

Л. В. Шумлянський

U-Pb ізотопний вік та ізотопний склад гафнію цирконів горбашівської світи волинської серії венду Волині

(Представлено членом-кореспондентом НАН України О. М. Пономаренком)

Наведено результати дослідження цирконів з конгломератів горбашівської світи – найнижчої у складі волинської серії венду. Дослідження проводились методом ICP-MS з лазерною абляцією. Всі циркони виявились дуже подібними як у відношенні їх зовнішнього вигляду, так і ізотопного віку ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ вік становить (1422 ± 19) млн років), що дозволяє припустити походження їх з одного джерела. Значення ϵHf_{1422} становить $-6,7 \pm 1,1$, що вказує на корове походження цих порід. Отримані результати свідчать про наявність відносно молодих кислих порід корового походження в межах північно-західного схилу Українського щита.

Горбашівська світа є найнижчою з чотирьох світ, що входить до волинської серії венду, та єдиною, у складі якої переважають грубоуламкові теригенні утворення. Інші три світи (заболотівська, бабинська та ратнівська) складені вулканогенними утвореннями. Згідно з науковою публікацією [1], потужність горбашівської світи становить 40–50 м. Нижня частина розрізу світи репрезентована алевролітами та аргілітами з істотною домішкою псамітового та гравійно-щербенистого матеріалу. Ці породи неритмічно перешаровуються. Верхня частина розрізу світи складена різнозернистими аркозовими пісками та пісковиками з прошарками алевролітів та аргілітів, дрібною галькою кристалічних порід. Місцями в розрізі горбашівської світи відзначаються поодинокі потоки базальтів або пікритів.

Поява грубоуламкових відкладів у розрізі осадового чохла Східно-Європейської платформи (СЄП) є доволі неочікуваною. До моменту нагромадження відкладів горбашівської світи СЄП, принаймні на своїй південно-західній ділянці, вже протягом тривалого часу розвивалась у платформенному режимі, який характеризувався повільними вертикальними тектонічними рухами, повільною денудацією та нагромадженням потужних товщ дрібноуламкових теригенних відкладів (поліська серія). Раптова поява крупноуламкових, погано відсортованих відкладів свідчить про різке оживлення тектонічного режиму, яке призвело до швидкого підйому території та активної ерозії порід фундаменту.

Для визначення можливих джерел зносу осадового матеріалу, яким сформовано відклади горбашівської світи, автором було досліджено циркони з конгломератів світи. Результатам, отриманим у ході цього дослідження, і присвячена дана робота.

Характеристика проби та методика досліджень. Для геохронологічних досліджень було відібрано пробу відносно дрібноуламкових (розмір уламків зазвичай не перевищує 1 см) конгломератів. Пробу брали із свердловини 8265 в інтервалі від 320,5 до 327,0 м. Ця свердловина пробурена в 1 км на схід від с. Ратно, розкрила нижню частину розрізу волинської серії. В інтервалі від 316,3 до 347,3 м вона розкриває конгломерати (гравеліти) та пісковики горбашівської світи. Підстеляють світу в цій свердловині відклади поліської серії, а перекривають — базальти заболотівської світи волинської серії. Конгломерати, що відібрані для аналізу, слабо сцементовані. Крупні уламки (галька) відносно добре обкатані.

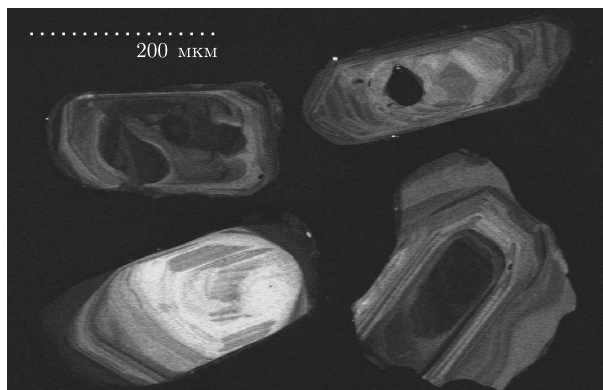


Рис. 1. Внутрішня будова цирконів з конгломератів горбашівської світи, розкритих свердловиною 8265 в інтервалі від 320,5 до 327,0 м.
Люмінесценція під впливом катодних променів

Для виділення цирконів використовувалась лише дрібнозерниста (пісчана) фракція породи (матрикс). Гальку відроблювали з породи і в подальшому не досліджували.

