

<https://doi.org/10.15407/gpimo2024.01.077>

**Л.М. Степанюк<sup>1</sup>**, чл.-кор. НАН України, д-р геол. наук, проф., заст. дир.

e-mail: [stepaniuk@nas.gov.ua](mailto:stepaniuk@nas.gov.ua)

ORCID 0000-0001-5591-5169

**О.Б. Висоцький<sup>1</sup>**, канд. геол. наук, наук. співроб.

e-mail: [alek.vysotsky@gmail.com](mailto:alek.vysotsky@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-3542-4685

**С.І. Курило<sup>2</sup>**, канд. геол. наук, наук. співроб.

e-mail: [kurylo.sergiy@gmail.com](mailto:kurylo.sergiy@gmail.com)

ORCID 0000-0003-4466-6851

**Т.І. Довбуш<sup>1</sup>**, наук. співроб.

e-mail: [tetyana.dovbush1@gmail.com](mailto:tetyana.dovbush1@gmail.com)

ORCID 0000-0002-3512-3313

**Н.О. Коваленко<sup>1</sup>**, мол. наук. співроб.

e-mail: [kovnat.igmr@gmail.com](mailto:kovnat.igmr@gmail.com)

ORCID 0000-0002-3203-7145

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України

03142, Україна, м. Київ, просп. акад. Палладіна, 34

<sup>2</sup> Інститут наук про землю, Словацька академія наук

97411, Словаччина, м. Банська Бистриця, Думбієрська, 1

## УРАН-СВИНЦЕВА ІЗОТОПНА ГЕОХРОНОЛОГІЯ ЗА МОНАЦИТОМ ГРАНІТОЇДІВ КРИНИЧУВАЦЬКОГО МАСИВУ (ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

---

*Було вивчено пегматит (проба 13/10), який відслонюється в долині р. Березівки (с. Криничуватка) та визначено його ізотопний вік за монацитом. Гранітоїди Криничувацького масиву відрізняються від інших гранітоїдів кіровоградського комплексу петрографічним складом (переважно плагіоклазові, плагіоклаз-мікроклінові), структурними (аплітоїдні, пегматоїдні відміни) та текстурними (на окремих ділянках аплітоїдних гранітів розташовуються лінійно орієнтовані зерна пластинчастого (лентикулярного) кварцу, видовжених кристалів польових шпатів) особливостями, а також складом ксенолітів (амфіболіти, амфібол-біотитові гнейси, біотитові, піроксен-біотитові гнейси) та ін. Вік та тривалість формування гранітів масиву ( $2039,9 \pm 1,4$  млн рр.) визначено уран-свинцевим ізотопним методом за монацитом апліто-пегматоїдного граніту (проба 12/10) [5]. В даній роботі визначено вік жильного тіла пегматиту (проба 13/10), що поширений вище дамби в правому борту балки лівого притоку р. Березівка в с. Криничуватка. Монацит представлений переважно*

---

Цитування: Степанюк Л.М., Висоцький О.Б., Курило С.І., Довбуш Т.І., Коваленко Н.О. Уран-свинцева ізотопна геохронологія за монацитом гранітоїдів Криничувацького масиву (Інгільський мегаблок Українського щита). *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2024. **20**, № 1: 77–85. <https://doi.org/10.15407/gpimo2024.01.77>

крупними ( $> 0,1$  мм) дископодібними кристалами з добре розвиненими гранями пінакоїду та, в окремих зернах, декількома іншими гранями та навіть ребрами. Кристали жовті, медово-жовті до медових прозорі і напівпрозорі. Як поодинокі присутні світло-жовті водяно-прозорі кристали з рівною гладенькою блискучою поверхнею та заокругленими контурами. Зважаючи на те, що основна маса гранітів (апліто-пегматоїдних гранітів), які відслонюються в долині р. Березівки (с. Криничуватка) мають вік  $2039,9 \pm 1,4$  млн рр., а жильне тіло пегматиту, що розсікає граніт, сформувалося  $2029,1 \pm 3,4$  млн рр. тому, можна з великою долею вірогідності припустити, що Криничуватський масив формувався щонайменше впродовж 10 млн рр., у віковому інтервалі 2040–2030 млн рр. тому.

