

## УРАН-СВИНЦЕВА ГЕОХРОНОЛОГІЯ ЗА МОНАЦИТОМ ГРАНІТІВ ЛИПНЯЗЬКОГО МАСИВУ ТА ЙОГО ОБРАМЛЕННЯ (ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

**Л.М. Степанюк**<sup>1</sup>

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

**С.І. Курило**<sup>2</sup>

E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4466-6851>

**В.О. Сьомка**<sup>1</sup>

E-mail: syomka1949@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5202-4045>

**Т.І. Довбуш**<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-3512-3313> tetyana.dovbush1@gmail.com

**С.М. Бондаренко**<sup>1</sup>

E-mail: sbond.igmr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7948-3583>

**О.В. Ковтун**<sup>1,3</sup>

E-mail: kovtun85@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-0475-8778>

**І.М. Котвіцька**<sup>1</sup>

E-mail: irinakotvitska@gmail.com

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України  
03142, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна

<sup>2</sup> Інститут наук про Землю Словацька академія наук  
97401, Думбієрська, 1, Банська-Бистриця, Словаччина

<sup>3</sup> Український державний геологорозвідувальний інститут  
04114, вул. Автозаводська, 78-А, Київ, Україна

Липнязький масив розташований на території Добровеличківського району Кіровоградської області, поблизу с. Липняжка та південніше. Структурно він знаходиться в межах Братського синклінорію Інгульського мегаблоку і співпадає з Михайлівською антикліналлю. Основним петротипом порід масиву є порфіроподібні граніти, часто з гнейсоподібною текстурою, апліто-пегматоїдні, пегматоїдні граніти та пегматити. Останні найчастіше формують січні жильні тіла. Виконано уран-свинцеве ізотопне датування гранітоїдів Липнязького гранітного масиву, з яким просторово і, вірогідно, генетично, пов'язаний ряд родовищ і рудопроявів рідкісних елементів, насамперед літію. Визначено вік порфіроподібних гранітів ( $2032 \pm 6$  млн рр.), що є основним петротипом порід, поширених у районі с. Липняжка та пегматоїдних гранітів ( $2027 \pm 1$  млн рр.), що у вигляді жильних тіл січуть порфіроподібні. Дещо древнішими є аплітоїдні граніти обрамлення ( $2046 \pm 8$  млн рр.), поширені в районі гирла р. Сухий Ташлик (с. Добрянка). За результатами визначення ізотопного складу стронцію в акцесорному апатиті гранітів зроблено висновок про верхньокорове джерело гранітів Липнязького масиву ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,730\text{--}0,785$ ).

**Ключові слова:** граніт, Липнязький масив, уран-свинцевий ізотопний метод, монацит, Український щит.

**Вступ.** Липнязький масив розташований на території Добровеличківського району Кіровоградської області (с. Липняжка та південніше).

Структурно він знаходиться в межах Братського синклінорію Інгульського мегаблоку і співпадає з Михайлівською антикліналлю. На думку В.І. Старостенка зі співавторами

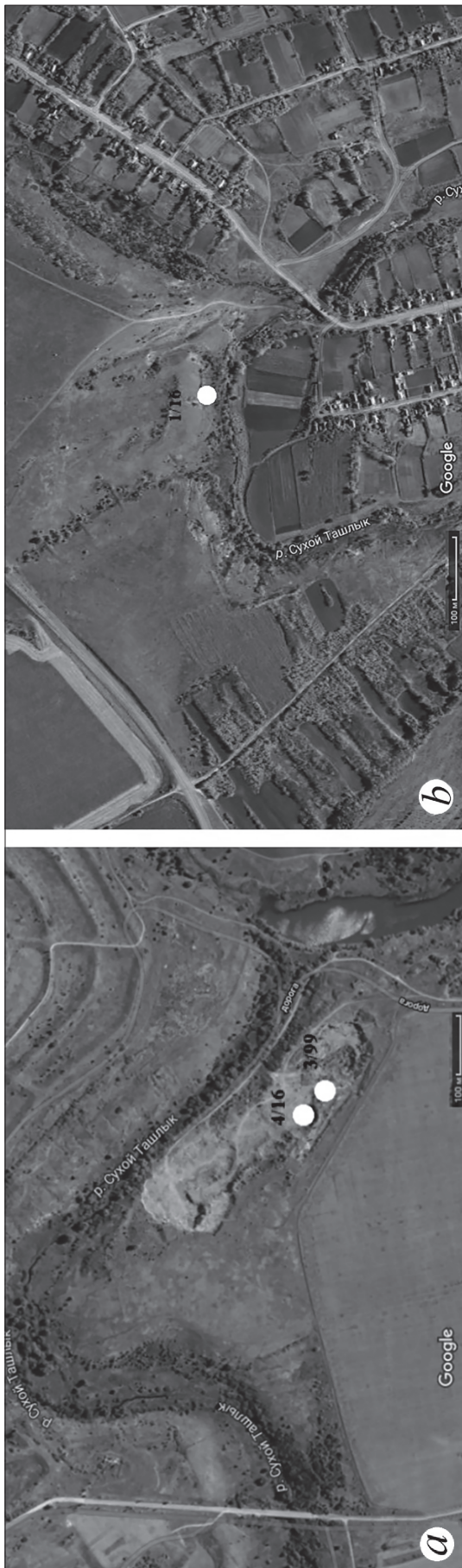


Рис. 1. Супутникові знімки ділянок відбору радіогеохронологічних проб: а — Липнязький кар'єр, б — с. Добрянка, район гирла р. Сухий Ташлик