Циркони, що виділені з проби, поміщали в препарат, виготовлений з епоксидної смоли, і приполіровували для того, щоб розкрити їх внутрішні ділянки. Внутрішню будову кристалів досліджували під електронним мікроскопом, обладнаним катодолюмінесцентною приставкою. Після цього циркони були продатовані U–Pb ізотопним методом (повний ізотопний аналіз) за допомогою мас-спектрометра індуктивно-пов'язаної плазми (ICP-MS) Element-2, обладнаного приставкою для лазерної абляції. Деталі аналітичної процедури можна знайти в роботі [2]. Після датування у вибраних кристалах циркону було також виміряно ізотопний склад гафнію. Ці дослідження проводили із застосуванням мультиколекторного ICP-MS Neptune та приставки для лазерної абляції. Всі аналітичні дослідження виконували в лабораторії Брістольського університету, Великобританія.

Опис цирконів. Циркони, що виділені з матриксу конгломератів горбашівської світи, доволі крупні за розмірами — близько 0,2 мм і дещо крупніші. Форма призматична, коефіцієнт подовження становить близько 2,0–2,5. Кристали зазвичай добре сформовані, практично необкатані. Переважно ідіоморфної форми, але частина з них явно ксеноморфна, з індукційними гранями, що спричинені ростом кристала в інтерстиційному просторі. Кристали водяно-прозорі, безбарвні або ледь рожеваті. Нерідко містять включення.

Дослідження за допомогою катодолюмінесцентної приставки дозволяють виявити складну внутрішню будову кристалів — усі вони мають ритмічну зональну будову. Нерідко вдається розпізнати ядро (зазвичай також різко зональної будови), основне тіло кристала та облямівку обрастання (рис. 1). Така внутрішня будова свідчить про магматичне походження кристалів циркону. Слід підкреслити, що всі вони є доволі однотипними за своїм зовнішнім виглядом.

U–Pb ізотопний вік та ізотопний склад Hf. Результати визначення U–Pb ізотопного віку демонструють табл. 1, а також рис. 2. Всього було виконано 20 індивідуальних аналізів кристалів циркону. Оскільки всі вони виявились ідентичними в межах похибки, то подальші виміри були припинені. Усі результати (крім одного) виявились практично конкордантними — ступінь дискордантності не перевищувала 8%. Середньозважений ізотопний вік за відношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ становить (1422 ± 19) млн років.

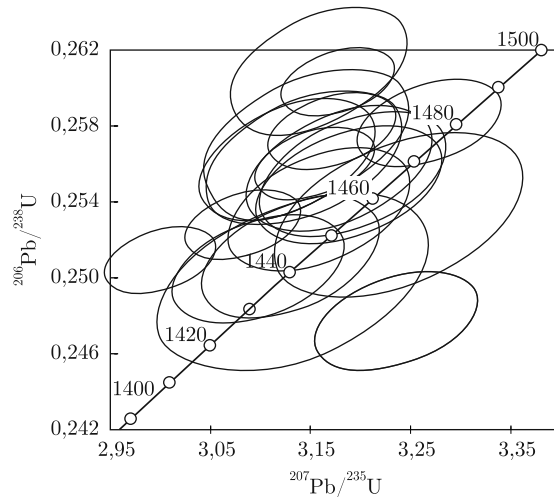


Рис. 2. U–Pb діаграма з конкордією для цирконів, виділених з конгломератів горбашівської світи

Вміст урану й торію в досліджених цирконах варіює в доволі широких межах: U — від 13 до 195 г/т, а Th — від 18 до 317 г/т. Існує чітка залежність між вмістом обох елементів — зі зростанням вмісту торію паралельно зростає і вміст урану. Середнє відношення Th/U дорівнює 1,45, що також засвідчує магматичний генезис цирконів. Залежності між вмістом радіоактивних елементів та ізотопним віком цирконів не виявлено. Разом із тим зі зростанням вмісту цих елементів поволі зростає ступінь дискордантності цирконів.

Визначення ізотопного складу гафнію, з огляду на однотипність цирконів, виконувалось лише в 5 кристалах. Результати цих вимірів наведено в табл. 2. Як видно з цих даних, ізотопний склад гафнію дещо варіює: ϵHf_{1422} становить від $-4,9$ до $-8,2$; середньозважений дорівнює $-6,7 \pm 1,1$.

