

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.2.307302>

УДК 552.33 (477)

Петрологічні та геохімічні особливості лужних порід північно-західного району Українського щита

О.Ю. Цимбал¹, О.В. Дубина^{1,2}, С.Г. Кривдік^{1*}

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України; ² Навчально-науковий інститут «Інститут геології» Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна

Petrological and geochemical peculiarities of alkaline rocks in the North-Western region of the Ukrainian Shield

O.Yu. Tsybmal¹, O.V. Dubyna^{1,2}, S.G. Kryvdik^{1*}

¹ M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine; ² Educational and Scientific Institute "Institute of Geology" of Taras Shevchenko Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

E-mail: tsybmaloleksandra1@gmail.com,
<https://orcid.org/orcid:0000-0002-8800-9899>;
dubyna_a@ukr.net,
<https://orcid.org/0000-0002-6003-4873>;
kryvdik@ukr.net,
<https://orcid.org/0000-0002-8356-1115>

*Corresponding author /

Автор для кореспонденції:

С.Г. Кривдік, kryvdik@ukr.net

Received / Надійшла до редакції:

09.11.2023

Received in revised form /

Надійшла у ревізованій формі:

10.03.2024

Accepted / Прийнята:

25.05.2024

Keywords: alkaline-ultrabasic rocks; alkaline gabbroids; depletion; HFSE; REE; northwestern region of the Ukrainian Shield.

Ключові слова: лужно-ультраосновні породи; лужні габброїди; деплетация; HFSE; REE; північно-західний район Українського щита.

The data of chemical composition and content of trace elements in alkaline-ultrabasic rocks of the north-western region of the Ukrainian Shield are summarized. The occurrences of alkaline rocks of this composition were discovered as results of drilling in four areas (Horodnytsa, Hlumcha, Bolyarka, Hubkiv). They are presented by small hypabyssal intrusions, stock- and dike-like bodies. The rocks are represented by the jacupirangite-melteigite series, which belong to high-Mg (Mg# 0.7–0.8) varieties. Less common are alkaline and subalkaline gabbroids found in thin apophyses and veins near alkaline-ultrabasic bodies. It is assumed that these gabbroids were formed as a result of crust material contamination of the primary alkaline-ultrabasic melts. The alkaline-ultrabasic rocks of all occurrences have high Cr (233–2737 ppm) and Ni (95–1022 ppm), but are unusually depleted in incompatible elements (Nb, Ta, Zr, Hf, REE, Y), with moderate Ba and Sr. Their geochemical features sharply differ from similar rocks, carbonatite and alkaline complexes known as in the Ukrainian Shield and other regions of the world. Despite the primitive composition of alkaline-ultrabasic rocks and anomalous REE depletion, their chondrite-normalized patterns have negative slopes and are similar to differentiated rocks with a prevailing of LREE (La/Yb = 6–16). The petrogenesis of such primitive and trace-element depleted alkaline-ultrabasic rocks is enigmatic. We suppose that these unusual geochemical features are the result of primary melt(s) generation from mantle source and their evolution by a similar way. For the alkaline rocks of the Horodnytsa, Hlumcha intrusions, and possibly the Hubkiv occurrence, the primary melts arose through partial melting of garnet (with amphibole?) peridotites. At the same time, the primary melt for the Bolyarka intrusion was generated by partial melting of spinel peridotite, probably in a shallower environment. The anomalous depletion at HFSE and REE can be considered as the result of specific conditions of partial melting of depleted mantle source at low temperature and pressure, when refractory minerals concentrating these elements (rutile, amphibole) remained in the restite, or due to early crystallization and fractionation of concentrating minerals (perovskite, apatite).

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Цитування: Цимбал О.Ю., Дубина О.В., Кривдік С.Г. Петрологічні та геохімічні особливості лужних порід північно-західного району Українського щита. *Геологічний журнал*. 2024. № 2 (387). С. 35–62. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.2.307302>

Citation: Tsybmal O.Yu., Dubyna O.V., Kryvdik S.G. 2024. Petrological and geochemical peculiarities of alkaline rocks in the North-Western region of the Ukrainian Shield. *Geologichnij zhurnal*, 2 (387): 35–62. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.2.307302>

Вступ

За останні 20–30 років у північно-західному районі (Житомирська і Рівненська обл.) Українського щита (УЩ) було виявлено чотири невеликі інтрузії та кілька дайок лужних і сублужних порід. Це визначило цей район як нову провінцію лужного магматизму в межах УЩ. Раніше лужні породи були відомі в Приазов'ї, Побужжі та Середньому Придніпров'ї (Малотерсянський масив), а також у межах та на окраїнах Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів. До недавнього часу вважалося, що в цій новій провінції наявні тільки лужно-ультраосновні породи якупірангіт-мельтейгітової серії, які дійсно там є домінуючими. Проте за результатами детальних петрологічних досліджень виявилось, що лужно-ультраосновні породи в цьому районі також просторово асоціюють із дайковими основними породами сублужного або лужного ряду, які іноді важко відрізнити від слабо-

розкристалізованих лужно-ультраосновних порід гіпабісального дайкового типу. Обидва типи порід представлені магnezіальними різновидами, а за вмістом несумісних елементів-домішок їх можна трактувати як продукти кристалізації слабо диференційованих (примітивних) мантійних розплавів.

Невеликі інтрузії цих порід поширені на захід від Коростенського плутону на площі близько 100 × 100 км переважно серед гранітоїдів житомирського комплексу (рис. 1). Хоча досліджувані породи загалом подібні між собою в петрологічному та геохімічному аспектах, проте кожен з їхніх проявів характеризується деякими особливостями, які розглядаються нижче.

Мета роботи – узагальнення результатів опублікованих раніше досліджень лужних порід північно-західної району УЩ з останніми авторськими доповненнями та петрогенетична інтерпретація наявних матеріалів.



Рис. 1. Розташування проявів лужно-ультраосновних порід у північно-західній частині УЩ: 1 – інтрузії лужно-ультраосновних порід; 2 – плагіограніти, плагіомігматити, граніти апліто-пегматоїдні (AR₃); 3 – гнейси і сланці біотитові, графіт-біотитові (PR₁); 4 – гнейси і амфіболіти (AR₃); 5 – мігматити (PR₁); 6 – гранодіорити, діорити, монзоніти, габро, піроксеніти (PR₁); 7 – метадіабази, метаандезити, метапорфірити (PR₂); 8 – граніти і гранодіорити (PR₂); 9 – габро і габро-норити; 10 – габро-анортозити і анортозити; 11 – граніти рапаківі; 12 – сублужні граніти (PR₂); 13 – кварцити, кварцито-пісковики (PR₂); 14 – діабази, порфірити, кварцові порфіри, трахіандезити (PR₃); 15 – пісковики кварцові, конгломерати, гравеліти, діабази (PR₃); 16 – розломи; 17 – межі УЩ на дорифейському зрізі

Fig. 1. The occurrences of alkaline-ultrabasic rocks of the North-Western part of the Ukrainian Shield: 1 – intrusions of alkaline-ultrabasic rocks; 2 – plagiogranites, plagiomigmatites, aplite-pegmatoid granites (AR₃); 3 – biotite and graphite-biotite gneisses and schists (PR₁); 4 – gneisses and amphibolites (AR₃); 5 – migmatites (PR₁); 6 – granodiorites, diorites, monzonites, gabbro, pyroxenites (PR₁); 7 – metadiorites, metaandesites, metaporphyrites (PR₂); 8 – granites and granodiorites (PR₂); 9 – gabbro and gabbro-norites; 10 – gabbro-anorthosite and anorthosite; 11 – rapakivi granites; 12 – subalkaline granites; 13 – quartzites, quartzite-sandstones (PR₂); 14 – diabases, porphyrites, quartz porphyries, trachyandesites (PR₃); 15 – quartz sandstones, conglomerates, gravels, diabases (PR₃); 16 – faults; 17 – boundaries of the Ukrainian Shield on the Pre-Ryphean section

Методи досліджень. Використано традиційні петрологічні дослідження прозорих шліфів, класичні хімічні аналізи головних типів порід. Хімічний склад головних і акцесорних мінералів визначався як у концентратах хімічним методом, так і за допомогою електронної міроскопії. Особливості хімізму досліджуваних порід вивчалися на основі 127 хімічних аналізів петрогенних елементів, виконаних у хімічній лабораторії ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України та ЦЛ ПДРГП «Північгеологія». Дані про геохімічні особливості досліджуваних порід ґрунтуються на визначенні концентрації основних елементів-домішок (12 аналізів) методом ICP MS (Acme Laboratories, Ванкувер, Канада).

Геологічне положення інтрузій лужно-ультраосновних порід та коротка їх характеристика

Городницька інтрузія лужно-ультраосновних порід – це перша знахідка лужно-ультраосновних порід у північно-західному районі УЩ (Цымбал и др., 1997). Невелика дайкоподібна інтрузія була розкрита трьома свердловинами, за якими її потужність змінюється від 10–15 до 30 м. Ізотопний вік акцесорного циркону (2111 ± 12) млн років (Цымбал и др., 2007). Порооди цієї інтрузії представлені олівіновими мельтейгітами та якупірангітами (табл. 1), які переважають в нижній (придонній) частині інтрузії. За даними петрографічних досліджень серед останніх виділялися малопотужні інтервали більш лейкократових різновидів (шари, ділянки?) ійолітового складу, які, на жаль, не аналізувалися. Якщо інтервали із ійолітовими ділянками й аналізувалися, то результати хімічного аналізу відповідають мельтейгіту. Тобто, ійоліти утворюють малопотужні виділення (таксити) в меланократовій мельтейгітовій матриці.

