МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ
MINERALOGICAL JOURNAL
(UKRAINE)

https://doi.org/10.15407/mineraljournal.48.02.096
УДК 550.93

**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
**О.В. Ковтун**, аспірант, мол. наук. співроб.
E-mail: kovtun85@ukr.net; https://orcid.org/0000-0003-0475-8778
**О.Б. Висоцький**, канд. геол. наук, старш. наук. співроб.
E-mail: alek.vysotsky@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-3542-4685
**Г.Г. Павлов**, канд. геол.-мін. наук, доцент, старш. наук. співроб.
E-mail: genychpavlov@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-5913-042X
**Т.І. Довбуш**, наук. співроб.
E-mail: tetyana.dovbush1@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-3512-3313
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, просп. Акад. Палладіна, 34

# КРОПИВНИЦЬКИЙ МАСИВ: СКЛАД, ВІК ТА ДЖЕРЕЛО РОДОНАЧАЛЬНИХ ГРАНІТНИХ РОЗПЛАВІВ (ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

*Соколівський (Інгулецький) кар'єр розташований у південно-західному передмісті (Соколівське) м. Кропивницького. Кар'єр розкриває типові порфіроподібні граніти кропивницького (кіровоградського) типу. Граніти біотитові, ділянками гранат-біотитові, світло-сірі на нижніх уступах та рожеві на верхньому. Гранітам властиві широкі варіації вмісту біотиту та гранату, що, вірогідно, зумовлено шаруватою будовою товщі, яка внаслідок ультраметаморфізму трансформувалася в граніти, але через неповне (часткове) плавлення не була гомогенізована. У результаті дослідження анатомії кристалів акцесорного циркону методами оптичної мікроскопії в середині кристалів виявлено різнорідні реліктові ядра циркону порід субстрату, що свідчить про корове джерело родоначальних гранітних розплавів, які сформували Кропивницький масив. Вік гранітів масиву визначили U-Pb ізотопним методом за монацитом. З'ясовано, що різнозернистий біотит-мікроклін-плагіоклазовий граніт (проба 18/23) сформувався 2043 ± 3 млн рр. тому, а сіро-рожевий біотит-двопольовошпатовий (проба 19/23) — 2031 ± 2,5 млн рр. тому. Розходження у часі формування майже на 10 млн рр. найвірогідніше спричинене тривалим (понад 10 млн рр.) існуванням гранітного розплаву та різним часом кристалізації монациту, зумовленим відмінностями в хімічному складі розплаву, зокрема активністю кальцію та фосфору в різних ділянках магматичного осередку.*

***Ключові слова:*** *Соколівський кар'єр, граніт, монацит, циркон, уран-свинцевий ізотопний метод, Український щит.*

Цитування: Степанюк Л.М., Ковтун О.В., Висоцький О.Б., Павлов Г.Г., Довбуш Т.І. Кропивницький масив: склад, вік та джерело родоначальних гранітних розплавів (Інгульський мегаблок Українського щита). *Мінерал. журн.* 2026. **48**, № 2. С. 96—108. https://doi.org/10.15407/mineraljournal.48.02.096

© Видавець ВД "Академперіодика" НАН України, 2026. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

**Вступ**. Назву Кропивницький для Кіровоградсько-Бобринецького (за (Shcherbakov et al., 1984; Shcherbakov, 2005)) масиву ми запропонували (Baran et al., 2024) у зв'язку зі зміною назви міста Кіровоград на Кропивницький. У складі масиву, крім порфіроподібних біотитових і гранат-біотитових гранітів і мігматитів подекуди трапляються середньозернисті біотитові граніти (Nechayenko et al., 2007; Shcherbakov, 2005).

Щодо обсягу Кропивницького масиву існує декілька точок зору. І.Б. Щербаков розглядав Кропивницький (Кіровоградський) та Бобринецький масиви як єдине геологічне тіло (Shcherbakov et al., 1984; Shcherbakov, 2005). О.М. Нечаєнко зі співавторами, підсумовуючи результати попередніх геологорозвідувальних робіт, дійшли висновку, що ці масиви є окремими геологічними тілами (Nechayenko et al., 2007). І.К. Свешніков і співавтори Кіровоградсько-Бобринецький масив вважали складовою частиною Кіровоградсько-Новоукраїнського плутону (Sveshnikov et al., 1991, 1993).

Кропивницькі (кіровоградські) граніти мають ультраметаморфічний генезис і сформувались за рахунок метаморфічних порід інгуло-інгулецької серії (Nechayenko et al., 2007; Correlated…, 2004; Shcherbakov, 2005), у складі якої переважають гнейси (Shcherbak et al., 1985; Correlated…, 2004). Породи серії зазнали зонального метаморфізму від умов епідот-амфіболітової (переважно на сході) до гранулітової (на заході мегаблока) фації (Belevtsev, 1982; Usenko et al., 1982). Граніти, крім Кропивницького (Кропивницько-Бобринецького), складають як низку великих масивів (Долинський, Вознесенський, Чигиринський та ін.), так і невеликі, переважно конформні, тіла серед метаморфічних порід інгуло-інгулецької серії. Серед гранітів, що складають зазначені масиви та тіла розрізняють два головні петротипи: 1) порфірові біотитові, гранат-біотитові та роговообманково-біотитові граніти "кропивницького" типу, та 2) рівномірнозернисті граніти "житомирського" типу, які мають схожий склад і часто пов'язані поступовими переходами. Поширеними є жильні утворення, насамперед апліти й апліт-пегматоїдні граніти, які подекуди складають цілі поля, нерідко як панівний петротип, у невеликих масивах (антиклінальних підняттях), наприклад Криничувацькому, Лисогірському та інших. Усі зазначені відміни гранітів у Кореляційній хроностратиграфічній схемі Національного стратиграфічного комітету України виокремлені в кіровоградський комплекс (Correlated…, 2004).

Наразі наявні уран-свинцеві ізотопні дати за акцесорним цирконом із кропивницьких (кіровоградських) гранітів варіюють у віковому інтервалі 2020—2065 млн рр. (Shumlyanskyy and Petrenko, 2015; Shcherbak D. et al., 1995; Shcherbak et al., 1995, 2008). Утім, методом *LA-ICP-MS* у середині кристалів циркону виявлено декілька ядер віком понад 2,7 млрд рр. (Shumlyanskyy and Petrenko, 2015).

Значно вужчий віковий інтервал формування цих гранітів отримано цим самим методом за монацитом — 2020—2045 млн рр. (Baran et al., 2024; Kovtun et al., 2025; Stepanyuk et al., 2021). Зокрема для гранітів північної (Кропивницької) частини масиву за монацитом отримано такі значення віку, млн рр.: у Знам'янському кар'єрі (район с. Суботці) для граніту біотитового — 2024,8 ± 4,7, пегматоїдного — 2023,7 ± 0,8 (Baran et al., 2024); у Соколівському (м. Кропивницький) — 2033,7 ± 2,9 (Stepanyuk et al., 2021). У цьому самому віковому інтервалі формувались граніти південної (Бобринецької) частини масиву: у Живанівському кар'єрі вік лейкократового граніту становить 2032,4 ± 4,7, меланократового — 2035,5 ± 3,8, пегматоїдного — 2035,3 ± 2,9 млн рр. (Kovtun et al., 2025); у Бобринецькому кар'єрі для діафторизованого біотитового граніту визначено вік 2028,5 ± ± 2,7, порфіроподібного — 2035,1 ± 4,6 млн рр. (Stepanyuk et al., 2026).

**Мета роботи.** Уточнити геологічну будову, склад та вік Кропивницького (Кропивницько-Бобринецького) масиву, а також за результатами дослідження анатомії кристалів акцесорного циркону з'ясувати джерело родоначальних гранітних розплавів.

**Об'єкти та методи досліджень.** Об'єктом дослідження є зразки гранітів, які ми відібрали в Соколівському (Інгульському) кар'єрі: граніт різнозернистий біотит-мікроклін-плагіоклазовий хлоритизований (пр. 18/23) та граніт сіро-рожевий біотит-двопольовошпатовий (пр. 19/23).

Вік гранітів визначали класичним уран-свинцевим ізотопним методом за монацитом у відділі радіогеохронології Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка (ІГМР) НАН України. Для ізотопного датування вручну під бінокуляром були відібрані мультизернові наважки кристалів монациту, які методом скочування похилою площиною були розділені за розміром. Методика хімічної підготовки, кристалів монациту для масспектрометричного аналізу, описана в роботах (Shcherbak et al., 1989; Krough, 1973). Для визначення вмісту урану і свинцю використали змішаний $^{235}U + ^{206}Pb$ трасер.

Ізотопні дослідження свинцю та урану виконані на восьмиколекторному масспектрометрі МИ-1201 АТ у мультиколекторному статичному режимі; математична обробка експериментальних даних — за програмами Pb *Dat* і *ISOPLOT* (Ludwig, 1989, 1990). Похибки визначення віку наведені за 2σ. Для перевірки метрологічних характеристик методу використали стандарт циркону ІГМР-1 (Bartnytskyi et al., 1995).