[4], він є гранітним куполом. Купольна частина масиву простягається на 20 км за ширини 7 км, обмежена Гнатівським відгалуженням Марківського розлому на заході та Добровеличківським розломом на сході. З півночі та півдня його обмежують Західно-Липнязький та Новомиколаївський розломи, відповідно. Масив складений переважно біотитовими та гранат-біотитовими середньозернистими гранітами та мігматитами, в північній його частині трапляються порфіробластичні граніти. Екзоконтактові зони масиву мають ширину 2,5—4,5 км на заході та до 6 км у північній і східній його частинах. У цих зонах, разом із гранітами (переважно аплітопегматоїдні та аплітоїдні) поширені гнейси кам'яно-костовацької та розчахівської світ.

У північно-східному обрамленні Липнязького гранітного масиву в дугоподібній смузі амфіболітів знаходиться Полохівське родовище літію та рідкіснометалеві рудопрояви, в західному — родовища Станкуватське та Надія, а в межах його північного замикання — Липнязький рудопрояв [3].

Існує два визначення віку гранітів Липнязького масиву уран-свинцевим ізотопним методом за монацитом: вік порфіроподібного граніту, розкритого закинутим кар'єром, розташованим на південний захід від с. Карбівка, складає  $2030 \pm 3$  млн рр., пегматоїдного —  $2026 \pm 3$  млн рр. [8].

**Мета дослідження.** Визначити вік гранітів Липнязького масиву та його обрамлення.

**Об'єкти та методи дослідження.** Дослідження базується на оригінальному кам'яному матеріалі, зібраному авторами у ході виконання бюджетної тематики Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (ІГМР НАН України, Київ, Україна) протягом останніх років. Для визначення часу формування гранітоїдів Липнязького масиву ми датували монацити із гранітоїдів, розкритих закинутим кар'єром в районі с. Липняжка (проба 4/16 — граніт біотитовий неяснопорфіроподібний та пр. 3/99 — граніт пегматоїдний), а також аплітоподібний граніт (пр. 1/16), поширений у районі гирла р. Синюхи, с. Добрянки (рис. 1).

Кар'єром на південно-західній околиці с. Липняжка, поблизу Цукрового заводу, розкриті середньо- і крупнозернисті порфіро- та неяснопорфіроподібні біотитові граніти, час-

то з гнейсоподібною текстурою. Граніти вміщують численні ксеноліти, складені гнейсами та дрібнозернистими гранітами, їх розриває хаотична сітка світло-рожевих аплітоподібних гранітів потужністю від перших сантиметрів до 1 м. Дрібні жилки мають звивисту форму, більші — переважно прямолінійну. Контакт з гнейсоподібними гранітами, що їх вміщують, січний та різкий. На деяких ділянках трапляються виокремлення тіл пегматоїдних гранітів рожевого забарвлення потужністю від 2 до 10 м. Структура їх пегматоїдна, зрідка — нечітка пегматитова, гігантозерниста.

Граніти долини р. Синюха, район гирла р. Сухий Ташлик. На північному краї с. Добрянка Вільшанського району в правому борті р. Синюхи і далі в обох бортах р. Сухий Ташлик відслонені рожеві аплітоподібні та апліто-пегматоїдні граніти з прожилками пегматоїдних. Граніти характеризуються чіткою плитчастою окремістю. Текстура змінюється від масивної до неоднорідної плямистої, що обумовлена ділянками, більше насиченими біотитом. Структура рівномірно-дрібнозерниста, аплітоподібна (переважає), подекуди апліто-пегматоїдна.

Методом мікрозондового аналізу (рентгєнівський мікроаналізатор *JEOL JXA-8520F*) в Інституті природничих наук Словацької академії наук (м. Банська Бистриця) досліджено хімічний склад породоутворювальних мінералів та акцесорного монациту аплітоїдного граніту (пр. 1/16).

Вік визначали уран-свинцевим ізотопним методом за акцесорним монацитом у відділі радіогеохронології ІГМР НАН України. Датування здійснено класичним U-Pb ізотопним методом за мультизерновими наважками кристалів монациту, виділених вручну під бінокуляр, масою 0,5—1,0 мг. Хімічну підготовку наважок виконано за модифікованою методикою [2, 5]. Для визначення вмісту урану та свинцю в монацитах використали змішаний ( $U^{235} + Pb^{206}$ ) трасер. Ізотопний аналіз урану і свинцю здійснено на 8-колекторному маспектрометрі МІ-1201АТ в мультиколекторному статичному режимі. Математичні розрахунки виконувались за допомогою програм *Pb DATE* та *ISOPLOT* [6, 7]. Наведені похибки віку відповідають  $2\sigma$ . Для перевірки метрологічних характеристик методу використали стандарт циркону ІГМР-1 [1].