Головні породоутворювальні мінерали цих порід – клінопіроксен (діопсид, акмітвісний діопсид, хромдіопсид, зрідка егірин-діопсид), олівін (форстерит) і нефелін. Підпорядковане значення мають амфіболи паргаситового складу (в тому числі хромвісні), які в одних випадках явно заміщують піроксен, а в інших – можуть трактуватися як пізньюмагматичні мінерали. Аналізи піроксену, олівіну, нефеліну та амфіболів частково наводилися в попередній публікації (Цымбал и др., 1997). Останнім часом (поки ця стаття перебувала в редакції «Геологічного журналу») з'явилися окремі статті авторів по олівінах, піроксенах (Цымбал, Кривдік, 2023а, 2023б), амфіболах (Цымбал, Кривдік, 2024) і по фенітах Городницької інтрузії

(Кривдік, Цымбал, 2023а). В останній наводиться розріз Городницької інтрузії. Крім згаданих породоутворювальних мінералів, було виявлено хромшпінеліди, в тому числі глибинного походження (Цымбал и др., 1997), піропи (Цымбал та ін., 2015), а також такі характерні для гіпабісальних лужно-ультраосновних порід мінерали, як перовськіт і титанистий ($10,5\% \text{TiO}_2$) андрадит. Перовськіт до теперішнього часу достовірно було виявлено в кімберлітах Приазов'я. Можливо, цей мінерал є у вулканітах лужно-ультраосновного складу в Дніпровсько-Донецькій западині. По суті, знахідку перовськіту в породах Городницької інтрузії можна вважати другою в Україні, а такий високотитанистий андрадит є першою знахідкою в кристалічних породах України.

Майже всі породи розраховуються на такі головні норми, як діопсид + геденбергіт, форстерит + фаяліт і нефелін із порівняно невеликою кількістю альбіту та ортоклазу (альбіт і ортоклаз могли розраховуватися з кальсилітового і кремнеземистого (SiO_2) мінералів нефеліну). В окремих аналізах з якупірангітів і мельтейгітів розраховується в незначній кількості енстатитовий і феросилітовий мінерали, які входять до складу модального клінопіроксену (якщо $(\text{Ca} + \text{Na})$ в кристалохімічній формулі мінералу $< 1,0$).

Всі різновиди порід Городницької та й інших інтрузій мають високу магнезіальність ($\text{Mg}\# = \text{Mg}/(\text{Fe} + \text{Mg})$) (0,70–0,83) та низький коефіцієнт аґпаїтності ($\text{PI} = (\text{Na} + \text{K})/\text{Al} = 0,26–0,65$, за винятком двох аналізів з Губківської ($\text{PI} = 1,07$ і $1,0$) та одного з Болярківської ($\text{PI} = 1,00$) інтрузій, а також ендоконтактних альбіт-діопсидових порід, де PI сягає до 0,98. В породах з високим PI піроксен представлений егірином або егірин-діопсидом (Цымбал, Кривдік, 2023б).

За співвідношенням ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) та SiO_2 породи Городницької інтрузії розташовуються в полі як лужних, так і сублужних порід, а окремі аналізи попадають в поле пікритів і перидотитів (нормальної лужності). В значній кількості досліджуваних якупірангітів і меланомельтейгітів вміст SiO_2 дещо вищий порівняно з типовими («класичними») однойменними породами з масивів карбонатитових комплексів та інших лужних порід. Це зумовлено передусім тим, що досліджувані породи мають непомірно низький вміст (як для такого типу порід) таких несилікатних мінералів, як апатит, титаномагнетит, перовськіт і, відповідно, оксидів TiO_2 , P_2O_5 , CO_2 , а також мало $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$, що разом підвищує вміст SiO_2 (див. табл. 1).

Таблиця 1. Хімічний та нормативний склад лужно-ультраосновних порід Городницької інтрузії
Table 1. Chemical and normative composition of alkaline-ultrabasic rocks of Horodnytsa intrusion

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Sample	421/ 106,1	421/ 106,4	420/ 104,4	420/ 99,7	420/ 70,4	421/ 100	421/ 80	421/ 73,1	420/ 74,5	420/ 74,5	420/ 83,6	420/ 19	420/ 24,4	420/ 29,4	421/ 87	420/ 89	420/ 42	420/ 42	420/ 42	420/ 44,5	420/ 46,5	420/ 46,5
SiO₂	46,23	49,59	44,06	42,54	43,44	45,28	44,21	43,91	45,1	43,72	43,32	42,74	45,06	44,59	44,12	42,44	43,89	41,04	43,92	43,75	43,32	43,01
TiO₂	0,41	0,48	0,26	0,27	0,41	0,41	0,51	0,34	0,6	0,48	0,25	0,27	0,39	0,42	0,42	0,46	0,41	0,29	0,27	0,27	0,36	0,3
Al₂O₃	6,71	5,09	4,36	9,26	9,3	5,9	6,33	7,03	7,24	8,95	10,04	9,73	9,65	11,24	10,47	9,37	9,59	10,89	12,42	12,9	11,68	11,97
Fe₂O₃	2,84	1,52	4,33	4,85	5,08	3,2	4,08	4,31	4,85	5,49	3,79	3,94	4,2	4,56	4,79	4,45	4,51	3,96	3,45	2,93	4,22	3,64
FeO	4,29	4,58	3,71	4,64	4,9	4,15	4,79	4,44	5,72	5,51	4,36	4,68	4,21	3,89	4,07	5,72	4,77	5,00	4,64	4,57	5,57	4,95
MnO	0,17	0,16	0,17	0,2	0,19	0,17	0,24	0,19	0,23	0,2	0,19	0,19	0,15	0,17	0,16	0,19	0,19	0,19	0,12	0,15	0,14	0,15
MgO	17,32	15,06	21,44	17,79	17,18	18,06	17,27	18,35	14,2	13,87	17,37	18,3	14,93	12,97	13,81	17,06	15,31	19,39	13,16	13,21	13,1	14,72
CaO	16,11	16,05	14,64	13,54	12,6	16,81	16,73	14,86	15,83	15,86	12,69	12,32	15,62	15,13	14,64	12,61	14,34	9,17	13,33	13,44	13,86	12,45
Na₂O	1,68	2,63	0,6	1,14	0,86	1,00	1,05	0,93	1,33	1,48	1,7	1,7	2,14	2,32	2,56	2,48	1,96	3,70	4,30	4,30	4,00	4,08
K₂O	0,7	0,7	0,32	0,62	1,00	0,3	0,4	0,55	0,6	0,62	0,74	0,74	0,81	0,94	0,74	1,00	0,77	0,94	1,22	1,04	0,83	1,01
P₂O₅	0,13	0,03	0,08	0,1	0,1	0,09	0,11	0,1	0,14	0,15	0,07	0,1	0,12	0,08	0,13	0,12	0,11	0,16	0,1	0,11	0,1	0,12
CO₂	1,33	2,88	1,76	1,19	0,91	2,91	1,05	1,56	1,61	1,26	0,4	1,12	1,12	0,98	1,05	1,05	1,07	1,02	1,02	1,15	0,8	1
S	0,05	0,05	0,06	0,09	0,07	0,13	0,06	0,08	0,08	0,14	0,09	0,04	0,06	0,05	0,1	0,07	0,08	0,01	0,09	0,08	0,12	0,08
H₂O	0,11	0,14	0,32	0,23	0,28	0,2	0,15	0,24	0,32	0,11	0,19	0,14	0,08	0,17	0,2	0,16	0,17	0,21	0,09	0,11	0,09	0,13
LOI	1,73	0,98	3,44	3,21	3,75	0,98	2,64	2,8	1,83	1,52	4,55	3,59	1,61	1,98	2,19	2,54	2,48	3,73	1,36	1,46	1,42	1,99
Total	99,81	99,94	99,55	99,67	99,93	99,59	99,62	99,69	99,68	99,36	99,75	99,6	100,15	99,49	99,45	99,72	99,65	99,7	99,49	99,47	99,61	99,6
Na₂O+K₂O	2,38	3,38	0,92	1,76	1,86	1,3	1,45	1,48	1,93	2,10	2,44	2,44	2,95	3,26	3,30	3,48	2,73	4,64	5,52	5,34	4,83	5,09
Mg/(Fe+Mg)	0,82	0,82	0,83	0,78	0,76	0,82	0,78	0,80	0,71	0,66	0,80	0,80	0,77	0,74	0,74	0,76	0,75	0,80	0,75	0,77	0,75	0,76
Na+K/Al	0,52	0,98	0,30	0,26	0,27	0,33	0,35	0,30	0,38	0,34	0,35	0,36	0,43	0,43	0,47	0,55	0,43	0,65	0,67	0,63	0,63	0,65