**Ключові слова:** Криничувацький масив, монацит, граніт, пегматит, ізотопний вік, Український щит.

## Вступ

Криничувацький масив, розташований на захід-північно-захід від Долинського масиву, відділяється від нього смугою (до 1 км) гнейсів чечелеївської світи. Масив має майже ізометричну форму і приурочений до ядерної частини купольної структури північно-західного простягання, що майже співпадає з простяганням Долинського масиву.

Масив виділений за матеріалами геологічного картування і добре виражений в геофізичних полях: від'ємним полем сили тяжіння та позитивним магнітним полем. В будові масиву спостерігається зональність — пегматоїдні граніти і пегматити центральної частини в напрямку його контактів з гнейсами змінюються аплітоїдними, двослюдяними гранітами та суттєво плагіоклазовими, двослюдяними плагіоклаз-мікрокліновими мігматитами чечелеївської світи. Подекуди трапляються суттєво біотитові та гранат-біотитові різновиди гранітів. В породах масиву, особливо в мігматитах і аплітоїдних гранітах, трапляються численні ксеноліти амфіболітів, амфібол-біотитових гнейсів, гіперстен-біотитових і біотитових гнейсів спасівської і чечелеївської світи.

Гранітоїди Криничувацького масиву відрізняються від інших гранітоїдів кіровоградського комплексу петрографічним складом (переважно плагіоклазові, плагіоклаз-мікроклінові), структурними (аплітоїдні, пегматоїдні відміни) та текстурними (на окремих ділянках аплітоїдних гранітів розташовуються лінійно орієнтовані зерна пластинчастого (лентикулярного) кварцу, видовжених кристалів польових шпатів) особливостями, а також складом ксенолітів (амфіболіти, амфібол-біотитові гнейси, біотитові, піроксен-біотитові гнейси) та ін.

Визначення віку та тривалості формування гранітів масиву проводилось уран-свинцевим ізотопним методом за монацитом апліто-пегматоїдного граніту з проби 12/10. Він складає  $2039,9 \pm 1,4$  млн рр. [5].

В даній роботі нами проводилось визначення ізотопного віку за монацитом жильного тіла пегматиту (проба 13/10), відібраного у с. Криничуватка, у правому березі балки, вище дамби лівого притоку р. Березівка ( $48^{\circ}03'8''$  пн. ш.,  $32^{\circ}37'12,3''$  сх. д.).

## Мета роботи

За результатами уран-свинцевого ізотопного датування акцесорних монацитів визначити час та тривалість формування Криничувацького масиву.

## Об'єкти та методи досліджень

Вік монациту з жильного тіла пегматиту (проба 13/10), що відслонений у долині р. Березівки (с. Криничуватка), визначено класичним уран-свинцевим ізотопним методом у відділі радіогеохронології Інституту геохімії, мінералогії та рудотворення ім. М.П. Семененка НАН України (ІГМР НАН України). Для ізотопного датування вручну під бінокляром, із різних розмірних фракцій, були відібрані жовті, медово-жовті та медового кольору прозорі та напівпрозорі зерна, без зростань з іншими мінералами і, по можливості, без включень. Методика хімічної підготовки, за якою готувалися зразки монацитів для мас-спектрометричного аналізу, описана в роботі Т.Е. Krough [2]. Для визначення вмісту урану і свинцю використали змішаний  $^{235}\text{U}+^{206}\text{Pb}$  трасер.

Ізотопні дослідження свинцю та урану виконані на 8-колекторному мас-спектрометрі MI-1201 AT в мультиколекторному статичному режимі; математична обробка експериментальних даних — за програмами Pb Dat і ISOPLOT [3, 4]. Похибки визначення віку наведені при  $2\sigma$ . Для перевірки метрологічних характеристик методу використали стандарт циркону ІГМР-1 [1].