З метою з'ясування джерела материнського розплаву гранітів Липнязького масиву вивчили ізотопний склад стронцію в акцесорних апатитах.

Хімічна підготовка зразків для маспектрометричного аналізу ізотопного складу стронцію виконана за методикою [2], ізотопний аналіз стронцію — на 8-колекторному маспектрометрі МІ-1201АТ в мультиколекторному статичному режимі, математична обробка результатів описана в [2].

**Результати та їх обговорення.** *Біотитовий граніт* — середньо-крупнозернистий неяснопорфіроподібний, пр. 4/16.

Граніт темно-сірого забарвлення, текстура гнейсоподібна, ділянками нечітка плямиста. Структура неяснопорфіроподібна, крупно-середньозерниста з розміром зерен — 1,5—5,0 мм. Деякі зерна мікрокліну досягають 6—8 мм, на міжзернових границях присутні і дрібніші зерна (0,4—1,0 мм). За ідіоморфізмом — гранітна.

Мінеральний склад, %: мікроклін — 35—45, плагіоклаз — 30—35, кварц — 18—20, біотит — 812, мусковіт — близько 1. Акцесорні — апатит, циркон, монацит, ортит (релікти), сфен. Вторинні — хлорит, мусковіт по біотиту.

Хімічний склад (тут і далі аналіз виконано методом РФА), ваг. %:  $SiO_2$  68,12,  $TiO_2$  00,34,  $Al_2O_3$  16,47,  $FeO^*$  (сумарне залізо) 4,03,  $MnO$  0,04,  $MgO$  0,75,  $CaO$  1,72,  $Na_2O$  4,04,  $K_2O$  4,34,  $P_2O_5$  0,11, S 0,05, сума 100,00.

*Мікроклін* таблитчастий, округлий, зрідка ксеноморфний, розміром 2—5 мм. Мікроклінова ґратка досконала, снопоподібно-кліткова, розвинута переважно на периферії зерен, рідше суцільна. Зерна містять дрібні дископодібні пертити. У мікроклінах із численними пертитами ґратка відсутня. Подекуди містить включення дрібного плагіоклазу, зрідка кварцу, біотиту.

*Плагіоклаз* ідіоморфний таблитчастий, інколи субідіоморфний, розміром — 1,5—2,2 мм, на міжзернових границях — 0,4—1 мм. Більшість зерен із тонкими полісинтетичними двійниками. На границях з мікрокліном містить мікропегматитові включення. Також містить дрібні таблитчасті антипертити, які розвиваються за однією із систем спайності. Плагіоклаз у включеннях у КПШ ідіоморфної таблитчастої та видовжено-таблитчастої форми розміром 0,7—1,5 мм з широкими двійни-

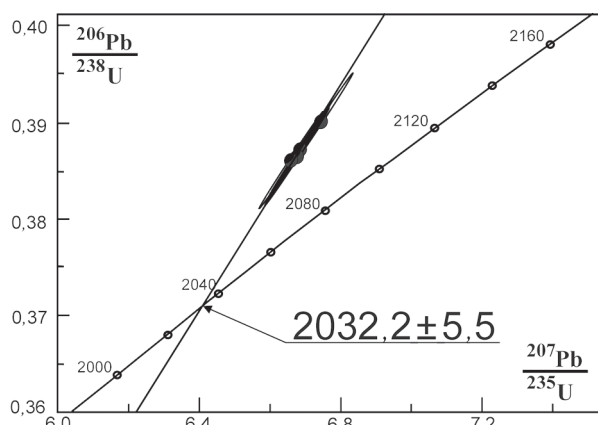


Рис. 2. U-Pb діаграма з конкордією для монацитів із біотитового неяснопорфіроподібного граніту, проба 4/16

ками. Вони помітно серицитизовані та мають альбітову облямівку. Дрібні зерна переважно без двійників, табличчасті чи ксеноморфні.

*Кварц* округлий і ксеноморфний, розміром 2–4 мм. Зрідка трапляються дрібніші зерна розміром 1–1,5 мм. Усім зернам властиве слабкохвилясте, зрідка хвилястоблочне згасання.

*Біотит* утворює зернові скупчення на міжзернових границях, що облямовують зерна польових шпатів і кварцу. Рідше знаходиться у вигляді поодиноких ідіоморфних лусок розміром 0,7–1,2 мм. Має забарвлення у коричнево-бурих тонах і чітким плеохроїзмом: *Ng* — буро- і темно-коричневий; *Np* — світло-коричневий. Подекуди слабо хлоритизований, мусковітизований, інколи по ньому розвивається гематит. Містить включення циркону та апатиту.