Таблиця 1. Хімічний та нормативний склад лужно-ультраосновних порід Городницької інтрузії (закінчення)
Table 1. Chemical and normative composition of alkaline-ultrabasic rocks of Horodnytsa intrusion (ending)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Sample	421/ 106,1	420/ 104,4	420/ 104,4	420/ 99,7	420/ 70,4	421/ 100	421/ 80	421/ 73,1	420/ 46,5	420/ 46,5	420/ 74,5	420/ 83,6	420/ 19	420/ 24,4	420/ 29,4	421/ 87	420/ 89	420/ 42	420/ 44,5	420/ 46,5	420/ 46,5	420/ 46,5
Normative composition (сiрw)																						
Ap	0,31	0,07	0,19	0,24	0,24	0,21	0,26	0,24	0,33	0,36	0,17	0,24	0,28	0,19	0,31	0,29	0,26	0,39	0,24	0,26	0,24	0,29
Ilm	0,79	0,92	0,52	0,53	0,53	0,79	1,00	0,67	1,17	0,93	0,50	0,53	0,75	0,82	0,82	0,90	0,80	0,58	0,52	0,52	0,70	0,58
Cal	3,09	6,63	4,18	2,81	2,16	6,72	2,47	3,67	3,75	2,93	0,96	2,66	2,59	2,29	2,46	2,46	2,51	2,42	2,37	2,67	1,85	2,33
Mag	4,20	2,23	6,55	7,31	7,68	4,71	6,11	6,47	7,21	8,14	5,78	5,96	6,18	6,79	7,16	6,65	6,74	6,00	5,10	4,34	6,24	5,41
Pyr	0,11	0,11	0,13	0,20	0,15	0,28	0,13	0,18	0,17	0,30	0,20	0,09	0,13	0,11	0,22	0,15	0,17	0,02	0,19	0,17	0,26	0,17
An	8,88	0,02	8,62	19,04	19,35	10,90	11,75	13,85	12,32	16,32	18,50	17,45	14,56	17,96	15,34	11,83	15,56	10,79	11,20	13,10	11,69	11,66
Alb	5,34	20,44	5,30	5,98	7,59	8,60	2,07	7,77	11,54	6,06	4,28	6,13	3,81	4,80	5,97	1,25	5,50	2,46	—	—	—	0,07
Ort	4,22	4,19	1,97	3,81	6,16	1,80	2,44	3,36	3,64	3,75	4,60	4,56	4,86	5,71	4,51	6,09	4,69	5,80	5,45	5,83	2,91	6,12
Di	45,19	42,55	41,08	30,66	28,18	39,55	47,53	37,49	39,35	38,69	32,11	27,40	40,58	38,07	37,86	31,48	35,73	20,62	33,99	32,26	35,79	30,91
Hed	4,63	6,48	2,01	2,57	2,62	3,33	4,73	3,02	5,60	4,76	3,00	2,71	3,59	2,98	2,80	4,05	3,71	2,15	4,76	4,82	5,89	4,19
En	—	—	6,81	—	1,89	5,82	—	—	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fs	—	—	0,38	—	0,20	0,56	—	—	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fo	16,18	12,78	20,95	22,31	20,79	15,10	15,69	20,96	12,58	12,20	21,48	24,42	13,28	10,89	12,54	20,46	15,94	28,64	12,39	13,07	11,68	16,31
Fa	2,09	2,46	1,30	2,36	2,44	1,61	1,97	2,13	2,26	1,90	2,53	3,05	1,49	1,08	1,17	3,33	2,09	3,77	2,19	2,47	2,43	2,80
Ne	4,97	1,12	—	2,19	—	—	3,85	0,20	—	3,66	5,88	4,81	7,90	8,33	8,86	11,04	6,28	16,38	20,10	20,13	18,69	19,15
Leu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,64	—

*Примітка: 1, 2 – ендоконтактова фація (контативної якупірангіти); 3-7 – якупірангіти збагачені форстеритом; 8 – середній склад із п'яти аналізів збагачених форстеритом якупірангітів; 9-16 – олівінові якупірангіти з деяко підвищеним вмістом нефеліну; 17 – середній склад якупірангіту із восьми аналізів (ан. 9-16); 18-21 – меланократові олівінові мельтеїти; 22 – середній склад меланократового олівінового мельтеїту з чотирьох аналізів (ан. 18-21).

*Note: 1, 2 – endocontact facies (contaminated jacupirangites); 3-7 – jacupirangites enriched in olivine; 8 – average chemical composition of jacupirangite enriched in olivine; 9-16 – olivine jacupirangites with some increased nepheline contents; 17 – average composition of jacupirangite (an. 9-16); 18-21 – melanocratic olivine melteigite (an. 18-21).

Якщо порода складається з 60–80 % діопсиду (47–53 % SiO_2) і 20 % нефеліну (43–44 % SiO_2), то вміст SiO_2 може досягати 50 % і більше, тобто таких значень, як у основних породах. Незначний вміст несиликатних мінералів дещо понижує розрахований вміст SiO_2 , але здебільшого він все ж таки вищий порівняно з однотипними та однойменними породами з інших регіонів, як це чітко проявляється на діаграмі $\text{MgO} - \text{SiO}_2$ (рис. 2). Ще контрастніше це видно на діаграмі $\text{MgO} - \text{TiO}_2$ (див. рис. 2). Виходячи з цих міркувань, діаграма $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ не наводиться, оскільки діаграми $\text{MgO} - \text{TiO}_2$ і $\text{MgO} - \text{SiO}_2$ є, на нашу думку, більш інформативними і розділяють досліджувані та однотипні породи з інших регіонів.

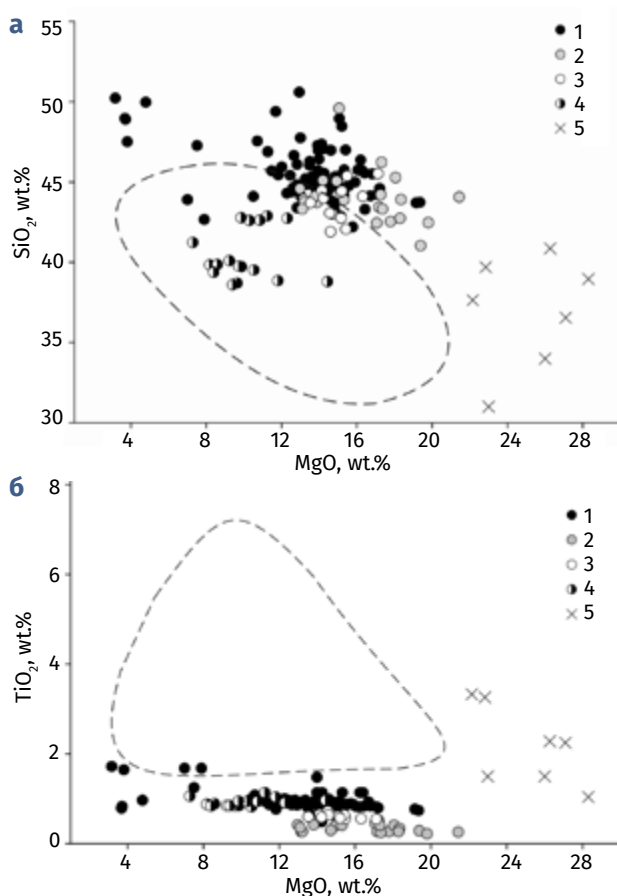


Рис. 2. Діаграми $\text{SiO}_2 - \text{MgO}$ та $\text{TiO}_2 - \text{MgO}$ лужних порід північно-західної частини УЩ. Інтрузії: 1 – Глумчанська; 2 – Городницька; 3 – Болярківська; 4 – Губківська; 5 – лужні пікріти Східно-Африканської рифтової зони (Белоусов и др., 1974), Кольського півострова (Арзамасцев и др., 1988; Калинин, Арзамасцев, 1991; Русанов и др., 1989, 1993), Маймеча-Котуйської провінції (Егоров, 1991). Пунктирна лінія – поле гіпабісальних і ефузивних порід Східно-Африканської рифтової зони, Хібінського масиву і Кольського півострова

Fig. 2. Diagrams $\text{SiO}_2 - \text{MgO}$ and $\text{TiO}_2 - \text{MgO}$ of alkaline rocks of the North-Western part of the Ukrainian Shield. Intrusions: 1 – Hlumcha; 2 – Horodnitsa; 3 – Bolyarka; 4 – Hubkiv; 5 – alkaline picrites of the East-African rift (Belousov et al., 1974), Kola peninsula (Arzamastsev et al., 1988; Kalinkin, Arzamastsev, 1991; Rusanov et al., 1989, 1993), the Maimecha-Kotui province (Egorov, 1991). Dotted line – field of hypabissal and effusive rocks of the East African rift, the Khibina massif and Kola peninsula

Зауважимо, що підвищений вміст SiO_2 спостерігався в лужно-ультраосновних породах з едо-контактів інтрузій (див. табл. 1), що, вочевидь, зумовлено контамінацією розплаву кислим матеріалом вміщувальних гранітоїдів. У таких контамінованих різновидах порід зменшується (аж до повного зникнення) вміст олівіну та нефеліну. В деяких випадках фіксувалися гібридні безнефелінові породи альбіт-діопсидового складу.

Губківський прояв (від с. Губків, Рівненська обл.) є на теперішній час крайнім західним проявом лужно-ультраосновних порід північно-західного району (див. рис. 1). Породи були розкриті лише однією свердловиною, яка перетнула три зближені малопотужні (1,1; 1,65 і 1,0 м) дайки. За результатами петрографічних досліджень і хімічного аналізу діагностовані як олівінові нефелініти або мельтейгіт-порфіри. За співвідношенням $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ та SiO_2 ці породи розташовуються у полі мелілітітів, що, очевидно, і було підставою до віднесення цих порід до олівін-мелілітових меланонфелінітів у роботі (Баран, 2012). Незважаючи на можливість кристалізації меліліту в породах такого складу, достовірно меліліт не було виявлено. Про можливість існування меліліту в лужно-ультраосновних породах північно-західної частини УЩ можуть свідчити поодинокі знахідки зерен хуаніту (продукт заміщення меліліту) (Кривдик, Цымбал, 2023б) серед амфіболів (у препараті – шашка з епоксиду для мікрозондових досліджень) Болярківського і Глумчанського проявів. В деяких аналізах з порід Губківського прояву розраховується нормативний ларніт (Ca_2SiO_4), що могло б свідчити про наявність меліліту. Проте це зумовлено тим, що під час виконання хімічного аналізу таких порід не визначався вміст CO_2 (який, вочевидь, входить (включено) у LOI) і відповідно замість нормативного кальциту розраховується ларніт (табл. 2).

