

УДК 551.72 + 552.512

Л.В. Шумлянський

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: lshumlynskyu@yahoo.com

ІЗОТОПНА ГЕОХІМІЯ ГРАНІТНОГО "ВАЛУНА" ІЗ ПСЕВДОКОНГЛОМЕРАТУ ТЕТЕРІВСЬКОЇ СЕРІЇ (ПІВНІЧНО-ЗАХІДНА ЧАСТИНА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

У районі с. Леніне серед гнейсів тетерівської серії розповсюджені так звані метаконгломерати, що являють собою заокруглені фрагменти ("гальки" та "валуни") переважно гранітоїдного складу. Щодо генезису цих порід висловлювались різні точки зору — їх описували як метаосадові утворення чи утворення тектонічного походження. Для з'ясування цього питання були проведені ретельні дослідження віку гранітів одного з "валунів", а також ізотопного та геохімічного складу. Порода, якою складено "валун", — це амфібол-біотитовий плагіограніт. Циркони, виділені з граніту, репрезентовані двома популяціями. Перша кристалізувалась 2050 ± 42 , друга — понад 3000 млн рр. тому. Очевидно, вік першої популяції відповідає часу кристалізації граніту, а друга є ксеногенною, захопленою з джерела плавлення. ϵ_{Hf} , перерахований для молодших кристалів на вік в 2050 млн рр., становить $3,7 \pm 1,1$, а для більш давніх кристалів, перерахований на вік в 3200 млн рр., становить $-8,3 \pm 2,2$. За геохімічним складом плагіограніти с. Леніне наближуються до гранітів *M*-типу. Вихідний ізотопний склад стронцію ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,702505$) та неодиму ($\epsilon_{\text{Nd}} = 2,9$) свідчить про ювенільне походження цих порід. Отримані дані дозволяють припустити, що плагіограніти утворились за рахунок часткового плавлення суміші гнейсів та амфіболітів, які входять до складу тетерівської серії.

Вступ. У межах Північно-Західного району Українського щита (УЩ), на лівому березі р. Тетерів нижче за течією від північної окраїни с. Леніне відомі виходи своєрідних порід, які вперше були описані в роботі [5] як конгломерати. Це плагіогнейси тетерівської серії раннього протерозою, ділянками рясно насичені різними за розмірами "валунами" та "гальками" гранітоїдного матеріалу. Автори роботи [5] описують серед уламків метапсковики, амфіболіти та карбонатні породи. Пізніше В.С. Сукач та О.С. Іванушко [6] заперечили осадове походження "конгломератів" с. Леніне і пояснили їх утворення будином згідних та січних жил гранітоїдного складу.

Згідно зі спостереженнями автора, переважна більшість грубоуламкового матеріалу у складі "конгломератів" репрезентована доволі однорідними гранітоїдами. За [6], гальки та валуни є тривісними еліпсоїдами або "лінза-

ми", які мають добре розвинені кварцові "хвости" і розбиті тріщинами розчавлювання. Найбільший з "валунів", побачений автором, мав розмір близько $30 \times 20 \times 15$ см, хоча в роботі [6] згадуються "валуни" розміром до 0,5 м. "Валуни" та "галька" занурені у гнейсовий матрикс. Необхідно зазначити, що розташування "валунів" у вигляді ланцюгів, які можна було б однозначно інтерпретувати як будиновані жили гранітів, ніде не спостерігались. Навпаки, відмічені доволі великі "валуни", звідусюди оточені дрібнішим "галечним" матеріалом.

З метою з'ясування природи "конгломератів" автором було відібрано "валун" граніту розміром до 25 см по довгій вісі. З нього були виділені циркони, для яких виконане датування U-Pb методом та визначено ізотопний склад гафнію. Також визначено хімічний склад породи в цілому й ізотопний склад стронцію та неодиму. Результати досліджень викладено у цій статті.

© Л.В. ШУМЛЯНСЬКИЙ, 2012

Методи досліджень. Визначення ізотопного U-Pb віку цирконів, виділених з "валуна" граніту, виконано у Бристольському університеті (Великобританія) за допомогою *ICP-MS Element-2*, обладнаного приставкою для лазерної абляції. Деталі аналітичної процедури наведено в роботі [4]. Визначення ізотопного складу гафнію в цирконах виконано в тій же лабораторії за допомогою *ICP-MS Finnigan Neptune*. Дослідження проводили в тих саме точках, в яких раніше було виконане визначення ізотопного віку. Абляцію проводили в атмосфері гелію (швидкість потоку ~1,3 л/хв) та аргону (~0,9 л/хв). На вході до плазмового пальника додавали невелику (~0,005 л/хв) кількість азоту, що допомагало запобігти утворенню кисневих сполук.

Випарювання (абляцію) зразків цирконів здійснювали з використанням лазерного пучка розміром 50 μm та частотою пульсів 4 Гц протягом 60 с. Потужність пучка на зразку становила близько 6–7 mJ/cm^2 , що відповідає швидкості "свердлення" зразка циркону на рівні 0,5–1,0 $\mu\text{m}/\text{s}$. Досліджувані циркони чергували зі стандартними зразками цирконів, ізотопний склад гафнію в яких добре визначений (*Temora, Mud Tank, Plešovice*).

Визначення хімічного складу порід виконано в комерційній лабораторії "*Acme Analytical Laboratories Ltd.*" (Ванкувер, Канада) за допомогою методу *ICP-MS*.