Штучні шліфи (поліровані зрізи) кристалів циркону та петрографічні шліфи гранітів вивчали та фотографували під оптичним мікроскопом *Carl Zeiss Axio Imager 2 for materials*.

**Геологічна ситуація**. Кропивницький (Кіровоградсько-Бобринецький за (Shcherbakov et al., 1984; Shcherbakov, 2005)) масив витягнутий з півночі на південь на 80 км за ширини від 10 на півночі до 25 км на півдні. Власне Кропивницький масив простягається на 50 км уздовж східного контакту Новоукраїнського масиву, згідно залягає серед вмісних порід та оточений мігматитами та гнейсами. Порфіроподібні граніти складають його центральну частину та займають близько половини його площі (Shcherbakov et al., 1984; Shcherbakov, 2005).

Соколівський (Інгулецький) кар'єр розташований у південно-західному (Соколівське) передмісті м. Кропивницького (рис. 1). Кар'єр розкриває типові порфіроподібні граніти кропивницького (кіровоградського) типу. Граніти біотитові, ділянками гранат-біотитові, світло-сірі на нижніх уступах та рожеві на верхньому. Гранітам властиві широкі варіації вмісту біотиту та гранату, що, вірогідно, зумовлено неоднорідною (шаруватою) будовою товщі, яка в результаті гранітизації (ультраметаморфізму) була трансформована в граніти, але через неповне (часткове) плавлення не була гомогенізована. Як буде показано нижче, граніти на окремих ділянках зазнали структурно-метаморфічних перетворень та діафторезу.

На декількох локальних ділянках розвинені рожеві крупнозернисті граніти, збагачені гранатом, зерна якого досягають 2—3 см, водночас в основній масі гранітів їх розмір не перевищує декількох міліметрів.

**Результати та їх обговорення.** *Граніт різнозернистий біотит-мікроклін-плагіоклазовий полірекристалізований (пр. 18/23).* У породі на фоні різнозернистої основної маси сірого кольору з розміром зерен від 0,02 до 2 мм нерівномірно розповсюджені резорбовані порфірокласти породоутворювальних мінералів розміром до 1,5 см (рис. 2, *а*). Подовженотаблитчастий обрис зерен плагіоклазу, суборієнтованих в одному напрямку, надає породі невитриманого псевдотрахітоїдного вигляду, який може бути спричинений тектонічною крихко-пластичною течією. За складом порода відповідає біотит-мікроклін-плагіоклазовому хлоритизованому граніту, %: плагіоклаз — 30—35, кварц — 24—26, калієвий польовий шпат (КПШ) — 20—23, біотит — 5—7. В акцесорних кількостях наявні апатит, циркон та монацит.

Хімічний склад, ваг. %: $SiO_2$ — 69,00; $TiO_2$ — 0,56; $Al_2O_3$ — 14,60; $Fe_2O_3$ — 4,14; MnO — 0,03; MgO — 0,85; CaO — 1,09; $Na_2O$ — 3,15; $K_2O$ — 4,81; $P_2O_5$ — 0,22; *LOI* — 1,3; сума — 99,75 (Vysotsky et al., 2025).

Особливість будови породи — ксенотаблитчасті зерна плагіоклазу олігоклазового складу, в яких фрагментарно в крайових зонах спостерігають ізометричні (краплеподібні) пойкіліти кварцу. Поряд із ними також наявні менш поширені пойкіліти КПШ та антипертити заміщення.

Таблиці плагіоклазу часто роздроблені на фрагменти, тріщини між якими виповнені хлорит-серицитовою тонкозернистою масою. Такі жилки переходять у кварцові гранобластові міжзернові скупчення. Частина тріщин виповнена альбітом.

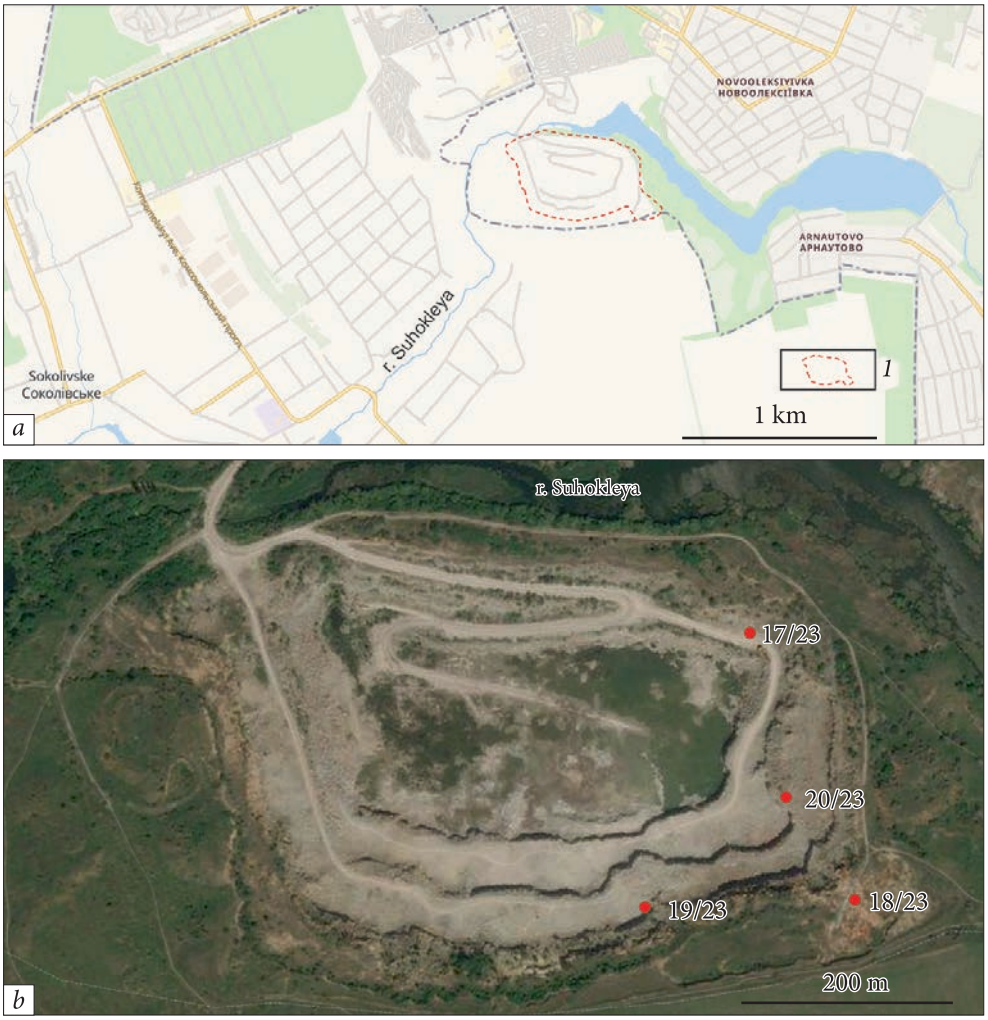


*Рис. 1.* Супутникові карти Соколівського кар'єру: *a* — географічне розташування на карті південно-західної частини передмістя м. Кропивницького (*1* — контур кар'єру); *b* — схема опробування (червоними колами позначено місця відбору проб, цифрами — номери зразків граніту)

*Fig. 1.* Satellite maps of the Sokolivka quarry: *a* — geographical location on the map of the southwestern part of the suburbs of the city of Kropyvnytskyi (*1* — quarry contour); *b* — sampling scheme (red circles indicate sampling locations; numbers indicate granite sample numbers)

Порфірокласти та їхні фрагменти за видовженням тонкополісинтетично здвійниковані (рис. 2, *b*). Двійники виклинюються, часто вигнуті, мають блоковий, плямистий вигляд. Контури зерен криволінійні, зубчасті. Такі обриси зумовлені кластезом таблиць та, найімовірніше, реакційною взаємодією на контакті плагіоклазу та калієвого польового шпату з утворенням мірмекітів заміщення.

Плагіоклаз порфірокластів та їхніх фрагментів заміщується мікролускатим серицитом (можливо пренітом) з рідкісними кристаликами епідоту.

Подібна до плагіоклазу природа порфірокластів КПШ, які в крайових частинах зерен містять краплеподібні пойкіліти кварцу. Вони характеризуються плямисто проявленою деформованою мікрокліновою ґраткою, деформованими простими двійниками, полігонізацією дрібних уламків із формуванням мозаїчних гранобластових структур. У тріщинах розвивається мусковіт.