## Результати датування та їх обговорення

Тектонізований мікрокліновий лейкограніт (реліктовий мікрокліновий пегматит) (проба 13/10) макроскопічно є лейкократовою породою світло-рожевого забарвлення нечітко директивної текстури та пегматоїдного вигляду. У межах зразка спостерігаються зерна мікроклінів видовженої форми розміром від 4 до 12 мм, ділянками до 30 мм, між якими вміщені помітно дрібніші лінзи кварцу, що орієнтовані в одному напрямі.

Мікроструктура нерівномірнозерниста з середнім розміром зерен 0,5—12 мм, алотріоморфнозерниста тектонобластична з елементами реліктової пегматоїдної. Тектонобластез проявлений у розтріскуванні первинних крупних зерен кварцу та інтенсивній рекристалізації міжзернових границь. Вплив тектонічних перетворень, призвів до зминання зерен кварцу на міжзернових границях, втиснення один в одне зерен мікрокліну та плагіоклазу, а також однонаправлене розтягнення усіх зерен.

Мінеральний склад, %: головні (мікроклін 62—70, кварц 25—30), другорядні (плагіоклаз 5—8, мусковіт близько 1), акцесорні (циркон, монацит), вторинні (серіцит по плагіоклазу).

*Мікроклін* має вигляд видовжених табличок з нерівними контурами розміром від 1 до 12 мм. Дрібніші зерна (до 2 мм) знаходяться у меншості та утворюють плямисті скупчення. Мікроклінова ґратка суцільна, середньої досконалості, снопоподібна, в поодиноких зернах снопоподібно-шахова. Розмір індивідів змінюється від середніх до крупних. Містить чисельні пертити широкою гамою за морфологічними типами:

- **одномірні** — досконалі, середні та крупні, стовпчасті, трапляються в поодиноких зернах часто перетинаючи увесь контур зерна;
- **двомірні** — пластинчасті та дископодібні, дрібні та середні за розміром, середньої та високої досконалості, мають або суцільне розповсюдження, або у вигляді окремих плям; в окремих ділянках мікроклінова ґратка майже не проявлена і дрібні дископодібні пертити утворюють кулісоподібні плями;

## Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах із пегматиту, проба 13/10

Фракція мінералу	Вміст (ppm)		Ізотопні відношення				
	U	Pb	$\frac{206\text{Pb}}{204\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{207\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{208\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$
1a	6667	9160	2620	7,6941	0,33957	0,38682	6,6688
1б	6916	9595	1605	7,5143	0,33449	0,38461	6,6259
1в	6577	9339	1470	7,4772	0,32817	0,38785	6,6765
2a	7051	8917	1837	7,5752	0,38763	0,39004	6,7181
2б	6599	9361	1215	7,3432	0,32517	0,38380	6,6361
2в	6731	9515	940	7,1788	0,33265	0,38709	6,6892

Фракція мінералу	Вік, млн р.			D (%)	206/238 %err	207/235 %err	Rho 6/8—7/5
	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}}$				
1a	2108	2068	2029,3	−3,9	1,11	1,12	0,99876
1б	2098	2063	2028,1	−3,4	1,12	1,12	0,99837
1в	2113	2070	2026,7	−4,3	1,11	1,11	0,99848
2a	2123	2075	2027,7	−4,7	1,15	1,15	0,99894
2б	2094	2064	2034,5	−2,9	1,15	1,16	0,98783
2в	2109	2071	2033,5	−3,7	1,11	1,12	0,99860

*Примітка.* 1a—1в — мультизернові наважки розмірних фракцій жовтих, медово-жовтих до медових кристалів; 2a—2б — те саме, але дещо світліших жовтих та медово-жовтих прозорих кристалів. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 2030 млн рр.

- тримірні — досконалі товстостовбчасті пертити, що мають закономірне орієнтування, зустрічаються в поодиноких зернах;
- недосконалі стрічкоподібні пертити, іноді серицитизовані.