На діаграмі $\text{SiO}_2 - \text{MgO}$ нефелініти Губківського прояву розташовуються в полі гіпабісальних і вулканічних лужно-ультраосновних порід Східно-Африканського рифту (Белоусов и др., 1974), Кольського півострова (Арзамасцев и др., 1988; Русанов и др., 1989, 1993; Калинин, Арзамасцев, 1991) і Маймеча-Котуйської провінції (Егоров, 1991). Проте порівнювані породи чітко розрізняються за вмістом титану (див. рис. 2). В той же час розглянуті вище якупірангіт-мельтейгіти Городницької інтрузії, а також лужні породи ділянки Глумча (розглядаються нижче) тільки частково попадають в це поле. Нефелініти та мельтейгіт-порфіри Губківського прояву відрізняються від мельтейгіт-якупірангітів

Таблиця 2. Хімічний та нормативний склад лужно-ультраосновних порід (мельтейгіт-порфірів) Губківської інтрузії (св. С-А-33)
Table 2. Chemical and normative composition of alkaline-ultrabasic rocks (melteigite-porphyrtes) of Hubkiv intrusion (bore-hole C-A-33)

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Deep, m	12,95	13,15	13,2	13,5	14,05	14,45	14,55	14,7	15,3	15,8	16,3	16,5	16,8	17	19,35	19,9	20	TS-3	
SiO ₂	42,89	38,86	38,8	41,24	42,74	39,84	39,86	39,72	38,7	39,52	39,76	40,1	38,6	39,38	42,62	42,6	42,78	43,40	
TiO ₂	1,14	1,04	0,97	1,06	0,91	0,88	0,89	0,85	0,85	0,82	0,85	0,85	0,85	0,84	0,94	0,94	0,95	0,96	
Al ₂ O ₃	13,48	11,42	10,95	15,04	11,58	13,88	15,06	12,86	13,6	18,88	13,38	13,9	13,69	13,47	12,5	12,5	12,44	12,33	
Fe ₂ O ₃	7,41	5,83	5,95	6,90	4,79	6,47	5,27	5,49	5,85	5,54	5,37	5,44	5,54	5,31	5,19	5,50	5,33	1,58	
FeO	4,77	4,67	4,43	4,10	5,08	3,44	4,26	4,15	4,26	4,10	4,26	4,10	4,20	4,10	4,59	4,26	4,59	8,04	
MnO	0,18	0,20	0,22	0,20	0,19	0,22	0,21	0,21	0,19	0,20	0,19	0,19	0,20	0,19	0,19	0,20	0,19	0,17	
MgO	11,24	11,81	14,44	7,29	12,31	8,18	8,59	9,88	9,64	10,53	9,72	9,23	9,4	8,4	10,85	10,3	9,86	10,24	
CaO	5,63	10,65	10,33	9,02	8,36	10,89	11	11,38	10,23	11,44	10,98	10,52	11,44	11,6	10,3	11,0	11,0	10,77	
Na ₂ O	4,97	5,35	5,15	7,18	6,61	7,17	6,25	6,75	8,33	6,06	7,00	6,83	5,68	7,41	5,66	5,5	5,44	4,85	
K ₂ O	1,78	1,62	1,4	1,17	1,54	1,22	1,25	1,16	0,84	1,09	1,09	1,00	1,33	1,06	1,42	1,52	1,19	1,16	
P ₂ O ₅	0,21	0,16	0,16	0,18	0,14	0,16	0,39	0,15	0,09	0,12	0,11	0,1	0,19	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,61	
SO ₃	0,67	0,62	0,65	0,62	0,76	0,49	0,5	0,5	0,68	0,67	0,68	0,55	0,6	0,6	0,65	0,67	0,69	—	
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	
LOI	5,31	7,54	6,33	5,68	4,68	6,7	6,35	6,5	6,33	6,72	6,15	6,69	7,9	7,14	4,81	4,81	4,93	4,80	
Total	99,5	99,66	99,53	99,57	99,64	99,5	99,77	99,51	99,51	99,53	99,51	99,5	99,57	99,64	99,8	99,85	99,5	100,83	
Na ₂ O+K ₂ O	6,75	6,97	6,55	8,35	8,15	8,39	7,50	7,91	9,17	7,15	8,09	7,83	7,01	8,47	7,08	7,02	6,63	6,01	
Mg/Mg+Fe	0,63	0,68	0,72	0,55	0,70	0,61	0,62	0,65	0,64	0,67	0,55	0,64	0,64	0,62	0,67	0,66	0,65	0,65	
(Na+K)/Al	0,75	0,92	0,91	0,87	1,08	0,94	0,77	0,96	1,07	0,59	0,95	0,89	0,79	0,99	0,87	0,86	0,82	0,75	
Normative composition (CIPW)																			
An	12,39	4,95	5,29	8,08	—	4,12	11,96	3,36	—	23,95	4,59	6,78	11,05	2,68	7,20	7,72	9,00	8,94	
Alb	21,01	—	—	7,77	4,41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,40	1,92	5,74	5,25	
Ort	11,29	—	—	7,44	9,72	—	1,53	—	—	—	—	2,18	—	—	8,94	9,56	7,53	7,26	
Acm	—	—	—	—	0,73	—	—	—	0,72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Di	12,18	33,04	29,92	29,66	30,50	41,21	31,70	35,23	29,95	14,18	34,51	36,04	31,15	35,00	33,18	36,14	34,64	25,21	
Hed	0,41	2,36	1,47	0,64	3,66	—	3,09	2,59	2,32	0,93	2,90	2,71	2,44	3,07	3,15	2,58	3,46	10,03	
Fo	17,10	11,88	17,59	4,06	13,03	2,14	5,88	7,26	8,55	14,19	7,19	5,84	7,98	4,67	9,39	7,40	7,17	10,73	
Fa	0,73	1,07	1,09	0,11	1,98	—	0,72	0,67	0,84	1,17	0,76	0,56	0,79	0,52	1,13	0,67	0,90	5,40	
Ne	10,52	24,50	23,08	28,85	27,08	33,84	29,01	31,63	38,41	25,98	32,19	31,97	26,37	34,82	23,33	23,27	20,97	20,69	
Leu	—	8,24	7,03	—	—	6,15	5,05	5,83	4,23	5,17	5,48	3,34	6,80	5,37	—	—	—	—	
Lar	—	2,10	2,79	—	—	0,17	—	2,67	4,15	4,34	1,90	—	2,30	3,36	—	—	—	—	
Ap	0,52	0,41	0,40	0,45	0,35	0,40	0,98	0,38	0,23	0,28	0,28	0,25	0,49	0,35	0,37	0,37	0,37	0,37	
Ilm	2,32	2,17	2,00	2,17	1,85	1,82	1,82	1,75	1,75	1,59	1,75	1,76	1,78	1,74	1,90	1,90	1,93	1,93	
Mt	11,53	9,28	9,35	10,77	6,68	10,06	8,25	8,63	8,85	8,21	8,45	8,59	8,86	8,42	8,01	8,49	8,27	2,43	
Hem	—	—	—	—	—	0,09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Городницької інтрузії загалом вищим вмістом лугів (і відповідно нефеліну), вищим PI (частіше 0,8–0,9, рідше перевищує одиницю (1,07–1,08)) та нижчим – MgO (див. табл. 2). Також породи ділянки Губкова дещо вирізняються вищим вмістом TiO_2 , що інколи перевищує 1 %, тоді як у Городницькій інтрузії цей показник рідко досягає 0,5 %. Разом з тим губківські лужно-ультраосновні породи, як і загалом по району, залишаються низькотитанистими порівняно з типовими представниками цієї родини порід в інших регіонах (див. рис. 2).

Серед фемічних мінералів Губківського прояву найбільш дослідженими є амфіболи, серед яких переважають низькоглиноземисті різновиди (рихтерити), з доволі високим (як для такого типу мінералів) вмістом TiO_2 (до 3,20 %), іноді трапляються магнорибекіти. Серед клінопіроксенів виявлено проміжні між діопсидом та егірином різновиди (егірин-діопсиди), є також егірини. Серед піроксенів також трапляються різновиди з підвищеним вмістом TiO_2 (до 1,50–1,65 %), чим вони відрізняються від клінопіроксенів з інших проявів лужно-ультраосновних порід району.

Загалом, досліджувані породи Губкова за вмістом MgO та SiO_2 є найближчими до типових однойменних порід в інших регіонах, хоч, як зазначалося вище, за геохімічними особливостями вони залишаються специфічними.

Болярківська інтрузія (с. Болярка) локалізується близько 10 км на захід від с. Ємільчине і приблизно на такій же відстані на південний схід від с. Мала Глумча. Породи інтрузії було розкрито двома свердловинами, за даними яких вони представлені дайкою потужністю близько 10 м із крутим (до вертикального) заляганням і падінням на південний захід. Вік порід інтрузії за цирконом 2100 млн років (Цымбал и др., 2007), дані K-Ar датування по різних типах амфіболу дають вік в інтервалі від (2000 ± 25) до (1885 ± 40) млн років (Цымбал и др., 2008).

Серед лужно-ультраосновних порід дайки переважають олівінові мельтейгіти, підпорядковане значення мають олівінові якупірангіти і рідше трапляються йоліти. За хімічним і мінеральним складом порід та особливостями фемічних мінералів Болярківська дайка є проміжною між Городницькою інтрузією і дайками Губківського прояву (табл. 3). Піроксени представлені переважно Cr-вмісними діопсидами, але трапляються і перехідні між діопсидом та егірином егірин-діопсиди. Амфіболи мають широкий діапазон варіацій хімічного складу – від паргаситів, близьких

до таких Городницької та Глумчанської інтрузій, через проміжні серії паргасит – Mg-катофорит – (Mg-тараміт) і до Mg-рихтеритів і зрідка серії Mg-рибекіт – Mg-арфведсоніт.