Кварц представлений декількома морфологічними типами — пойкілітовими вростками в плагіоклазі та КПШ; гіпідіоморфними зернами між зернами польових шпатів, що були гранульовані, полігонізовані та перетворені під дією діафторезу в агрегати із зубчастою гранобластовою структурою (рис. 2, *d*). Їхні субзерна характеризуються хви-

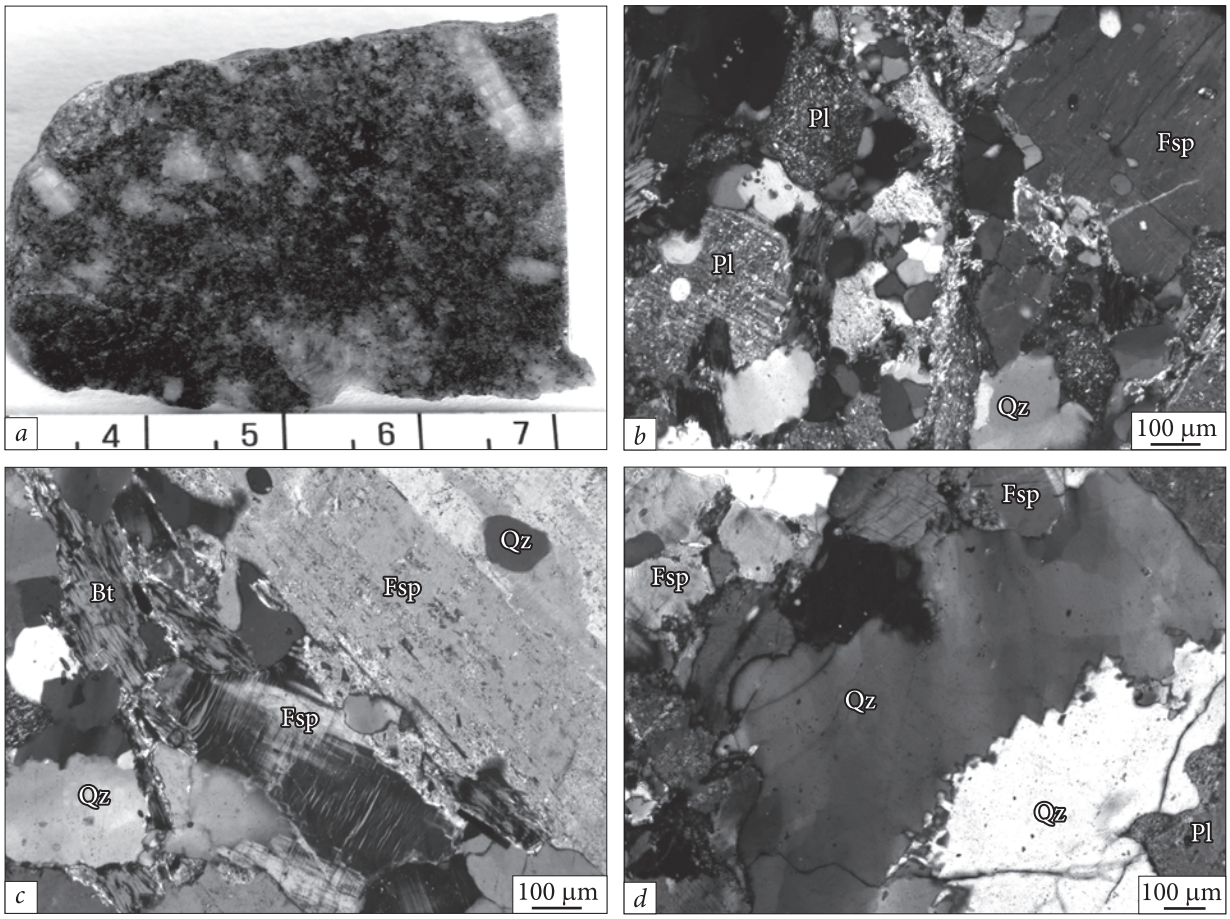


*Рис. 2.* Граніт різнозернистий біотит-мікроклін-плагіоклазовий, хлоритизований, Кропивницький масив, Соколівський кар'єр, пр. 18/23: *a* — загальний вигляд породи; *b* — ксенотаблитчасті зерна плагіоклазу олігоклазового складу з пойкілітами кварцу та інтенсивною серицитизацією, також поширені мозаїчні гранобластові структури за рахунок блокування кварцу та дрібного КПШ; *c* — КПШ з плямисто проявленою деформованою мікрокліновою ґраткою, пойкілітовими вростками кварцу та розвитком мусковітизації у тріщинах; біотит у міжзерновому просторі представлений деформованими пластинками, що розщеплюються, рекристалізуються та частково заміщуються хлоритом; *d* — агрегати кварцу із зубчастою гранобластовою структурою, субзерна характеризуються хвилястим згасанням, підвищеною тріщинуватістю. Тут і на рис. 5: Bt — біотит, Fsp — КПШ, Pl — плагіоклаз, Qz — кварц

*Fig. 2.* Biotite-microcline-plagioclase variegated granite, chloritized, Kropyvnytsky massif, Sokolivsky quarry, sample 18/23: *a* — general appearance of granite; *b* — xenotabular grains of plagioclase of oligoclase composition with quartz poikilites and intensive sericitization, also widespread mosaic granoblastic structures due to blocking by quartz and fine KPSh; *c* — KPSh with a spotty deformed microcline lattice with poikilitic quartz inclusions and the development of muscovitization along cracks; biotite occupies the intergranular space with deformed plates that are split, recrystallized and partially replaced by chlorite; *d* — quartz aggregates with a serrated granoblastic structure, subgrains are characterized by wavy attenuation and increased fracturing. Here and in Fig. 5: Bt — biotite, Fsp — KPSh, Pl — plagioclase, Qz — quartz

лястим згасанням, підвищеною тріщинуватістю.

Біотит формує гіпідіоморфні зерна завдовжки до 0,7 мм, займаючи міжзерновий простір (рис. 2, *c*). Під час діафторичного перетворення деякі пластинки деформувались, розщепились, рекристалізувались та замістились хлоритом з потемнінням країв зерен.

Апатит утворює овально-призматичні зерна в кварці та біотиті розміром до 0,05 мм. Циркон спостерігають у плагіоклазі (0,01—0,05 мм) та гранобластовому кварці (0,01—0,02 мм). Іноді у плагіоклазі наявні дрібні (0,02 мм) зерна монациту.

Отже, порода після магматичної кристалізації зазнала перетворень упродовж двох ета-

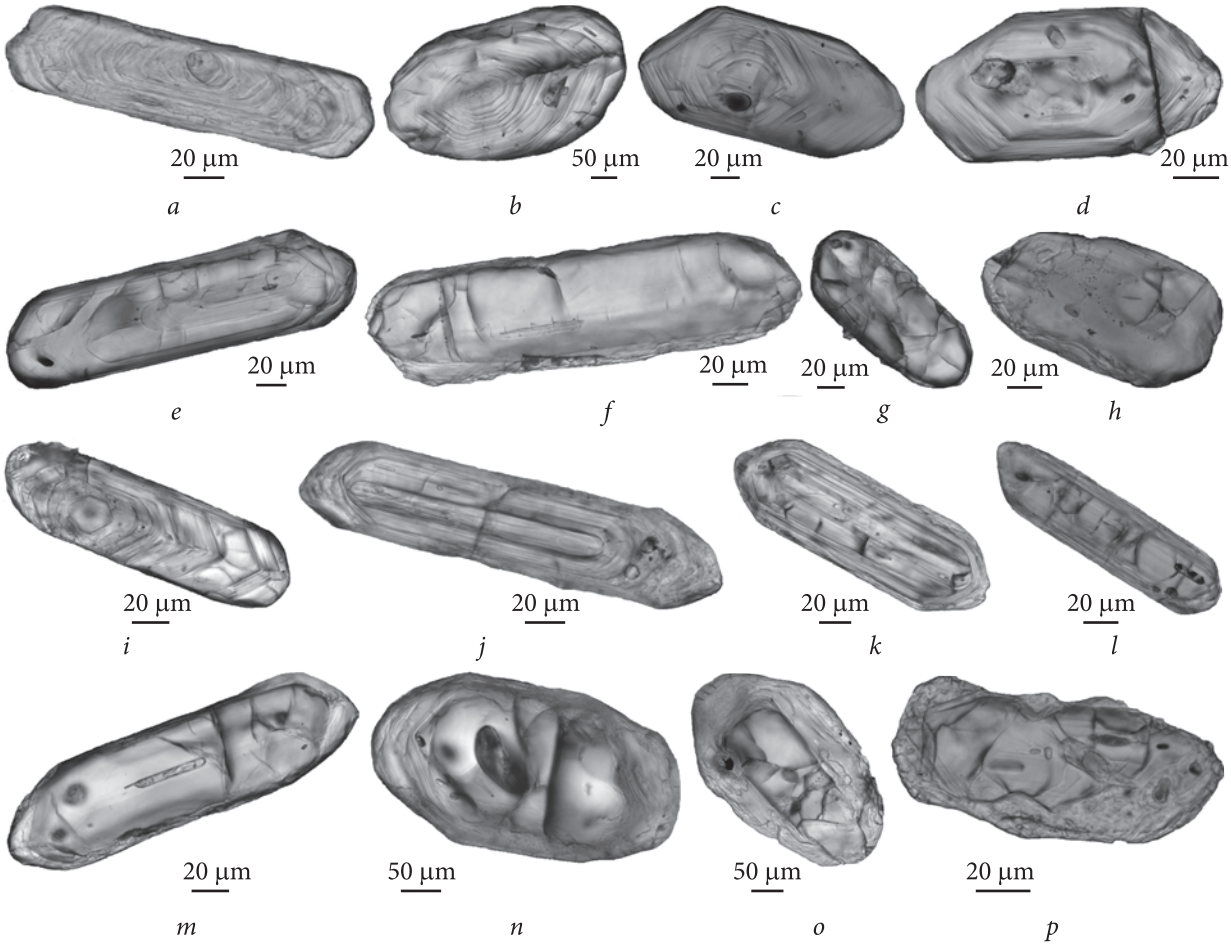


*Рис. 3.* Мікрофотографії полірованих зрізів кристалів циркону із різнозернистого граніту, Кропивницький масив, Соколівський кар'єр, пр. 18/23, поляризаційний мікроскоп, за одного ніколя

*Fig. 3.* Microphotographs of polished sections of zircon crystals from the variegated granite of the Kropyvnytsky massif, Sokolivsky quarry, sample 18/23, polarizing microscope, at one nikol

пів тектогенезу в умовах епідот-амфіболітової та зеленосланцевої стадій діафторезу.