Усі досліджені циркони мають однотипний зовнішній вигляд та внутрішню будову, геохімічні особливості (Th/U відношення та ізотопний склад гафнію) і вік. Отже, вочевидь, всі вони походять з одного джерела. Відсутність обкатаності кристалів циркону, повна однорідність їх популяції, а також незрілий характер осадків однозначно свідчать про те, що джерело цих відкладів було місцевим. Утім, дотепер у цьому районі прояви магматизму (або будь-які інші геологічні події) віком у 1422 млн років невідомі.

У попередній публікації [3] було розглянуто циркони, що вилучені з пісковиків поліської серії, які безпосередньо підстелюють відклади горбашівської світи. Серед пісковиків поліської серії також присутні циркони віком близько 1420–1430 млн років, які значно відрізняються від цирконів горбашівської світи — вони є доволі добре обкатаними, дрібними, а величина ϵHf варіює від -1 до $+9$, тобто циркони поліської серії походять з зовсім іншого, ювенільного, джерела. Припускалося [3], що джерелом цирконів поліської серії були породи Феноскандійського сегмента СЄП. Подібного висновку щодо цирконів аналогічного віку, поширених у сучасних та молодих розсипах Українського щиту, доходять і автори роботи [4].

На відміну від поліських цирконів, циркони досліджених автором конгломератів горбашівської світи походять з місцевого джерела і є свідченням того, що в межах західного схилу УЩ проявлявся коровий магматизм віком (1422 ± 19) млн років. Характерно, що гафнієвий модельний вік цирконів за моделлю деплетованої мантії становить близько 2150 млн років (див. табл. 2), отже, відповідає приблизно часу формування земної кори в цьому регіоні.

Таблиця 1. Результати U–Pb ізотопного датування цирконів з конгломератів горбашівської світи

Номер аналізу	Вміст, г/т			Th/ U	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Коеф. кореляції	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Вік, млн років ±1σ		
	U	Th	Pb										²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb
1	25	29	8	1,17	0,0031	3,147	0,068	0,2573	0,0025	0,4	0,0887	0,0017	1476 ± 13	1444 ± 17	1398 ± 37
2	61	124	24	2,05	0,0014	3,193	0,061	0,2554	0,0022	0,4	0,0907	0,0016	1467 ± 11	1455 ± 15	1439 ± 33
3	124	317	54	2,56	0,0001	3,160	0,059	0,2610	0,0022	0,4	0,0878	0,0015	1495 ± 11	1447 ± 14	1378 ± 32
4	15	17	5	1,17	0,0043	3,133	0,090	0,2496	0,0032	0,4	0,0910	0,0023	1437 ± 16	1441 ± 22	1447 ± 49
5	125	70	35	0,56	0,0001	3,128	0,058	0,2562	0,0021	0,4	0,0885	0,0015	1470 ± 11	1440 ± 14	1394 ± 32
6	28	57	11	2,03	0,0005	3,144	0,065	0,2563	0,0023	0,4	0,0890	0,0016	1471 ± 12	1444 ± 16	1404 ± 35
7	17	27	6	1,58	0,0001	3,239	0,082	0,2532	0,0028	0,4	0,0928	0,0021	1455 ± 15	1467 ± 20	1483 ± 43
8	71	82	22	1,16	0,0000	3,160	0,060	0,2536	0,0021	0,4	0,0904	0,0015	1457 ± 11	1447 ± 15	1434 ± 33
9	61	82	20	1,34	0,0003	3,180	0,061	0,2557	0,0022	0,4	0,0902	0,0015	1468 ± 11	1452 ± 15	1429 ± 33
10	101	193	36	1,90	0,0000	3,132	0,059	0,2510	0,0021	0,4	0,0905	0,0015	1444 ± 11	1441 ± 15	1436 ± 32
11	75	139	27	1,86	0,0005	3,001	0,037	0,2509	0,0012	0,4	0,0868	0,0010	1443 ± 6	1408 ± 9	1355 ± 22
12	57	71	18	1,25	0,0013	3,155	0,040	0,2560	0,0013	0,4	0,0894	0,0010	1469 ± 6	1446 ± 10	1413 ± 22
13	45	52	14	1,16	0,0000	3,172	0,042	0,2577	0,0013	0,4	0,0893	0,0011	1478 ± 6	1450 ± 10	1410 ± 23
14	117	192	42	1,63	0,0002	3,178	0,038	0,2603	0,0012	0,4	0,0886	0,0010	1491 ± 6	1452 ± 9	1395 ± 21
15	29	28	9	0,94	0,0000	3,270	0,048	0,2581	0,0015	0,4	0,0919	0,0012	1480 ± 8	1474 ± 11	1465 ± 25
16	17	45	7	2,61	0,0001	3,189	0,061	0,2549	0,0020	0,4	0,0908	0,0016	1464 ± 10	1455 ± 15	1441 ± 33
17	13	18	4	1,39	0,0064	3,099	0,057	0,2504	0,0019	0,4	0,0897	0,0015	1441 ± 10	1432 ± 14	1420 ± 32
18	195	129	30	0,66	0,0000	1,748	0,021	0,1375	0,0006	0,4	0,0922	0,0010	830 ± 3	1026 ± 8	1472 ± 21
19	61	59	19	0,98	0,0003	3,084	0,039	0,2527	0,0012	0,4	0,0885	0,0010	1453 ± 6	1429 ± 10	1393 ± 22
20	17	18	5	1,09	0,0001	3,236	0,054	0,2477	0,0017	0,4	0,0948	0,0014	1427 ± 9	1466 ± 13	1523 ± 29