За вмістом SiO_2 і (Na_2O+K_2O) досліджувані породи можна класифікувати як лужні і частково сублужні. Проте за низькою титанистістю на діаграмах MgO – SiO_2 та MgO – TiO_2 (див. рис. 2) (і низьким вмістом несумісних елементів-домішок) досліджувані породи чітко відрізняються від типових лужно-ультраосновних порід, характерних для карбонатитових і лужних комплексів інших регіонів (Східно-Африканської рифтової зони, Кольського півострова (іванівський комплекс) і Маймеча-Котуйської провінції, в тому числі УЩ (Приазов'я)). Зауважимо, що в породах Болярки дещо вищий вміст TiO_2 порівняно з такими Городниці і Глумчи (див. табл. 3, рис. 2), але вони все ще залишаються низькотитанистими, як і породи інших проявів досліджуваного району. В них також вищий PI (до 1,00). Можливо, в незмінених породах був в незначній кількості наявний і меліліт, оскільки, як згадувалося вище, були знахідки мінералу, який розраховується на кристалохімічну формулу хуаніту.

Глумчанська ділянка є найбільшим проявом лужно-ультраосновних порід у досліджуваному районі, де виявлено власне Глумчанську інтрузію розміром 250×180 м, а також дайковий пояс (комплекс) Покошівської зони північно-східного простягання. Пояс дайок простягається в північно-східному напрямку на відстань близько 2,75 км (Кривдик и др., 2003). Вік інтрузії за акцесорним цирконом сягає (2016 ± 15) млн років (Цымбал и др., 2007). Породи Глумчанської інтрузії представлені переважно амфіболізованими якупірангітами або меланомельтейгітами. Породи більш розкristалізовані порівняно з розглянутими вище Болярківської та Губківської інтрузій. Розкristалізованість порід Глумчанської інтрузії, приміром, така ж або дещо інтенсивніша, як і в Городницькій інтрузії. Проте породи Глумчанської інтрузії доволі сильно змінені (амфіболізовані та альбітизовані). Первинний нефелін заміщується шпреуштейном, альбітом, цеолітами і серицитом. З первинних мінералів менш змінені залишився тільки клінопіроксен (діопсид, акмітвмісний діопсид). Псевдоморфози дрібного вторинного амфіболу заміщують навіть олівін. Проте в породах залишився амфібол, який, ймовірно, є пізньомагматичним (або й частково первинним). Він утворює порівняно крупні зерна зональної будови.

Таблиця 3. Хімічний та нормативний склад лужно-ультраосновних порід (олівінових мельтейгітів) Болярківської інтрузії
Table 3. Chemical and normative composition of alkaline-ultrabasic rocks (olivine melteigites) of Bolyarka intrusion

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rock	Xen	Ol-Mlt	Ol-Mlt	Ol-Mlt	Ol-Mlt	Ol-Mlt	Ol-Mlt	Ol-Mlt	Ol-Mlt	Ol-Mlt	Ol-Mlt	Ts-4	Ts -5
Deep, m	43,35	47,6	53,7	58,2	63,5	37	48	49	51	58,3	59		
SiO ₂	48,28	44,47	43,7	45,37	43,06	42,06	41,9	42,76	45,52	44,36	44,1	43,99	44,44
TiO ₂	1,14	0,65	0,6	0,56	0,72	0,64	0,64	0,59	0,55	0,61	0,56	0,59	0,57
Al ₂ O ₃	20,05	10,36	11,27	9,21	11,02	11,37	11,37	10,33	8,81	9,85	9,34	10,26	9,46
Fe ₂ O ₃	2,82	4,88	5,5	4,8	4,45	5,02	3,96	4,07	4,26	3,19	2,91	1,63	1,51
FeO	7,8	4,73	4,02	4,41	4,98	4,42	5,29	5,23	5,62	5,62	5,71	8,31	7,7
Cr ₂ O ₃	0,046	0,15	0,15	0,14	0,093	0,12	0,12	0,12	0,14	0,09	0,09	0,15	0,14
NiO	0,01	0,029	0,034	0,037	0,022	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	—	—
CoO	0,003	0,006	0,006	0,007	0,006	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	—	—
MnO	0,12	0,17	0,17	0,17	0,13	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,18	0,16
MgO	4,9	14,14	13,53	15,48	14,56	15,42	14,6	15,16	17,12	15,12	16,32	14,23	15,20
CaO	1,03	9,55	8,68	11,42	11,02	9,36	9,95	10	7,49	10,78	12,52	8,71	10,89
Na ₂ O	5,01	4,62	5,96	3,45	5,06	4,67	4,52	4,52	3,98	3,88	2,84	5,24	4,17
K ₂ O	5,6	1,39	1,34	0,58	0,77	1,52	1,49	1,22	1,29	1,2	1,75	0,84	0,61
P ₂ O ₅	0,08	0,15	0,15	0,07	0,09	0,22	0,18	0,18	0,15	0,12	0,12	0,24	0,14
CO ₂	0,11	1,06	1,06	0,73	2,79	—	—	—	—	—	—	1,03	0,87
SO ₃	0,1	0,42	0,42	0,52	0,42	0,48	0,15	0,15	0,15	0,5	0,5	—	—
S _{tot}	0,03	0,17	0,16	0,21	0,17	—	—	—	—	—	—	0,15	0,15
F	0,2	0,1	0,09	0,05	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ O	0,33	0,25	0,32	0,24	0,26	0,1	0,2	0,16	0,36	0,02	0,02	—	—
LOI	2,64	4,08	4,14	3,62	3,34	4,03	5,36	5,2	4,32	4,42	3,19	4,20	3,70
Total	99,65	99,8	99,67	99,53	99,73	99,64	99,74	99,74	99,67	99,65	99,86	100,35	100,27
Mg/Mg+Fe	0,46	0,73	0,73	0,76	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	0,76	0,78	0,72	0,75
Na+K/Al	0,71	0,88	1,00	0,68	0,83	0,82	0,80	0,85	0,90	0,78	0,70	0,93	0,79
Na₂O+K₂O	10,61	6,01	7,3	4,03	5,83	6,19	6,01	5,74	4,27	5,08	4,59	6,08	4,78
Normative composition (CIPW)													
An	2,55	5,08	—	10,13	6,64	7,66	7,30	5,12	3,04	8,10	9,70	2,10	5,55
Di	—	25,71	26,80	31,72	21,50	29,23	30,59	32,43	24,61	32,52	37,04	24,34	30,57
Hed	—	2,26	1,23	2,22	2,16	2,14	4,18	4,18	3,11	5,25	5,92	7,73	8,38
Alb	22,97	14,29	13,80	16,65	14,87	0,74	—	1,79	15,85	5,17	—	9,06	6,07
Ort	34,08	8,55	8,26	3,57	4,62	9,51	5,07	7,66	8,04	7,50	0,70	5,23	3,78
Fo	8,81	17,33	16,19	17,81	18,80	18,98	17,18	17,58	23,51	17,36	17,66	18,28	17,88
Fa	8,17	1,92	0,97	1,57	2,38	1,76	2,97	2,87	3,76	3,54	3,57	7,34	6,19
Ne	10,84	12,74	19,90	5,52	13,97	20,45	21,49	20,48	10,09	14,14	11,72	20,42	16,75
Leu	—	—	—	—	—	—	3,37	—	—	—	7,90	—	—
Ap	0,20	0,38	0,38	0,17	0,22	0,54	0,44	0,44	0,37	0,29	0,29	0,59	0,34
Flu	0,49	0,22	0,20	0,11	0,11	—	—	—	—	—	—	—	—
Pyr	0,07	0,38	0,35	0,46	0,37	—	—	—	—	—	—	0,34	0,33
Ilm	2,23	1,28	1,19	1,11	1,39	1,29	1,29	1,19	1,10	1,23	1,11	1,18	1,13
Ca	0,26	2,51	2,51	1,73	6,44	—	—	—	—	—	—	0,67	0,52
Cor	5,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mt	4,21	7,36	8,31	7,24	6,55	7,70	6,11	6,27	6,51	4,89	4,40	2,72	2,51

*Примітки. Ан. 2-5 – св. 904; ан. 6-11 – св. 904В. Xen – ксеноліт (змінений ксеноліт); Ol-Mlt – олівіновий мельтейгіт.

*Notes: An. 2-5 from 904 dill-hole; an. 6-11 – 904B dill-hole. Xen – shale xenolith (altered xenolith); Ol-Mlt – olivine melteigite.