Циркон представлений переважно дрібними (–0,05 мм) світло-коричневими (переважають) до коричневих (поодинокі відносно великі >0,1 мм) кристалами. За видовженням виділяють короткопризматичні ($К_{вид}$ від 1,5 до 2,0), призматичні ($К_{вид}$ від 2,0 до 3,0 переважають), видовженопризматичні ($К_{вид}$ — 3—4, зрідка трапляються з $К_{вид}$ > 4) кристали.

За характером огранення можна виділити дві групи кристалів. В ограненні кристалів першої групи беруть участь грані обох призм за переважного розвитку однієї з них та грані тупих біпірамід. Кристали другої групи характеризуються комбінацією граней більшої кількості простих форм. Зокрема грані призматичного поясу мають приблизно однаковий розвиток, а в ограненні голівок кристалів, окрім граней тупих біпірамід, наявні грані гострих.

Поверхня більшості кристалів шагренева і лише в деяких — рівна блискуча, гладенька. Контури кристалів зазвичай заокруглені, зокрема ребра та голівки. Лише в поодиноких кристалах спостерігають чіткі ребра як у призматичному поясі, так і в біпірамідах.

У полірованих зрізах у середині більшості кристалів виявлено різноманітні за формою та структурою реліктові ядра (рис. 3, *d*—*h*, *l*—*p*). Власне синпетрогенний граніту циркон характеризується ритмічною зональністю, формує як окремі кристали (рис. 3, *a*—*d*), так і наростання у вигляді оболонок на ядра реліктового циркону (рис. 3).

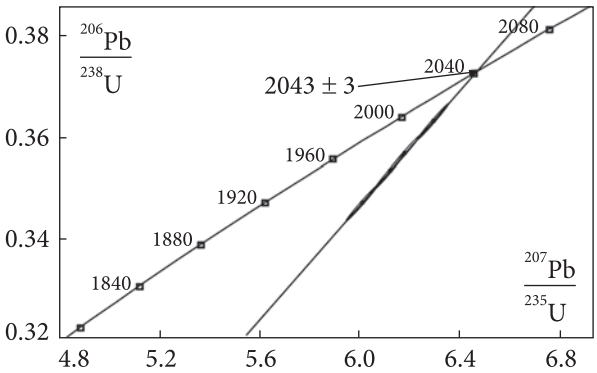


*Рис. 4.* U-Pb діаграма з конкордією для монациту із різнозернистого граніту, Кропивницький масив, Соколівський кар'єр, пр. 18/23

*Fig. 4.* U-Pb diagram with concordia for monazite from mixed-grained granite of the Kropyvnytsky massif, sample 18/23, Sokolivsky quarry

Монацит представлений відносно дрібними (0,05 мм) переважно пампушко- (понад 50 %) та дископодібними (~40 %) кристалами з сильно заокругленими контурами. Зрідка трапляються (до 10 %) ізометричні зерна. Поверхня всіх кристалів шагренева, сильно заокруглена. Навіть у дископодібних ребра відсутні. За кольором переважають сірувато-білі кристали зі слабким жовтуватим відтінком, у меншій кількості трапляються сірувато-білі до молочно-білих.

Для визначення віку монациту, а отже, і граніту, що його вміщує, використано три мультизернові наважки розмірних фракцій світло-сірих із жовтим відтінком до сірувато-білих кристалів та одну наважку таких самих кристалів, але з більшою кількістю темніших світло-сірих зерен. Розмірні фракції отримали скочуванням похилою площиною. Результати аналітичних досліджень наведено в табл. 1. За верхнім перетином конкордії лінією регресії, розрахованої за даними табл. 1, отримано вік 2043 ± 3 млн рр. (рис. 4), за нижнім — 76 ± 113 млн рр., СКЗВ = 0,5. Зважаючи на незначну дискордантність (від 2,3 до 5,9 %), розрахували також середнє зважене значення віку за ізотопним відношенням $^{207}Pb/^{206}Pb$ — 2041,2 ± 1,0 млн рр., СКЗВ = 1,3.

*Граніт сіро-рожевий біотит-двопольово-шпатовий (пр. 19/23).* Характеризується масивною, невпорядкованою текстурою з класто-порфіроподібною структурою (рис. 5, *а*). Порфірокласти польових шпатів та кварцу досягають 3—17 мм; розмір зерен основної маси не перевищує 1 мм, акцесорних мінералів — не більше 0,05 мм по довгій осі.

Вміст порфіроподібних вкраплеників не перевищує 1 %. Розподіл останніх та основної маси неоднорідний. Вкрапленики представлені кварцом, плагіоклазом, КПШ. Склад основної маси, %: КПШ — 35—40, кварц — 25—35, плагіоклаз — 20—25, біотит — до 10. Другорядні мінерали — до 1 %. Акцесорні мінерали — апатит, циркон, монацит — трапляються у вигляді включень у кварці та КПШ; монацит діагностовано в біотиті та плагіоклазі.

*Таблиця 1.* **Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах із різнозернистого граніту, пр. 18/23, Соколівський кар'єр**

*Table 1.* **Uranium, lead content and lead isotopic composition in monazites from mixed-grained granite, sample 18/23, Sokolivsky quarry**

| Fraction of monazite | Concentrations, ppm | | Isotope ratios | | | | | Age, Ma | | | D, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | U | Pb | $^{206}Pb/^{204}Pb$ | $^{206}Pb/^{207}Pb$ | $^{206}Pb/^{208}Pb$ | $^{206}Pb/^{238}U$ | $^{207}Pb/^{235}U$ | $^{206}Pb/^{238}U$ | $^{207}Pb/^{235}U$ | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | |
| 1а | 3144 | 7095 | 750.8 | 6.9769 | 0.16619 | 0.35588 | 6.1740 | 1963 | 2001 | 2040.5 | 3.8 |
| 1б | 2947 | 6915 | 602.6 | 6.7664 | 0.16346 | 0.36290 | 6.3022 | 1996 | 2019 | 2042.2 | 2.3 |
| 1в | 2686 | 6134 | 484.9 | 6.533 | 0.16468 | 0.35283 | 6.1249 | 1948 | 1994 | 2041.5 | 4.6 |
| 2 | 1039 | 2150 | 1002 | 7.1989 | 0.17727 | 0.34673 | 6.0152 | 1919 | 1978 | 2040.4 | 5.9 |

П р и м і т к а. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 2040 млн рр.: 1а—1в — розмірні фракції мультизернових наважок світло-сірих із жовтим відтінком до сірувато-білих кристалів; 2 — ті самі кристали з більшою кількістю темніших світло-сірих.

N o t e. The correction for common lead was introduced according to Stacey and Kramers for an age of 2040 Ma: 1а—1в — size fractions of multigrain samples of light gray with a yellow tint to grayish-white crystals; 2 — the same crystals with a larger number of darker light gray.

