

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.034>  
УДК 550.93

**Л.М. Степанюк**, д-р геол. наук, чл.-кор. НАН України, проф., заст. дир.  
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: [stepaniuk@nas.gov.ua](mailto:stepaniuk@nas.gov.ua); <https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>

**Л.В. Шумлянський**, д-р геол. наук, пров. наук. співроб.  
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: [lshumlyanskyu@yahoo.com](mailto:lshumlyanskyu@yahoo.com); <http://orcid.org/0000-0002-6775-4419>

**С.І. Курило**, канд. геол. наук., наук. співроб.  
Інститут наук про Землю Словацька академія наук  
974 01, Банська-Бистриця, Словаччина, Думбієрська, 1  
E-mail: [kurylo.sergiy@gmail.com](mailto:kurylo.sergiy@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0003-4466-6851>

**В.О. Сьомка**, д-р геол. наук, пров. наук. співроб.  
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: [syomka1949@gmail.com](mailto:syomka1949@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0001-5202-4045>

**С.М. Бондаренко**, канд. геол. наук, старш. наук. співроб.  
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: [sbond.igmr@gmail.com](mailto:sbond.igmr@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0001-7948-3583>

**С.А. Вайлд**, проф. Університет Кьортіна, Школа наук про Землю та планети  
GPO Box U1987, м. Перт, WA 6845, Австралія  
E-mail: [s.wilde@curtin.edu.au](mailto:s.wilde@curtin.edu.au); <http://orcid.org/0000-0002-4546-8278>

**А.А. Немчін**, проф. Університет Кьортіна, Школа наук про Землю та планети  
GPO Box U1987, м. Перт, WA 6845, Австралія  
E-mail: [A.Nemchin@curtin.edu.au](mailto:A.Nemchin@curtin.edu.au); <http://orcid.org/0000-0002-3955-3409>

## U-Pb ГЕОХРОНОЛОГІЯ (LA-ICP-MS) ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ГРАНУЛІТАХ СЕРЕДНЬОГО ПОБУЖЖЯ.

### Стаття 3. Породна асоціація нижньої течії р. Ятрань

---

*За допомогою методу LA-ICP-MS проаналізовано U-Pb та Lu-Hf ізотопні системи кристалів циркону із чарнокіто-гнейсу (огнейсованого чарнокіту) та біотит-гранат-гіперстенового ендербіту, поширених в нижній течії р. Ятрань (Ятранський блок Побужжя). За отриманими ізотопними даними в чарнокіто-гнейсі є три групи (популяції) циркону. Найдавніша популяція представлена трьома кристалами, що мають ізотопний вік 3125–3300 млн рр., та величини  $\epsilon_{\text{Hf}}$  від –2,3 до –7,5. Добре виокремлено популяцію цирконів віком  $2038 \pm 25$  млн рр., яка характеризується значною варіабельністю ізотопного складу гафнію:  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,28122–0,28261$ ,  $\epsilon_{\text{Hf}} = \text{від } -9,3 \text{ до } 4,6$ . Здебільшого фігура-тивні точки U-Pb аналізів розсіяні вздовж конкордії в інтервалі 2300–2800 млн рр. Усі циркони цієї популяції, неза-*

---

Цитування: Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Курило С.І., Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Вайлд С.А., Немчін А.А. U-Pb геохронологія (LA-ICP-MS) геологічних процесів у гранулітах Середнього Побужжя. Стаття 3. Породна асоціація нижньої течії р. Ятрань. *Мінерал. журн.* 2021. 43, № 1. С. 34–50. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.034>

лежно від віку, мають схожий ізотопний склад гафнію, який варіює  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,28072-0,28092$ . Характерно, що найдавніші (з не порушеною ізотопною системою) кристали циркону мають позитивні або орієнтовно до нуля негативні величини  $\varepsilon_{\text{Hf}}$ . Здебільшого фігуративні точки U-Pb ізотопних аналізів кристалів циркону ендербіту лягають на дискордію, яка перетинає конкордію в точці з віком  $2029 \pm 18$  млн рр. Невелика кількість помірно дискордантних кристалів мають за відношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  вік до 2500 млн рр. Ізотопний склад гафнію в кристалах циркону ендербіту варіює в широких межах  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,28131-0,28151$ , та  $\varepsilon_{\text{Hf}}$  — від  $-6,2$  до  $1,8$ .

**Ключові слова:** Середнє Побужжя, гранулітова асоціація, чарнокіто-гнейс, циркон, ендербіт, уран-свинцевий ізотопний вік.

**Вступ.** У нижній течії р. Ятрань перетинає з північного заходу на південний схід Ятранський блок Голованівської шовної зони (ГШЗ) Середнього Побужжя. У бортах її долини та балок відслонюються породи гранулітової асоціації. Метаморфічні породи, що відносять до тиврівської товщі дністровсько-бузької серії, представлені біотит-гіперстен-плагіоклазовими кристалосланцями, часто амфіболвісними, гіперстеневими гнейсами та плагіогнейсами з біотитом, інколи турмаліновмісними плагіогнейсами, графіт-гіперстеневими кварцитами, зрідка трапляються олівін-флогопітові кальцифіри. Метаморфічні породи різною мірою калішпатизовані, ділянками катаклазовані, по яких розвиваються чарнокітоїди (ендербіти та чарнокіти). Породи гранулітової асоціації розтинаються жилами низькотемпературніших біотитових гранітів, апліто-пегматоїдних гранітів та пегматитів, досить часто трапляються кварцові жили різної потужності. Результати геологічних спостережень, зокрема петрографічних досліджень порід [13], узагальнені в матеріалах геологічного картування [4] і структурно-тектоніфічних побудов [2, 3, 5]. Ізотопне датування порід за цирконами за допомогою локального U-Pb ізотопного методу на зазначеній території дотепер не виконувалося.

**Мета роботи.** Визначити час прояву ендегенних геологічних процесів (метаморфізм, ультраметаморфізм) у породах дністровсько-бузької серії, поширених у Голованівському блоці (нижня течія р. Ятрань).

**Об'єкти та методи дослідження.** У нижній течії р. Ятрань, починаючи від с. Коржова до с. Покотилове, ми відібрали проби гранітів, зокрема гіперстенвмісних (чарнокіти) та ендербіто-гнейсів. У деяких пробах виявлено монацити, результати уран-свинцевого ізотопного датування яких (2,04—2,00 млн рр., а окремі мультизернові наважки до 1,96 млрд рр.) характеризує палеопротерозойський час прояву ендегенних процесів (гранітоутворення та калієвого метасоматозу) [8].

Наразі, за допомогою методу LA-ICP-MS в Curtin University, м. Перт, Австралія, проаналізовано U-Pb та Lu-Hf ізотопні системи кристалів циркону із чарнокіто-гнейсу (огнейсованого чарнокіту), проба 25/16, південна околиця с. Перегонівка, лівий берег р. Ятрань, закинутий щебеневий кар'єр (рис. 1, a), та слабо тектонізованого біотит-гранат-гіперстеневого ендербіту, проба 34/16, с. Покотилове, правий берег р. Ятрань, нижче автомобільного мосту (рис. 1, b).

**Геологічна позиція.** Ятранський блок розташований у центральній частині Голованівської шовної зони. Блок обмежений на заході Тальнівською, на півдні Ємилівською, на сході — Первомайською зонами розломів. Найпоширенішими гірськими породами в долині ниж-

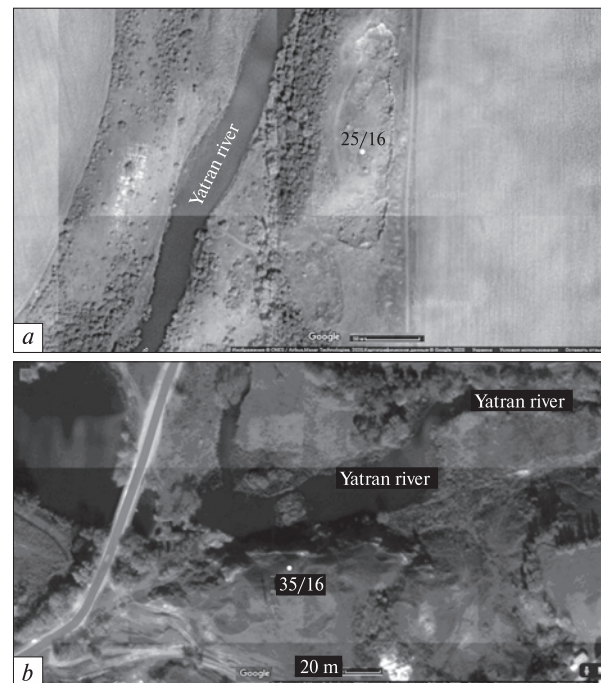


Рис. 1. Космознімки ділянок відбору геохронометричних проб: a — кар'єр південніше с. Перегонівка; b — р. Ятрань, с. Покотилове

Fig. 1. Space photographs of the sites of geochronological sampling: a — abandoned open pit, south of the Perehonivka village; b — Yatran river, Pokotylove village

Таблиця 1. Результати U-Pb датування цирконів з чарнокіто-гнейсу (пр. 25/16)

Table 1. Results of U-Pb dating of zircons from charnockitic gneiss (smp. 25/16)