*Циркон* призматичної й округлої форми світло-коричневого забарвлення. Включений у біотит, де утворює плеохроїчні двори-

ки. Циркон, включений у кварц і мікроклін, переважно дрібніший, слабше забарвлений.

*Апатит* округлої та призматичної форми розміром до 0,2 мм приурочений до біотиту. Дрібніші зерна округлі, призматичні та видовжено-призматичні. Часто приурочений до біотиту, нерідко включений у нього, зрідка трапляється у мікрокліні.

*Ортит* — поодинокі зерна розміром 0,1–0,2 мм, округлі та ідіоморфні, переважно у вигляді реліктів, приурочених до біотиту.

*Монацит* округлої форми розміром до 0,2 мм, зосереджений на границях кварц — біотит, зрідка включений у біотит.

Під бінокуляром монацити представлені світло-жовтими водяно-прозорими та прозорими переважно ізометричними, меншою мірою пампушкоподібними кристалами, зрідка трапляються дископодібні. Поверхня водяно-прозорих кристалів гладенька блискуча, в прозорих зазвичай шагренева, контури заокруглені, у дископодібних добре розвинуті грані пінакоїду.

Вік визначали за однією мультизерною наважкою світло-жовтих водяно-прозорих кристалів і трьома розмірними мультизерновими наважками світло-жовтих прозорих кристалів, отриманих скочуванням нахиленою поверхнею. Результати визначення вмісту урану, свинцю та ізотопного складу свинцю в наважках наведено в табл. 1.

Вік монациту, розрахований за верхнім перетином конкордії лінією регресії, складає  $1948 \pm 757$  млн рр. і  $1360 \pm 1291$  млн рр. за нижнім, СКЗВ = 0,35. Зважаючи на незначну розтяжку фігуративних точок свинець-уранових ізотопних відношень на діаграмі

Таблиця 1. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах із біотитового неяснопорфіроподібного граніту, проба 4/16

Фракція мінералу	Вміст, ppm		Ізотопні відношення					Вік, млн рр.			D, %
	U	Pb	$\frac{206\text{Pb}}{204\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{207\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{208\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}_f}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}_f}{235\text{U}}$	$\frac{206\text{Pb}_f}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}_f}{235\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}_f}{206\text{Pb}_f}$	
1	3819	6145	11920	7,9321	0,27321	0,38724	6,6786	2110	2070	2030,0	-3,9
2а	3905	6327	13960	7,9208	0,27306	0,38984	6,7418	2122	2078	2034,8	-4,3
2б	4839	7463	14990	7,9315	0,28845	0,38699	6,6868	2109	2071	2033,3	-3,7
2в	3680	5795	13260	7,9296	0,28060	0,38685	6,6800	2108	2070	2032,1	-3,7

*Примітка.* Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 2030 млн рр. 1 — світло-жовті водяно-прозорі, ізометричні, зрідка пампушкоподібні, 2 — світло-жовті прозорі, дископодібні, пампушкоподібні та ізометричні, 2а–2в — розмірні фракції цих кристалів, отримані скочуванням нахиленою площиною. D — дискордантність.

з конкордією та невелику дискордантність (від  $-3,7$  до  $-4,3$ , див. табл. 1), за вік монациту та, відповідно, граніту ми приймаємо середнє зважене значення віку, розраховане за ізотопним відношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ :  $2032,2 \pm 5,5$  млн рр. (рис. 2).

**Мікрокліновий пегматоїдний граніт, проба 3/99.** Крупнозерниста порода рожевого кольору, складена калієвим польовим шпатом, плагіоклазом, кварцом. Структура нерівномірно-, крупнозерниста з середнім розміром зерен  $2,5\text{--}5$ , подекуди до  $20$  мм. Кварц вповнює порожнини між зернами мікрокліну, обумовлюючи пегматоїдну структуру. На границях кварцу з мікрокліном на деяких ділянках проявлений тектонобластез.

Мінеральний склад, %: мікроклін —  $65\text{--}70$ , кварц —  $25\text{--}27$ , плагіоклаз —  $5\text{--}7$ ; біотит —  $1\text{--}2$ . Акцесорні мінерали — апатит, гранат, вторинні — серицит по плагіоклазу, гідромусковіт по плагіоклазу.

**Мікроклін** утворює великі виділення округлої, інколи таблитчастої форми. Мікроклінова гратка є у більшості зерен, клітково-снопоподібна доброї та середньої досконалості, суцільна. Містить стрічкоподібні пертити та дрібні плямисті мікропертити, а також численні включення голчастого апатиту. Подекуди по периферії облямований альбітом.

**Плагіоклаз (альбіт)** представлений поодинокими таблитчастими або округлими зернами розміром  $1,5\text{--}2$  мм. Двійники слабо розвинуті. Сильно серицитизовані у центральній частині, по периферії розкиснений до альбіту. Знаходиться в інтерстиціях мікрокліну, подеколи по ньому розвивається гідромусковіт та мусковіт.