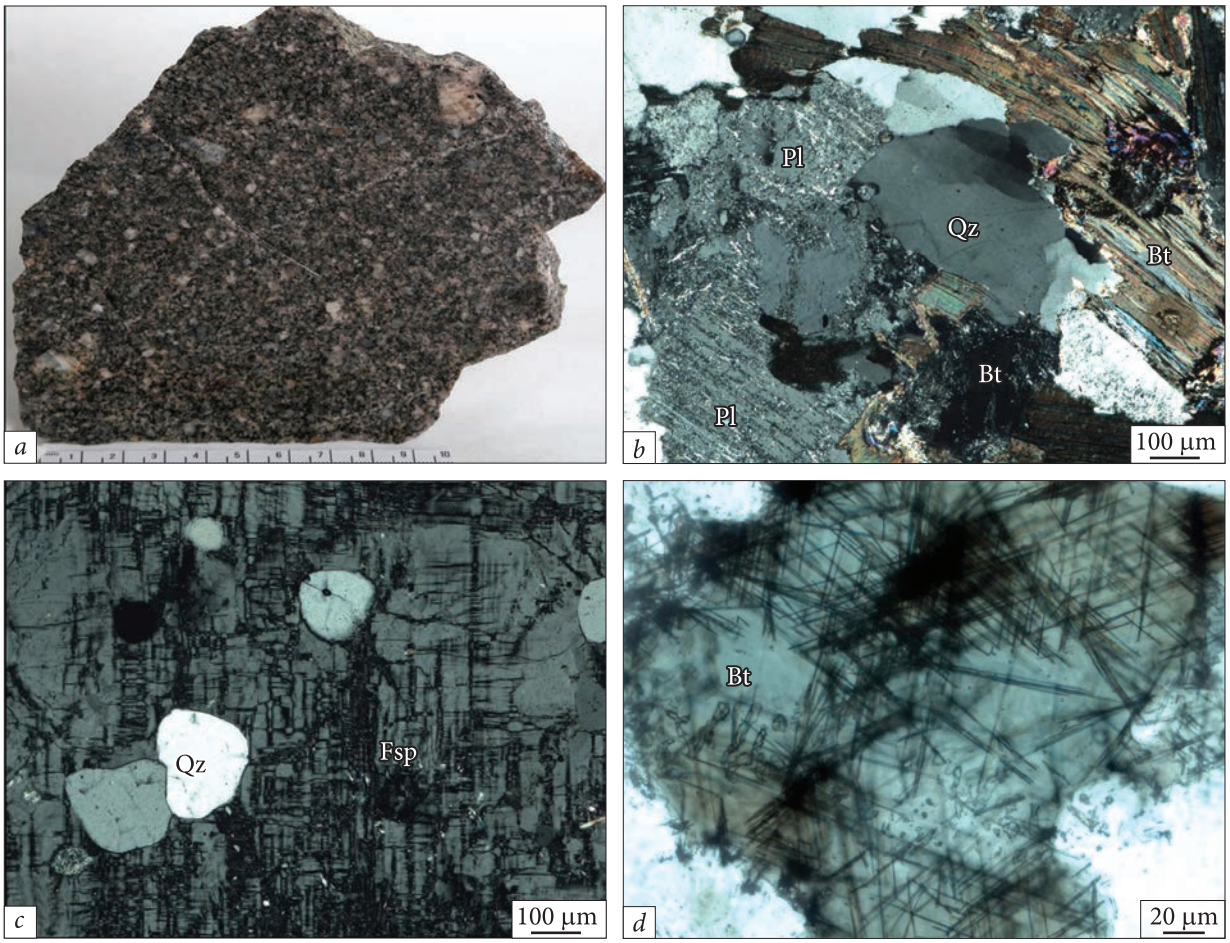


*Рис. 5.* Граніт сіро-рожевий біотит-двопольовошпатовий, Кропивницький масив, Соколівський кар'єр, пр. 19/23: *a* — загальний вигляд породи; *b* — плагіоклаз із інтенсивною серицитизацією за системою гілчастих тріщин та антипертитами КПШ; кварц із хвилястим згасанням та смугами деформації, частково хлоритизований і деформований біотит; *c* — таблитчасті зерна КПШ з плямистою мікрокліновою ґраткою та численними овальними пойкілітами кварцу, не зачепленими динамічною деформацією; *d* — частково хлоритизований біотит із проростаннями голчастого рутилу, що формують сагенітову ґратку

*Fig. 5.* Gray-pink biotite-difeldspar granite, Kropyvnytsky massif, Sokolivsky quarry, sample 19/23: *a* — general appearance of granite; *b* — plagioclase with intensive replacement by sericite along the system of branched cracks and the presence of antiperthites of KPSh; quartz with silty extinction and deformation bands. partially chloritized and deformed biotite; *c* — tabular grains of KPSh with a spotty microcline lattice, there is a significant amount of oval quartz poikilites, not affected by dynamic deformation; *d* — partially chloritized biotite with the germination of acicular rutile, forming sagenite lattices

Хімічний склад, ваг. %: $SiO_2$ — 70,69, $TiO_2$ — 0,50, $Al_2O_3$ — 13,75, $Fe_2O_3$ — 3,68, MnO — 0,02, MgO — 0,69, CaO — 0,86, $Na_2O$ — 2,71, $K_2O$ — 5,90, $P_2O_5$ — 0,14, *LOI* — 0,8, сума — 99,74 (Vysotsky et al., 2025).

Мікроскопічно в породі спостерігають щонайменше дві генерації породоутворювальних мінералів.

Перша, або рання, генерація плагіоклазу представлена таблитчастими зернами з ксеноморфними обрисами і найбільшими розмірами, що досягають 2 мм (рис. 5, *b*). Їхні головні ознаки: наявність антипертитів здвійникованого КПШ, пойкіліти кварцу овальної форми по периферії, блокова структура, інтенсивне заміщення серицитом за системою розгалужених тріщин (рис. 5, *b*). У зовнішній зоні кристалів спостерігають поодинокі мікрокристалики монациту з темною облямівкою, мікрокристалики циркону, а також включення хлоритизованого біотиту з сагенітовими голками рутилу (рис. 5, *d*).

Зерна другої генерації плагіоклазу не здвійниковані, мають нижчий ступінь серицити-

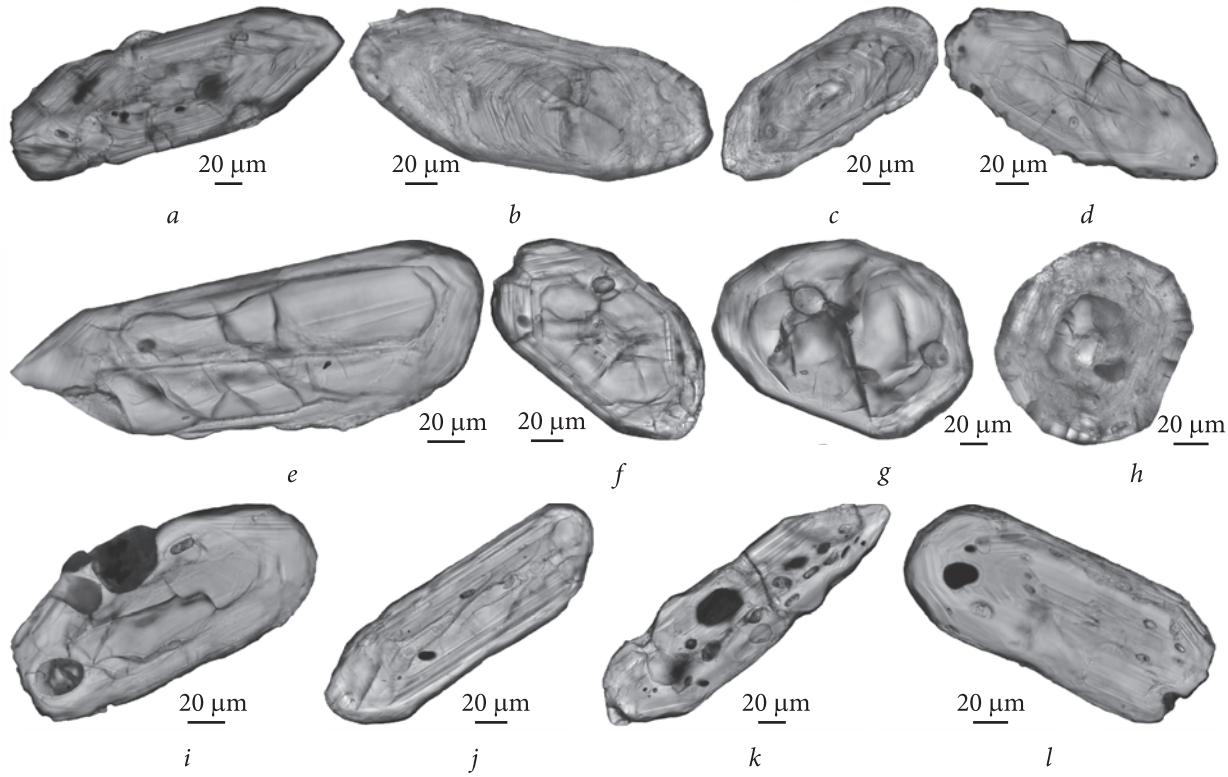


*Рис. 6.* Мікрофотографії зрізів кристалів циркону із сіро-рожевого біотит-двопольовошпатового граніту, Кропивницький масив, пр. 19/23, поляризаційний мікроскоп, за одного ніколя

*Fig. 6.* Microphotographs of sections of zircon crystals from gray-pink biotite-difeldspar granite, Kropyvnytsky massif, sample 19/23, polarizing microscope, one nikol

зації. Форма наближена до ідіоморфної. Його таблички обростають кристали першої генерації, часто мають зовнішню альбітову оболонку. Їхній розмір — 0,2 × 0,7 мм. На контакті з КПШ розвиваються мірмекіти.