Spot #	Crystal #	Isotope ratios									
		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$	Error Corr	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	Error Corr
1	1c	10.650	0.06	0.4588	0.0023	0.60	2.17960	0.0109	0.1681	0.0009	0.16
2	2c	9.258	0.10	0.4271	0.0027	0.85	2.34137	0.0148	0.1566	0.0007	0.24
3	3c	13.040	0.13	0.5254	0.0036	0.77	1.90331	0.0130	0.1800	0.0010	0.05
4	4c	11.109	0.09	0.4772	0.0026	0.66	2.09556	0.0114	0.1680	0.0009	0.15
5	5i	14.470	0.22	0.5472	0.0076	0.97	1.82749	0.0254	0.1910	0.0009	0.18
6	5c	9.565	0.09	0.4541	0.0023	0.47	2.20216	0.0112	0.1517	0.0010	0.19
7	5m	7.219	0.08	0.4148	0.0036	0.80	2.41080	0.0209	0.1254	0.0008	0.14
8	6c	13.641	0.09	0.5205	0.0048	0.79	1.92123	0.0177	0.1892	0.0009	0.51
9	6m	8.079	0.04	0.4036	0.0017	0.55	2.47770	0.0104	0.1445	0.0007	0.30
10	7c	11.591	0.08	0.4879	0.0023	0.63	2.04960	0.0097	0.1714	0.0010	0.01
11	8c	9.067	0.05	0.4245	0.0019	0.67	2.35571	0.0105	0.1540	0.0006	0.31
12	9c	6.833	0.08	0.3987	0.0026	0.20	2.50815	0.0164	0.1239	0.0016	0.36
13	10c	12.923	0.08	0.5134	0.0025	0.41	1.94780	0.0095	0.1815	0.0011	0.37
14	11c	24.100	0.18	0.6575	0.0038	0.70	1.52091	0.0088	0.2647	0.0012	0.33
15	12c	9.811	0.05	0.4411	0.0020	0.66	2.26706	0.0103	0.1604	0.0007	0.41
16	13c	9.150	0.07	0.4497	0.0024	0.49	2.22371	0.0119	0.1470	0.0009	0.46
17	14c	12.363	0.09	0.5050	0.0025	0.60	1.98020	0.0098	0.1767	0.0010	0.31
18	15c	6.756	0.06	0.3833	0.0020	0.24	2.60892	0.0136	0.1276	0.0011	0.35
19	16c	9.294	0.06	0.4322	0.0025	0.44	2.31374	0.0134	0.1547	0.0008	0.48
20	17c	8.982	0.05	0.4265	0.0022	0.68	2.34467	0.0121	0.1519	0.0007	0.53
21	18c	12.290	0.14	0.5015	0.0031	0.71	1.99402	0.0123	0.1771	0.0012	0.01
22	18m	10.952	0.08	0.4713	0.0023	0.50	2.12179	0.0104	0.1676	0.0010	0.11
23	19c	8.150	0.05	0.3999	0.0019	0.58	2.50063	0.0119	0.1472	0.0007	0.32
24	19m	8.830	0.13	0.4435	0.0044	0.90	2.25479	0.0224	0.1435	0.0008	0.24
25	20c	7.203	0.08	0.4065	0.0028	0.50	2.46003	0.0169	0.1283	0.0013	0.21
26	20i	6.456	0.09	0.3699	0.0024	0.17	2.70343	0.0175	0.1265	0.0017	0.30
27	20m	6.528	0.05	0.3752	0.0021	0.71	2.66525	0.0149	0.1259	0.0006	0.28
28	21c	6.947	0.07	0.3923	0.0026	0.62	2.54907	0.0169	0.1277	0.0010	0.18
29	22c	10.968	0.08	0.4765	0.0026	0.54	2.09864	0.0115	0.1660	0.0010	0.32
30	23c	9.807	0.07	0.4461	0.0020	0.41	2.24165	0.0100	0.1592	0.0011	0.30
31	24c	9.233	0.06	0.4266	0.0025	0.67	2.34412	0.0137	0.1560	0.0008	0.46
32	24m	6.294	0.06	0.3659	0.0031	0.84	2.73299	0.0232	0.1243	0.0007	0.02
33	25c	10.169	0.07	0.4620	0.0024	0.50	2.16450	0.0112	0.1594	0.0010	0.33
34	25i	10.975	0.07	0.4788	0.0027	0.55	2.08856	0.0118	0.1664	0.0010	0.42
35	25m	12.550	0.12	0.5092	0.0030	0.71	1.96387	0.0116	0.1783	0.0011	0.01
36	26c	22.090	0.32	0.6035	0.0052	0.91	1.65700	0.0143	0.2649	0.0016	0.52
37	27c	11.107	0.08	0.4766	0.0025	0.47	2.09820	0.0110	0.1688	0.0010	0.35
38	28c	9.920	0.11	0.4462	0.0032	0.84	2.24115	0.0161	0.1608	0.0008	0.22
39	29c	16.280	0.11	0.5582	0.0027	0.52	1.79147	0.0087	0.2112	0.0012	0.37
40	30c	11.770	0.11	0.4986	0.0027	0.65	2.00562	0.0109	0.1709	0.0009	0.18
41	31c	19.840	0.17	0.6098	0.0047	0.76	1.63988	0.0126	0.2345	0.0014	0.45
42	32m	9.945	0.05	0.4475	0.0023	0.59	2.23464	0.0115	0.1613	0.0008	0.50
43	33c	16.150	0.18	0.5766	0.0055	0.92	1.73431	0.0165	0.2030	0.0008	0.10
44	34c	10.729	0.08	0.4704	0.0023	0.58	2.12585	0.0104	0.1656	0.0010	0.23
45	35c	9.079	0.05	0.4376	0.0027	0.70	2.28519	0.0141	0.1505	0.0007	0.59
46	36c	12.421	0.10	0.5082	0.0029	0.68	1.96773	0.0112	0.1771	0.0010	0.20
47	37c	14.540	0.46	0.5420	0.0100	0.92	1.84502	0.0340	0.1929	0.0025	0.60
48	38c	19.120	0.20	0.5759	0.0043	0.83	1.73641	0.0130	0.2400	0.0012	0.05
49	39c	23.660	0.29	0.6372	0.0059	0.87	1.56937	0.0145	0.2696	0.0013	0.09
50	39m	9.990	0.19	0.4785	0.0098	0.97	2.08986	0.0428	0.1510	0.0009	0.28

Age, Ma						Concentrations, ppm			U/Th
<sup>207</sup> U/ <sup>235</sup> Pb	2σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ	U	Th	Pb	
2493	5.6	2434	10	2537.3	9.2	1196.8	118.5	146.3	9.8
2364.6	9.6	2292	12	2418.1	8	2441.0	160.4	195.4	14.8
2681.6	9.8	2721	15	2650.8	9.7	641.8	743.7	1062.0	0.8
2532.6	7.7	2515	11	2536.5	9.3	553.2	796.0	1042.0	0.7
2777	14	2815	32	2750.1	8.1	1035.0	404.0	668.0	2.5
2392.4	8.4	2413	10	2363	11	3230.0	283.0	351.0	11.0
2138	10	2237	16	2032	11	516.0	110.0	124.4	4.5
2724.3	6.3	2703	20	2733.8	7.4	2650.0	1340.0	1811.0	1.9
2239.8	4.6	2186.1	8.1	2280	8.4	1824.0	104.7	128.7	16.7
2571.7	6.1	2561.1	9.8	2572.2	9	645.5	709.3	933.0	0.9
2344.2	5.5	2280.6	8.7	2389.4	6.9	2289.0	77.2	91.9	30.3
2089	11	2163	12	2016	23	108.6	42.2	45.2	2.5
2674.5	5.7	2673	10	2665.7	9.7	503.3	461.2	629.0	1.1
3271.9	7.3	3257	15	3275	7.3	433.1	154.8	274.5	2.7
2416.7	4.8	2355.3	9	2459.2	7	1580.0	397.9	493.8	3.9
2352.8	6.7	2394	10	2310	10	2807.0	439.4	546.0	6.3
2632.1	6.5	2635	11	2621.7	8.8	510.0	518.0	702.0	1.0
2079.7	7.2	2091.6	9.3	2063	15	273.6	130.9	138.1	2.0
2367.2	6	2315	11	2397.5	9.4	2625.0	216.5	229.4	11.8
2336.2	4.9	2289.5	9.8	2367.1	7.8	1921.0	263.1	320.3	7.1
2626	10	2620	13	2625	11	489.8	436.3	595.8	1.1
2519.5	6.6	2490	10	2532	11	362.3	409.6	509.0	0.9
2247.1	5.7	2168.4	8.8	2313.1	7.6	2233.0	172.4	194.0	12.7
2318	13	2367	20	2269.6	9.8	719.0	89.6	103.6	7.8
2136	10	2198	13	2073	17	185.8	104.7	114.7	1.7
2039	12	2028	11	2051	24	113.4	53.2	55.1	2.1
2050	6.5	2053	10	2042.2	8.8	1314.0	123.6	134.2	10.3
2103.8	9	2133	12	2064	13	367.8	166.7	180.8	2.2
2520.8	6.8	2513	11	2516.8	9.8	508.6	486.0	613.4	1.0
2417.2	6.5	2377.9	9	2448	11	446.6	468.5	553.5	0.9
2360.6	6.2	2290	11	2411.2	9.1	1173.0	447.0	534.0	2.6
2016.1	8.6	2009	14	2018.1	9.3	1825.0	212.3	249.8	8.5
2450	6.5	2448	11	2448	11	490.0	307.1	381.4	1.6
2521.4	5.9	2522	12	2521.8	9.3	418.0	334.2	422.0	1.2
2644.6	9.4	2654	13	2638	10	533.2	251.4	328.5	2.1
3184	14	3042	21	3274.7	9.6	1511.0	622.4	1011.0	2.4
2531.9	6.6	2512	11	2545	10	457.2	542.0	672.3	0.8
2426	10	2379	14	2464.1	8.4	1507.0	288.0	344.6	5.2
2892.9	6.3	2859	11	2915.1	9	499.5	189.2	284.2	2.6
2586.1	8.4	2608	12	2564.2	8.9	2788.0	149.8	190.6	18.7
3082.8	8.2	3068	19	3083.9	9.5	379.9	829.0	1256.0	0.5
2429.7	4.9	2384	10	2467.8	8.4	1857.0	246.5	294.1	7.5
2887	11	2935	22	2849	6.4	1056.0	110.6	166.1	9.7
2499.6	7.2	2485	10	2512	10	428.9	361.6	436.5	1.2
2345.4	5.3	2341	12	2349.5	8.2	1882.0	198.5	241.0	10.3
2635.7	7.4	2648	12	2625.6	8.9	406.6	393.0	514.0	1.0
2793	31	2785	44	2765	21	560.0	251.2	443.0	2.3
3048	10	2932	18	3120.5	7.8	728.0	204.9	329.0	3.6
3252	12	3178	23	3303.7	7.9	723.0	318.0	515.1	2.3
2429	17	2510	40	2356	10	2769.0	157.3	231.0	18.1

