

Член-кореспондент НАН України Л. М. Степанюк, В. О. Сьомка,
С. І. Курило, М. О. Донський, С. М. Бондаренко, Т. І. Довбуш

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України, Київ
E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua

Уран-свинцевий ізотопний вік гранітів Вознесенського масиву (Інгульський мегаблок Українського щита)

Уран-свинцевим ізотопним методом датовано монацити із гранітів Вознесенського масиву. Вік монациту, а отже і гранітів, становить $2034,6 \pm 6,6$ млн років. За первинним ізотопним відношенням $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{2030}$ (0,71351), визначеним для плагіоклазу, граніти масиву були сформовані за рахунок верхньокорової речовини.

Ключові слова: уран-свинцевий ізотопний вік, рубідій-стронцієва ізотопна система, монацит, граніт, Український щит, Інгульський мегаблок, Вознесенський масив, Лисогірський масив.

Вознесенський (Трикратський) масив є одним із найкрупніших гранітних масивів Українського щита (УЩ). Він має близько 20 км у попереку і простягається з півночі на південь майже на 150 км, виходячи на півдні за межі щита. Масив розташований південно-західніше Новоукраїнського масиву між Братським синклінорієм та Первомайською зоною розломів. У структурному плані масив приурочений до крупної регіональної Вознесенсько-Миколаївської тектонічної зони, що обумовило тектонічні контакти з породами рами. На сході масив обмежений Первомайською зоною розломів, на заході — Вознесенською. Гранітоїди масиву відслонені в долинах річок Синюха, Південний Буг та по їх притоках. Контакти та структурні елементи масиву згодні з структурами порід рами, якими є супракрустальні породи інгуло-інгулецької серії (рощахівська та кам'яно-костовацька світи). На думку І. Б. Щербаківа [1], вознесенські граніти були сформовані по породах цих же світ. У кар'єрах та берегових відслоненнях гранітоїди зрідка містять різних розмірів ксеноліти біотитових гнейсів. На верхньокорове джерело формування вихідних магматичних розплавів гранітів Вознесенського масиву вказує і первинне ізотопне відношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{2030}$ (0,71351), визначене для плагіоклазу (табл. 1), близьке до такого в гранітах Лисогірського масиву.

Вознесенський масив складений переважно сірими, зеленувато-сірими, рожево-сірими, порфіроподібними крупнозернистими кордієрит-гранат-біотитовими і гранат-біотитовими гранітами. В ендоконтактних частинах масиву, в основному в східній і крайній північно-західній, поширені дрібнопорфіроподібні різновиди гранітів, збагачені темноколірними мінералами. Подібні граніти виявлені в середній течії р. Мертвовод, вище гирла р. Арбузинка, де на них субгоризонтально залягають останці покрівлі, складені гранат-біотитовими і біотитовими гнейсами [3].

Об'єкти та методи досліджень. Для визначення віку гранітів Вознесенського масиву нами вивчено уран-свинцеві ізотопні системи монацитів із гранітів, відслонених Трикратським кар'єром, що знаходиться на лівому березі р. Арбузинка, 1,5 км північно-західніше с. Трикрати (рис. 1). Кар'єром відкриті однорідні крупнозернисті порфіроподібні зелену-

Таблиця 1. Результати вивчення рубідій-стронцієвої ізотопної системи гранітів Вознесенського та Лисогірського масивів

Польовий номер проби	Мінерал, що аналізувався	Вміст, ppm		$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$		ϵ_{Sr}
		Rb	Sr		виміряне	виправлене*	
Тр-1/12	Плагіоклаз	27,7	233	0,3445	$0,72359 \pm 0,00010$	0,71351	160
ЛС-1/11	Плагіоклаз	41	380	0,3108	$0,72217 \pm 0,00008$	0,71308	153
ЛС-2/11	Плагіоклаз	105	257	1,1876	$0,74690 \pm 0,00006$	0,71217	141
ЛС-3/11	Плагіоклаз	72	256	0,8170	$0,73161 \pm 0,00008$	0,70772	77,2

Примітка. Проба Тр-1/12 — Вознесенський масив. Проби ЛС-1/11, ЛС-2/11 і ЛС-3/11 — Лисогірський масив, їх детальний опис наведено в [2].

*Відношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, виправлене на радіогенну добавку $^{87}\text{Sr}_{\text{rad}}$, як і ϵ_{Sr} , розраховане на вік 2030 млн років.