Дослідження ізотопного складу стронцію та неодиму виконано в лабораторії Швецького природознавчого музею, м. Стокгольм. Вміст самарію та неодиму досліджували із застосуванням методу ізотопного розведення з використанням змішаного ^{150}Nd - ^{147}Sm трасера. Проби самарію, неодиму та стронцію наносили на ренієві стрічки, вміст їх вимірювали у формі іонів металу за допомогою термоіонізаційного мас-спектрометра *Finnigan TRITON*. Ізотопний склад стронцію та неодиму вимірювали в мультидинамічному режимі, а самарію — у статичному. Ізотопний склад неодиму корегували на вплив трасера, інтерференцію з самарієм та фракціонування шляхом нормалізації до співвідношення $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$. Інтерференцію з самарієм відстежували шляхом вимірювання 149-ї маси.

Початкове співвідношення $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ розраховували з використанням вимірюваного $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, а також значень вмісту рубідію та стронцію, отриманих методом *ICP-MS*. Точність вимі-

рювання вмісту рубідію та стронцію, за даними *Acme*, становить $\sim \pm 5\%$ (2σ), що призводить до похибок у розрахунку значення $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ на рівні $< 0,0005$ ($< \pm 0,065$; 2σ). Ізотопні співвідношення стронцію корегували на інтерференцію з рубідієм та нормалізували до співвідношення $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$.

Петрографічний опис породи. Порода, якою складено "валун", — це амфібол-біотитовий плагіограніт. Структура дрібнозерниста, порфіроподібна, алотріоморфнозерниста. Текстура масивна. Мінеральний склад, %: плагіоклаз (олігоклаз) — 50, кварц — 35, біотит — 10, амфібол — 2–3, сфен — 2, апатит, циркон, рудні.

Порфірові вкраплення розміром до 0,5–0,7 мм репрезентовані плагіоклазом та кварцом, зануреними в більш дрібнозернисту масу переважно з тих самих мінералів. Кварц вкраплень і основної маси має вигляд ізометричних кристалів з нерівними звивистими обмеженнями. Погасання зерен повсюди хвилясто-блокове. По відношенню до біотиту вони виявляють слабкий ксеноморфізм. Плагіоклаз утворює кристали переважно ізометричної форми, нерідко помітно змінені, хоча трапляються і призматичні виділення.

Біотит утворює численні таблитчасті кристали розміром до $0,1 \times 0,5$ мм, зазвичай — дрібніші. Має інтенсивний плеохроїзм від ледь жовтуватого до ясно-коричневого. Іноді трапляються зональні кристали, в яких коричневі ядра оточені потужними зеленими облямівками. Практично не деформований. Постійно асоціює з амфіболом і сфеном, навколо виділень циркону та сфену в біотиті утворюються широкі плеохроїчні облямівки.

Амфібол — дрібні (0,1–0,2 мм) погано сформовані блідо-зелені кристали. Сфен утворює ксеноморфні ізометричні виділення.

Присутні також призми апатиту і нечисленні виділення циркону.

Рудні мінерали — у вигляді поодиноких дрібних ізометричних кристалів.

Опис цирконів. Зі зразка граніту виділені циркони двох типів. Перший тип — призматичні та короткопризматичні, добре ограничені кристали; грані дипірамід зазвичай погано розвинені. Вони прозорі, ясно-рожеві. Виявляють складну, нерідко ритмічну концентричну зональність, яка свідчить про їх магматичний генезис. Люмінесценція під впливом катодних променів доволі

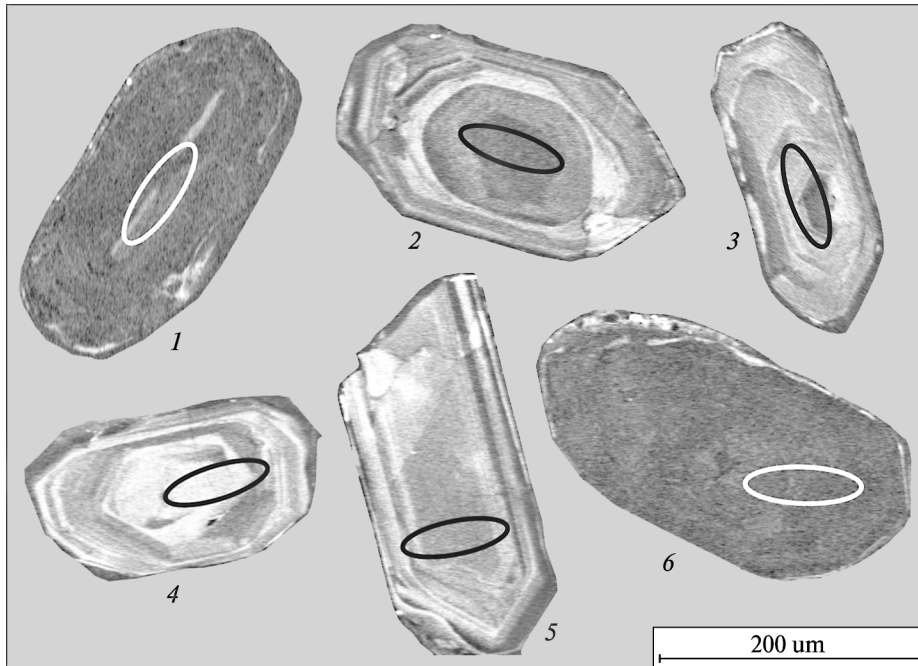


Рис. 1. Люмінесценція під впливом катодних променів кристалів циркону, виділених з "валуна" граніту околиць с. Леніне. Пронумеровані овали відповідають місцям проведення ізотопного U-Pb датування (табл. 1)
 Fig. 1. Cathodoluminescence of zircon separated from the "boulder" sampled nearby Lenine village. Numbered ovals correspond to the places where U-Pb dating was undertaken (Table 1)

яскрава. Розмір кристалів до $0,15 \times 0,20 - 0,30$ мм (рис. 1).