Spot #	Crystal #	Isotope ratios									
		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$	Error Corr	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	Error Corr
51	40c	9.694	0.05	0.4512	0.0026	0.18	2.21631	0.0128	0.1551	0.0009	0.69
52	41c	12.690	0.08	0.5213	0.0026	0.45	1.91828	0.0096	0.1765	0.0011	0.39
53	42c	6.775	0.07	0.3870	0.0022	0.33	2.58398	0.0147	0.1268	0.0011	0.26
54	43c	18.710	0.15	0.5642	0.0035	0.81	1.77242	0.0110	0.2408	0.0011	0.14
55	44c	17.800	1.30	0.6690	0.0460	0.96	1.49477	0.1028	0.1793	0.0013	0.13
56	45c	9.890	0.13	0.4529	0.0029	0.67	2.20799	0.0141	0.1586	0.0013	0.28
57	46c	14.150	0.09	0.5413	0.0024	0.40	1.84740	0.0082	0.1904	0.0013	0.31
58	47c	8.769	0.07	0.4360	0.0023	0.29	2.29358	0.0121	0.1466	0.0011	0.50
59	48c	12.290	0.14	0.5131	0.0045	0.83	1.94894	0.0171	0.1746	0.0009	0.11
60	49c	10.651	0.07	0.4651	0.0022	0.37	2.15008	0.0102	0.1667	0.0011	0.39
61	50c	6.546	0.08	0.3784	0.0023	0.31	2.64271	0.0161	0.1253	0.0015	0.18
62	50i	6.560	0.11	0.3813	0.0023	0.24	2.62261	0.0158	0.1247	0.0019	0.17
63	51m	7.051	0.09	0.3994	0.0035	0.27	2.50376	0.0219	0.1277	0.0016	0.34
64	52c	10.835	0.09	0.4722	0.0030	0.59	2.11775	0.0135	0.1671	0.0012	0.34
65	53c	9.809	0.06	0.4360	0.0025	0.74	2.29358	0.0132	0.1634	0.0007	0.37
66	54c	12.850	0.17	0.5251	0.0049	0.83	1.90440	0.0178	0.1784	0.0013	0.12
67	55c	8.587	0.05	0.4272	0.0026	0.16	2.34082	0.0142	0.1463	0.0010	0.66
68	56c	14.000	0.17	0.4911	0.0054	0.83	2.03625	0.0224	0.2061	0.0012	0.19
69	57c	11.770	0.10	0.4899	0.0028	0.61	2.04123	0.0117	0.1754	0.0011	0.12
70	58c	20.050	0.17	0.6149	0.0039	0.75	1.62628	0.0103	0.2376	0.0015	0.06
71	59c	15.590	0.23	0.5321	0.0048	0.91	1.87935	0.0170	0.2125	0.0011	0.42
72	60c	12.400	0.10	0.5161	0.0038	0.75	1.93761	0.0143	0.1740	0.0010	0.29
73	61c	9.753	0.06	0.4387	0.0018	0.64	2.27946	0.0094	0.1616	0.0007	0.26
74	62c	10.410	0.20	0.4215	0.0071	0.84	2.37248	0.0400	0.1823	0.0017	0.11
75	63c	9.075	0.05	0.4252	0.0020	0.61	2.35183	0.0111	0.1554	0.0008	0.32
76	64c	8.986	0.05	0.4243	0.0019	0.56	2.35682	0.0106	0.1550	0.0007	0.34
77	65c	6.586	0.04	0.3768	0.0018	0.63	2.65393	0.0127	0.1276	0.0005	0.26
78	66c	11.420	0.10	0.4827	0.0033	0.77	2.07168	0.0142	0.1730	0.0009	0.19
79	67c	16.360	0.10	0.5238	0.0025	0.69	1.90913	0.0091	0.2276	0.0009	0.32
80	67i	10.464	0.09	0.4667	0.0034	0.79	2.14270	0.0156	0.1634	0.0008	0.17

П р и м і т к а. Літера біля номера датованого кристала означає: *c* — центральна частина кристала, *i* — проміжна N o t e. A letter next to the number of dated zircon grain indicates the location of the analysed spot within the grain:

ньої течії р. Ятрань є чарнокітоїди. Вони формують скельні виходи, складені переважно середньо-дрібнозернистими біотит-гіперстеновими чарнокітоїдами, серед яких трапляються прошарки дрібнозернистих масивних біотит-гіперстенових ендербітів та поодинокі прошарки гранатвмісних ендербіто-гнейсів. Подекуди присутні поодинокі лінзи та жилородібні виділення середньозернистих ендербітів, чарнокітів і кварцу. Метаморфічні утворення дністровсько-бузької серії представлено переважно досить дрібними реліктами у вигляді прошарків або дрібніших тіл округлої форми розміром від декількох сантиметрів до 1 м, що розміщуються серед чарнокітоїдів. Найпо-

тужніші тіла метаморфічних порід розкриті закинутим кар'єром, розташованим південніше с. Перегонівка. У стінках кар'єру є тіла потужністю в декілька метрів біотит-гіперстенових кристалосланців. У відвалах траплялись невеликі брили кальцифірів розміром до 1 м. Ці метаморфічні породи заміщуються чарнокітоїдами в процесі пізньої гранітизації (ендербітизації) та метасоматичного перероблення, що проявляється у зонах інтенсивного окварцювання. Двопольовошпатові граніти мають практично повсюдне поширення, але вони не утворюють великих тіл, а спостерігаються переважно у вигляді жил різної потужності (від 0,3 см до 3,0 м), що січуть чарнокі-

Закінчення табл. 1  
The end of Table 1

Age, Ma						Concentrations, ppm			U/Th
<sup>207</sup> U/ <sup>235</sup> Pb	2σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ	U	Th	Pb	
2406.2	4.3	2401	12	2401	10	2690.0	443.6	557.9	6.0
2656.7	5.9	2704	11	2618	11	592.7	222.6	294.2	2.7
2082.5	8.4	2109	10	2053	16	272.6	151.3	154.4	1.8
3027.4	7.5	2883	14	3124.4	6.9	1458.0	775.0	1196.0	1.9
2916	64	3220	160	2646	12	660.0	452.0	776.0	1.5
2421	12	2408	13	2437	14	1353.0	128.9	201.0	10.7
2759.6	6.2	2789	10	2744	11	459.5	494.1	685.2	0.9
2313.8	7.1	2332	11	2306	13	2988.0	426.0	466.0	9.5
2627	11	2672	19	2600.3	8.6	633.0	656.0	874.0	1.0
2493.1	6.1	2462.8	9.8	2524	11	418.9	313.7	373.0	1.4
2051	11	2069	11	2035	21	106.4	35.7	34.5	3.0
2054	14	2082	11	2023	28	78.7	19.3	18.8	4.2
2116	11	2166	16	2058	23	90.5	24.9	25.5	3.7
2508.7	7.6	2493	13	2528	12	386.4	543.5	674.2	0.7
2417.3	6.2	2332	11	2490.1	6.9	2289.0	157.7	200.8	14.9
2669	13	2721	21	2637	12	379.6	634.8	852.5	0.6
2294.7	5.2	2293	12	2300	12	2742.0	170.0	186.6	16.7
2747	11	2574	23	2872.9	9.3	2150.0	196.4	242.2	11.4
2586.1	8	2570	12	2608	10	354.4	266.6	329.6	1.4
3094.7	8.1	3089	16	3102	10	345.4	202.4	336.0	1.8
2848	14	2749	20	2923.9	8.6	1313.0	86.2	114.1	15.6
2635.1	7.5	2682	16	2596.7	9.6	537.8	529.4	710.8	1.0
2411.2	5.2	2344.6	8.1	2471.3	7.1	2294.0	334.7	390.7	7.0
2466	18	2266	32	2673	15	924.0	161.7	245.7	6.0
2345.5	5.4	2285.6	8.8	2404.7	8.3	1811.0	243.9	280.8	7.6
2336	5.5	2280.4	8.6	2401.1	8	1947.0	159.5	185.8	12.6
2057.8	5.5	2061.2	8.3	2065.4	7.6	2543.0	181.8	193.6	14.4
2557.1	8.4	2538	14	2585.3	8.3	1039.0	555.5	692.9	1.9
2898.1	6.2	2716	11	3035.4	6.4	2111.0	578.0	831.0	4.0
2477	7.9	2468	15	2489.8	8.2	1680.0	267.0	320.6	6.5

частина, *m* — крайова.*c* — central part, *i* — intermediate part, *m* — marginal part.

тоїди. За результатами уран-свинцевого ізотопного датування монацитів, вік гранітів 2,05—1,98 млрд рр. [8].

**Результати геохронологічних досліджень. Чарнокіто-гнейс (огнейсований чарнокіт), проба 25/16,** лівий берег р. Ятрань, південніше с. Перегонівка, закинутий щебеневий кар'єр. Щільна порода темно-сірого забарвлення з плямками чорного кольору. Мікротекстура масивна, нечітка гнейсоподібна. Мікроструктура гетерогранобластова, ділянками порфіробластова, середньодрібнозерниста. Гетеробластез зумовлений великими округлими, субідоморфними, видоужено лінзоподібними зернами кварцу розміром 1,5—3,2 мм, та дрібнішим розміром зерен

загальної маси (ПШ + кварц) до 0,1—1,0 мм. Мінеральний склад, %: плагіоклаз — 45—50, калієвий польовий шпат — 20—25, кварц — 20—25, гіперстен — 3—5, біотит — 1—2. Акцесорні — циркон, апатит, монацит, графіт.

Порода містить дві відміни кристалів циркону. Перша відміна (переважає) — світло-коричневі, коричневі до темно-коричневих (більші) непрозорі кристали з заокругленими контурами. Друга відміна — сірувато-рожеві кристали. У зламах деяких коричневих кристалів виявлено ядра рожевого циркону (рис. 2). Серед ядер переважають декілька типів: однорідні (рис. 2, *a*), зональні (рис. 2, *b*, *c*), хоча здебільшого ядра складні (див. рис. 2).