Рання генерація КПШ представлена найбільшими кристалами складної конфігурації з плямисто розвиненою мікрокліновою ґраткою та інтенсивною блоковою будовою. У них наявна значна кількість овальних пойкілітів кварцу, не зачеплених динамічною деформацією (рис. 5, *c*). Кристали КПШ уздовж окремих смужок насичені тонкими антипертитами з квадратними перетинами і мають розмір 0,01—0,02 мм. Ці кристали обростають табличками плагіоклазу другої генерації та бластомілонітовою міжзерновою масою, утворюючи тонке мірмекітоподібне зростання кварц-альбіт-мікроклін.

Друга генерація КПШ представлена мікрокліном з добре розвинутою ґраткою. Ці виділення ксеноморфні, приурочені до зон міжзернової динамічної рекристалізації.

Кварц-I (ранній) зберігся у вигляді пойкілітових вростків у польових шпатах, а також інтерстиційних кристалів із ознаками різкої деформації, що проявлена в субзернах у вигляді смуг деформації, тріщинній рекристалізації, появі включень мікрокристаликів циркону, апатиту, а також субпаралельних тріщинок на кшталт планарних.

Кварц-II зберігся у вигляді дрібних відновлених гранобластових зерен, а також у зернах мірмекітів.

Біотит також представлений двома генераціями, локалізованими в інтерстиційному просторі. Кристали першої майже повністю хлоритизовані, з голчастими вростками рутилу, що формують сагенітові ґратки (рис. 5, *d*). Біотит другої генерації не хлоритизований, без сагенітових проростань рутилу, проте з включеннями апатиту.

Під бінокуляром спостерігають широку гаму кристалів циркону. За кольором від світло-рожевих прозорих до світло-коричневих і коричневих (більші) напівпрозо-

рих. Кристали переважно дрібні (дрібніші 0,05 мм), хоча розмір окремих досягає до 0,2 мм. Форма кристалів варіює від видовженопризматичної ($К_{вид}$ — до 4) до короткопризматичної ($К_{вид}$ ~1,5), трапляються окремі майже ізометричні зерна, а також усі перехідні форми між ними. Втім для всіх кристалів характерні заокруглені контури — сильно заокруглені ребра призматичного поясу з переважанням граней однієї із призм. Голівки кристалів також заокруглені, утворені переважно гранями (сильно заокругленими) тупих біпірамід і лише в поодиноких наявні грані гострих біпірамід.

У полірованих зрізах кристали циркону складні, представлені двома генераціями цього мінералу (рис. 6). Циркон першої генерації наявний у середині кристалів у вигляді ядер, переважно оптично однорідних, тріщинуватих (рис. 6, *e—k*), менша кількість кристалів містить ядра з тонкою "магматичною" зональністю (рис. 6, *a—d*). Циркон другої генерації утворює оболонки навколо ядер (рис. 6, *a—k*), зрідка формує окремі кристали (рис. 6, *l*). Наявність реліктових ядер у середині кристалів циркону дає змогу припустити формування граніту, як і граніту проби 18/23, за рахунок

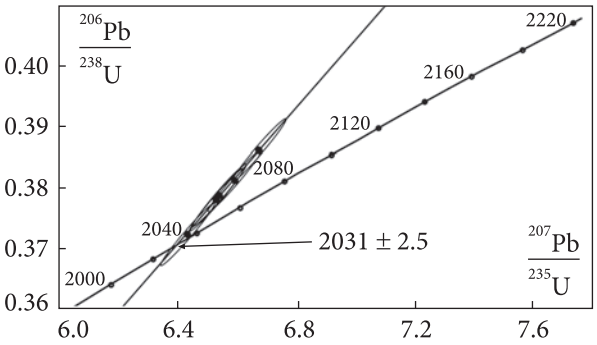


*Рис. 7.* U-Pb діаграма з конкордією для монациту із сіро-рожевого біотит-двопольовошпатового граніту, Кропивницький масив, Соколівський кар'єр, пр. 19/23

*Fig. 7.* U-Pb diagram with concordia for monazite from gray-pink biotite-difeldspar granite of the Kropyvnytsky massif, Sokolivsky quarry, sample 19/23

корової речовини, на що вказує досить високе значення ізотопного відношення $^{87}Sr/^{86}Sr = 0{,}71879 \pm 0{,}00007$ у стронції акцесорного апатиту (Vysotsky et al., 2025).

Монацит формує відносно великі (переважно понад 0,040 мм) блідо-жовті напівпрозорі, зазвичай дископодібні, зрідка пампушкоподібні (серед найдрібніших наявні ізометричні) кристали з шагреневою (дрібноямчастою) поверхнею і заокругленими контурами. Більшість кристалів мають по

*Таблиця 2.* **Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах із сіро-рожевого біотит-двопольовошпатового граніту, пр. 19/23, Соколівський кар'єр**

*Table 2.* **Uranium, lead and lead isotopic composition in monazites from gray-pink biotite-difeldspar granite, sample 19/23, Sokolivsky quarry**

| Fraction of mineral | Concentrations, ppm | | Isotope ratios | | | | | Age, Ma | | | D, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | U | Pb | $^{206}Pb/^{204}Pb$ | $^{206}Pb/^{207}Pb$ | $^{206}Pb/^{208}Pb$ | $^{206}Pb/^{238}U$ | $^{207}Pb/^{235}U$ | $^{206}Pb/^{238}U$ | $^{207}Pb/^{235}U$ | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | |
| 1 | 5243.8 | 10585 | 10100 | 7.9089 | 0.20420 | 0.38575 | 6.6619 | 2103 | 2068 | 2032.4 | –3.5 |
| 2 | 4094.0 | 10580 | 6200 | 7.8487 | 0.15073 | 0.38275 | 6.6178 | 2089 | 2062 | 2034.4 | –2.7 |
| 3 | 3558.7 | 9884 | 5080 | 7.8339 | 0.13427 | 0.37207 | 6.4212 | 2039 | 2035 | 2031.2 | –0.4 |
| 4 | 3187.8 | 9309 | 4160 | 7.7967 | 0.12949 | 0.37875 | 6.5382 | 2070 | 2051 | 2031.6 | –1.9 |
| 5 | 3380.7 | 10000 | 4350 | 7.8003 | 0.12743 | 0.37838 | 6.5360 | 2069 | 2051 | 2032.8 | –1.8 |

П р и м і т к а. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 2030 млн рр.: 1 — мультизернова наважка відносно великих (понад 0,050 мм) світло-жовтих, переважно дископодібних кристалів із шагреневою поверхнею; 2—5 — розмірні фракції мультизернових наважок дрібних (дрібніші 0,050 мм) переважно блідо- та світло-жовтих, здебільшого пампушкоподібних кристалів. Розмірні фракції отримано скочуванням похилою площиною.

N o t e. The correction for common lead was introduced according to Stacey and Kramers for an age of 2030 Ma: 1 — multigrain sample of relatively large (larger than 0.050 mm) light yellow, mainly disc-shaped crystals with a shagreen surface; 2—5 — size fractions of multigrain samples of small (smaller than 0.050 mm) mainly pale yellow and light yellow, mainly donut-shaped crystals. Size fractions were obtained by rolling on an inclined plane.

декілька граней (ребра заокруглені), зокрема пінакоїда. Трапляються поодинокі світло-жовті водяно-прозорі кристали з блискучою гладенькою поверхнею.

Вік визначали за однією мультизерновою наважкою великих (понад 0,050 мм) світло-жовтих, переважно дископодібних кристалів із шагреневою поверхнею та за чотирма мультизерновими наважками дрібніших фракцій (<0,050 мм) з домінуванням блідо- та світло-жовтих, здебільшого пампушкоподібних індивідів. Розмірні фракції отримано скочуванням похилою площиною. Результати аналітичних досліджень мультизернових наважок монациту наведені в табл. 2.

Вік монациту, а отже, граніту, що його вміщує, за верхнім перетином конкордії лінією регресії, розрахованою за даними табл. 2, становить 2030,9 ± 2,5 млн рр. (рис. 7), СКЗВ = = 0,66. Нижньому перетину відповідає вік 143 ± 189 млн рр., який, вірогідно, зумовлений незначним сучасним порушенням замкнутості ізотопної системи.

Зважаючи на незначну дискордантність (від –0,4 до –3,5 %, див. табл. 2), розрахували середнє зважене значення віку за ізотопним відношенням $^{207}Pb/^{206}Pb$ — 2032,3 ± ± 1,2 млн рр. за СКЗВ = 1,3, що в межах похибки збігається з віком, отриманим за верхнім перетином конкордії лінією регресії.