**Кварц** — в округлих ксеноморфних зернах іноді утворює великі плямисті зернові скупчення між зернами мікрокліну. В зонах тектонобластезу гранульований.

**Біотит** поширений у вигляді дрібних світло-коричневих лусок.

Мусковіт розвивається у вигляді скупчень лусок по зонах тектонобластезу, тріщинках у мікрокліні, інколи по плагіоклазу.

**Апатит** утворює дрібні голчасті кристали, найчастіше включені в мікрокліні.

Монацит представлений жовтими напівпрозорими пампушкоподібними, зрідка — дископодібними, кристалами з заокругленими контурами та переважно матовою

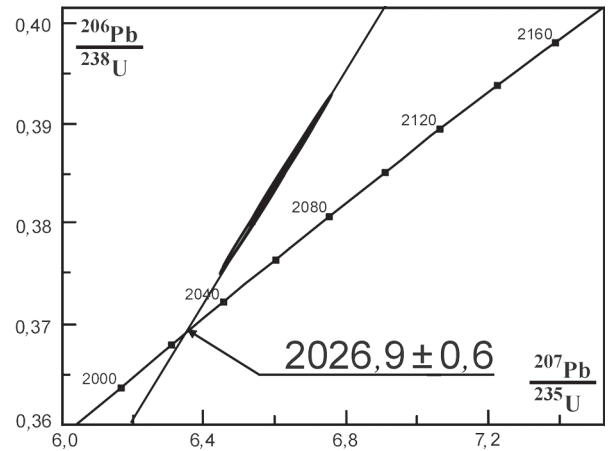


Рис. 3. Уран-свинцева діаграма з конкордією для монацитів із пегматоїдного граніту, проба 3/99, с. Липняжка, кар'єр

(шагреневою) поверхнею. Після обробки слабким розчином  $\text{HCl}$  темніші кристали монациту вкрилися білими кірочками.

Вік визначали за мультизерновими наважками розмірних фракцій жовтих напівпрозорих кристалів. Розмірні фракції отримали скочуванням нахиленою площиною. Після промивання кристалів у слабкому розчині соляної кислоти частину кристалів вкрили білі кірочки. Такі кристали були відібрані і проаналізовані окремо. Результати аналітичних досліджень уран-свинцевої ізотопної системи отриманих наважок наведені в табл. 2.

Вік монациту, розрахований за верхнім перетином конкордії лінією регресії, розрахованої за даними, наведеними в табл. 2, складає  $2028,6 \pm 3,4$  млн рр., середнє зважене значення віку, розраховане за відношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , становить  $2026,9 \pm 0,6$  млн рр. (рис. 3). Його ми і приймаємо за вік пегматиту.

**Граніт аплітоподібний** (пр. 1/16) світло-рожевого, червоного кольору, гнейсоподібної текстури. Структура неоднорідна, дрібно-середньозерниста ( $0,1\text{--}2,5$  мм). Порода складена більшими зернами мікрокліну і лінзовидного кварцу розміром до  $2,5$  мм, між якими розміщуються дрібніші рекристалізовані зерна розміром  $0,05\text{--}0,3$  мм, полігональні або округлі, з рівними границями, локально з нерівними обмеженнями. Подекуди спостерігається фрагментація первинно більших зерен. Катаклаз проявлений слабо, інколи відмічаються зім'ятість зерен мікрокліну, втиснення одних зерен в інші, міграція границь кварцу в зерна мікрокліну.

Мінеральний склад, %: мікроклін-пертит — 40—50, кварц — 20—25, плагіоклаз — 10—15, біотит — 2—3. Акцесорні — циркон, монацит, апатит.

Хімічний склад, ваг. %: SiO<sub>2</sub> 69,65, TiO<sub>2</sub> 0,16, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15,75, FeO\* 1,96, MnO 0,02, MgO 0,66, CaO 0,87, Na<sub>2</sub>O 3,50, K<sub>2</sub>O 5,48, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,04, S 0,02, сума 98,11.

Плагіоклаз представлений олігоклазом (An<sub>13–16</sub>), формує дрібні таблитчасті зерна розміром 0,1—0,3 мм. Часто серед зерен олігоклазу трапляються дрібні рекристалізаційні зерна альбіту.

Мікроклін представлений двома морфологічними типами. Мікроклін-пертит першого типу формує крупні округлі виділення розміром 1,0—1,5 мм з чисельними «ситоподібними пертитами». Мікроклін другого типу розміром 0,1—0,5 мм з дископодібними

пертитами, зрідка однорідної будови, локалізується у вигляді облямівки навколо зерен першого типу або на міжзернових границях в асоціації з плагіоклазом. За результатами мікронзондового аналізу, обидва типи є однорідними (Or<sub>95–96</sub>Ab<sub>4–5</sub>), із домішкових елементів виявлений лише ВаО — 0,23—0,33 ваг. %.