Таблиця 2. Результати визначення ізотопного складу гафнію в цирконах з чарнокіто-гнейсу (пр. 25/16)

Table 2. Results of Hf isotope analysis in zircons from charnockitic gneiss (smp. 25/16)

Spot #	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb age, Ma	<sup>176</sup> Hf/ <sup>177</sup> Hf	± 1σ	<sup>176</sup> Lu/ <sup>177</sup> Hf	<sup>176</sup> Yb/ <sup>177</sup> Hf	<sup>176</sup> Hf/ <sup>177</sup> Hf <sub>T</sub>	εHf <sub>T</sub>	±2σ
3	2651	0.280776	0.000020	0.000874	0.0246	0.2807	-12.4	1.4
4	2537	0.280838	0.000029	0.001055	0.0301	0.2808	-13.1	2.0
5	2750	0.280926	0.000028	0.001809	0.0406	0.2808	-6.6	2.0
6	2363	0.280994	0.000022	0.001707	0.0452	0.2809	-12.5	1.6
8	2734	0.280855	0.000022	0.000989	0.0262	0.2808	-7.9	1.5
10	2572	0.280815	0.000026	0.000748	0.0206	0.2808	-12.6	1.9
13	2666	0.280871	0.000025	0.000865	0.0234	0.2808	-8.7	1.8
14	3275	0.280547	0.000027	0.000656	0.0175	0.2805	-5.7	1.9
17	2622	0.280825	0.000028	0.000946	0.0270	0.2808	-11.5	2.0
18	2063	0.281560	0.000031	0.001832	0.0454	0.2815	0.8	2.2
21	2625	0.280784	0.000020	0.000720	0.0194	0.2807	-12.4	1.4
22	2532	0.280820	0.000022	0.000747	0.0199	0.2808	-13.3	1.5
26	2051	0.281468	0.000026	0.000480	0.0109	0.2814	-0.9	1.8
27	2042	0.281252	0.000027	0.000880	0.0224	0.2812	-9.3	1.9
29	2517	0.280765	0.000029	0.000899	0.0253	0.2807	-15.9	2.1
32	2018	0.281371	0.000026	0.001063	0.0288	0.2813	-5.9	1.8
33	2448	0.280794	0.000021	0.001053	0.0290	0.2807	-16.7	1.5
34	2522	0.280800	0.000022	0.000568	0.0150	0.2808	-14.0	1.6
35	2638	0.280804	0.000034	0.000529	0.0142	0.2808	-11.1	2.4
37	2545	0.280891	0.000021	0.000778	0.0216	0.2809	-10.6	1.5
39	2915	0.280807	0.000020	0.000964	0.0226	0.2808	-5.4	1.4
40	2564	0.280692	0.000028	0.001305	0.0349	0.2806	-18.1	2.0
41	3084	0.280805	0.000025	0.000600	0.0171	0.2808	-0.9	1.8
43	2849	0.280907	0.000024	0.000247	0.0063	0.2809	-2.0	1.7
44	2512	0.280808	0.000031	0.000571	0.0156	0.2808	-13.9	2.2
45	2350	0.280873	0.000024	0.000830	0.0212	0.2808	-15.7	1.7
46	2626	0.280783	0.000025	0.000832	0.0230	0.2807	-12.7	1.7
47	2765	0.280925	0.000020	0.001174	0.0311	0.2809	-5.1	1.4
48	3121	0.280923	0.000021	0.000376	0.0112	0.2809	4.7	1.5
49	3304	0.280625	0.000031	0.000662	0.0163	0.2806	-2.3	2.2
50	2356	0.280983	0.000028	0.001022	0.0264	0.2809	-12.0	2.0
51	2401	0.280946	0.000029	0.001681	0.0431	0.2809	-13.4	2.0
54	3124	0.280616	0.000027	0.000980	0.0259	0.2806	-7.5	1.9
56	2437	0.280978	0.000032	0.001445	0.0384	0.2809	-11.0	2.3
57	2744	0.280891	0.000026	0.000804	0.0223	0.2808	-6.1	1.9
58	2306	0.280856	0.000022	0.001552	0.0384	0.2808	-18.5	1.6
60	2524	0.280893	0.000026	0.000866	0.0231	0.2809	-11.1	1.9
61	2035	0.281634	0.000029	0.000548	0.0124	0.2816	4.6	2.1
62	2023	0.281527	0.000035	0.000678	0.0155	0.2815	0.3	2.5
64	2528	0.280846	0.000022	0.000859	0.0237	0.2808	-12.7	1.5
67	2300	0.280883	0.000025	0.000980	0.0239	0.2808	-16.7	1.8
69	2608	0.280891	0.000025	0.001023	0.0277	0.2808	-9.6	1.7
70	3102	0.280762	0.000049	0.000727	0.0198	0.2807	-2.2	3.5
77	2065	0.281549	0.000038	0.000848	0.0222	0.2815	1.8	2.7
78	2585	0.280868	0.000032	0.001318	0.0365	0.2808	-11.4	2.2
80	2490	0.280774	0.000018	0.000953	0.0266	0.2807	-16.3	1.3

Примітка. Номер аналітичної точки збігається з номером аналізу з табл. 1.

Note. The number of the analytical spot corresponds to the number of the analysis in Table 1.

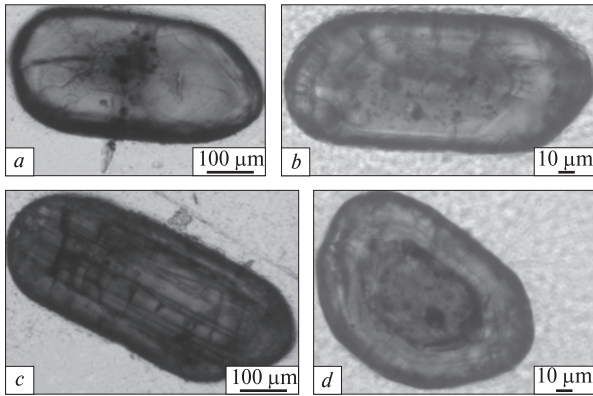


Рис. 2. Мікрофотографії полірованих зрізів кристалів циркону із чарнокіто-гнейсу (пр. 25/16), кар'єр південніше с. Перегонівка, трансмісійний мікроскоп

Fig. 2. Photomicrographs of the polished sections of zircon crystals from charnockitic gneiss (smp. 25/16), open pit in Perehonivka village, transmitted light

Товщина оболонок варіює в широких межах, у деяких кристалах вона майже відсутня (рис. 2, *a*), зрідка, займає майже весь кристал. Здебільшого, оболонка займає від декількох відсотків до декількох десятків відсотків площі зрізу кристалів (рис. 2, *b–d*).

Спектр розподілу U-Pb віку кристалів циркону із чарнокіто-гнейсу доволі складний (рис. 3, *a*, табл. 1). Можна виділити три групи (популяції) кристалів, які відмінні за ізотопним складом гафнію (рис. 3, *b*, табл. 2).

Досить чітко виділяється популяція цирконів віком  $2038 \pm 25$  млн рр., яку характеризують значною варіабельністю ізотопного складу гафнію:  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,28122\text{--}0,28261$ ,  $\epsilon\text{Hf}$  — від  $-9,3$  до  $4,6$  (табл. 2). Такий значний діапазон варіацій, за однакового віку кристалів циркону, свідчить про наявність двох джерел гафнію: молодого мантійного джерела, що мало ювенільні характеристики гафнію, і давнішого корового джерела (фактично, гафнію з цієї ж породи).

Здебільшого фігуративні точки аналізів розсіяні вздовж конкордії в інтервалі 2300–2800 млн рр. (рис. 3, *a*). Всі циркони цієї популяції, незалежно від віку, мають подібний ізотопний склад гафнію, який варіює  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,28072\text{--}0,28092$  (табл. 2). Характерно, що найдавніші (що не втратили радіогенний свинець) кристали циркону мають позитивні або близькі до нуля негативні величини  $\epsilon\text{Hf}$ . Це вказує на їх кристалізацію з мантійної речовини, а не з переплавленого матеріалу давнішої континентальної кори.

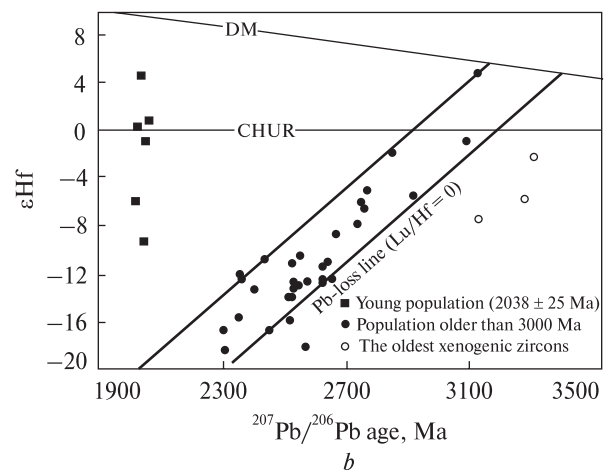
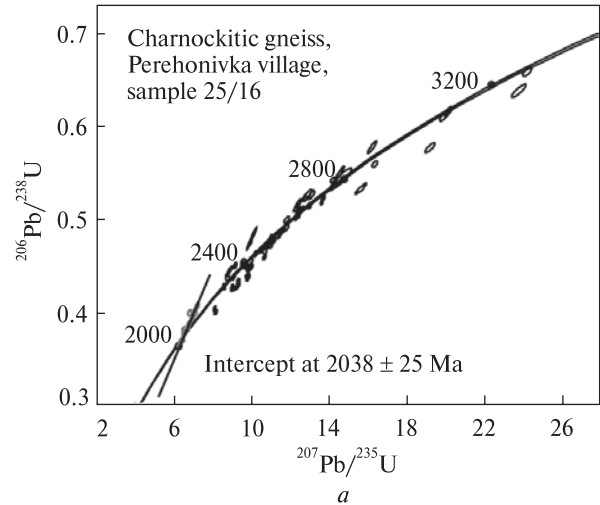


Рис. 3. U-Pb ізотопна діаграма для циркону із чарнокіто-гнейсу с. Перегонівка, пр. 25/16 (*a*); величина  $\epsilon\text{Hf}$  в цирконах з тієї ж проби. Виокремлення трьох головних популяцій цирконів (*b*)

Fig. 3. U-Pb isotope diagram for zircon from charnockitic gneiss sampled in Perehonivka village (smp. 25/16) (*a*);  $\epsilon\text{Hf}$  values in zircons from the same sample. Three main zircon populations can be distinguished in this sample (*b*)

Найдавніша популяція цирконів представлена трьома кристалами, що мають ізотопний вік 3125–3300 млн рр. (табл. 1), та величини  $\epsilon\text{Hf}$  від  $-2,3$  до  $-7,5$  (табл. 2). Ці циркони, очевидно, є давнішими ксеногенними кристалами. Проте, як за віком, так і за ізотопним складом гафнію вони суттєво відмінні від цирконів, притаманних еоархейським чарнокітоїдам Середнього Побужжя [11, 14–16].

Отже, початковий (магматичний) вік протоліту чарнокіто-гнейсу становить орієнтовно  $3000 \pm 100$  млн рр., він кристалізувався з мантійного джерела (з дуже короткою коровою передісторією), містив невелику кількість давніших, захоплених з невідомого джерела, цирконів.