Таблиця 4. Хімічний та нормативний склад лужних порід Глумчанської ділянки
Table 4. Chemical and normative composition of alkaline rocks of Hlumcha area

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Drill-holes	635	635	636	127	127	127	127	127	127	127	127	127	133	133	136	136	136	136	136	140	140	140	141
Deep, m	17,7	18	19,3-20	29,0	29,8	30,1	31,0	32,3	33,1	33,5	34,2	34,7	29,0	30,0	18,1	26,8	45,4	60,0	61,4	72,6	72,7	73,4	17,5
SiO₂	44,64	44,8	46,67	46,42	46,37	45,54	45,74	45,42	45,76	45,75	45,56	45,71	45,44	45,94	47,07	44,86	46,98	50,60	47,55	44,96	47,75	46,96	48,96
TiO₂	1,44	1,12	1,28	1,14	0,82	1,14	1,14	0,94	1,14	0,83	1,14	0,86	0,77	0,90	0,49	0,64	0,99	0,86	1,08	1,48	0,92	0,89	0,79
Al₂O₃	12,07	13,18	12,61	10,81	10,90	10,99	9,91	10,90	10,97	9,43	9,67	11,62	12,69	12,28	10,71	11,90	11,15	10,27	13,96	11,24	12,01	11,20	22,78
Fe₂O₃	1,69	5,57	2,89	4,96	6,43	4,49	4,48	4,73	5,20	7,10	5,06	5,61	5,86	6,38	4,54	5,06	2,46	1,93	2,31	3,44	3,11	2,65	2,29
FeO	10,01	4,97	7,72	4,52	2,84	5,63	4,95	5,67	5,17	3,68	4,45	3,38	3,50	3,31	5,67	7,32	7,99	7,36	7,68	6,97	6,68	7,22	5,05
MnO	0,14	0,15	0,15	0,25	0,16	0,31	0,24	0,24	0,24	0,18	0,16	0,15	0,16	0,18	0,23	0,23	0,21	0,16	0,15	0,19	0,14	0,19	0,06
MgO	13,78	15,36	13,16	13,99	16,20	14,26	16,26	15,17	15,33	16,05	16,42	13,94	11,83	12,01	14,24	13,62	14,62	12,94	10,71	13,99	13,00	13,96	3,69
CaO	6,16	6,16	7,39	9,29	7,75	8,22	8,25	7,98	8,02	7,62	9,67	9,43	8,59	8,86	8,88	7,80	5,06	6,58	3,79	5,49	3,28	5,35	2,86
Na₂O	3,49	3,02	3,28	4,30	4,02	3,90	3,60	4,10	3,80	4,16	3,50	3,76	3,95	3,81	1,58	1,20	1,80	2,32	3,53	3,20	2,65	2,21	2,09
K₂O	2,6	1,32	2,3	1,10	1,64	1,49	1,99	1,60	1,60	1,45	1,40	1,05	2,62	2,21	2,02	2,99	4,28	2,94	4,41	4,69	4,69	4,29	7,55
P₂O₅	0,36	0,17	0,25	0,22	0,15	0,22	0,18	0,26	0,24	0,20	0,36	0,17	0,20	0,17	0,18	0,41	0,22	0,21	0,26	0,30	0,23	0,24	1,24
CO₂	1,01	—	0,77	—	0,11	—	—	—	—	0,51	—	1,79	1,54	1,54	0,33	0,58	0,28	0,18	0,18	1,00	1,45	1,50	0,18
SO₃	—	—	—	—	0,07	—	—	—	—	0,07	—	0,07	0,02	0,05	0,57	0,06	0,09	0,08	0,80	—	2,17	1,22	0,02
S	0,13	0,25	—	0,03	0,03	0,04	0,03	—	—	0,03	0,02	0,03	—	—	—	—	—	—	—	0,73	0,87	0,49	0,01
F	—	—	—	—	0,05	—	—	—	—	0,05	—	0,08	0,05	0,07	0,11	0,16	0,12	0,12	0,07	—	0,10	0,10	0,12
-H₂O⁻	0,1	0,76	0,06	0,10	0,28	0,05	0,04	0,04	0,07	0,24	0,15	1,36	0,02	0,02	0,28	0,04	0,10	0,64	0,10	0,29	0,15	0,01	0,01
LOI	1,8	3,59	1,15	2,48	2,39	3,30	2,81	2,69	2,19	2,93	2,77	4,12	3,98	3,54	3,37	3,57	3,82	3,19	3,59	2,94	4,37	4,49	2,22
Cr₂O₃	0,13	0,07	0,13	—	0,12	—	—	—	—	0,13	—	0,13	0,07	0,08	0,16	0,13	0,07	0,07	0,07	—	0,08	0,07	0,04
NiO	—	—	—	—	0,05	—	—	—	—	0,05	—	0,03	0,05	0,06	0,06	0,05	0,07	0,06	0,05	—	0,07	0,07	0,01
Total	99,62	100,49	99,81	99,48	99,83	99,49	99,55	99,70	99,66	99,56	100,16	99,96	99,71	99,72	99,20	99,78	99,72	99,49	99,14	98,89	98,97	99,79	99,63
Na₂O+K₂O	6,09	4,34	5,58	5,40	5,66	5,39	5,59	5,70	5,40	5,61	4,90	4,81	6,57	6,02	3,60	4,19	6,08	5,26	7,194	7,89	7,34	6,50	9,64
Mg/Mg+Fe	0,68	0,73	0,69	0,74	0,77	0,72	0,76	0,73	0,74	0,74	0,76	0,75	0,71	0,70	0,72	0,67	0,72	0,72	0,66	0,71	0,71	0,72	0,48
Na+K/Al	0,71	0,49	0,63	0,76	0,77	0,73	0,81	0,78	0,73	0,89	0,75	0,63	0,74	0,71	0,45	0,44	0,68	0,68	0,76	0,92	0,79	0,74	0,51

Таблиця 4. Хімічний та нормативний склад лужних порід Глумчанської ділянки (продовження)
 Table 4. Chemical and normative composition of alkaline rocks of Hlumcha area (continuation)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Drill-holes	635	635	636	127	127	127	127	127	127	127	127	127	133	133	136	136	136	136	136	140	140	140	141
Deep, m	17,7	18	19,3-20	29,0	29,8	30,1	31,0	32,3	33,1	33,5	34,2	34,7	29,0	30,0	18,1	26,8	45,4	60,0	61,4	72,6	72,7	73,4	17,5
Normative composition (CIPW)																							
An	9,81	19,25	13,07	7,16	7,26	8,40	5,17	6,82	8,36	3,10	6,71	12,24	9,48	10,27	18,74	19,04	10,39	9,52	12,43	2,51	5,26	12,38	5,07
Di	7,38	8,46	11,10	28,55	23,52	22,73	26,05	22,64	22,34	24,11	29,91	17,44	17,49	18,14	15,71	8,96	7,41	13,09	2,33	11,54	—	1,92	—
Hed	2,71	—	—	1,95	—	2,92	2,18	2,82	1,92	—	1,51	0,14	0,33	—	2,41	1,98	2,03	3,84	0,82	1,84	—	0,43	—
En	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17,25	6,68	—	9,67	—	—	31,13	12,76	3,86
Fs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,03	1,69	—	3,25	—	—	6,43	3,31	2,59
Alb	13,98	23,52	18,36	17,11	17,21	15,50	10,64	13,10	15,05	20,66	11,54	26,16	17,12	21,17	9,95	10,07	12,97	19,77	18,52	5,64	8,28	10,86	17,96
Ort	15,72	8,11	13,78	6,70	9,92	9,15	12,15	9,75	9,70	8,81	8,49	6,35	15,91	13,35	12,33	18,22	26,25	17,98	26,98	28,37	27,95	25,72	45,65
Fo	22,21	25,14	19,69	15,89	21,30	18,48	20,87	19,94	20,19	20,97	19,70	19,21	15,53	15,54	8,48	16,93	24,07	12,34	18,60	21,25	1,07	15,15	3,88
Fa	10,29	1,72	6,52	1,37	—	3,00	2,21	3,14	2,19	—	1,26	0,19	0,37	—	1,64	4,73	8,35	4,58	8,24	4,28	0,24	4,33	2,87
Ne	8,80	1,66	5,30	11,04	9,29	10,18	11,29	12,28	9,72	8,16	10,22	3,20	9,26	6,20	—	—	1,20	—	3,78	11,96	—	—	—
Ap	0,85	0,41	0,59	0,53	0,37	0,53	0,43	0,62	0,57	0,49	0,86	0,42	0,49	0,42	0,45	1,02	0,55	0,52	0,65	0,71	0,56	0,59	3,05
Flu	—	—	—	—	0,06	—	—	—	—	0,04	—	0,11	0,04	0,09	0,17	0,20	0,18	0,18	0,06	—	0,13	0,13	—
Then	—	—	—	—	0,13	—	—	—	—	0,13	—	0,13	0,04	0,09	1,04	0,11	0,17	0,15	1,47	—	3,88	2,20	0,04
Pyr	0,28	0,55	—	0,07	0,07	0,09	0,07	—	—	0,07	0,04	0,07	—	—	—	—	—	—	—	1,58	1,86	1,05	0,02
Chr	0,30	0,11	0,19	—	0,18	—	—	—	—	0,20	—	0,20	0,11	0,12	0,24	0,20	0,11	0,11	0,11	—	0,12	0,10	0,05
Ilm	2,80	2,21	2,47	2,23	1,59	2,25	2,24	1,84	2,22	1,62	2,22	1,67	1,50	1,75	0,96	1,25	1,95	1,69	2,12	2,88	1,76	1,71	1,54
Ca	2,35	—	1,78	—	0,26	—	—	—	—	1,19	—	4,16	3,60	3,58	0,78	1,36	0,66	0,42	0,42	2,33	3,33	3,46	0,42
Cor	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,60
Mt	2,51	8,40	4,25	7,41	7,33	6,76	6,71	7,07	7,73	10,16	7,53	8,32	8,73	8,89	6,80	7,57	3,70	2,90	3,47	5,11	4,55	3,90	3,40
Hem	—	—	—	—	1,53	—	—	—	—	0,29	—	—	—	0,39	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблиця 4. Хімічний та нормативний склад лужних порід Глумчанської ділянки (продовження)
Table 4. Chemical and normative composition of alkaline rocks of Hlumcha area (continuation)