Кварц формує великі ксеноморфні лінзоподібні зерна, іноді рекристалізовані по контуру, та дрібніші зерна.

Біотит наявний у вигляді дрібних ідіоморфних лусок розміром 0,2—0,6 мм, що плеохроюють від коричневого до зеленкувато-жовтого кольору. Має найнижчу залізистість серед апліто-пегматоїдних гранітів району ( $f = 39,6$ — $47,0$  ат. %), вищий вміст TiO<sub>2</sub> (від 2,47 до 3,8 ваг. %), із домішкових елементів спорадично фіксується ВаО (близько 1,0 ваг. %).

Таблиця 2. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах із пегматиту, проба 3/99, с. Липняжка, кар'єр

Фракція мінералу	Вміст, ppm		Ізотопні відношення					Вік, млн рр.			D, %
	U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_t}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_t}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_t}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_t}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_t}{^{206}\text{Pb}_t}$	
1a	4367	6758	63300	8,0026	0,28080	0,38085	6,5574	2080	2054	2027,0	-2,6
2a	4355	6618	38300	7,9923	0,28690	0,38005	6,5449	2077	2052	2027,4	-2,4
1б	3662	5621	80000	8,0070	0,28810	0,38523	6,6315	2101	2064	2026,7	-3,7
2б	4126	6426	160000	8,0141	0,28405	0,38672	6,6555	2108	2067	2026,3	-4,0
3б	3303	5135	58480	8,0026	0,28300	0,38490	6,6262	2099	2063	2026,8	-3,6

Примітка. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 2030 млн рр. 1—3 — розмірні фракції жовтих напівпрозорих кристалів та їх уламків, отримані скочуванням нахиленою площиною; а — кристали, які після обробки HCl вкрились білими кірочками, б — кристали, які після обробки HCl залишилися без змін; D — дискордантність.

Таблиця 3. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах із аплітоподібного граніту, проба 1/16

Фракція мінералу	Вміст, ppm		Ізотопні відношення					Вік, млн рр.			D, %
	U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_t}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_t}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_t}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_t}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_t}{^{206}\text{Pb}_t}$	
1	3906	7485	33670	7,8933	0,21256	0,37874	6,6018	2070	2060	2048,8	-1,1
2	1677	3093	29500	7,9051	0,22081	0,37576	6,5372	2056	2051	2045,4	-0,5
3	4940	9135	31250	7,9233	0,21546	0,36953	6,4153	2027	2034	2041,7	0,7
4	1650	2969	18120	7,9133	0,21416	0,35769	6,2025	1971	2005	2039,6	3,4
5	5159	9997	23980	7,8740	0,20836	0,37674	6,5749	2061	2056	2050,9	-0,5

Примітка. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 2050 млн рр. 1—4 — розмірні фракції кристалів монациту, які після промивання в HCl вкрились білими кірочками, фракції отримані скочуванням нахиленою площиною; 5 — кристали монациту, які після промивання в HCl лишилися без помітних змін; D — дискордантність.

*Апатит* є мало поширеним мінералом, реліктом серед зерен монациту. За хімічним складом представлений фторапатитом, з дуже низьким вмістом домішкових елементів.

*Монацит-(Ce)* палево-жовтого забарвлення переважно призматичної форми розміром менше 2,0 мм. Локалізується на міжзернових границях та у включеннях у мікрокліні. Для внутрішньої будови характерною концентрична та плямиста зональність, обумовлена різним вмістом  $\text{ThO}_2$ . Так, вміст  $\text{ThO}_2$  змінюється від 12,6—15,2 до 8,2—9,7 ваг. %, подекуди трапляються зерна з низьким вмістом  $\text{ThO}_2$  — 0,7—3,5 ваг. %. Вміст  $\text{UO}_2$  коливається у вузьких межах 0,62—1,09 ваг. %,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  — 1,22—2,96 ваг. %. Вміст  $\text{SiO}_2$  може сягати 3,57 ваг. %. Вхідження актиноїдів до структури мінералів забезпечено комбінацією чералітової (12,3—14,4 %) та хатонітової (1,7—10,8 %) схем, за незначного переважання першої. Для зерен характерна густа тріщинуватість уздовж однієї з кристалграфічних осей.

Монацити в протолощі представлені світло- і коричнювато-жовтими прозорими пампушкоподібними, зрідка ізометричними кристалами з заокругленими контурами та гладенькою блискучою поверхнею. Багатьом кристалом монациту властива наявність включень сульфідів і породоутворювальних мінералів, зростання з останніми. Після промивання монацитів у слабкому розчині соляної кислоти переважна більшість із них вкрилась білими кірочками.

