. Stepanyuk, L.M., Andrienko, O.M., Dovbush, T.I. and Bondarenko, V.K. (2005), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 27, No. 1, Kyiv, UA, pp. 44-50 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
19. Stepanyuk, L.M., Dovbush, T.I., Bondarenko, S.M., Syomka, V.O., Grinchenko, O.V. and Skyrativsky, S.E. (2012), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 34, No. 3, Kyiv, UA, pp. 55-63 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
20. Shestopalova, E.E., Stepanyuk, L.M., Dovbush, T.I. and Kotvitskaya, I.N. (2014), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 36, No. 4, Kyiv, UA, pp. 95-106 [in Russian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
21. Shumlyansky, L.V. (2012), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 34, No. 2, Kyiv, UA, pp. 64-79 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
22. Shumlyansky, L.V. and Petrenko, O.V. (2015), *Geology and Mineral. Bull. Kryvyi Rih Nat. Univ.*, Vol. 33, No. 1, Kryvyi Rih, UA, pp. 80-87 [in Ukrainian].
23. Shcherbak, D.N., Ponomarenko, A.N. and Makarenko, I.D. (1995), *Geochemistry and Ore formation*, Vyp. 21, Kyiv, UA, pp. 74-88 [in Russian].
24. Shcherbak, N.P. and Ponomarenko, A.N. (2000), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 22, No. 2-3, Kyiv, UA, pp. 12-24 [in Russian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal>
25. Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, A.N. and Shumlyansky, L.V. (2008), *Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield (Proterozoic)*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 238 p. [in Russian].
26. Shchrbakov, I.B., Riabokon, V.V. and Mineeva, V.N. (2004), *Geochemistry and Ore formation*, Vyp. 22, Kyiv, UA, pp. 67-71 [in Russian].
27. Shchrbakov, I.B. (2005), *Petrology of the Ukrainian Shield*, ZUKTS publ., Lviv, UA, 364 p. [in Russian].
28. Etingof, I.M. and Bilynskaia, Ya.P. (1986), *Geol. Journ.*, Vol. 46, No. 2, Kyiv, UA, pp. 66-73 [in Russian].
29. Yatsenko, G.M. (1980), *Lower Precambrian of the Central part of the Ukrainian Shield*, Vyshcha shkola publ., Lviv, UA, 364 p. [in Russian].
30. Yashchenko, N.Ya. and Shekhotkin, V.V. (1998), *Mineral Resources of Ukraine*, No. 2, Kyiv, UA, pp. 5-8 [in Ukrainian].
31. Batchelor, R.A. and Bowden, P. (1985), *Chem. Geol.*, Vol. 48, Iss. 1-4, pp. 43-55. [http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541\(85\)90034-8](http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541(85)90034-8)

32. Eggins, S.M., Kinsley, L.P.J. and Shelley, J.M.G. (1998), *Appl. Surf. Sci.*, Vol. 127-129, pp. 278-286. [https://doi.org/10.16/S0169-4332\(97\)00643-0](https://doi.org/10.16/S0169-4332(97)00643-0)
33. Günther, D. and Heinrich, C.A. (1999), *J. Anal. At. Spectrom.*, Vol. 14, pp. 1369-1374. <https://doi.org/10.1039/A901648A>
34. Jackson, S.E., Pearson, N.J., Griffin, W.L. and Belousova, E. (2004), *Chem. Geol.*, Vol. 211, pp. 47-69. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.06.017>
35. Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A. (1971), *Canad. J. Earth Sci.*, Vol. 8, No. 5, pp. 523-548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>
36. Middelmost, E.A.K. (1985), *Magmas and magmatic rocks: an introduction to igneous petrology*, London and New York (Longman), 266 p.
37. O'Connor, J.T. (1965), *A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratio*, United States Geological Survey Professional Paper., 525B, pp. 79-84.
38. Shumlyanskyy, L., Wilde, S.A., Nemchin, A.A., Claesson, S., Billström, K. and Bagiński, B. (2021), *Precam. Res.*, Vol. 352, 106001. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.106001>
39. Shumlyanskyy, L., Hawkesworth, C., Billström, K., Bogdanova, S., Mytrokhyn, O., Romer, R., Dhuime, B., Claesson, S., Ernst, R., Whitehouse, M. and Bilan, O. (2017), *Precam. Res.*, Vol. 292, pp. 216-239. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2017.02.009>
40. Stepanyuk, L.M., Kurylo, S.I., Dovbush, T.I., Grinchenko, O.V., Syomka, V.O., Bondarenko, S.M. and Shumlyanskyy, L.V. (2017), *Geochemistry and Ore formation*, Vol. 38, Kyiv, UA, pp. 3-13 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/gof.2017.38.003>
41. Villaseca, C., Barbero, L. and Herreros, V. (1998), *Transact. of the Royal Soc. of Edinburgh: Earth Sci.*, Vol. 89 (2), pp. 113-119. <https://doi.org/10.1017/S0263593300007045>
42. Wiedenbeck, M., Allé, P., Corfu, F., Griffin, W.L. and Meier, M. (1995), *Geostandards Newsletter*, Vol. 19, pp. 1-23. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.1995.tb00147.x>

Received 07.05.2021

O.M. Ponomarenko, DrSc (Geology), Academician of NAS of Ukraine, Director

E-mail: pan.igmof@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5179-6091>

I.M. Lisna, PhD (Geology & Mineralogy), Senior Research Fellow

E-mail: Lesirmich@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-7545-1752>

L.M. Stepanyuk, DrSc (Geology), Corresp. Member of NAS of Ukraine, Prof., Deputy Director

E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>

L.V. Shumlyanskyy, DrSc (Geology), Senior Research Fellow, Leading Researcher

E-mail: lshumlyanskyy@yahoo.com; <http://orcid.org/0000-0002-6775-4419>

V.M. Mineeva, Junior Research

E-mail: mivernik@ukr.net; <http://orcid.org/0000-0003-0198-0146>

O.V. Zaiats, PhD (Geology), Research Fellow

E-mail: zaiats@nas.gov.ua; <http://orcid.org/0001-7545-1752>

L.V. Somka, Research Fellow

E-mail: liudmylas26@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7059-2502>

V.V. Gulko, Postgraduate

E-mail: vladimir.gulko@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-6085-8346>

O.O. Kovalenko, Research Assistant

E-mail: ok.igmr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5772-8970>

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

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

ON THE AGE OF THE CHARNOKITOIDS OF THE TASHLYK COMPLEX OF THE INHUL REGION OF THE UKRAINIAN SHIELD

Zircons from charnockitoids of the Tashlyk complex from the Prynhul syncline were studied and dated in order to determine their chronostratigraphic position. Zircons of two age generations were identified, namely the Early Archean (ca. 3 Ga) and the Early Proterozoic (2.0±0.1 Ga). The presence of the former generation indicates that the protolith for charnockites have been represented by the rocks older than the Spasove Series, which is considered to be Proterozoic in age. At ca. 2.0 ± 0.1 Ga Archean rocks together with rocks of the Inhul-Inhulets Series, underwent granulite metamorphism. This event resulted in crystallization of the second (Paleoproterozoic) generation of zircon in charnockites. Archean zircons found in the rocks of the Tashlyk complex, which correspond morphologically to granitoid of the amphibolite facies, differ from Eoarchean zircons in enderbites of the Haivoron complex, which partially retain their appearance during the Neoproterozoic and Paleoproterozoic tectonic-magmatic events.

Keywords: Prynhul syncline, charnockitoid, zircon, uranium-lead age, granulite facies metamorphism.