Отже, в межах одного кар'єру для близьких за складом гранітів отримано дві ізотопні дати (2043 ± 3 та 2031 ± 2,5 млн рр.), що розходяться майже на 10 млн рр. Слід зазначити, що дещо раніше для порфіроподібного граніту із цього самого кар'єру отримано вік 2033,7 ± 2,9 млн рр. (Stepanyuk et al., 2021). Незалежно від типу вмісної породи (граніту), така розбіжність у часі кристалізації мінералу-геохронометра (монациту) на перший погляд не має пояснення, зважаючи на близьке розташування ділянок геохронологічного опробування. На нашу думку, розбіжності у часі кристалізації монациту із різних проб гранітів, розкритих Соколівським кар'єром, є наслідком неповного (селективного) плавлення різнорідного субстрату (шаруватої товщі метаморфізованих осадово-вулканогенних порід інгуло-інгулецької серії), тривалого (понад 10 млн рр.) існування розплаву та різного часу кристалізації монациту, зумовлених відмінностями у хімічному складі розплаву, зокрема активністю кальцію та фосфору.

**Висновки.** 1. Граніти Кропивницького масиву сформувались у віковому інтервалі 2020—2045 млн рр., водночас дещо молодший вік отримано для монацитів із гранітів північної частини масиву (Знам'янський кар'єр, район с. Суботці) — 2025 ± 5 млн рр. Трохи давнішими є монацити гранітів центральної (Соколівський кар'єр) та південної (Бобринецький кар'єр) частин масиву — 2029—2035 млн рр.

2. Граніти південної (Бобринецької) та північної (Кропивницької) частин Кропивницького масиву сформувались за рахунок плавлення корового джерела (породи інгуло-інгулецької серії), про що свідчать реліктові ядра в середині кристалів циркону та досить високе значення ізотопного відношення $^{87}Sr/^{86}Sr$ = 0,71879 ± 0,00007 у стронції акцесорного апатиту.

*Автори щиро вдячні компанії Carl Zeiss Jena (Німеччина) за оптичний мікроскоп Carl Zeiss Axio Imager 2 for materials, без якого ця робота втратила б багато наочних деталей щодо будови гранітів та анатомії акцесорного циркону. Обладнання було передано ІГМР НАН України як благодійна допомога.*

REFERENCES / ЛІТЕРАТУРА

Baran, A.M., Vysotsky, O.B., Dovbush, T.I., Kovtun, O.V., Stepanyuk, L.M. and Yaskevych, T.B. (2024), Uranium-lead isotopic age of monazite granitoids of the Kropyvnytsky massif, using the example of the quarry of the village of Subottsi (Ingul megablock of the Ukrainian Shield), *Geochemistry and ore formation*, Iss. 45, pp. 54-63 [in Ukrainian]. https://doi.org/10.15407/gof.2024.45.054

[Баран, А.М., Висоцький, О.Б., Довбуш, Т.І., Ковтун, О.В., Степанюк, Л.М., Яськевич, Т.Б. (2024), Уран-свинцевий ізотопний вік за монацитом гранітоїдів Кропивницького масиву, на прикладі кар'єру с. Суботці (Інгульський мегаблок Українського щита). *Геохімія та рудоутворення*. Вип. 45. С. 54—63.]

Bartnytskyi, E.N., Bibikova, E.V., Verkhoglyad, V.M., Legkova, G.V., Skobelev, V.M. and Terets, G.Ya. (1995), International zircon standard for uranium-lead isotope studies, *Geochemistry and ore formation*, Iss. 21, Kyiv, pp. 164-167 [in Russian].

[Бартницкий, Е.Н., Бибикова, Е.В., Верхогляд, В.М., Легкова, Г.В., Скобелев, В.М., Терец, Г.Я. (1995), Международный стандарт циркона для уран-свинцовых изотопных исследований. *Геохимия и рудообразование.* Вып. 21. С. 164—167.]

Belevtsev, R.Ya. (1982), *Regime of zonal progressive metamorphism in the Precambrian of the Ukrainian Shield,* Nauk. dumka, Kyiv, 149 p. [in Russian].

[Белевцев, Р.Я. (1982), *Режим зонального прогрессивного метаморфизма в докембрии Украинского щита.* Киев: Наук. думка. 149 с.]

(2004), *Correlated Chronostratigraphic scheme of Early Precambrian of the Ukrainian Shield (scheme and explanatory note),* Yesypchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Shcherbak, M.P., Glevaskiy, E.B., Skobelev, V.M., Drannik, V.S. and Geichenko, M.V. (2004), NSC Ukraine, UkrDGRI, Kyiv, 30 p. [in Ukrainian].

[(2004), *Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та поясн. зап.).* Єсипчук, К.Ю., Бобров, О.Б., Степанюк, Л.М., Щербак, М.П., Глеваський, Є.Б., Скобелєв, В.М., Дранник, А.С., Гейченко, М.В. Київ: УкрДГРІ, НСК України. 30 с.]

Kovtun, O.V., Stepanyuk, L.M., Vysotsky, O.B., Baran, A.M. and Dovbush, T.I. (2025), Age of granites of the southern part of the Bobrynetsky massif (Ingul megablock of the Ukrainian Shield), *Mineral. Journ. (Ukraine),* Vol. 47, No. 3, Kyiv, pp. 69-79 [in Ukrainian]. https://doi.org/10.15407/mineraljournal.47.03.069

[Ковтун, О.В., Степанюк, Л.М., Висоцький, О.Б., Баран, А.М., Довбуш, Т.І. (2025), Вік гранітів південної частини Бобринецького масиву (Інгульський мегаблок Українського щита). *Мінерал. журн.* **47**, № 3. С. 69—79.]

Krough, T.E. (1973), A law contamination method for hedrotermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 37, No. 3. pp. 485-494. https://doi.org/10.1016/0016-7037(73)90213-5

Ludwig, K.R. (1989), Pb Dat for MS-DOS, version 1.06. *U.S. Geol. Survey Open-File Rept.,* No. 88, 542, p. 40.

Ludwig, K.R. (1990), ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0. *U.S. Geol. Survey Open-File Rept*., No. 88, 557, p. 38.

Nechayenko, O.M., Nedomolkin, V.F., Nikitchenko, I.M., Tkachenko, K.O., Vasylyga, I.I. and Markhai, V.M. (2007), *State Geological map of Ukraine,* Scale 1 : 200 000, Central Ukrainian Series, Sheet M-36-XXXIII (Kirovograd), Explanatory note, Kyiv, 102 p. [in Ukrainian].

[Нечаєнко, О.М., Недомолкін, В.Ф., Нікітченко, І.М., Ткаченко, К.О., Василига, І.І., Мархай, В.М. (2007), *Державна геологічна карта України.* М-6 1 : 200 000. Центральноукраїнська серія. Аркуш М-36-XXXIII (Кіровоград). Поясн. зап. Київ. 102 с.]

Shcherbak, D.N., Ponomarenko, A.N. and Makarenko, I.D. (1995), Geochronology of granitoids of the Ingul-Ingulets megablock of the Ukrainian Shield, *Geochemistry and ore formation*, Iss. 21, Kyiv, pp. 74-88 [in Russian].

[Щербак, Д.Н., Пономаренко, А.Н., Макаренко, И.Д. (1995), Геохронология гранитоидов Ингуло-Ингулецкого мегаблока Украинского щита. *Геохимия и рудообразование.* Вып. 21. С. 74—88.]

Shcherbak, N.P. and Bartnytskyi, E.N. (1995), Benchmark isotopic dates of geological processes and stratigraphic scheme of the Precambrian of the Ukrainian Shield, *Geochemistry and ore formation*, Iss. 21, Kyiv, pp. 3-24 [in Russian].

[Щербак, Н.П., Бартницкий, Е.Н. (1995), Реперные изотопные даты геологических процессов и стратиграфическая схема докембрия Украинского щита. *Геохимия и рудообразование.* Вып. 21. С. 3—24.]

Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Bartnitskyi, E.N., Verkhogliad, V.M., Komaristyi, A.A., Lesnaya, I.M., Mitskevich, N.Yu., Ponomarenko, A.N., Skobelev, V.M. and Shcherbak, D.M. (1989), *Geochronological chart of the Precambrian of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, 144 p. [in Russian].

[Щербак, Н.П., Артеменко, Г.В., Бартницкий, Е.Н. Верхогляд, В.М., Комаристый, А.А., Лесная, И.М., Мицкевич, Н.Ю., Скобелев, В.М., Щербак, Д.Н. (1989), *Геохронологическая шкала докембрия Украинского щита.* Киев: Наук. думка. 144 с.]

Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, A.N. and Shumlyanskyy, L.V. (2008), *Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Proterozoic*, Nauk. dumka, Kyiv, 240 p. [in Russian].

[Щербак, Н.П., Артеменко, Г.В., Лесная, И.М., Пономаренко, А.Н., Шумлянский, Л.В. (2008), *Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой.* Киев: Наук. думка. 240 с.]

Shcherbak, N.P., Esipchuk, K.E., Berzenin, B.Z., Glevasskiy, E.B., Drannik, A.S., Piyar, Yu.K., Polunovskiy, R.M., Skarzhinskaya, T.A., Solovitskiy, V.N., Etingof, I.M., Bilinskaya, Ya.P., Ganotskiy, V.N., Gusenko, G.F., Kiselev, A.S., Klochkov, V.M., Reshetnyak, V.V., Bosaya, N.I., Voronova, S.G. and Pilipenko, V.I. (1985), *Stratigraphic sections of the Precambrian of Ukrainian Shield,* Nauk. dumka, Kyiv, 168 p. [in Russian].