Таблиця 3. Результати U-Pb датування цирконів з ендербіту (пр. 34/16)

Table 3. Results of U-Pb dating of zircons from enderbite (smp. 34/16)

Spot #	Crystal #	Isotope ratios									
		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$	Error Corr	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	Error Corr
1	1c	6.400	0.04	0.3673	0.0020	0.58	2.72257	0.0148	0.1267	0.0007	0.42
2	1m	6.766	0.08	0.3832	0.0022	0.36	2.60960	0.0150	0.1285	0.0014	0.17
3	2c	6.908	0.06	0.3946	0.0023	0.43	2.53421	0.0148	0.1273	0.0010	0.37
4	3c	7.348	0.06	0.4145	0.0026	0.65	2.41255	0.0151	0.1283	0.0008	0.32
5	4c	7.004	0.09	0.3915	0.0025	0.28	2.55428	0.0163	0.1303	0.0017	0.25
6	5c	7.104	0.09	0.4007	0.0043	0.75	2.49563	0.0268	0.1279	0.0009	0.14
7	6c	6.800	0.09	0.3812	0.0020	0.38	2.62330	0.0138	0.1304	0.0015	0.00
8	7c	5.660	0.18	0.2999	0.0030	0.80	3.33445	0.0334	0.1373	0.0037	0.63
9	7m	6.302	0.06	0.3662	0.0017	0.35	2.73075	0.0127	0.1247	0.0010	0.24
10	8c	6.646	0.07	0.3848	0.0026	0.58	2.59875	0.0176	0.1257	0.0010	0.16
11	8m	2.255	0.09	0.1351	0.0044	0.97	7.40193	0.2411	0.1229	0.0012	0.30
12	9c	7.249	0.08	0.4095	0.0037	0.66	2.44200	0.0221	0.1286	0.0012	0.29
13	9m	6.530	0.09	0.3700	0.0030	0.65	2.70270	0.0219	0.1287	0.0012	0.22
14	10c	6.670	0.11	0.3607	0.0033	0.21	2.77239	0.0254	0.1338	0.0021	0.33
15	10m	6.914	0.06	0.3988	0.0025	0.55	2.50752	0.0157	0.1263	0.0009	0.31
16	11c	6.635	0.07	0.3855	0.0024	0.44	2.59403	0.0161	0.1249	0.0013	0.24
17	12c	6.971	0.07	0.3976	0.0024	0.52	2.51509	0.0152	0.1271	0.0010	0.18
18	13c	6.905	0.07	0.3958	0.0023	0.40	2.52653	0.0147	0.1267	0.0011	0.30
19	14c	9.060	0.14	0.4515	0.0054	0.90	2.21484	0.0265	0.1458	0.0008	0.14
20	14m	6.673	0.07	0.3907	0.0027	0.59	2.55951	0.0177	0.1243	0.0011	0.16
21	15c	6.705	0.06	0.3847	0.0021	0.53	2.59943	0.0142	0.1272	0.0009	0.22
22	16c	11.210	0.11	0.4931	0.0037	0.70	2.02799	0.0152	0.1644	0.0011	0.25
23	17c	6.721	0.06	0.3803	0.0022	0.26	2.62950	0.0152	0.1280	0.0012	0.38
24	18c	6.699	0.07	0.3869	0.0041	0.83	2.58465	0.0274	0.1264	0.0008	0.19
25	19c	7.640	0.12	0.4227	0.0051	0.78	2.36574	0.0285	0.1320	0.0012	0.13
26	20c	7.821	0.08	0.4195	0.0054	0.71	2.38379	0.0307	0.1350	0.0013	0.62
27	21c	8.417	0.09	0.4340	0.0044	0.41	2.30415	0.0234	0.1409	0.0016	0.54
28	22c	6.767	0.07	0.3811	0.0025	0.41	2.62398	0.0172	0.1284	0.0012	0.25
29	23c	6.766	0.07	0.3898	0.0024	0.48	2.56542	0.0158	0.1260	0.0011	0.27
30	24c	7.260	0.47	0.2800	0.0110	0.92	3.57143	0.1403	0.1847	0.0055	0.67
31	25c	6.750	0.10	0.3892	0.0042	0.90	2.56937	0.0277	0.1259	0.0009	0.28
32	25m	6.599	0.07	0.3786	0.0023	0.42	2.64131	0.0160	0.1264	0.0012	0.15
33	26c	6.844	0.08	0.3915	0.0032	0.66	2.55428	0.0209	0.1269	0.0011	0.22
34	27c	7.042	0.06	0.3955	0.0020	0.31	2.52845	0.0128	0.1293	0.0011	0.26
35	28c	7.093	0.06	0.4050	0.0024	0.56	2.46914	0.0146	0.1274	0.0009	0.32
36	29c	6.718	0.07	0.3899	0.0024	0.46	2.56476	0.0158	0.1251	0.0011	0.25
37	30c	6.658	0.06	0.3802	0.0020	0.50	2.63020	0.0138	0.1269	0.0010	0.22
38	31c	6.619	0.08	0.3823	0.0025	0.45	2.61575	0.0171	0.1260	0.0012	0.21
39	32c	6.642	0.07	0.3861	0.0022	0.32	2.59000	0.0148	0.1252	0.0013	0.29
40	33c	6.766	0.07	0.3860	0.0024	0.52	2.59067	0.0161	0.1273	0.0010	0.23
41	33m	6.454	0.07	0.3753	0.0021	0.33	2.66454	0.0149	0.1244	0.0013	0.30
42	34c	6.579	0.05	0.3774	0.0019	0.33	2.64971	0.0133	0.1263	0.0010	0.38
43	35c	4.670	0.15	0.2580	0.0052	0.83	3.87597	0.0781	0.1321	0.0026	0.43
44	36c	6.928	0.05	0.3922	0.0025	0.63	2.54972	0.0163	0.1278	0.0008	0.45
45	37c	6.832	0.08	0.3888	0.0023	0.41	2.57202	0.0152	0.1276	0.0011	0.21
46	38c	7.628	0.08	0.4083	0.0032	0.46	2.44918	0.0192	0.1348	0.0012	0.49
47	39c	6.659	0.06	0.3849	0.0028	0.77	2.59808	0.0189	0.1252	0.0008	0.17

Age, Ma						Concentrations, ppm			U/Th
$^{207}\text{U}/^{235}\text{Pb}$	2 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	U	Th	Pb	
2031.8	5	2016.2	9.3	2050.6	9.5	1484.0	1553.0	1568.0	1.0
2083	10	2091	10	2077	19	169.4	44.4	50.9	3.8
2100.6	7.9	2144	11	2062	14	317.9	153.1	164.5	2.1
2154.3	7.2	2235	12	2074	11	476.7	82.0	92.0	10.3
2109	12	2129	12	2098	23	97.3	74.1	77.4	1.3
2125	11	2171	20	2069	13	482.0	267.0	301.0	1.8
2084	12	2081.7	9.5	2105	20	378.0	17.1	34.6	21.8
1912	25	1690	15	2163	41	1388.0	49.4	241.0	28.6
2018.9	7.8	2011.1	7.9	2029	15	396.0	19.3	23.3	20.1
2065.7	8.9	2098	12	2037	14	297.0	99.6	106.6	3.0
1196	26	815	25	1997	18	1671.0	106.7	151.0	15.7
2142	10	2213	17	2080	17	215.5	88.7	105.9	2.4
2047	12	2030	14	2076	16	1279.0	73.8	108.0	17.1
2066	14	1986	15	2151	28	55.4	38.9	40.7	1.5
2100.8	7.2	2163	11	2046	12	497.0	183.3	204.5	2.8
2064	9.9	2101	11	2029	19	186.8	89.2	92.6	2.1
2106.2	8.9	2158	11	2059	14	349.5	197.7	211.8	1.8
2098.6	8.6	2150	10	2049	15	321.6	145.3	149.3	2.3
2340	14	2400	24	2295.3	9.9	631.0	96.0	123.8	7.2
2069	9.8	2127	13	2018	16	302.3	51.9	51.2	5.8
2072.9	7.7	2097.8	9.7	2058	13	480.9	382.0	394.8	1.3
2539.9	8.8	2585	16	2501	11	376.0	204.6	271.1	1.9
2074	8.4	2078	10	2071	17	206.5	139.0	140.8	1.5
2071.8	9.1	2108	19	2046	11	813.0	705.4	754.2	1.2
2189	14	2271	23	2123	15	270.8	157.0	180.3	1.9
2209.7	9.4	2256	24	2162	17	281.0	67.7	96.7	6.0
2276.1	9.7	2324	20	2239	20	304.1	87.8	141.0	3.7
2080.6	8.9	2081	11	2072	16	348.0	214.0	219.3	1.7
2081.9	8.8	2122	11	2040	15	340.4	98.1	104.6	3.5
2097	48	1591	54	2665	47	1061.0	161.1	606.0	6.6
2075	13	2118	19	2039	12	1160.0	426.0	408.0	2.9
2060.1	9.8	2070	11	2045	17	177.9	66.9	67.5	2.7
2092	10	2130	15	2052	15	297.7	108.6	113.3	2.9
2115.7	7.5	2148.2	9.2	2089	15	355.0	192.0	209.0	2.1
2122.9	6.8	2192	11	2061	12	539.1	227.7	243.8	2.4
2075.1	8.7	2122	11	2027	16	245.3	101.5	104.8	2.5
2066.7	7.3	2078.8	9.6	2054	13	544.3	362.0	370.7	1.5
2063	10	2086	12	2041	18	212.5	82.9	91.7	2.6
2066.9	9.1	2105	10	2031	19	182.0	80.9	82.5	23
2082.2	8.7	2104	11	2059	14	337.0	147.0	150.8	2.4
2040.4	9.3	2054	10	2018	19	181.8	54.7	55.3	3.4
2056.9	7	2063.8	9	2047	15	404.1	190.7	192.4	2.1
1739	23	1477	27	2100	30	984.0	1318.0	898.0	0.7
2102.1	6.2	2133	12	2068	11	688.4	786.1	827.0	0.9
2089.8	9.5	2118	10	2064	16	221.0	81.3	88.0	2.7
2188.9	8.7	2206	15	2160	16	258.8	98.4	127.8	2.7
2067.7	8.3	2099	13	2032	10	798.0	76.3	107.1	10.6