Другий тип — призматичні, погано ограновані (резорбовані?), напівпрозорі, коричневі, мають доволі виразний масний блиск. Складна ритмічна зональність також присутня, але майже не розрізняється через слабку люмінесценцію. За розмірами кристали цієї генерації практично не відрізняються від кристалів першого типу.

Результати U-Pb датування та ізотопний склад гафнію. Всього було продатовано шість індивідуальних кристалів циркону. Результати датування наведено в табл. 1, а точки аналізування кристалів — на рис. 1. Як видно з цих результатів, циркони першого типу мають вік близько 2050 млн рр. Три з чотирьох точок конкордантні або дуже близькі до конкордантних (рис. 2). Середньозважений $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$

вік по всіх чотирьох вимірах становить 2050 ± 42 млн рр. Саме цей вік ми вважаємо часом кристалізації граніту. Його уточнення потребує застосування прецизійних методів ізотопних досліджень.

Разом з тим циркони другої групи виявились значно більш давніми — вік одного із них становить 3160 ± 27 млн рр., а другого — 3369 ± 42 . Такі циркони ми розглядаємо як ксеногенні, захоплені з джерела плавлення.

Варто зауважити, що молоді та давні циркони чітко розрізняються між собою не лише за ізотопним віком, але і за вмістом урану, торію та свинцю: молоді кристали характеризуються відносно невисоким вмістом цих елементів та високим Th/U співвідношенням; давні кристали мають високу концентрацію всіх цих елементів та порівняно низьке співвідношення Th/U.

Таблиця 1. Результати датування цирконів, виділених з "валуна" гранітів, U-Pb методом

Table 1. Results of the U-Pb dating of zircons separated from the "boulder" of granite

Кристал	Вміст, г/г			Th/U	Ізотопні співвідношення							Вік, млн рр.					% дискордантності		
	U	Th	Pb		$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	Rho	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ
1	202	45	155	0,22	0,0003	25,528	0,692	0,6588	0,0019	0,1	0,2810	0,0076	3263	7	3329	27	3369	42	3
2	71	41	30	0,58	0,0011	6,570	0,180	0,3795	0,0013	0,1	0,1256	0,0034	2074	6	2055	24	2037	48	-2
3	89	98	32	1,10	0,0005	5,804	0,159	0,3315	0,0011	0,1	0,1270	0,0035	1846	5	1947	24	2056	48	11
4	53	27	21	0,51	0,0014	6,410	0,177	0,3694	0,0015	0,1	0,1259	0,0034	2026	7	2034	25	2041	48	1
5	42	20	17	0,47	0,0009	6,603	0,129	0,3772	0,0022	0,3	0,1270	0,0024	2063	10	2060	17	2057	33	0
6	590	186	416	0,32	0,0001	20,642	0,354	0,6081	0,0019	0,2	0,2462	0,0042	3062	8	3122	17	3160	27	3

Ізотопний склад гафнію в цирконах з "валуна" гранітів с. Леніне визначено в 11 кристалах, з них 6 належать до першого (молодого) типу, а 5 — до другого (більш давнього). ϵ_{Hf} , перерахований для молодших кристалів на вік в 2050 млн рр., становить $3,7 \pm 1,1$; ϵ_{Hf} для більш давніх кристалів перерахований на вік в 3200 млн рр. і становить $-8,3 \pm 2,2$. Модельний вік, розрахований для групи молодших кристалів за моделлю кислої кори, становить від 2240 до 2330, а для групи давніших — від 3850 до 4120 млн рр. (табл. 2).

Геохімія граніту. Хімічний склад гранітів наведено в табл. 3. Згідно з цими даними, граніт з "валуна" околиць с. Леніне помітно відрізняється від розповсюджених у цьому регіоні гранітоїдів та мігматитів житомирського комплексу. Граніт з с. Леніне вирізняється дещо збільшеним вмістом MgO та CaO , а також високою магнезійністю. Але головною відмінністю є низький вміст K_2O і, відповідно, високе значення співвідношення $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (у граніті з "валуна" воно становить 3,5, а в інших гранітоїдах та мігматитах регіону зазвичай не перевищує 1).

За вмістом мікроелементів гранітоїди околиць с. Леніне також доволі специфічні. Вони вирізняються невисоким вмістом некогерентних мікроелементів. Вміст найбільш несумісних з них є найнижчим серед всіх гранітоїдів регіону. Вміст помірно несумісних мікро-

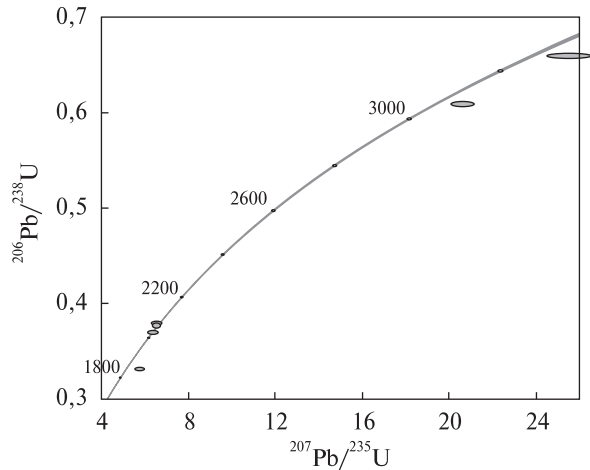


Рис. 2. U-Pb з конкордією діаграма для кристалів циркону, виділених з "валуна" гранітів околиць с. Леніне
Fig. 2. U-Pb diagram for the zircons separated from the "boulder" sampled nearby Lenine village

елементів (Zr, Hf, Ti, важкі РЗЕ) наближується до властивого гранітам бистрїївського типу.