No	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Drill-holes	141	141	141	141	141	141	141	142	142	142	142	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
Deep, m	18,4	23,3	24,8	40,2	40,3	73	76,5	47,8	84,9	85,3	85,5	37,1	37,1	37,9	38	38,1	38,8	39	39,2	39,5	40	40,1	41,5	41,7
SiO₂	48,91	49,97	43,9	47,37	42,66	48,47	47,28	49,39	45,7	47	46,29	44,83	46,1	46,05	45,3	44,23	45,33	44,85	44,07	44,76	44,72	44,65	44,86	44,57
TiO₂	0,83	0,97	1,68	0,87	1,68	0,77	0,97	0,91	0,87	0,82	0,81	0,97	0,93	0,93	0,87	0,82	0,87	0,91	0,9	0,88	0,9	0,96	0,97	0,93
Al₂O₃	23,24	18,99	16,51	12,29	20,45	10,5	12,46	11,69	12,52	10,47	12,43	11,47	11,74	11,48	10,96	9,42	10,95	11,45	10,96	10,01	10,94	12,67	11,95	10,66
Fe₂O₃	2,93	1,75	4,4	2,42	1,66	1,68	1,99	2,96	4,97	4,41	3,34	4,48	4,27	3,87	3,78	3,85	3,98	4,65	4,47	4,55	4,44	4,65	4,49	4,44
FeO	5,12	6,65	8,8	6,43	9,55	7,22	7,39	7,31	8,72	7,06	8,73	5,4	5,58	6,52	5,61	5,95	4,89	4,83	5,11	4,94	4,28	4,83	4,83	4,28
MnO	0,06	0,09	0,1	0,18	0,12	0,24	0,15	0,16	0,25	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17
MgO	3,71	4,79	7,01	14,13	7,9	15,2	13,92	11,69	11,48	15,4	13,5	12,84	12,82	13,48	14,18	17,12	14,85	13,3	13,04	15,56	14,65	12,62	13,38	13,83
CaO	2,53	4,4	9,03	8,81	3,54	6,73	3,62	5,83	6,05	6,27	5,28	9,63	8,79	8,52	9,00	8,5	8,9	9,57	10,77	9,72	9,62	9,22	9,9	10,75
Na₂O	1,98	2,35	1,87	0,97	2,74	0,91	2,39	2,57	3,16	2,11	2,36	5,38	3,95	4,95	3,88	3,67	3,82	4,2	4,51	4,15	5,13	4,42	3,95	4,84
K₂O	7,45	6,32	3,02	2,82	5,6	4,39	4,69	3,61	1,92	3,08	3,13	1,27	1,27	1,43	1,8	2,56	1,45	1,42	1,58	1,53	1,04	0,82	0,91	1,04
P₂O₅	0,81	1,22	1,25	0,1	0,82	0,13	0,22	0,31	0,16	0,16	0,26	0,21	0,14	0,22	0,17	0,18	0,15	0,16	0,2	0,19	0,2	0,19	0,13	0,16
CO₂	0,17	0,17	0,18	0,22	—	0,26	0,62	0,55	2,46	0,91	1,47	0,86	0,87	0,84	0,85	0,8	0,86	0,85	1,8	0,8	0,8	0,86	0,84	0,81
SO₃	0,02	0,37	0,02	0,01	—	0,1	0,05	0,22	0,07	0,05	0,05	1,47	1,46	0,57	0,55	0,58	0,47	0,45	0,45	0,56	0,32	0,27	0,15	0,27
S	0,01	0,16	0,01	0,01	0,21	0,04	0,02	0,09	0,03	0,02	0,02	0,58	0,56	0,23	0,21	0,24	0,19	0,18	0,17	0,2	0,13	0,11	0,06	0,11
F	0,12	0,13	0,13	0,17	—	0,25	0,19	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05
—H₂O—	0,02	0,01	0,05	0,07	0,39	0,06	0,03	0,13	0,01	0,21	0,04	0,3	0,19	0,4	0,07	0,22	0,19	0,03	0,26	0,06	0,02	0,1	0,24	0,16
LOI	2,27	1,67	2,3	3,46	2,36	3,56	4,48	2,94	4,01	2,7	3,48	2,27	2,45	1,7	3,11	2,38	3,66	3,68	3,67	2,83	3,07	4,06	3,75	3,41
Cr₂O₃	0,044	0,042	0,058	0,07	—	0,034	0,099	0,1	0,097	0,1	0,1	0,093	0,076	0,11	0,098	0,12	0,095	0,084	0,082	0,104	0,093	0,06	0,07	0,096
NiO	0,011	0,024	0,027	0,074	—	0,074	0,061	0,091	0,081	0,13	0,11	0,085	0,073	0,085	0,083	0,108	0,078	0,072	0,088	0,094	0,088	0,075	0,071	0,088
Total	99,89	99,24	99,96	99,99	99,08	99,91	99,72	99,56	99,99	99,88	100,01	99,1	98,35	99,51	99	99,08	99,19	99,35	99,62	99,48	99,34	99,39	99,42	99,26
Na₂O+K₂O	9,43	8,67	4,89	3,79	8,34	5,30	7,08	6,18	5,08	5,19	5,49	6,65	5,22	6,39	5,68	6,23	5,27	5,62	6,09	5,68	6,17	5,24	4,86	5,88
Mg/Mg+Fe	0,46	0,51	0,49	0,75	0,56	0,76	0,73	0,68	0,61	0,71	0,67	0,71	0,71	0,71	0,74	0,76	0,76	0,72	0,72	0,75	0,76	0,71	0,73	0,75
Na+K/Al	0,49	0,56	0,38	0,38	0,52	0,60	0,72	0,70	0,58	0,65	0,58	0,89	0,67	0,84	0,76	0,94	0,72	0,74	0,83	0,85	0,87	0,64	0,63	0,85

Таблиця 4. Хімічний та нормативний склад лужних порід Глумчанської ділянки (продовження)
 Table 4. Chemical and normative composition of alkaline rocks of Hlumcha area (continuation)

No	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	
Drill-holes	141	141	141	141	141	141	141	142	142	142	142	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	
Deep, m	18,4	23,3	24,8	40,2	40,3	73	76,5	47,8	84,9	85,3	85,5	37,1	37,1	37,9	38	38,1	38,8	39	39,2	39,5	40	40,1	41,5	41,7	
Normative composition (CIPW)																									
An	6,32	12,99	28,38	21,55	12,59	12,32	9,98	10,73	13,40	10,36	14,53	8,52	15,81	6,90	9,31	3,74	10,38	10,04	6,66	6,22	4,99	13,71	13,13	5,38	5,38
Di	—	—	4,27	13,42	—	11,56	1,37	8,21	—	9,46	0,51	23,06	15,13	19,16	20,45	22,72	20,19	22,99	24,42	26,21	27,36	19,00	22,12	31,54	31,54
Hed	—	—	2,11	2,91	—	2,94	0,37	2,37	—	1,80	0,16	2,39	1,81	3,54	2,86	2,93	2,01	2,13	2,79	2,25	1,85	1,89	2,20	2,25	2,25
En	5,21	5,69	—	8,69	—	5,97	—	5,50	9,29	2,54	4,02	—	2,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fs	3,20	4,29	—	2,16	—	1,74	—	1,83	3,55	0,56	1,48	—	0,28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Alb	16,98	17,75	15,06	8,40	3,95	7,27	16,28	20,82	26,66	17,85	20,02	15,73	24,14	17,52	14,79	4,56	17,58	15,64	12,05	11,26	13,07	20,55	17,89	10,94	10,94
Ort	44,97	37,97	18,22	17,20	34,14	26,76	28,85	21,88	11,51	18,54	18,85	7,52	7,59	8,49	10,90	15,38	8,82	8,63	9,49	9,20	6,30	5,02	5,56	6,33	6,33
Fo	2,97	4,51	11,10	15,00	14,22	19,43	24,84	14,40	13,82	22,52	21,03	14,97	16,31	17,42	18,73	22,99	20,13	16,42	15,19	19,13	17,32	16,63	16,94	14,62	14,62
Fa	2,01	3,76	6,95	4,11	10,50	6,26	8,36	5,27	5,82	5,42	8,52	1,96	2,47	4,07	3,31	3,74	2,54	1,93	2,19	2,08	1,48	2,10	2,13	1,32	1,32
Ne	—	—	0,52	—	10,82	—	2,40	—	—	—	—	10,97	—	11,28	8,22	12,54	6,79	9,69	12,86	11,24	15,86	8,85	8,47	15,94	15,94
Ap	1,99	2,98	3,07	0,25	1,96	0,32	0,55	0,76	0,39	0,39	0,64	0,51	0,34	0,53	0,42	0,44	0,37	0,40	0,49	0,47	0,49	0,47	0,32	0,40	0,40
Flu	—	—	—	0,32	—	0,47	0,32	0,03	0,07	0,07	0,04	0,08	0,12	0,07	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,06	0,07	0,12	0,05	0,05
The	0,04	0,67	0,04	0,02	—	0,18	0,09	0,40	0,13	0,09	0,09	2,61	2,62	1,02	1,00	1,05	0,86	0,82	0,81	1,01	0,58	0,50	0,27	0,49	0,49
Pyr	0,02	0,34	0,02	0,02	0,46	0,09	0,04	0,20	0,06	0,04	0,04	1,23	1,20	0,49	0,46	0,52	0,41	0,39	0,37	0,43	0,28	0,24	0,13	0,24	0,24
Chr	0,07	0,06	0,09	0,11	—	0,05	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,14	0,11	0,16	0,15	0,18	0,14	0,13	0,12	0,16	0,14	0,09	0,11	0,15	0,15
Ilm	1,61	1,87	3,26	1,71	3,29	1,51	1,92	1,77	1,68	1,59	1,57	1,85	1,79	1,78	1,69	1,58	1,70	1,78	1,74	1,70	1,75	1,89	1,90	1,82	1,82
Ca	0,39	0,39	0,42	0,52	—	0,61	1,47	1,28	5,68	2,11	3,41	1,96	2,00	1,92	1,98	1,85	2,01	1,99	4,16	1,85	1,86	2,02	1,97	1,90	1,90
Cor	9,89	4,14	—	—	5,58	—	—	—	0,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mt	4,34	2,58	6,51	3,62	2,48	2,51	3,00	4,40	7,31	6,51	4,94	6,51	6,26	5,64	5,62	5,67	5,94	6,94	6,59	6,71	6,60	6,98	6,73	6,63	6,63