Spot #	Crystal #	Isotope ratios									
		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$	Error Corr	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$	Error Corr
48	40c	6.736	0.05	0.3883	0.0021	0.40	2.57533	0.0139	0.1255	0.0009	0.23
49	41c	7.540	0.18	0.3896	0.0048	0.92	2.56674	0.0316	0.1390	0.0015	0.69
50	42c	7.340	0.07	0.3880	0.0029	0.43	2.57732	0.0193	0.1362	0.0012	0.28
40	33c	6.766	0.07	0.3860	0.0024	0.52	2.59067	0.0161	0.1273	0.0010	0.23
41	33m	6.454	0.07	0.3753	0.0021	0.33	2.66454	0.0149	0.1244	0.0013	0.30
42	34c	6.579	0.05	0.3774	0.0019	0.33	2.64971	0.0133	0.1263	0.0010	0.38
43	35c	4.670	0.15	0.2580	0.0052	0.83	3.87597	0.0781	0.1321	0.0026	0.43
44	36c	6.928	0.05	0.3922	0.0025	0.63	2.54972	0.0163	0.1278	0.0008	0.45
45	37c	6.832	0.08	0.3888	0.0023	0.41	2.57202	0.0152	0.1276	0.0011	0.21
46	38c	7.628	0.08	0.4083	0.0032	0.46	2.44918	0.0192	0.1348	0.0012	0.49
47	39c	6.659	0.06	0.3849	0.0028	0.77	2.59808	0.0189	0.1252	0.0008	0.17
48	40c	6.736	0.05	0.3883	0.0021	0.40	2.57533	0.0139	0.1255	0.0009	0.23
49	41c	7.540	0.18	0.3896	0.0048	0.92	2.56674	0.0316	0.1390	0.0015	0.69
50	42c	7.340	0.07	0.3880	0.0029	0.43	2.57732	0.0193	0.1362	0.0012	0.28
51	43c	6.984	0.07	0.3991	0.0029	0.78	2.50564	0.0182	0.1266	0.0006	0.19
52	44c	6.801	0.06	0.3840	0.0021	0.35	2.60417	0.0142	0.1284	0.0011	0.37
53	45m	6.866	0.07	0.3925	0.0026	0.65	2.54777	0.0169	0.1271	0.0008	0.15
54	46c	7.240	0.27	0.3854	0.0035	0.91	2.59471	0.0236	0.1341	0.0032	0.84
55	47c	7.613	0.06	0.4032	0.0026	0.31	2.48016	0.0160	0.1363	0.0013	0.40
56	48c	7.394	0.08	0.4276	0.0038	0.87	2.33863	0.0208	0.1265	0.0008	0.03
57	49c	6.139	0.06	0.3548	0.0029	0.71	2.81849	0.0230	0.1259	0.0008	0.17
58	50c	7.140	0.07	0.3958	0.0027	0.66	2.52653	0.0172	0.1303	0.0009	0.18
59	50m	6.875	0.07	0.4009	0.0028	0.71	2.49439	0.0174	0.1242	0.0008	0.17
60	51c	6.878	0.06	0.3913	0.0020	0.39	2.55558	0.0131	0.1269	0.0010	0.27
61	51m	6.703	0.06	0.3833	0.0020	0.37	2.60892	0.0136	0.1267	0.0010	0.25
62	52c	6.939	0.08	0.3914	0.0026	0.68	2.55493	0.0170	0.1286	0.0009	0.04
63	53c	7.111	0.07	0.4035	0.0025	0.51	2.47832	0.0154	0.1273	0.0011	0.25
64	53m	6.401	0.06	0.3713	0.0019	0.17	2.69324	0.0138	0.1250	0.0011	0.31
65	54c	6.518	0.07	0.3745	0.0038	0.84	2.67023	0.0271	0.1256	0.0007	0.15
66	55c	6.705	0.07	0.3921	0.0029	0.48	2.55037	0.0189	0.1237	0.0012	0.27
67	56c	6.707	0.06	0.3852	0.0020	0.25	2.59605	0.0135	0.1261	0.0011	0.36
68	57c	6.770	0.10	0.3878	0.0031	0.48	2.57865	0.0206	0.1253	0.0015	0.25
69	58c	6.932	0.07	0.4047	0.0034	0.79	2.47097	0.0208	0.1241	0.0007	0.25
70	59c	6.480	0.03	0.3832	0.0021	0.28	2.60960	0.0143	0.1222	0.0007	0.64
71	60c	7.086	0.07	0.4028	0.0026	0.55	2.48262	0.0160	0.1272	0.0010	0.24
72	61c	6.450	0.11	0.3838	0.0060	0.93	2.60552	0.0407	0.1211	0.0007	0.04
73	62c	6.469	0.05	0.3774	0.0019	0.24	2.64971	0.0133	0.1233	0.0010	0.46
74	63c	6.918	0.08	0.3991	0.0034	0.76	2.50564	0.0213	0.1249	0.0008	0.19
75	64c	7.670	0.13	0.3921	0.0027	0.64	2.55037	0.0176	0.1398	0.0016	0.15
76	65c	5.194	0.09	0.2993	0.0041	0.92	3.34113	0.0458	0.1246	0.0009	0.22
77	66c	8.760	0.17	0.4112	0.0035	0.76	2.43191	0.0207	0.1521	0.0019	0.37
78	67c	7.250	0.09	0.4037	0.0035	0.70	2.47709	0.0215	0.1296	0.0010	0.19
79	68c	6.813	0.07	0.3924	0.0031	0.59	2.54842	0.0201	0.1255	0.0011	0.26

П р и м і т к а. Літера біля номера датованого кристала означає: *c* — центральна частина кристала, *m* — крайова.

N o t e. A letter next to the number of dated zircon grain indicates the location of the analyzed spot within the grain: *c* —

Закінчення табл. 3  
The end of Table 3

Age, Ma						Concentrations, ppm			U/Th
<sup>207</sup> U/ <sup>235</sup> Pb	2σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ	U	Th	Pb	
2077.7	7.2	2114.8	9.9	2035	13	416.0	208.0	212.8	2.1
2169	22	2121	22	2213	20	1043.0	1014.0	1057.0	1.1
2153	8.9	2113	13	2175	16	399.0	157.3	218.5	2.5
2082.2	8.7	2104	11	2059	14	337.0	147.0	150.8	2.4
2040.4	9.3	2054	10	2018	19	181.8	54.7	55.3	3.4
2056.9	7	2063.8	9	2047	15	404.1	190.7	192.4	2.1
1739	23	1477	27	2100	30	984.0	1318.0	898.0	0.7
2102.1	6.2	2133	12	2068	11	688.4	786.1	827.0	0.9
2089.8	9.5	2118	10	2064	16	221.0	81.3	88.0	2.7
2188.9	8.7	2206	15	2160	16	258.8	98.4	127.8	2.7
2067.7	8.3	2099	13	2032	10	798.0	76.3	107.1	10.6
2077.7	7.2	2114.8	9.9	2035	13	416.0	208.0	212.8	2.1
2169	22	2121	22	2213	20	1043.0	1014.0	1057.0	1.1
2153	8.9	2113	13	2175	16	399.0	157.3	218.5	2.5
2108.7	8.5	2165	13	2049.6	9	773.0	409.0	449.8	1.9
2086.3	7.1	2094.9	9.7	2077	15	290.1	154.1	167.3	1.9
2094.4	8.5	2134	12	2059	12	585.0	170.6	175.9	3.5
2126	27	2101	16	2133	36	453.0	166.9	214.0	2.7
2185.4	7.2	2183	12	2180	16	260.1	83.2	120.7	3.1
2161	10	2296	18	2047	12	495.5	154.0	170.5	3.3
1997.4	8.8	1957	14	2040	11	750.0	253.0	208.5	2.9
2128.3	9	2150	13	2101	13	344.4	182.5	207.9	1.9
2094.8	8.5	2174	13	2018	11	594.0	146.0	160.4	4.0
2095.3	8	2129.5	9.3	2052	15	350.8	175.7	187.6	2.0
2071.9	7.7	2091.3	9.2	2050	14	348.7	38.7	43.2	9.0
2103.6	9.9	2129	12	2078	13	535.0	244.2	292.7	2.2
2125.5	8.7	2184	12	2058	15	239.0	109.8	125.2	2.1
2032	7.5	2035.2	8.7	2026	16	271.0	47.5	47.4	5.7
2049.1	9.3	2053	18	2036	10	1035.0	150.1	188.3	6.8
2071.5	9.7	2133	13	2008	16	220.9	74.3	82.3	2.9
2072.4	7.4	2101.2	9.5	2040	15	262.1	86.4	91.9	3.0
2083	12	2112	15	2033	22	145.8	37.4	39.4	3.8
2103	8.4	2190	15	2015.3	9.9	1132.0	590.0	780.0	1.8
2043.2	4.4	2092	10	1988.8	9.9	3152.0	60.3	66.2	51.1
2121.8	8.4	2181	12	2058	14	330.4	147.1	165.0	2.2
2040	15	2095	28	1971	11	937.0	278.0	312.0	3.3
2041	6.2	2063.8	9.1	2004	13	310.1	158.3	162.8	1.9
2100	10	2164	16	2027	12	488.0	182.2	205.6	2.6
2188	15	2133	13	2222	20	301.9	62.5	114.8	4.7
1847	16	1688	20	2023	12	1697.0	240.6	264.7	7.5
2310	18	2221	16	2364	22	376.0	80.2	208.3	4.5
2144	10	2185	16	2090	14	301.0	117.7	144.7	2.5
2085.8	9.2	2133	14	2038	15	276.7	95.7	108.3	2.8

central part, *m* — marginal part.

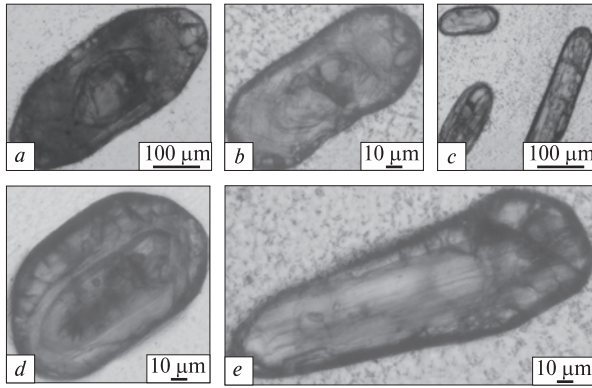


Рис. 4. Мікрофотографії полірованих зрізів кристалів циркону із ендербіту (пр. 34/16), с. Покотилове, трансмісійний мікроскоп

Fig. 4. Photomicrographs of the polished sections of zircon crystals from enderbite (smp. 34/16), Pokotylove village, transmitted light