На загал, хондритнормований вміст мікроелементів у гранітах с. Леніне (рис. 3) поступово скорочується від найбільш некогерентних до помірно некогерентних. При цьому спостерігаються негативні аномалії значень вмісту Ba, Nb, Ta, P та Ti.

Вміст РЗЕ також дуже низький — на рівні мігматитів житомирського комплексу або деяких з амфіболітів тетерівської серії. Європейська

Таблиця 2. Ізотопний склад гафнію в цирконах, вилучених з "валуна" гранітів

Table 2. Hf isotope composition in zircons separated from the "boulder" of granite

Номер	Вимірні ізотопні співвідношення			Величини, перераховані на вік			Модельний вік, млн рр.	
	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_0 \pm 1s$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_T$	ϵ_{Hf_T}	$\pm 2s$	$T_{(DM)}$	$T_{(DM)felsic}$
<i>Молоді кристали (перераховано на 2050 млн рр.)</i>								
LN-1	0,000428	0,010903	$0,281621 \pm 20$	0,281604	4,5	1,4	2250	2328
LN-2	0,000525	0,013792	$0,281628 \pm 19$	0,281607	4,6	1,4	2246	2322
2	0,000352	0,007941	$0,281575 \pm 20$	0,281561	3,0	1,4	2307	2408
3	0,000694	0,016079	$0,281638 \pm 22$	0,281611	4,8	1,5	2242	2315
4	0,000516	0,012405	$0,281564 \pm 16$	0,281544	2,4	1,1	2332	2440
5	0,000707	0,017757	$0,281603 \pm 20$	0,281575	3,5	1,4	2291	2382
<i>Давні кристали (перераховано на 3200 млн рр.)</i>								
6	0,00071	0,017715	$0,280582 \pm 21$	0,280538	-6,8	1,5	3663	3851
LN-3	0,000711	0,01903	$0,280562 \pm 12$	0,280519	-7,5	0,9	3689	3888
LN-4	0,000631	0,016832	$0,28055 \pm 14$	0,280511	-7,7	1,0	3699	3903
LN-5	0,000905	0,024181	$0,280557 \pm 11$	0,280501	-8,1	0,8	3715	3921
1	0,000506	0,011786	$0,280425 \pm 16$	0,280394	-11,9	1,1	3852	4121

Примітка. Номери з 1 по 6 відповідають номерам у табл. 1 та на рис. 1.

Таблиця 3. Хімічний склад граніту з "валуна" з околиць с. Леніне, а також мігматитів Північно-Західного району УЩ
Table 3. Chemical composition of the granite from "boulder" sampled nearby

Зразок	LN	06-HB5	15/09	14/09
SiO ₂	69,8	72,74	67,81	69,56
TiO ₂	0,39	0,11	0,57	0,47
Al ₂ O ₃	14,56	14,81	14,24	14,30
Fe ₂ O ₃	4,27	1,69	<0,10	0,34
FeO	—	—	4,32	3,46
MnO	0,05	0,01	0,02	<0,02
MgO	1,46	0,39	1,38	0,90
CaO	3,06	0,93	4,28	3,68
Na ₂ O	4,37	3,88	4,84	4,94
K ₂ O	1,24	4,65	1,00	1,00
P ₂ O ₅	0,10	0,12	0,12	0,12
В. п. п.	0,60	0,50	0,79	0,42
H ₂ O ⁻	—	—	0,27	0,32
C _{зар}	0,08	0,04	—	—
S _{зар}	<0,02	<0,02	—	—
Сума	99,88	99,83	99,74	99,51
Ba	282	1269	—	—
Be	1	3	—	—
Co	10	3	—	—
Cs	2	2	—	—
Ga	15	14	—	—
Hf	2,4	2,4	—	—
Nb	4	3	—	—
Rb	35,6	74,2	—	—
Sn	1	1	—	—
Sr	423,6	292,1	—	—
Ta	0,3	0,4	—	—
Th	3	8	—	—
U	1	4	—	—
V	58	17	—	—
W	<0,5	0,7	—	—
Zr	86	66	—	—
Y	7,2	5,3	—	—
La	13,2	14,4	—	—
Ce	25,5	28,6	—	—
Pr	3,10	3,47	—	—
Nd	12,1	12,8	—	—
Sm	2,15	2,48	—	—
Eu	0,66	0,84	—	—
Gd	1,78	1,67	—	—
Tb	0,26	0,22	—	—
Dy	1,24	1,08	—	—
Ho	0,25	0,18	—	—
Er	0,67	0,45	—	—
Tm	0,10	0,07	—	—
Yb	0,61	0,39	—	—
Lu	0,11	0,06	—	—
Mo	0,5	0,3	—	—
Cu	9	8	—	—
Pb	2,5	5,1	—	—

Закінчення табл. 3
The end Table 3

Зразок	LN	06-HB5	15/09	14/09
Zn	36	14	—	—
Ni	20	10	—	—
Sc	6	3	—	—

Примітка. Вміст оксидів — у ваг. %, елементів — у г/т. Зразки: LN — "валун" граніту з околиць с. Леніне; 06-HB5 — мігматит з відслонення на лівому березі р. Случ, в 30 м нижче за течією від гранітного кар'єру в с. Олександрівка (р-н м. Новоград-Волинський); 15/09 — плагіомігматит "шереметівського" комплексу, відібраний з покинутого кар'єру ліворуч від автомобільної траси Новоград-Волинський — Коростень, в 4 км на північний схід від с. Сьомаківка [3]; 14/09 — те саме, проба відібрана з відслонення праворуч від дороги, результати хімічного аналізу люб'язно надані О.М. Костенко.