Рис. 1. Супутниковий знімок Трикратського кар'єру

вато-сірі біотитові гранатвмісні граніти. Зерна гранату зазвичай крупні, найчастіше утворюють зростання з біотитом і характеризуються нерівномірним розподілом у масі граніту. Зрідка трапляються лінзоподібні шліри, збагачені гранатом, кількість якого в них може досягати 30%. Крім зазначених неоднорідностей, подекуди трапляються зони бластомілонізації, в яких граніти частково огнейсовані та (або) катаклазовані.

Проба біотитового граніту для радіогеохронологічних досліджень була відібрана із другого (зверху) уступу західного борту кар'єру, де відсутні сліди катаклазу і гранат наявний в незначній кількості (до 5%).

Монацити вивчені класичним уран-свинцевим ізотопним методом у відділі радіогеохронології Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України.

Для визначення часу формування гранітів вручну під бінокляром із різних розмірних фракцій були відібрані світло-жовті прозорі зерна монациту. Методика хімічної підготовки зразків монацитів для мас-спектрометричного аналізу описана в роботах [4, 5]. Вміст урану і свинцю визначали, використовуючи 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; математичну обробку експериментальних даних проведено за програмами Pb Dat і ISOPLOT [6, 7]. Похибки визначення віку наведені при 2σ . Для перевірки метрологічних характеристик методу використано стандарт циркону ІГМР-1 [8].

Петрографічна характеристика граніту. Граніт зеленувато-сірий біотитовий, гранатвмісний, проба TP-1/12, Трикратський кар'єр. Складений (%(об.)): плагіоклазом (30–35), кварцом (≈ 30), мікрокліном (≈ 20 –25), біотитом (≈ 10), гранатом (до 5). Акцесорні мінерали представлені апатитом, цирконом, монацитом і сфеном. Із вторинних мінералів наявні хлорит, що розвивається по біотиту, та серицит по плагіоклазу. Структура нерівномірною, крупно-середньо-, ділянками дрібнозерниста, нечітка гіпідіоморфнозерниста.

Хімічний склад, % (мас.): SiO_2 — 72,75, TiO_2 — 0,35, Al_2O_3 — 13,65, Fe_2O_3 — 0,67, FeO — 1,94, MnO — 0,04, MgO — 0,39, CaO — 1,38, Na_2O — 3,43, K_2O — 4,34, P_2O_5 — 0,13, $S < 0,02$, H_2O — 0,34, ВПП — 0,27, сума — 99,68.

Плагіоклаз (№ 10–15) представлений зернами ксеноморфної, таблитчастої або недосконалої ідіоморфної форми, розміром 1–2,2 мм. Більшість зерен з тонкими полісинтетичними двійниками, які подекуди на периферії краще розвинуті, ніж у центральній частині. Зрідка зерна плагіоклазу містять таблитчасті та ксеноморфні антипертити розміром до 0,3 мм. На границі з мікрокліном досить часто розвинуті мірмекіти. Більш крупні зерна містять включення лусок біотиту. На ділянках з дрібнозернистою структурою зерна плагіоклазу дрібніші (до 0,4 мм) і мають краще розвинуті та ширші двійники, ніж у крупних зернах. Зазвичай плагіоклази слабо серицитизовані.

Кварц ксеноморфної форми, часто з кутастими обмеженнями розміром 1,2–2,5 мм, а на ділянках з дрібнозернистою структурою, переважно заокругленої форми, розміром 0,1–0,3 мм. Крім того, зерна кварцу черв'якоподібної, лінзоподібної, зрідка округлої форми, як включення знаходиться в гранаті. Всім зернам притаманне слабохвилясте та блочне згасання.

Мікроклін утворює переважно ксеноморфні зерна розміром 2–5, до 14 мм. Мікроклінова ґратка добре проявлена, суцільна, середньої та високої досконалості, клітково-снопоподібна, зрідка снопоподібна. Часто містить лінзоподібні мікропертити та дрібні краплеподібні пертити, які мають нерівномірний розвиток. Крупні зерна містять включення ідіоморфного плагіоклазу (№ 18–20), розміром 0,2–0,8 мм, з не проявленими двійниками, а також з альбіт-олігоклазовою облямівкою на периферії, зрідка включення лусок біотиту.

В дрібнозернистих ділянках зерна мікрокліну мають розмір 0,1–0,3 мм, часто з погано проявленою мікрокліновою ґраткою. Видимих включень та пертитів у них не спостерігається.

Гранат у межах зрізу шліфа утворює зерна різко ксеноморфної форми, розміром 1,8–12 мм, забарвлений у світло-рожевих тонах. Містить численні включення кварцу округлої, черв'якоподібної форми розміром 0,5–2,2 мм, трапляються поодинокі луски біотиту.