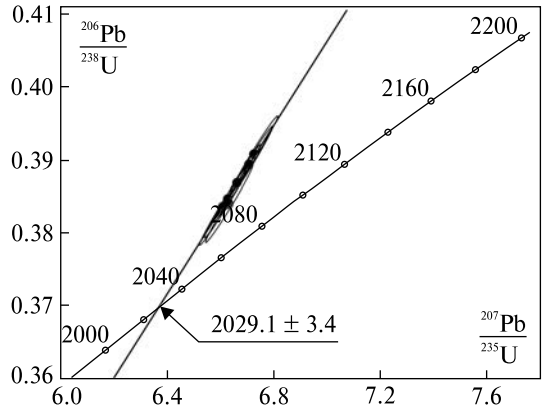
У межах окремих зерен кількість пертитів може змінюватись від 3 до 20 % і містити включення заокругленого плагіоклазу, сильно серицитизованого та альбітизованого з периферії, а також округлі та лінзоподібні зерна кварцу. Границі між окремими зернами помітно рекристалізовані, подекуди гранульовані.

*Кварц* переважно утворює крупні скупчення у вигляді плям або лінз розміром від 3 до 10 мм, які виповнюють проміжки між крупними зернами мікрокліну. Такі виділення складенні більш дрібними зернами розміром 0,2—1,5 мм (окремі зерна до 3 мм) з кутастими обмеженнями. Інколи кварц між крупними виділеннями сильно здавлений та інтенсивно рекристалізований.

*Плагіоклаз (олігоклаз № 10—12)* представлений дрібними зернами нечіткої таблитчастої або ксеноморфної форми розміром 0,8—1,5 мм. Вони знаходяться на міжзернових границях мікроклінів, подекуди втиснуті в нього. Полісинтетичні двійники тонкі та слабо вираженні. Зерна сильно серицитизовані переважно в центральній частині. У деяких зернах на границі з мікрокліном розвинені мірмекіти.

Мусковіт формує дрібні ксеноморфні зерна, які приуроченні до плагіоклазів або до тетконобластичних смужок.

Рис. 1. Уран-свинцева діаграма з конкордією для монацитів із пегматиту, проба 13/10



Монацит представлений переважно крупними ( $> 0,1$  мм) дископодібними кристалами з добре розвиненими гранями пінакоїду та, в окремих зернах, декількома іншими гранями та навіть ребрами. Кристали жовті, медово-жовті до медових прозорі і напівпрозорі. Серед дрібніших зростає кількість пампушкоподібних (у фракції  $0,040$  мм їх до  $20\%$ ), також трапляються ізометричні зерна з сильно заокругленими контурами. Як поодинокі присутні світло-жовті водянопрозорі кристали з рівною гладенькою блискучою поверхнею та заокругленими контурами. І навіть в дископодібних світло-жовтих кристалах грані поясу, перпендикулярного площині граней пінакоїду, помітно заокруглені, а ребра практично відсутні.

Вік пегматиту визначено за мультизерновими наважками різних розмірних фракцій монациту: три з них містять переважно дископодібні кристали жовтого, медово-жовтого та медового забарвлення, а інші три — більш світло-жовті та медово-жовті прозорі. Розмірні фракції отримали скочуванням по нахиленій площині. Результати аналітичних досліджень наведені в табл.

Вік за верхнім перетином конкордії дискордією, розрахованою за даними, що наведені в таблиці, складає  $2059 \pm 16$  млн рр. та  $\infty \pm \infty$  млн рр. — за нижнім; СКЗВ =  $0,95$  (рис. 1).

Як видно з таблиці та рисунку, через незначну розтяжку фігуративних точок на уран-свинцевій діаграмі з конкордією та відносно невелику дискордантність (від  $-2,9$  до  $-4,7$ ), за вік монациту приймаємо середнє зважене значення за ізотопним відношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} - 2029,1 \pm 3,4$  млн рр., СКЗВ =  $3$ , розраховане за наведеними в таблиці аналітичними даними, за умови, що уран-свинцева ізотопна система монациту була незначно порушена в даний час.