[Щербак, Н.П., Есипчук, К.Е., Берзенин, Б.З., Глевасский, Е.Б., Дранник, А.С., Пияр, Ю.К., Полуновский, Р.М., Скаржинская, Т.А., Соловицкий, В.Н., Этингоф, И.М., Билинская, Я.П., Ганоцкий, В.Н.,

Гусенко, Г.Ф., Киселев, А.С., Клочков, В.М., Решетняк, В.В., Босая, Н.И., Воронова, С.Г., Пилипенко, В.И. (1985), *Стратиграфические разрезы докембрия Украинского щита*. Киев: Наук. думка. 168 с.]

Shcherbakov, I.B. (2005), *Petrology of the Ukrainian Shield*, ZUKTS, Lvov, 366 p. [in Russian].

[Щербаков, И.Б. (2005), *Петрология Украинского щита.* Львов: ЗУКЦ. 366 с.]

Shcherbakov, I.B., Esipchuk, K.E., Orsa, V.I., Usenko, I.S., Bartnitskyi, E.N., Golub, E.N., Gorlitsky, V.A., Tsarovsky, I.D. and Osadchiy, V.K. (1984), *Granitoid formations of the Ukrainian Shield,* Nauk. dumka, Kyiv, 192 p. [in Russian].

[Щербаков, И.Б., Есипчук, К.Е., Орса, В.И., Усенко, И.С., Бартницкий, Е.Н., Голуб, Е.Н., Горлицкий, В.А., Царовский, И.Д., Осадчий, В.К. (1984), *Гранитоидные формации Украинского щита.* Киев: Наук. думка. 192 с.]

Shumlyanskyy, L.V. and Petrenko, O.V. (2015), Paleoproterozoic granitoid magmatism of the Ingul District of the Ukrainian Shield, *Geol. and Mineral. Bull. Kryvyi Rih Nat. Univ.*, No. 1 (33), Kryvyi Rih, pp. 80-87 [in Ukrainian].

[Шумлянський, Л.В., Петренко, О.В. (2015), Палеопротерозойський гранітоїдний магматизм Інгульського району Українського щита. *Геол.-мінерал. вісн. Криворіз. нац. ун-ту.* № 1 (33). С. 80—87.]

Stepanyuk, L.M., Konoval, N.M., Dovbush, T.I., Kovtun, O.V., Vysotsky, O.B. and Snisar, V.P. (2021), Uranium-lead age of granites of the Kirovograd massif (Ingul megablock of the Ukrainian Shield), *Mineral. Journ. (Ukraine),* Vol. 43, No. 4, Kyiv, pp. 56-62 [in Ukrainian]. https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.056

[Степанюк, Л.М., Коновал, Н.М., Довбуш, Т.І., Ковтун, О.В., Висоцький, О.Б., Снісар, В.П. (2021), Уран-свинцевий вік гранітів Кіровоградського масиву (Інгульський мегаблок Українського щита). *Мінерал. журн.* **43**, № 4. С. 56—62.]

Stepanyuk, L.M., Kovtun, O.V., Vysotsky, O.B., Pavlov, H.H., Dovbush, T.I. and Gogolev, K.I. (2026), Uranium-lead age based on monazite of granites of the Kropyvnytsky-Bobrynetskyi massif (Ingul megablock of the Ukrainian Shield), *Mineral. Journ. (Ukraine),* Vol. 48, No. 1, Kyiv, pp. 79-89 [in Ukrainian]. https://doi.org/10.15407/mineraljournal.48.01.079

[Степанюк, Л.М., Ковтун, О.В., Висоцький, О.Б., Павлов, Г.Г., Довбуш, Т.І., Гоголєв, К.І. (2026), Уран-свинцевий вік за монацитом гранітів Кропивницько-Бобринецького масиву (Інгульський мегаблок Українського щита). *Мінерал. журн.* **48**, № 1. С. 79—89.]

Sveshnikov, I.K., Hasanov, Yu.L., Gozhik, A.P., Solovyov, I.V., Sanin, E.V. and Tolstoy, M.I. (1991), Volumes and age sequence of granitoid formations of the southern part of the Ingulo-Ingulets district, *Geol. Journ.*, No. 1, Kyiv, pp. 84-92 [in Russian].

[Свешников, И.К., Гасанов, Ю.Л., Гожик, А.П., Соловьев, И.В., Санин, Е.В., Толстой, М.И. (1991), Объемы и возрастная последовательность гранитоидных формаций южной части Ингуло-Ингулецкого района. *Геол. журн.* № 1. С. 84—92.]

Sveshnikov, K.I., Krasovsky, S.S. and Pashkevich, I.K. (1993), Correlation of granite magmatism of the central part of the Ukrainian Shield (Ingulo-Ingulets district) with deep inhomogeneities of the lithosphere, *Dopov. Nat. akad. nauk Ukr.,* No. 2, Kyiv, pp. 112-116 [in Russian].

[Свешников, К.И., Красовский, С.С., Пашкевич, И.К. (1993), Соотношение гранитного магматизма центральной части Украинского щита (Ингуло-Ингулецкий район) с глубинными неоднородностями литосферы. *Допов. Акад. наук України.* № 2. С. 112—116.]

Usenko, I.S., Shcherbakov, I.B., Belevtsev, R.Ya., Siroshtan, R.I., Etingof, I.M., Shcherbakova, T.G., Polovko, N.I., Kravchenko, L.G., Yakovlev, B.G., Orsa, V.I., Venidiktov, V.M. and Zyulzle, V.V. (1982), *Metamorphism of the Ukrainian Shield,* Nauk. dumka, Kyiv, 308 p. [in Russian].

[Усенко, И.С., Щербаков, И.Б., Белевцев, Р.Я., Сироштан, Р.И., Этингоф, И.М., Щербакова, Т.Г., Половко, Н.И., Кравченко, Л.Г., Яковлев, Б.Г., Орса, В.И., Венидиктов, В.М., Зюльцле, В.В. (1982), *Метаморфизм Украинского щита*. Киев: Наук. думка. 308 с.]

Vysotsky, O.B., Stepanyuk, L.M., Shumlyanskyy, L.V., Kovtun, O.V. and Kotvitska, I.M. (2025), Petrogenesis of granites of the Kropyvnytsky complex, *Geochemistry and ore formation,* Iss. 46, Kyiv, pp. 48-55 [in Ukrainian]. https://doi.org/10.15407/gof.2025.46.048

[Висоцький, О.Б., Степанюк, Л.М., Шумлянський, Л.В., Ковтун, О.В., Котвіцька, І.М. (2025), Петрогенезис гранітів кропивницького комплексу. *Геохімія та рудоутворення*. Вип. 46. С. 48—55.]

Received 12.03.2026

*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
*O.V. Kovtun*, Postgraduate, Junior Research
E-mail: kovtun85@ukr.net; https://orcid.org/0000-0003-0475-8778
*O.B. Vysotsky*, PhD (Geology), Senior Research Fellow
E-mail: alek.vysotsky@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-3542-4685
*H.H. Pavlov*, PhD (Petrology and Mineralogy), Associate Professor, Senior Research Fellow
E-mail: genychpavlov@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-5913-042X
*T.I. Dovbush*, Research Fellow
E-mail: tetyana.dovbush1@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-3512-3313
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

KROPYVNYTSKY MASSIF: COMPOSITION, AGE AND SOURCE OF ANCESTRAL GRANITE MELTS (INGUL MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD)

Sokolivsky (Inguletsky) quarry is located in the South-Western (Sokolivsky) suburb of Kropyvnytsky. The quarry exposes typical porphyry granites of the Kropyvnytsky (Kirovohrad) type. The granites are biotite, in some areas garnet-biotite, light gray in the lower ledges and pink in the upper ones. Granites are characterized by wide variations in the content of biotite and garnet, which is likely due to the layered structure of the stratum, which was transformed into granites as a result of ultrametamorphism, but was not homogenized due to incomplete (partial) melting. As a result of studying the anatomy of accessory zircon crystals by optical microscopy, heterogeneous relict zircon nuclei of substrate rocks were found in the middle of the crystals, which indicates a crustal source of the ancestral granite melts that formed the Kropyvnytsky massif. The age of the granites of the massif was determined by the U-Pb isotope method using monazite. It was found that the heterogeneous biotite-microcline-plagioclase granite (sample 18/23) was formed 2043 ± 30 Ma and the gray-pink biotite-difeldspar (sample 19/23) — 2031 ± 2.5 Ma. The difference in the time of formation by almost 10 million years is most likely due to the long (more than 10 million years) existence of the granite melt and different times of crystallization of monazite, caused by differences in the chemical composition of the melt, in particular the activity of calcium and phosphorus in different parts of the magmatic center.

*Keywords:* Sokolivsky quarry, granite, monazite, zircon, uranium-lead isotope method, Ukrainian Shield.