В граніті наявні дві генерації біотиту. *Магматогенний біотит* утворює поодинокі видовжені луски розміром 0,5–1,8 мм у загальній масі породи та як включення трапляється в плагіоклазі. Має червоно-коричневе забарвлення з чітким плеохроїзмом: N_g — коричнево-червоний; N_r — світло-жовтий з блідо-коричневим відтінком. Містить дрібні включення кварцу та циркону. Подекуди заміщується хлоритом та вторинним біотитом.

Вторинний біотит лускатої, подовжено-лускатої, інколи ксеноморфної форми, розміром 0,2–2 мм. Часто формує зернові скупчення, розвивається по тріщинах у гранаті або облямовує його, зрідка спостерігається на периферії магматогенного біотиту, подекуди вміщує дрібні його релікти. Забарвлення блідо-зелене з помітним плеохроїзмом: N_g — блідо-зелений, з ділянками більш густого забарвлення; N_r — світло-жовтий майже безбарвний. Часто його луски усадковують включення цирконів та плеохроїчні дворики від магматогенного біотиту.

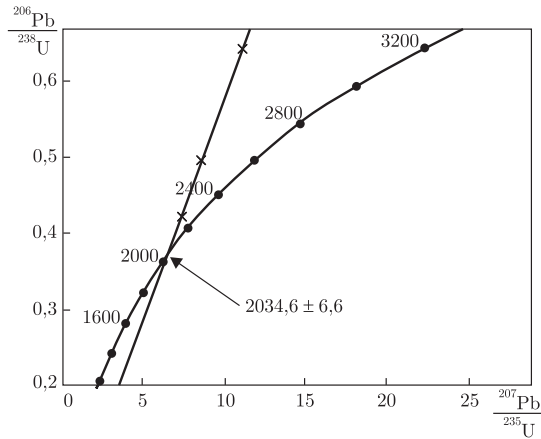


Рис. 2. Уран-свинцева діаграма з конкордією для монацитів із біотитового граніту Вознесенського масиву, проба Тр-1/12, Трикратський кар'єр

Сфен спостерігається у вигляді дрібних поодиноких зерен заокругленої форми у загальній масі породи.

Циркон призматичної форми, зазвичай із заокругленими контурами, знаходиться в середині породоутворювальних мінералів (переважно в біотиті) та на границі між ними.

Монацити мають пампушкоподібну (> 95%), зрідка дископодібну (< 5%) форму кристалів, із заокругленими контурами. В окремих кристалах трапляються поодинокі грані та ребра. За кольором присутні два різновиди зерен — світло-жовті та жовті (близько 60%) і зеленкувато-жовті до зеленкувато-сірих. Світло-жовті зерна прозорі, водяно-прозорі, мають рівну блискучу поверхню, зеленкувато-жовті — прозорі, а зеленкувато-сірі — напівпрозорі. При цьому останні, вірогідно, мають складну будову. В зламах зеленкувато-сірих зерен видно зеленкувато-жовту внутрішню зону та темну (сіру) оболонку. Після обробки зеленкувато-сірих кристалів слабким розчином соляної кислоти зерна покрилися білими кірочками.

У шліфах монацити приурочені до польових шпатів, кварцу, трапляються в інтерстиціях.

Для уран-свинцевого ізотопного датування із розмірних фракцій монациту, отриманих шляхом скочування по нахиленій площині, під бінокуляром відібрали світло-жовті кристали. Результати аналітичних досліджень наведені в табл. 2.

Вік монациту, за верхнім перетином конкордії дискордією, розрахованою за даними, наведеними в табл. 2, становить $2034,6 \pm 6,6$ млн років (рис. 2).

Таблиця 2. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах із гранітів Вознесенського масиву, проба Тр-1/12

Фракція мінералу	Вміст, ppm		Ізотопне відношення					Вік, млн років		
	U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_r}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_r}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_r}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_r}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_r}{^{206}\text{Pb}_r}$
1	4063	9694	12200	7,8690	0,31766	0,64319	11,185	3202	2539	2044,6
2	3757	8662	17900	7,8995	0,33150	0,64165	11,145	3195	2535	2042,6
3	6421	10842	24390	7,9258	0,35831	0,49724	8,6216	2602	2299	2039,4
4	5956	8486	17600	7,9214	0,36057	0,42137	7,2979	2267	2149	2037,5

Примітка. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 2040 млн років. 1–4 — розмірні фракції монацитів, отримані методом скочування по нахиленій площині

Зважаючи на просторову приуроченість монациту до основних породотвірних мінералів, вік монациту достатньою мірою характеризує час формування граніту, що його вміщує, таким чином, граніти Вознесенського масиву були сформовані $2034,6 \pm 6,6$ млн років тому.