аномалія для гранітів с. Леніне не характерна. Ступінь фракціонування РЗЕ (La/Yb)_N доволі високий (14,6), але в цілому значно поступається такому в гранітах житомирського комплексу.

Відповідно до геохімічної класифікації граніти з "валуна" с. Леніне за складом близькі до гранітів М-типу (рис. 4). Згідно з даними [9, 10], такі граніти утворюються за рахунок безпосереднього плавлення океанічної кори, що субдукує, або ж мантіяного "клин", що її перекриває.

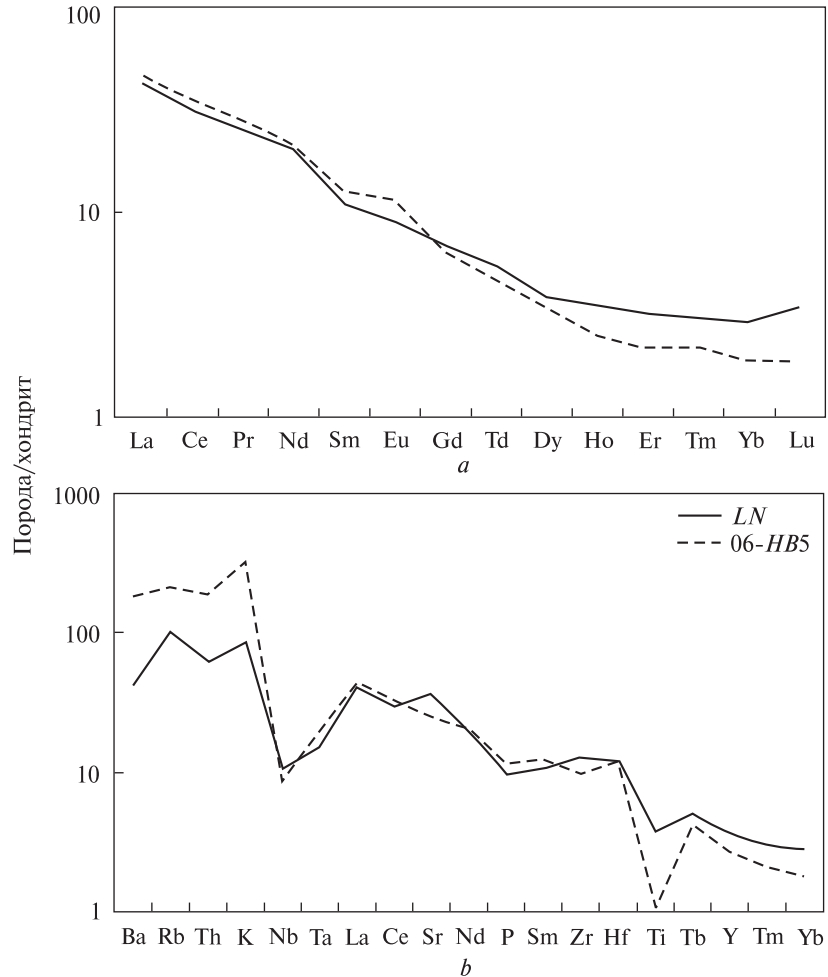
Ізотопний склад стронцію та неодиму. Відомості про ізотопний склад стронцію та неодиму в гранітах околиць с. Леніне наведені в табл. 4. Згідно з отриманими даними, ця порода має доволі "примітивний" ізотопний склад цих елементів, який свідчить про її ювенільне (мантіяне) походження. Хоча за цими характеристиками граніти с. Леніне кардинально не відрізняються від інших гранітоїдів регіону, зауважимо, що величина εNd у них є найвищою серед всіх досліджених автором гранітоїдів та мігматитів житомирського комплексу, а первинне співвідношення ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr — найнижчим.

Обговорення. Результати U-Pb датування цирконів, виділених з "валуна" конгломератів району с. Леніне свідчать, що ці породи кристалізувались близько 2050 млн рр. тому. Водночас відомо [8], що гнейси тетерівської серії зазнали метаморфізму амфіболітової фації ~2100 млн рр. тому. Отже, складається ситуація, коли вік уламків ("валунів") є молодшим,

Рис. 3. Хондритнормований розподіл РЗЕ (а) та мікроелементів (б) у плагіогранітах околиць с. Леніне (LN) та мігматитів с. Олександрівка (06-*HB5*)

Fig. 3. Chondrite-normalized pattern of REE (a) and trace elements (b) in plagioclase granite sampled nearby Lenine village (LN) and migmatites of the Oleksandrivka village (06-*HB5*)

ніж вік породи ("конгломерату"), що містить ці уламки. Виходячи з цього, автор погоджується з думкою, висловленою в роботі [6] про те, що ця порода є не первинно-осадовим конгломератом, метаморфізованим в амфіболітову фацію, а гнейсом, насиченим жилами гранітоїдного матеріалу, що зазнав тектонічних перетворень (будинажу). Згідно з новими даними, такі перетворення відбувались пізніше, ніж 2050 млн рр. тому. Втім на цій самій території розвинені численні січні жили гранітів житомирського комплексу, які практично не несуть жодних ознак деформацій. Відповідно, слід припустити, що тектонічні деформації мали місце невдовзі після утворення нині будинованих гранітоїдних жил, радше за все в інтервалі між 2050 і 2030 млн рр. тому.