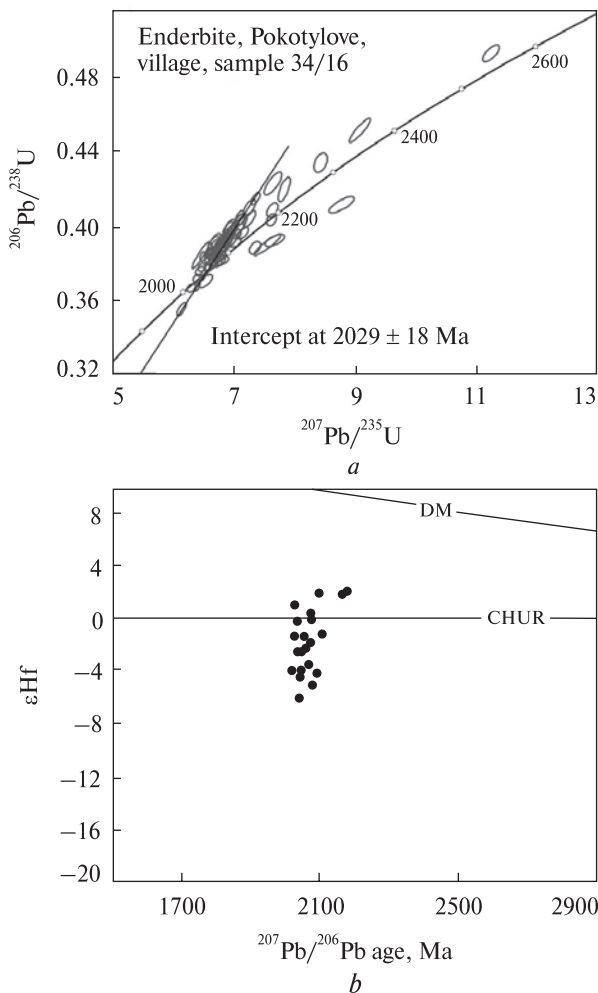


Рис. 5. U-Pb ізотопна діаграма з конкордією для ендербітів с. Покотилове, пр. 34/16 (a); величина  $\epsilon_{\text{Hf}}$  в кристалах циркону з тієї ж проби (b)

Fig. 5. U-Pb isotope diagram for zircon from enderbite, Pokotylove village (smp. 34/16) (a);  $\epsilon_{\text{Hf}}$  values in zircons from the same sample (b)

За результатами U-Pb ізотопного датування мультизернових наважок монациту із кристалічних порід, розкритих кар'єром поблизу с. Перегонівка: чарнокіто-гнейс (пр. 25/16), отримано вік  $2037,9 \pm 1,3$  млн рр., а із плагіо-чарнокіту (пр. 27/16) —  $2014,6 \pm 4,5$  млн рр. [8].

**Ендербіт слабо тектонізований (біотит-гранат-гіперстеновий), пр. 34/16, с. Покотилове, правий берег р. Ятрань, нижче мосту.**

Порода сірого забарвлення із зеленкуватим відтінком, гнейсоподібної текстури. Є темно-сірі плями розміром 6–7 см. Мікротекстура масивна. Також є кліважні тріщинки прямо-лінійної, зрідка звивистої форми потужністю до 0,1 мм, що виповнені тонким перетертим матеріалом.

Мікроструктура рівномірно-середньозерниста, з середнім розміром зерен 1,5–2,5 мм, з дрібнішими зернами (0,5–0,8 мм), гіпідіоморфнозерниста. Проявлені елементи тектонобластезу вздовж кліважу та, у меншій кількості, на міжзернових границях.

Мінеральний склад, %: плагіоклаз — 55–65, кварц — 18–23, гіперстен (релікти, заміщується амфіболом та гастингситом) — 4–6, біотит — 2–3, апатит — 2–3, гранат — до 3, рудні — 1–2. Акцесорні — циркон, апатит.

Циркон утворює сірувато-коричневі, коричневі короткопризматичні, призматичні, зрідка видовженопризматичні кристали з заокругленими контурами, здебільшого, сильно тріщинуватою поверхнею. Кристали складні, представлені різноманітними за формою ядрами та відносно тонкими оболонками. За видовженням відмічається широкий спектр ядер — видовженопризматичні (рис. 4, c, e), призматичні (рис. 4, d), але найпоширенішими є еліпсоподібні до ізометричних (рис. 4, a, b), зазвичай з заокругленими контурами. Товщина ядер також варіює в широких межах, на загал ядра є помітно розвинутішими, порівняно з кристалами циркону із чарнокіто-гнейсу (пр. 25/16).

На рис. 5, a зображено, що здебільшого аналізи лягають на дискордію, яка перетинає конкордію в точці з віком  $2029 \pm 18$  млн рр. Невелика кількість помірно дискордантних кристалів мають вік, за відношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , до 2500 млн рр. (табл. 3).

Ізотопний склад гафнію в кристалах циркону ендербіту варіює в широких межах  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,28131$  до  $0,28151$ , та  $\epsilon_{\text{Hf}}$  — від  $-6,2$  до  $1,8$  (рис. 5, b, табл. 4). Такі варіації можна пояснити переважно мантійним джерелом маг-

Таблиця 4. Результати визначення ізотопного складу гафнію в цирконах з ендербіту (пр. 34/16)

Table 4. Results of Hf isotope analysis in zircons from enderbite (smp. 34/16)

Spot #	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb age, Ma	<sup>176</sup> Hf/ <sup>177</sup> Hf	±1σ	<sup>176</sup> Lu/ <sup>177</sup> Hf	<sup>176</sup> Yb/ <sup>177</sup> Hf	<sup>176</sup> Hf/ <sup>177</sup> Hf <sub>T</sub>	εHf <sub>T</sub>	±2σ
1	2051	0.281466	0.000034	0.001680	0.0425	0.2814	-2.6	2.4
2	2077	0.281460	0.000015	0.000285	0.0064	0.2814	-0.3	1.0
5	2098	0.281504	0.000024	0.000334	0.0082	0.2815	1.7	1.7
7	2105	0.281400	0.000034	0.000044	0.0014	0.2814	-1.4	2.4
8	2163	0.281468	0.000027	0.000530	0.0133	0.2814	1.6	1.9
9	2029	0.281525	0.000033	0.000420	0.0114	0.2815	0.7	2.3
10	2037	0.281428	0.000023	0.000510	0.0120	0.2814	-2.6	1.6
13	2076	0.281508	0.000031	0.001125	0.0276	0.2815	0.2	2.2
21	2058	0.281429	0.000024	0.000756	0.0184	0.2814	-2.5	1.7
23	2071	0.281377	0.000020	0.000539	0.0119	0.2814	-3.7	1.4
28	2072	0.281428	0.000035	0.000666	0.0158	0.2814	-2.1	2.5
32	2045	0.281351	0.000023	0.000039	0.0013	0.2813	-4.5	1.6
34	2089	0.281339	0.000023	0.000362	0.0084	0.2813	-4.4	1.6
37	2054	0.281454	0.000027	0.000684	0.0158	0.2814	-1.6	1.9
38	2041	0.281328	0.000028	0.000578	0.0131	0.2813	-6.2	2.0
41	2018	0.281386	0.000028	0.000180	0.0048	0.2814	-4.1	2.0
42	2047	0.281380	0.000031	0.000504	0.0112	0.2814	-4.1	2.2
52	2077	0.281337	0.000025	0.000659	0.0153	0.2813	-5.2	1.7
55	2180	0.281476	0.000028	0.000839	0.0206	0.2814	1.8	2.0
64	2026	0.281461	0.000025	0.000397	0.0095	0.2814	-1.6	1.7
65	2036	0.281502	0.000022	0.000839	0.0207	0.2815	-0.5	1.6

Примітка. Номер аналітичної точки збігається з номером аналізу з табл. 3.

Note. The number of the analytical spot corresponds to the number of the analysis in Table 3.

магматичного розплаву, який зазнавав деякої контамінації давнішим коровим матеріалом.

Отже, за часом формування та ізотопним складом гафнію в цирконах чарнокітоїди нижньої течії р. Ятрань подібні до гранулітів, досліджених нами в Кошаро-Олександрівському кар'єрі [9] та в кар'єрах поблизу с. Чаусове [10].

За результатами U-Pb ізотопного датування мультизернових наважок монациту із гранатового ендербіто-гнейсу (пр. 35/16), що відібрано із того ж відслонення, що і ендербіт, отримано вік  $2028,8 \pm 2,8$  млн рр. [8]. Слід підкреслити, що палеопротерозойський ювенільний гранітоїдний магматизм був поширений у більшості мегаблоків Українського щита, окрім Середньопридніпровського [1, 6, 7, 12].

**Обговорення та висновки.** Отримані результати щодо U-Pb ізотопного віку цирконів та ізотопного складу Hf дають можливість зробити висновки, що протоліт чарнокіто-гнейсів с. Перегонівка кристалізувався з мантійного магматичного розплаву орієнтовно 3000 млн рр.

тому, водночас зазнавав незначної контамінації давнішим коровим матеріалом. За своїм віком та ізотопним складом гафнію ці породи подібні до гранулітів, досліджених нами в Кошаро-Олександрівському кар'єрі та в кар'єрах поблизу с. Чаусове. Враховуючи ювенільний характер гафнію, можна стверджувати, що в інтервалі 3000–2700 млн рр. тому Середнє Побужжя зазнало впливу потужних геологічних процесів, які призвели до нарощування нової континентальної кори на еоархейському ядрі. Потрібно підкреслити, що відбувалося саме формування нової кори, а не перетворення давнішої.