Цитована література

1. *Щербак І. Б.* Петрологія Українського щита. – Львів: ЗУКЦ, 2005. – 366 с.
2. *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.
3. *Державна геологічна карта України.* Центральноукраїнська серія. Аркуш L-36-II (Вознесенськ) / Уклад. Г. А. Шварц та ін. – 1: 200 000. – Київ: УкрДГРІ, 2006. – 111 с.
4. *Щербак Н. П., Артеменко Г. В., Бартницький Е. Н. и др.* Геохронологическая шкала докембрия Украинского щита. – Киев: Наук. думка, 1989. – 144 с.
5. *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**, No 3. – P. 485–494.
6. *Ludwig K. R.* Pb Data for MS-DOS, version 1.06 // U. S. Geol. Survey Open-File Rept. – 1989. – No 88–542. – P. 40.
7. *Ludwig K. R.* ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0 // U. S. Geol. Survey Open-File Rept. – 1990. – No 88–557. – P. 38.
8. *Бартницький Е. Н., Бибикова Е. В., Верхогляд В. М. и др.* ИГМР-1 – международный стандарт циркона для уран-свинцовых изотопных исследований // *Геохимия и рудообразование.* – 1995. – Вып. 21. – С. 164–167.

References

1. *Shcherbakov I. B.* Petrology of the Ukrainian Shield, Lviv: ZUKTs, 2005 (in Ukrainian.)
2. *Stepanyuk L. M., Dovbush T. I., Bondarenko S. M., Syomka V. O., Grinchenko O. V., Skurativskiy S. Ye.* Mineral. J., 2012, **34**, No 3: 55–63 (in Ukrainian).
3. *State geological map of Ukraine.* Sheet L-36-II (Voznesensk), 1 : 200000, Kiev: UkrDGRI, 2006 (in Ukrainian).
4. *Shcherbak M. P., Artemenko G. V., Bartnitskiy E. N. et al.* Chronostratigraphic chart of Precambrian of the Ukrainian Shield, Kiev: Naukova Dumka, 1989 (in Russian).
5. *Krough T. E.* *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1973, **37**, No 3: 485–494.
6. *Ludwig K. R.* Pb Data for MS-DOS, version 1.06, U. S. Geol. Survey Open-File Rept., 1989, No 88–542: 40.
7. *Ludwig K. R.* ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0, U. S. Geol. Survey Open-File Rept., 1990, No 88–557: 38.
8. *Bartnitski E. N., Bibikova E. V., Verkhoglyad V. M. et al.* IGMR-1: international standard of zircon for uranium-lead isotopic research. *Geokhimiya i rudoobrazovaniye*, 1995, Iss. 21: 164–167 (in Russian).

Надійшло до редакції 19.01.2016

Член-корреспондент НАН України **Л. М. Степанюк, В. А. Семка,
С. І. Курило, Н. А. Донской, С. Н. Бондаренко, Т. І. Довбуш**

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семеновко НАН Украины,
Київ

E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua

**Уран-свинцовый изотопный возраст гранитов Вознесенского массива
(Ингульский мегаблок Украинского щита)**

Уран-свинцовым изотопным методом датированы монациты из гранитов Вознесенского массива. Возраст монацита, а следовательно и гранитов, составляет $2034,6 \pm 6,6$ млн лет.

По первичному изотопному отношению $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{2030}$ (0,71351), определенному по плагиоклазу, граниты массива были сформированы за счет верхнекорового вещества.

Ключевые слова: уран-свинцовый изотопный возраст, рубидий-стронциевая изотопная система, монацит, гранит, Украинский щит, Ингульский мегаблок, Вознесенский массив, Лысогорский массив.

Corresponding Member of the NAS of Ukraine **L. M. Stepanyuk, V. O. Syomka, S. I. Kurylo, N. A. Donskoy, S. M. Bondarenko, T. I. Dovbush**

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

E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua

Uranium-lead dating of granites of the Voznesenskyi massif (the Ingul megablock of the Ukrainian Shield)

By means of the uranium-lead isotope technique, the dating of monazites from granites of the Voznesenskyi massif is carried out. The age of monazite and, thus, granites is 2034.6 ± 6.6 Ma. The granites were formed of a material of the upper crust according to the primary isotope ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{2030}$ (0.71351) for plagioclase from granite.

Keywords: uranium-lead dating, rubidium-strontium isotope system, monazite, granite, Ukrainian Shield, Ingul megablock, Voznesenskyi massif, Lysohirskyi massif.