Таблиця 2. Результати дослідження ізотопного складу гафнію в цирконах з конгломератів горбашівської світи

Номер аналізу	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(0)}$	$\pm 1\sigma$	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$\pm 1\sigma$	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{1422}$	$\pm 1\sigma$	ϵHf_{1422}	$\pm 2\sigma$	$T_{(DM)}$, млн років
1	0,281747	0,000013	0,00046	0,000008	0,01136	0,2817426	0,000013	-4,9	1,0	2070
2	0,281652	0,000014	0,00034	0,000004	0,00876	0,2816504	0,000014	-8,2	1,0	2193
3	0,281687	0,000015	0,00037	0,000004	0,00927	0,2816852	0,000015	-7,0	1,1	2146
4	0,281680	0,000014	0,00033	0,000003	0,00876	0,2816795	0,000014	-7,2	1,0	2153
5	0,281709	0,000015	0,00045	0,000009	0,01164	0,2817047	0,000015	-6,3	1,1	2121

Роботу виконано за підтримки наукового гранту, наданого Королівською спілкою (Royal society), Великобританія.

1. Гейко Ю. В., Гурский Д. С., Лыков Л. И., Металлиди В. С., Павлюк В. Н., Приходько В. Л., Цымбал С. Н., Шимкив Л. М. Перспективы коренной алмазоносности Украины. – Киев; Львов: Центр Европы, 2006. – 200 с.
2. 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. – № 28. – С. 4–10.
3. Шумлянський Л. В., Матеюк В. В., Мельничук В. Г. U–Pb вік та ізотопний склад гафнію в цирконах, вилучених з пісковиків поліської серії – проблема джерела уламкового матеріалу // Геолог України. – 2010. – № 3. – С. 78–84.
4. Condie K. C., Beyer E., Belousova E. et al. U–Pb isotopic ages and Hf isotopic composition of single zircons: the search for juvenile Precambrian continental crust // Precambrian Res. – 2005. – **139**. – P. 42–100.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М. П. Семененка НАН України, Київ

Надійшло до редакції 26.10.2011

Л. В. Шумлянський

U–Pb ізотопний вік і ізотопний склад гафнію цирконов горбашевської світи волинської серії венда Волини

Приведены результаты исследования цирконов их конгломератов горбашевской свиты – самой нижней в составе волинской серии венда. Исследования проводились методом ICP-MS с лазерной абляцией. Все цирконы оказались весьма похожими как в отношении их внешнего вида, так и изотопного возраста ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возраст составляет 1422 ± 19 млн лет), что позволяет предположить их происхождение из единого источника. Значение $\epsilon_{\text{Hf}1422}$ составляет $-6,7 \pm 1,1$, что указывает на коровое происхождение этих пород. Полученные результаты указывают на наличие относительно молодых кислых пород корового генезиса в пределах северо-западного склона Украинского щита.

L. V. Shumlyanskyu

U–Pb isotope age and Hf isotope composition of zircons separated from the Gorbashi suite of the Vendian Volyn Series

The results of in situ LA ICP-MS investigations of zircon separated from conglomerates of the Gorbashi suite that is the lowermost in the Vendian Volyn Series are presented. All zircons are very similar in terms of their external appearance, and the average $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age is 1422 ± 19 Ma that envisages their common source. The average of $\epsilon_{\text{Hf}1422}$ is -6.7 ± 1.1 and indicates the crustal origin of source rocks. The obtained results evidence the presence of rather young crustal-derived felsic rocks in the north-western slope of the Ukrainian shield.