Окрім власне магматичних цирконів дана порода містить також значно давніші кристали, походження яких лишається нез'ясованим. Нагадаємо, що давні (віком близько

Таблиця 4. Ізотопний склад стронцію та неодиму в гранітах околиць с. Леніне (пр. LN) та мігматитах (пр. 06-*HB5*) і метапелітових гнейсах (пр. *HB-10-2*) околиць с. Олександрівка

Table 4. Sr and Nd isotope composition in the granite of the Lenine village (sample LN) and migmatite (sample 06-*HB5*) and metapelite gneiss (sample *HB-10-2*) of the Oleksandrivka village

Зразок	Вміст, г/т		Ізотопні співвідношення				Модельний вік, млрд рр.	
	Sm	Nd	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(0)} \pm 2\delta$	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(2050)}$	$\varepsilon\text{Nd}_{(2050)}$	T_{DM}	T_{CHUR}
LN	2,17	11,66	$0,511654 \pm 4$	0,1127	0,510133	2,9	2,20	1,80
06- <i>HB5</i>	2,46	12,85	$0,511535 \pm 4$	0,1156	0,509974	-0,2	2,34	2,07
<i>HB-10-2</i>	5,21	27,30	$0,511640 \pm 4$	0,1153	0,510083	2,0	2,17	1,87

Зразок	Вміст, г/т		Ізотопні співвідношення			
	Rb	Sr	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)} \pm 2\delta$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(2050)}$	$\varepsilon\text{Sr}_{(2050)}$
LN	35,6	423,6	$0,709689 \pm 8$	0,2432	0,702505	4
06- <i>HB5</i>	74,2	292,1	$0,72559 \pm 12$	0,7362	0,703843	23
<i>HB-10-2</i>	130,8	386,4	$0,731346 \pm 8$	0,9817	0,702350	2

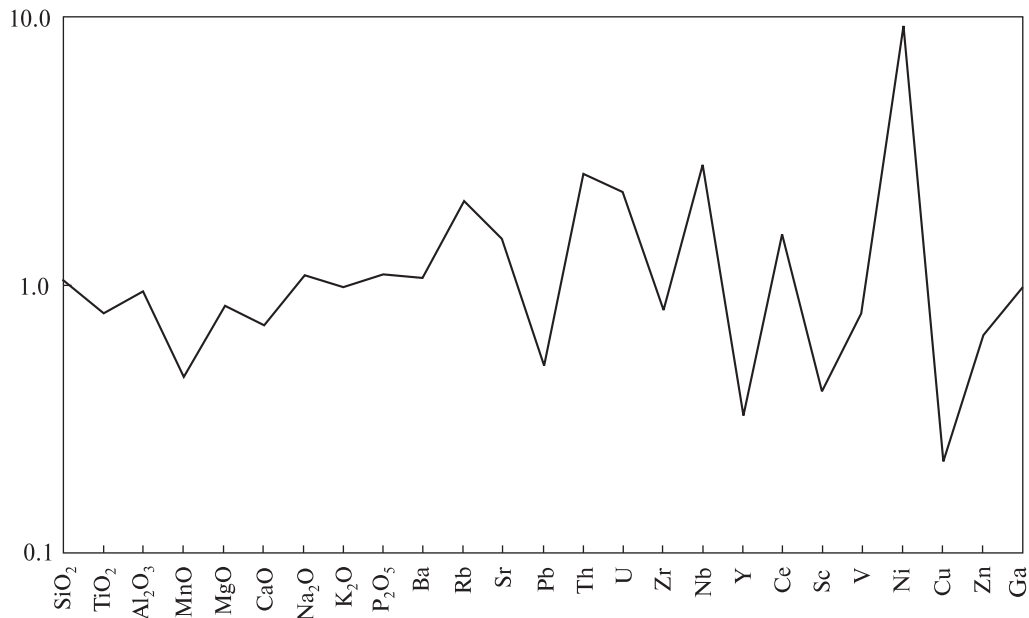


Рис. 4. Розподіл головних петрогенних оксидів та мікроелементів у плагіогранітах околиць с. Леніне, нормований до середнього граніту *M*-типу (за [11])

Fig. 4. Normalized to average *M*-type granite [11] pattern of main oxides and trace elements in plagioclase granites of the Lenine village

3 млрд рр.) циркони трапляються також у гнейсах тетерівської серії та розглядаються як кластогенні. Циркони близького віку (2880—2890 млн рр.) відомі також у метадацитах дайки околиць м. Новоград-Волинський [8]. Таким чином, давні (~3 млрд рр.) циркони відомі як у гнейсах тетерівської серії, так і в гранітоїдах району.

Результати визначення ізотопного складу гафнію в цих давніх цирконах дозволяють зробити деякі припущення щодо їх походження. Зокрема, низьке значення ϵ_{Hf} , перераховане на час кристалізації цирконів, свідчить про їх давню корову історію. Модельний вік близько 3,8 млрд рр., отриманий для них, дозволяє припустити їх походження з найдавніших порід Дністрово-Бузького регіону. Водночас циркони аналогічного (3,2 млрд рр.) віку, вилучені з ендербітів Одеського кар'єру, мають дещо більш розвинений ізотопний склад гафнію — ϵ_{Hf} в них становить близько -10 (неопубліковані дані автора).