Таким чином, зважаючи, що основна маса гранітів (апліто-пегматоїдних гранітів), відслонених в долині р. Березівки (с. Криничуватка) має вік  $2039,9 \pm \pm 1,4$  млн рр., а жильне тіло пегматиту, що розсікає граніт, сформувалося  $2029,1 \pm \pm 3,4$  млн рр. тому, можна з великою долею вірогідності припустити, що Криничуватський масив формувався щонайменше впродовж  $10$  млн р., у віковому інтервалі  $2040-2030$  млн рр. тому.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бартницький Е.Н., Бибикова Е.В., Верхогляд В.М., Легкова Г.В., Скобелев В.М., Терец Г.Я. ИГМР-1 — Международный стандарт циркона для уран-свинцовых изотопных исследований. *Геохимия и рудообразование*. 1995, вып. 21. С.164—167.
2. Krough T.E. A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1973. 37, №3. P. 485 — 494.

3. Ludwig K.R. Pb Dat for MS-DOS, version 1.06. U.S. *Geol. Survey Open-File Rept.* 1989. № 88 (542). P.40.
4. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0. U.S. *Geol. Survey Open-File Rept.* 1990. № 88 (557). P. 38.
5. 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 terraine (the Ukrainian Shield). *Геохімія та рудоутворення*. 2017, вип. 38. С. 3 — 13.

Стаття надійшла 17.10.2023

*L.M. Stepanyuk*<sup>1</sup>, NAS Corresp. Member, Dr. Sci. (Geol.), Prof., Deputy Director

e-mail: stepaniuk@nas.gov.ua

ORCID 0000-0001-5591-5169

*O.B. Vysotsky*<sup>1</sup>, Research Fellow

e-mail: alek.vysotsky@gmail.com

ORCID 0000-0002-3542-4685

*S.I. Kurylo*<sup>2</sup>, PhD (Geol.), Research Fellow

E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com

ORCID 0000-0003-4466-6851

*T.I. Dovbush*<sup>1</sup>, Research Fellow

e-mail: tetyana.dovbush1@gmail.com

ORCID 0000-0002-3512-3313

*N.O. Kovalenko*<sup>1</sup>, Junior researcher

e-mail: kovnat.igmr@gmail.com

ORCID 0000-0002-3203-7145

<sup>1</sup> M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

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

<sup>2</sup> Institute of Earth Sciences, Slovak Academy of Sciences

1, Dumbierska, Banska Bystrica, Slovakia, 97411

## U-Pb ISOTOPES GEOCHRONOLOGY

### BY MONAZITE OF GRANITOIDS OF KRYNYCHUVATSKY MASSIVE (INGUL MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD)

Pegmatite (sample 13/10) exposed in the valley of the Berezivka River (Krynchuvatka village) was studied and its isotopic age was determined by monazite. Granitoids of the Krynchuvatsky massif differ from other granitoids of the Kirovohrad complex in their petrographic composition (mainly plagioclase, plagioclase-microcline), structural (aplitoid, pegmatoid inclusions) and texture (in some areas, aplitoid granites are characterized by linearly oriented grains of lamellar (lenticular) quartz, elongated feldspar crystals) and the composition of xenoliths (amphibolites, amphibole-biotite, biotite, pyroxene-biotite gneisses). To find out the time and duration of the formation of granites of the massif using the uranium-lead isotope method, we determined the age of the monazite of the apilito-pegmatoid granite (sample 12/10) —  $2039.9 \pm 1.4$  Ma. The age of the vein body of the pegmatite (sample 13/10) has now been determined that is widespread above the dam on the right side of the stream, the left tributary of the Berezivka River, village Krynchuvatka. Monazite occurs mainly as large ( $> 0.1$  mm) disk-shaped crystals with well-developed pinacoid facets and, in individual grains, several other facets and even ribs. The crystals are yellow, honey yellow to honey transparent and translucent. Light-yellow, water-transparent crystals with an even, smooth, shiny surface and rounded contours are present singly. Considering the fact that the main mass of granites (apilito-pegmatoid granites) exposed in the valley of the Berezivka River (Krynchuvatka village) are  $2039.9 \pm 1.4$  Ma, and the vein body of pegmatite that dissects the granite was formed in  $2029.1 \pm 3.4$  Ma, it can be assumed with a high probability that the Krynchuvatsky massif was formed for at least 10 million years, in the age interval of 2040—2030 Ma ago.

**Keywords:** Krynchuvatsky massif, monazite, granite, pegmatite, isotopic age, Ukrainian Shield.