Вік визначали за чотирма мультизерновими наважками розмірних фракцій криста-

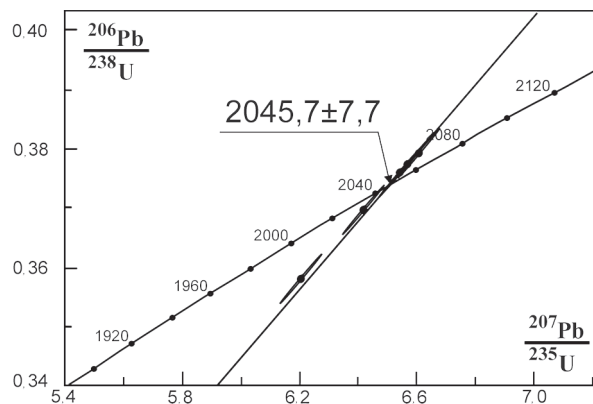


Рис. 4. Уран-свинцева діаграма з конкордією для монацитів із аплітоподібного граніту, проба 1/16

лів, які після промивання в соляній кислоті вкрились білими кірочками, та однією мультизерною наважкою кристалів, які після промивання в  $\text{HCl}$  лишилися без помітних змін. Результати визначення вмісту урану, свинцю та ізотопного складу свинцю в зазначених наважках монациту наведені в табл. 3.

За верхнім перетином конкордії лінією регресії, розрахованої за даними, наведеними в табл. 3, отримано вік  $2046,6 \pm 5,1$  млн рр. та  $416 \pm 352$  млн рр., за нижнім, СКЗВ = 4. Середнє зважене значення віку за ізотопним відношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  становить  $2045,7 \pm 7,7$  млн рр. (рис. 4), незначно відрізняється від віку, розрахованого за верхнім перетином конкордії дискордією. Його ми й приймаємо за вік граніту.

Вивчено також ізотопний склад стронцію в апатитах пегматитів та вмісних гранітоїдів Липнязького куполу, результати наведені в табл. 4. Як видно з табл. 4, апатити, як із гра-

Таблиця 4. Результати Rb-Sr ізотопних досліджень апатитів із пегматитів і вміщуючих гранітів.

Номер проби	Назва породи	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$		$\epsilon_{\text{Sr}}$
		виміряні	$\pm \sigma$	
6/99	Граніт порфіроподібний, Липнязький масив, Карбівський кар'єр	0,74701	0,00007	637
7/99	Граніт пегматоїдний, там само	0,72964	0,00007	389
4/16	Граніт неяснопорфіроподібний, Липнязький кар'єр	0,78544	0,00020	1184
5/16	Граніт пегматоїдний рожевий, там само	0,73426	0,00007	455
8/99	Пегматит, голубий Ар, жила серед амфіболітів	0,85955	0,00008	2239
8/99	Те саме	0,89027	0,00009	2676
8/99	« «	1,42800	0,0002	10333

Примітка:  $\epsilon_{\text{Sr}}$  розраховано на вік 2030 млн рр.

нітів, так і із пегматитів, характеризуються надзвичайно високим значенням ізотопного відношення  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  та, відповідно,  $\epsilon_{\text{Sr}}$ , що свідчить про верхньокорове джерело їхньої речовини, при цьому джерело містило досить значну кількість рубідію, порівняно зі стронцієм, або досить тривалий час перебувало в корі. Водночас у пегматитах спостерігаються помітно нижчі значення ізотопного відношення  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , ніж у гранітах, серед яких вони знаходяться (див. табл. 4, пр. 6/99 та 7/99, 4/16 та 5/16), що, можливо, але маловірогідно, обумовлено іншим джерелом речовини, або додаванням помітних кількостей речовини (стронцію) із нижньої кори.

**Висновки.** 1. Липнязький гранітний масив сформувався у віковому інтервалі 2032—2026 млн рр. тому за рахунок верхньокорової речовини.

2. Граніти обрамлення Липнязького масиву укорінилися дещо раніше —  $2045,7 \pm 7,7$  млн рр. тому.

*Робота виконана в рамках конкурсної теми «Літієві руди Станкуватського і Полохівського рудних полів (мінералогія, геохімія)» Цільової програми наукових досліджень НАН України «Мінерально-сировинна база України як основа державної безпеки» та відомчої теми «Апліто-пегматоїдні граніти Українського щита: геохімія, геохронологія, рудоносність».*

#### Література

1. 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.
2. Довбуш Т.І., Скобелев В.М., Степанюк Л.М. Методичні рекомендації з уран-свинцевого, рубідій-стронцієвого та самарій-неодимового ізотопного датування геологічних об'єктів при ГРР. Київ, 2008. 77 с.
3. Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Т. 1. Металічні корисні копалини України. Київ-Львів: Центр-Європи, 2005. 785 с.
4. Старостенко В.И., Казанский В.И., Попов Н.И., Дрогицкая Г.М., Заяц В.Б., Макивчук О.Ф., Трипольский А.А., Чичеров М.В. От поверхностных структур к интегральной глубинной модели Кировоградского рудного района (Украинский щит). II. *Геофиз. журн.* 2011. 33, № 5. С. 5—18.
5. Krough T.E. A law 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.
6. Ludwig K.R. Pb Dat for MS-DOS, version 1.06. *U.S. Geol. Survey Open-File Rept.* 1989. 88-542. P. 40.
7. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0. *U.S. Geol. Survey Open-File Rept.* 1990. 88-557. P. 38.
8. Stepanjuk L.M., Hrinchenko O.V., Siomka V.O., Bondarenko S.M., Kurylo S.I., Dovbush T.I. Geochronology of granitoides of Ingul megablock as to their their lithium content. *Visnyk KNU, Geology*. 2018. 82 (3). P. 23—28.