Орієнтовно 2040–2030 млн рр. тому порода на асоціація Середнього Побужжя зазнала впливу метаморфізму / метасоматозу / магматичної інфільтрації, який призвів до кристалізації нової популяції цирконів, також з ювенільним ізотопним складом Hf. Принагідно нагадаємо, що ювенільний гранітоїдний магматизм у цей час був поширений у більшості мегаблоків Українського щита.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Артеменко Г.В., Самборская И.А., Швайка И.А., Гоголев К.И., Довбуш Т.И. Этапы раннепротерозойского коллизионного гранитоидного магматизма и метаморфизма на Приазовском и Среднеприднепровском мегаблоках Украинского щита. *Мінерал. журн.* 2018. **40**, № 2. С. 45–62. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.045>
2. Гинтов О.Б., Ентин В.А., Мычак С.В., Павлюк В.Н., Зюльцле В.В. Структурно-петрофизическая и тектонофизическая основа геологической карты кристаллического фундамента центральной части Голованевской шовной зоны Украинского щита. *Геодиз. журн.* 2016. **38**, № 3. С. 3–28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777>
3. Гінтов О.Б., Шевчук В.В. Структурованість Українського щита та особливості ранньодокембрійського розломуутворення на прикладі Голованівської шовної зони. Київ: ТОВ "НВП Інтерсервіс", 2017. 162 с.
4. Державна геологічна карта України. М-6 1 : 200 000. Геологічна карта і карта корисних копалин кристалічного фундаменту. Центральноукраїнська серія. Лист М-36-XXXI (Первомайськ). Київ: Держ. геол. служба України, 2004.
5. Мычак С., Курило С., Муровская А. Структурные особенности кристаллического фундамента Голованевской шовной зоны в бассейне р. Ятрань по тектонофизическим данным. *Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія.* 2018. № 1 (80). С. 23–32. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.80.03>
6. Пономаренко А.Н., Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В. Геохронологія і геодинаміка палеопротерозоя Українського щита. *Мінерал. журн.* 2014. **36**, № 2. С. 48–60.
7. Степанюк Л.М., Довбуш Т.І., Курило С.І., Лісна І.М. Фінальний етап гранітоїдного магматизму в Дністровсько-Бузькому мегаблочі Українського щита. *Геохімія та рудоутворення.* 2016. **36**. С. 72–81. <https://doi.org/10.15407/gof.2016.36.072>
8. Степанюк Л.М., Гінтов О.Б., Мичак С.В., Курило С.І., Довбуш Т.І., Зюльцле О.В., Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Коваленко Н.О. Вік монациту кристалічних порід нижньої течії р. Ятрань (Дністровсько-Бузький мегаблок Українського щита) за уран-свинцевим методом. *Геохімія та рудоутворення.* 2018. **39**. С. 24–35. <https://doi.org/10.15407/gof.2018.39.024>
9. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Гаценко В.О., Лісна І.М., Довбуш Т.І., Вайлд С.А., Немчін А.А., Багінські Б., Білан О.В. U-Pb геохронологія (LA-ICP-MS) геологічних процесів у гранулітах Середнього Побужжя. Стаття 1. Породна асоціація Кошаро-Олександрівського кар'єру. *Мінерал. журн.* 2020. **42**, № 3. С. 50–68. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.03.050>
10. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Вайлд С.А., Немчін А.А., Білан О.В. U-Pb геохронологія (LA-ICP-MS) геологічних процесів у гранулітах Середнього Побужжя. Стаття 2. Породна асоціація Чаусівської групи кар'єрів. *Мінерал. журн.* 2020. **42**, № 4. С. 84–103. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.04.084>
11. Шумлянський Л.В. Геохімія піроксенових плагіогнейсів (ендербітів) Побужжя та ізотопний склад гафнію в цирконах. *Мінерал. журн.* 2012. **34**, № 2. С. 64–79.
12. Шумлянський Л.В., Степанюк Л.М., Клаессон С., Руденко К.В., Беккер А.Ю. Уран-свинцева за цирконом та монацитом геохронологія гранітоїдів житомирського та шереметівського комплексів, Північно-Західний район Українського щита. *Мінерал. журн.* 2018. **40**, № 2. С. 63–85. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.063>
13. Щербак І.Б. Петрографія докембрійських порід центральної частини Українського щита. Київ: Наук. думка, 1975. 278 с.
14. Bibikova E.V., Claesson S., Fedotova A.A., Stepanyuk L.M., Shumlyansky L.V., Kirnozova T.I., Fugzan M.M., P'insky L.S. Isotope-geochronological (U-Th-Pb, Lu-Hf) study of the zircons from the Archean magmatic and metasedimentary rocks of the Podolia domain, Ukrainian shield. *Geochem. Intl.* 2013. **51** (2). P. 87–108. <https://doi.org/10.1134/S0016702913020031>
15. Claesson S., Bibikova E., Shumlyansky L., Dhuime B., Hawkesworth C. The oldest crust in the Ukrainian Shield — Eoarchean U-Pb ages and Hf-Nd constraints from enderbites and metasediments. Eds. Van Kranendonk, N.M.W., Parman, S., Shirey, S. and Clift, P.D. *Continent Formation Through Time. Geological Society, London, Spec. Publ.* 2015. **389**. P. 227–259. <https://doi.org/10.1144/SP389.9>
16. Shumlyansky L., Wilde S.A., Nemchin A.A., Claesson S., Billström K., Bagiński B. Eoarchean rock association in the Dniester-Bouh Domain of the Ukrainian Shield: A suite of LILE-depleted enderbites and mafic granulites. *Precam. Res.* Available online 5 Novem. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.106001>

Надійшла 17.09.2020

REFERENCES

1. Artemenko, G.V., Samborska, I.A., Shvaika, I.A., Gogolev, K.I. and Dovbush, T.I. (2018), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 40, No. 2, Kyiv, UA, pp. 45-62 [in Russian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.045>
2. Gintov, O.B., Entin, V.A., Mychak, S.V., Pavlyuk, V.N. and Zyultsle, V.V. (2016), *Geophys. Journ.*, Vol. 38, No. 3, Kyiv, UA, pp. 3-28 [in Russian]. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777>
3. Gintov, O.B. and Shevchuk, V.V. (2017). The structuredness of the Ukrainian Shield and features of the Early Precambrian fault formation on the example of the Holovanivsk suture zone, TOV "NVP Interservis", Kyiv, UA, 162 p. [in Ukrainian].
4. (2004) *State geological map of Ukraine*. Scale 1 : 200 000. Sheet M-36-XXXI (Pervomaisk). State geol. survey, Kyiv [in Ukrainian].
5. Mychak, S., Kurylo, S. and Murovskaya, A. (2018). *Visnyk Taras Shevchenko National Univ. of Kyiv, Geology*, No. 1 (80), Kyiv, UA, pp. 23-32 [in Russian]. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.80.03>
6. Ponomarenko, A.N., Stepanyuk, L.M. and Shumlyansky, L.V. (2014), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 36, No. 2, Kyiv, UA, pp. 48-60 [in Russian].
7. Stepanyuk, L.M., Dovbush, T.I., Kurylo, S.I. and Lisna, I.M. (2016), *Geochemistry and Ore Formation*, Vol. 36, Kyiv, UA, pp. 72-81 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/gof.2016.36.072>
8. Stepanyuk, L.M., Gintov, O.B., Mychak, S.V., Kurylo, S.I., Dovbush, T.I., Ziultsle, O.V., Syomka, V.A., Bondarenko, S.N. and Kovalenko, N.A. (2018), *Geochemistry and Ore Formation*, Vol. 39, Kyiv, UA, pp. 24-35 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/gof.2018.39.024>
9. Stepanyuk, L.M., Shumlyansky, L.V., Gatsenko, V.O., Lisna, I.M., Dovbush, T.I., Wilde, S.A., Nemchin, A.A., Bagiński, B. and Bilan, O.V. (2020), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 42, No. 3, Kyiv, UA, pp. 50-68 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.03.050>
10. Stepanyuk, L.M., Shumlyansky, L.V., Wilde, S.A., Nemchin, A.A. and Bilan, O.V. (2020), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 42, No. 4, Kyiv, UA, pp. 84-103 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.04.084>
11. Shumlyansky, L.V. (2012), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 34, No. 2, Kyiv, UA, pp. 64-79 [in Ukrainian].
12. Shumlyansky, L.V., Stepanyuk, L.M., Claesson, S., Rudenko, K.V. and Bekker, A. (2018), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 40, No. 2, Kyiv, UA, pp. 63-85 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.063>
13. Shcherbakov, I.B. (1975), *Petrography of Precambrian rocks of the central part of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 278 p. [in Russian].
14. Bibikova, E.V., Claesson, S., Fedotova, A.A., Stepanyuk, L.M., Shumlyansky, L.V., Kirnozova, T.I., Fugzan, M.M. and Il'insky, L.S. (2013), *Geochem. Intl.*, Vol. 51 (2), pp. 87-108. <https://doi.org/10.1134/S0016702913020031>
15. Claesson, S., Bibikova, E., Shumlyansky, L., Dhuime, B. and Hawkesworth, C. (2015), in Van Kranendonk, N.M.W., Parman, S., Shirey, S. and Clift, P.D. (eds), *Continent Formation Through Time. Geological Society, London, Spec. Publ.*, Vol. 389, pp. 227-259. <https://doi.org/10.1144/SP389.9>
16. Shumlyansky, L., Wilde, S.A., Nemchin, A.A., Claesson, S., Billström, K. and Bagiński, B. (2020), *Precam. Res.* <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.106001>

Received 17.09.2020



*L.M. Stepanyuk*, DrSc (Geology), Corresponding member of NAS of Ukraine, Prof., Deputy director  
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

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

*L.V. Shumlyanskyi*, DrSc (Geology), Senior Research Fellow, Leading Researcher  
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

E-mail: lshumlyanskyi@yahoo.com; <http://orcid.org/0000-0002-6775-4419>

*S.I. Kurylo*, PhD (Geology), Research Fellow  
Earth Science Institute Slovak Academy of Sciences  
974 01, Banska Bystrica, Slovakia, Ďumbierska, 1

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

*V.O. Syomka*, DrSc (Geology), Senior Research Fellow, Leading Researcher  
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,  
Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

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

*S.M. Bondarenko*, PhD (Geology), Senior Research Fellow  
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,  
Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

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

*S.A. Wilde*, Prof. Curtin University, School of Earth and Planetary Sciences  
GPO Box U1987, Perth WA 6845 Australia

E-mail: s.wilde@curtin.edu.au; <http://orcid.org/0000-0002-4546-8278>

*A.A. Nemchin*, Prof. Curtin University, School of Earth and Planetary Sciences  
GPO Box U1987, Perth WA 6845 Australia

E-mail: A.Nemchin@curtin.edu.au; <http://orcid.org/0000-0002-3955-3409>

#### THE U-Pb ZIRCON GEOCHRONOLOGY (*LA-ICP-MS*) OF GEOLOGICAL PROCESSES IN GRANULITES OF MIDDLE BOUH AREA.

##### Article 3. Rock association in the lower reaches of the Yatran river

*LA-ICP-MS* method was applied to investigate U-Pb and Lu-Hf isotope systematics of zircon crystals from charnockitic gneiss and biotite-garnet-hypersthene enderbite that occur in the lower reaches of the Yatran river (Yatran block of the Bouh river area). According to the obtained isotope data, charnockitic gneiss hosts three zircon populations. The oldest one is represented by three crystals that have isotope age between 3125 and 3300 Ma, and  $\epsilon_{\text{Hf}}$  values between  $-2.3$  and  $-7.5$ . The next population is well-defined, it has an age of  $2038 \pm 25$  Ma and large variations of Hf isotope composition:  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  — from 0.28122 to 0.28261,  $\epsilon_{\text{Hf}}$  — from  $-9.3$  до 4.6. However, the ages of most of the analyzed zircons spread along the concordia between 2300 and 2800 Ma. All zircons in this population have a similar Hf isotope composition  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0.28072$  to 0.28092, which does not depend on the age. It is characteristic that the oldest (with preserved U-Pb isotope systematics) crystals have positive or slightly negative  $\epsilon_{\text{Hf}}$  values. Most of the U-Pb isotope analyses of zircons from enderbite fall on the discordia line that has an upper interception age of  $2029 \pm 18$  Ma. A small number of discordant grains have  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ages up to 2500 Ma. Hafnium isotope composition in zircons from enderbite varies widely:  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0.28131$  to 0.28151, and  $\epsilon_{\text{Hf}}$  from  $-6.2$  to 1.8.

**Keywords:** Middle Bouh area, granulite association, charnockitic gneiss, zircon, enderbite, U-Pb isotope ages.