За геохімічним складом граніти околиць с. Леніне суттєво відрізняються від широко розповсюджених у цьому районі гранітів житомирського комплексу. Не менш помітною є їх відмінність від кислих порід осницького комплексу. Головна особливість — більш "основний" склад, тобто збільшений вміст MgO

та CaO, високе співвідношення Na₂O/K₂O, а також порівняно низький вміст некогерентних мікроелементів. Граніти з "валунів" с. Леніне дуже подібні до плагіомігматитів "шереметівського" комплексу, описаних і продатованих авторами роботи [3] (табл. 3). На жаль, відомості про вміст мікроелементів та ізотопний склад стронцію та неодиму в плагіомігматитах "шереметівського" комплексу відсутні.

Граніти околиць с. Леніне відмінні від мігматитів, що відслонюються поблизу с. Олександрівка на північ від м. Новоград-Волинський (табл. 3). Зокрема, мігматити с. Олександрівка мають типовий гранітоїдний склад і характеризуються, на відміну від плагіомігматитів, невисоким вмістом мафічних компонентів (TiO₂, Fe, MgO, CaO), який компенсується підвищеним вмістом SiO₂ та K₂O. Порівнюючи хондритнормований розподіл РЗЕ і мікроелементів (рис. 3), бачимо, що головною відмінністю між плагіогранітами та мігматитами є вищий вміст найбільш некогерентних мікроелементів у мігматитах і нижчий — важких РЗЕ.

Ізотопний склад неодиму в мігматитах с. Олександрівка суттєво відрізняється від такого в гранітах з "валуна" с. Леніне (табл. 4) — величина $\epsilon_{\text{Nd}}(2050)$ становить $-0,2$, що значно нижче, ніж у гранітах с. Леніне. Так само по-

мітно відрізняється ізотопний склад стронцію, значно більш розвинений в мігматитах с. Олександрівка (величина $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(2050)}$ становить 0,70384).

Геохімічний спектр гранітів с. Леніне найбільше відповідає гранітоїдам *M*-типу [11]. Очевидно, що цьому не суперечить ізотопний склад стронцію та неодиму, однозначно вказуючи на їх ювенільне походження. Цілком можливим є їх утворення за рахунок диференціації мантійних виплавок, що відокремлювались від океанічної плити, що субдукує, або походять з "мантійного клину", розташованого над цією плитою. У будь-якому разі геохімічні та ізотопно-геохімічні особливості гранітоїдів вказують на їх спорідненість з базитовим магматизмом, а хондритнормований спектр мікроелементів (рис. 3) — на зв'язок з обставинами, подібними до островодужних.

Втім походження гранітоїдів околиць с. Леніне лише за рахунок диференціації базитових мантійних виплавок не пояснює наявності в них давніх кластогенних цирконів. Іншим можливим поясненням є формування цих гранітів за рахунок плавлення суміші місцевих гнейсів (які могли бути джерелом кластогенних цирконів) та прошарків амфіболітів і амфіболітових гнейсів (метаморфізованих вулканітів основного і ультраосновного складу), розповсюджених у районі. Ізотопний склад неодиму в гнейсах тетерівської серії раніше досліджували автори роботи [2], а ізотопний склад стронцію наведено в роботах [1, 7]. Ці дані вказують, що на загал породи тетерівської серії близькі за ізотопним складом стронцію та неодиму до гранітів околиць с. Леніне, а також до гранітоїдів житомирського комплексу. Неопубліковані ізотопно-геохімічні дані автора щодо амфіболітів у складі тетерівської серії також свідчать про близькість ізотопного складу стронцію та неодиму в цих породах і в гранітах с. Леніне. Таким чином, припущення щодо утворення цих порід внаслідок часткового плавлення суміші гнейсів та амфіболітів тетерівської серії видається цілком обґрунтованим.

Подібність хімічного складу гранітів околиць с. Леніне та плагіомігматитів "шереметівського" комплексу (за [3]) дозволяє припустити їх спорідненість. Водночас наявні геохронологічні дані свідчать про значний (близько 30 млн рр.) розрив у часі їх утворення. Тут цікаво зазначити, що плагіомігматити, дослід-

жені в роботі [3], та "нормальні" мігматити з с. Олександрівка формувались практично одночасно — $2092,2 \pm 3,2$ [3] та 2084 ± 13 [8] відповідно. Отже, плагіограніти с. Леніне подібні за складом до плагіомігматитів "шереметівського" комплексу (на жаль, наразі ця подібність встановлена лише за відомостями про вміст головних компонентів), але значно відірвані від них у часі. Плагіомігматити "шереметівського" комплексу формувались практично одночасно з "нормальними" плагіоклаз-калішпатовими мігматитами околиць с. Олександрівка.

Наприкінці слід зазначити, що мігматити околиць с. Олександрівка не можна вважати продуктом часткового плавлення розповсюджених тут же (метапелітових) гнейсів тетерівської серії — ці породи суттєво відрізняються ізотопним складом стронцію та неодиму (табл. 4). Різниця настільки значна, що повністю унеможливує утворення мігматитів лише за рахунок плавлення гнейсів, які вони власне інтродують.

Висновки. 1. Граніти, якими представлені "валуни" у складі "конгломератів" з околиць с. Леніне, кристалізувались близько 2050 млн рр. тому, що однозначно свідчить про тектонічне (а не осадове) походження цих порід.

2. Досліджені породи мають специфічний хімічний склад, що чітко відрізняє їх від одновікових з ними гранітів житомирського комплексу. Водночас особливості хімічного, а також ізотопного складу стронцію та неодиму дозволяють припустити, що ці породи утворились за рахунок часткового плавлення суміші гнейсів та амфіболітів тетерівської серії.