Надійшла 04.06.2021.

#### References

1. Bartnitskiy E.N., Bibikova E.V., Verkhoglyad V.M., Legkova G.V., Skobelev V.M., Terets G.Ya. (1995). International zircon standard for uranium-lead isotope studies. *Geochemistry and ore formation*. 21. P. 164-167 [in Russian].
2. Dovbush T.I., Skobeliev V.M., Stepaniuk L.M. Methodical recommendations on uranium-lead, rubidium-strontium and samarium-neodymium isotopic dating of geological objects during exploration. Kyiv, 2008. 77 p. [in Ukrainian].
3. Hurskyi D.S., Yesypchuk K.Yu., Kalinin V.I. et al. (2005). Metallic and non-metallic minerals of Ukraine. Vol. 1. Metallic minerals of Ukraine. Kyiv-Lviv. 785 p. [in Ukrainian].
4. Starostenko V.Y., Kazanskiy V.Y., Popov N.Y., Drohytskaia H.M., Zaiats V.B., Makyvchuk O.F., Trypolskyi A.A., Chycherov M.V. (2011). From surface structures to the integrated depth model of the Kirovograd ore district (Ukrainian shield). II. *Geophys. Journ.* 33, No. 5. P. 5-18 [in Russian].
5. Krough T.E. (1973). A law contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 37, No. 3. P. 485-494.
6. Ludwig K.R. (1989). Pb Dat for MS-DOS, version 1.06. *U.S. Geol. Survey Open-File Rept.* 88-542. P. 40.
7. Ludwig K.R. (1990). ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0. *U.S. Geol. Survey Open-File Rept.* 88-557. P. 38.
8. Stepanjuk L.M., Hrinchenko O.V., Siomka V.O., Bondarenko S.M., Kurylo S.I., Dovbush T.I. (2018) Geochronology of granitoides of Ingul megablock as to their their lithium content. *Visnyk KNU, Geology*. 82 (3). P. 23-28.

Received 04.06.2021.

**L.M. Stepanyuk**<sup>1</sup>

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

**S.I. Kurylo**<sup>2</sup>

E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4466-6851>

**V.O. Syomka**<sup>1</sup>

E-mail: syomka1949@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5202-4045>

**T.I. Dovbush**<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-3512-3313> tetyana.dovbush1@gmail.com

**S.M. Bondarenko**<sup>1</sup>

E-mail: sbond.igmr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7948-3583>

**O.V. Kovtun**<sup>1,3</sup>

E-mail: kovtun85@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-0475-8778>

**I.M. Kotvitska**<sup>1</sup>

E-mail: irinakotvitska@gmail.com

<sup>1</sup> M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
03142, ave. acad. Palladina 34, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Earth Science Institute, Slovak Academy of Sciences  
97411, Ďumbierska 1, Banská Bystrica, Slovakia

<sup>3</sup> Ukrainian State Geological Research Institute (UkrSGRI)  
04114, Avtozavodska str., 78-A, Kyiv, Ukraine

#### **URANIUM-LEAD GEOCHRONOLOGY ON MONACITE OF GRANITES OF THE LIPNYAZKA MASSIF AND ITS FRAMING (INGUL MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD)**

The Lipnyazka massif is located in the Dobrovelychkivsky district of the Kirovohrad region, v. Lipnyazka and further south. Structurally, it is located within the Bratskyi Synclinerium of the Ingul megablock and coincides with the Mikhailovsky anticline. The main petrotype of the massif rocks are porphyry-like granites, often with a gneiss-like texture, aplito-pegmatoid, pegmatoid granites and pegmatites. The latter most often form secant vein bodies.

Uranium-lead isotopic dating of granitoids of the Lipnyazka granite massif has been performed, with which a number of deposits and ore occurrences of rare elements, primarily lithium, are spatially and probably genetically connected. The age of porphyry-like granites ( $2032 \pm 6$  million years), which is the main petrotype of rocks distributed in the area of the village of Limestone and pegmatoid granites ( $2027 \pm 1$  million years), which cut porphyry-like in the form of vein bodies. Aplithoid framed granites ( $2046 \pm 8$  million years old), common in the area of the mouth of the Sukhyi Tashlyk River (Dobryanka village), are somewhat older. Based on the results of determining the isotopic composition of strontium in the accessory apatite of granites, a conclusion was made about the upper crust source of granites of the Lipnyazka massif ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - 0.730-0.785$ ).

*Keywords:* granite, Lipnyazka massif, uranium-lead isotope method, monazite, Ukrainian shield.