3. За хімічним складом плагіограніти с. Леніне близькі до плагіогранітів "шереметівського" комплексу, але значно молодші за віком.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бартницький Е.Н., Щербак Н.П., Лесная И.М. и др. Возрастные соотношения некоторых метаморфических пород западной части Украинского щита по данным рубидий-стронциевого и свинцово-изохронного методов // Актуальные вопросы современной геохронологии. — М.: Наука, 1976. — С. 40—50.
2. Довбуш Т.И., Скобелев В.М., Степанюк Л.М. Результаты изучения докембрийских пород западной части Украинского щита Sm-Nd изотопным методом // Минерал. журн. — 2000. — 22, № 2/3. — С. 132—142.
3. Костенко О.М., Довбуш Т.И., Степанюк Л.М. Геохронология плагиогранитов "шереметівського" комплексу

- (Волинський мегаблок Українського щита) // Там же. — 2011. — 33, № 2. — С. 83—88.
4. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Пономаренко О.М. та ін. До питання про вікові межі формування кошаро-олександрівської світи бузької серії Побужжя // Геохімія та рудоутворення. — 2010. — Вип. 28. — С. 4—10.
 5. Стрыгин А.И., Кобзарь В.Н., Казаков Л.Р. Валунно-галечный материал в тетеревских гнейсах (Украинский щит) // Докл. АН СССР. — 1964. — 158, № 3. — С. 609—612.
 6. Сукач В.С., Іванушко О.С. Про походження "конгломератів" тетерівської серії // Геол. журн. — 1977. — 37, № 4. — С. 125—132.
 7. Шербак Н.П., Артеменко Г.В., Бартницький Е.Н. и др. Геохронологическая шкала докембрия Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1989. — 144 с.
 8. Шербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М. и др. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. — Киев : Наук. думка, 2008. — 240 с.
 9. Pitcher W.S. Granite type and tectonic environment // Mountain Building Processes / Ed. K. Hsu. — London : Acad. Press, 1983. — P. 19—40.
 10. Whalen J.B. Geochemistry of an island-arc plutonic suite : the Uasilau-Yau Yau intrusive complex, New Britain, PNG // J. Petrol. — 1985. — 26. — P. 603—632.
 11. Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. A-type granites : geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis // Contribs Mineral. and Petrol. — 1987. — 95. — P. 407—419.

Надійшла 06.10.2011

Л.В. Шумлянський

ИЗОТОПНАЯ ГЕОХИМИЯ ГРАНИТНОГО "ВАЛУНА" ИЗ ПСЕВДОКОНГЛОМЕРАТА ТЕТЕРЕВСКОЙ СЕРИИ (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ УКРАИНСКОГО ЩИТА)

В районе с. Ленино среди гнейсов тетеревской серии распространены так называемые метаконгломераты, представляющие собой округлые фрагменты ("галечки" и "валуны") преимущественно гранитоидного состава. Относительно генезиса этих пород высказывались разные точки зрения — их описывали и как метаосадочные образования, и как образования тектонического происхождения. Для выяснения этого вопроса были проведены тщательные исследования возраста гранитов одного из "валунов", а также изотопного и химического состава. Порода, которой сло-

жен "валун", — это амфибол-биотитовый плагиогранит. Цирконы, выделенные из гранита, представлены двумя популяциями. Первая кристаллизовалась 2050 ± 42 , а вторая — более 3000 млн лет тому назад. Очевидно, возраст первой популяции отвечает времени кристаллизации гранита, в то время как вторая является ксеногенной, захваченной из источника плавления. ϵHf , пересчитанный для младших кристаллов на возраст 2050 млн лет, составляет $3,7 \pm 1,1$, а для более древних, пересчитанный на возраст 3200 млн лет, составляет $-8,3 \pm 2,2$. По геохимическому составу плагиограниты с. Ленино приближаются к гранитам *M*-типа. Исходный изотопный состав стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,702505$) и неодима ($\epsilon\text{Nd} = 2,9$) свидетельствует о ювенильном происхождении этих пород. Полученные данные позволяют предположить, что плагиограниты образовались за счет частичного плавления смеси гнейсов и амфиболитов, входящих в состав тетеревской серии.

L.V. Shumlyanskyy

ISOTOPE GEOCHEMISTRY OF GRANITE "BOULDER" FROM PSEUDOCONGLOMERATE OF THE TETERIV SERIES (NORTH-WESTERN PART OF THE UKRAINIAN SHIELD)

Interlayer of "metaconglomerates" among gneisses of the Paleoproterozoic Teteriv Series is known from outcrops nearby Lenino village, North-Western region of the Ukrainian Shield. This rock occurs as fragments ("pebbles" and "boulders") of predominantly granitic composition and was described in terms of both clastic and tectonic origin. In order to shed some light on the origin of this rock detailed investigation of their age, isotopic and geochemical composition were carried out. Rock that composes one of the boulders is represented by amphibole-biotite plagioclase granite. Two populations of zircons were separated from this rock. The first one crystallized at 2050 ± 42 Ma and corresponds to the time of rock formation; the second population is over 3000 Ma old and probably was captured from the source of the initial melt. ϵHf , calculated back to 2050 Ma for the young zircon population is 3.7 ± 1.1 while ϵHf calculated back to 3200 Ma for the old population is -8.3 ± 2.2 . Geochemically, plagioclase granites of the Lenino village correspond to the *M*-type granites. Neodymium ($\epsilon\text{Nd} = 2.9$) and strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.702505$) initial isotopic composition evidences about their juvenile origin. Obtained data allows us to suggest that plagioclase granites formed due to partial melting of a mixture of gneisses and amphibolites that constitute Teteriv Series.