Таблиця 4. Хімічний та нормативний склад лужних порід Глумчанської ділянки (продовження)
Table 4. Chemical and normative composition of alkaline rocks of Hlumcha area (continuation)

No	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
Drill-holes	143	143	143	143	143	144	144	144	144	144	144	144	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
Deep, m	42,3	43,5	45,8	66,7	67	21,3	21,7	23,4	24,1	27	31,4	32	76,4	76,8	76,9	77,2	77,6	78	78,6	78,8	79,5	81,6	81,9	82,7	91	91,4
SiO₂	44,5	46,65	45,2	43,4	43,25	42,2	44,6	43,3	44,1	44,3	44,75	48,95	42,86	43,68	45,33	45,41	44,13	44,2	44,38	46,89	44,99	43,7	43,73	43,84	44,99	45,51
TiO₂	0,89	0,87	0,95	0,92	0,86	0,89	0,8	0,83	0,99	1	0,91	0,89	0,83	0,93	0,91	0,97	0,93	0,85	0,92	0,94	0,87	0,77	0,74	0,92	0,97	0,84
Al₂O₃	11,2	12,27	12,12	11,61	10,74	10,95	9,63	10,78	13,04	12,96	11,45	10,42	10,47	11,2	12,34	12,25	11,32	10,74	12,59	11,97	10,49	9,59	9,66	11,51	10,96	10,35
Fe₂O₃	4,18	3,24	2,9	4,1	4,35	6,7	4,7	5,24	5,75	5,37	3,7	2,05	3,08	5,12	4,97	4,51	2,24	5,75	4,59	4,91	4,21	4,86	4,5	4,53	4,62	4,21
FeO	4,89	5,82	6,47	9,59	9,02	5,74	4,92	5,13	6,47	5,57	6,8	7,17	6,12	4,72	4,72	6,17	7,77	4,03	5,2	5,19	7,06	4,64	5,06	4,85	5,91	6,97
MnO	0,16	0,16	0,16	0,27	0,26	0,2	0,19	0,19	0,19	0,2	0,2	0,16	0,17	0,2	0,19	0,19	0,17	0,19	0,19	0,21	0,22	0,18	0,18	0,18	0,2	0,23
MgO	14,49	12,65	13,27	12,82	14,82	15,78	17,22	16,44	10,5	12,28	15,05	15,07	15,14	14,84	13,61	12,45	16,72	15,31	12,54	11,27	15,91	19,16	19,35	14,63	14,63	16,82
CaO	9,89	8,22	8,8	4,58	4,77	6,48	8,25	7,33	8,35	8,02	8,25	5,9	7,17	8,44	7,59	8,05	4,91	7,82	8,86	7,85	5,19	5,74	6,55	8,35	7,37	5,26
Na₂O	3,69	4,15	2,73	2,73	2,4	3,32	3,75	3,69	4,36	4,28	0,71	1,59	2,43	4,4	3,54	3,75	1,6	4,41	4,47	1,73	3,08	2,86	3,07	3,78	3,52	2,41
K₂O	0,98	1,63	3,45	3,63	3,76	2,09	0,91	1,75	0,64	1,18	3,95	3,88	5,13	1,42	2,67	2,18	4,6	1,53	1,11	3,7	3,16	3,41	2,71	1,63	2,79	3,12
P₂O₅	0,12	0,16	0,19	0,14	0,12	0,07	0,11	0,09	0,18	0,12	0,18	0,17	0,18	0,16	0,21	0,21	0,38	0,17	0,12	0,35	0,21	0,14	0,13	0,15	0,22	0,19
CO₂	0,84	0,8	0,8	3,19	2,57	1,76	0,82	1,1	1,62	1,36	0,73	0,14	2,96	1,17	0,91	0,91	0,14	1,21	1,22	1,35	1,28	0,4	0,8	1,83	0,95	0,95
SO₃	0,35	0,7	0,47	0,94	0,15	0,27	0,27	0,45	0,42	0,42	0,12	0,12	0,37	0,22	0,17	0,05	0,45	0,12	0,2	0,22	0,12	1,4	0,12	0,72	0,1	0,07
S	0,14	0,28	0,19	0,37	0,06	0,11	0,11	0,18	0,17	0,17	0,05	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F	0,06	0,08	0,14	0,08	0,05	0,08	0,05	0,06	0,06	0,06	0,1	0,22	0,07	0,05	0,07	0,07	0,11	0,04	0,04	0,08	0,06	0,06	0,06	0,04	0,06	0,08
-H₂O⁻	0,02	0,06	0,23	0,21	0,09	0,28	0,17	0,07	0,01	0,27	0,41	0,42	0,04	0,08	0,12	0,48	1,22	0,28	0,06	0,12	0,48	0,45	0,45	0,5	0,54	0,35
LOI	4,05	3,14	3,1	4,95	4,9	4,73	4,05	4,39	4,67	4,17	3,54	3,17	5,94	4,72	3,44	3,39	4,69	4,27	4,37	4,23	4,16	3,74	3,68	4,73	3,32	3,76
Cr₂O₃	0,081	0,064	0,078	0,08	0,08	0,086	0,109	0,092	0,06	0,072	0,082	0,09	0,089	0,074	0,082	0,082	0,088	0,095	0,065	0,07	0,084	0,1	0,11	0,062	0,072	0,092
NiO	0,08	0,073	0,075	0,08	0,082	0,094	0,09	0,094	0,063	0,071	0,086	0,09	0,088	0,084	0,058	0,065	0,088	0,076	0,07	0,06	0,088	0,11	0,1	0,077	0,075	0,092
Total	99,2	99,1	99,49	98,9	99,41	99,33	99,33	99,35	99,36	99,59	99,66	99,6	99,7	99,99	99,66	99,68	99,64	99,44	99,48	99,37	99,72	99	99,57	99,24	99,65	99,86
Na₂O+K₂O	4,67	5,78	6,18	6,36	6,16	5,41	4,66	5,44	5,00	5,46	4,66	5,47	7,56	5,82	6,21	5,93	6,20	5,94	5,58	5,43	6,24	6,27	5,78	5,41	6,31	5,53
Mg/Mg+Fe	0,75	0,72	0,72	0,63	0,67	0,70	0,77	0,75	0,62	0,68	0,73	0,75	0,75	0,74	0,73	0,68	0,75	0,75	0,71	0,68	0,72	0,79	0,79	0,74	0,72	0,74
Na+K/Al	0,64	0,70	0,68	0,73	0,75	0,71	0,74	0,74	0,60	0,64	0,48	0,65	0,91	0,78	0,71	0,70	0,67	0,83	0,68	0,57	0,81	0,88	0,83	0,69	0,80	0,71

Таблиця 4. Хімічний та нормативний склад лужних порід Глумчанської ділянки (закінчення)
Table 4. Chemical and normative composition of alkaline rocks of Hlumcha area (ending)

No	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73		
Drill—holes	143	143	143	143	143	144	144	144	144	144	144	144	144	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145		
Deep, m	42,3	43,5	45,8	66,7	67	21,3	21,7	23,4	24,1	27	31,4	32	76,4	76,8	76,9	77,2	77,6	78	78,6	78,8	79,5	81,6	81,9	82,7	91	91,4		
Normative composition (CIPW)																												
An	12,76	12,75	12,52	1,31	6,62	10,06	7,97	9,56	16,07	14,50	17,31	10,7	3,91	7,63	10,77	10,61	12,22	5,60	12,12	15,2	6,06	8,30	5,15	12,49	6,38	8,70		
Di	22,55	15,09	16,44	—	—	7,81	20,43	14,51	9,84	11,59	12,29	10,	8,07	19,50	14,71	15,39	6,07	19,16	17,10	9,52	7,06	12,83	15,96	12,30	16,19	7,01		
Hed	2,25	2,66	3,42	—	—	0,65	1,67	1,17	1,82	1,40	2,37	2,52	1,44	1,54	1,30	2,77	1,43	0,72	2,22	1,29	1,33	0,50	1,38	1,20	2,28	1,23		
En	—	—	—	12,8	—	—	—	—	—	—	6,4	—	—	—	—	—	—	—	11,17	—	—	—	—	—	—	—	—	
Fs	—	—	—	5,01	—	—	—	—	—	—	—	1,75	—	—	—	—	—	—	—	1,73	—	—	—	—	—	—	—	
Alb	16,29	22,46	5,58	17,20	17,65	17,96	18,96	15,25	30,15	23,98	5,11	13,07	1,39	14,99	14,85	16,74	2,53	17,86	19,55	13,64	16,75	7,85	6,76	19,99	11,97	17,11		
Ort	6,00	9,85	20,81	21,77	22,83	12,76	5,57	10,69	3,90	7,16	24,04	23,66	31,21	8,68	16,21	13,24	28,43	9,37	6,79	22,6	19,25	20,60	16,54	9,92	16,92	18,97		
Fo	18,88	17,67	18,30	13,74	26,58	25,92	24,51	24,95	15,71	18,24	23,06	19,22	24,58	20,45	19,62	17,33	28,55	21,46	17,11	9,41	26,34	30,01	29,68	22,30	20,95	27,93		
Fa	2,38	3,93	4,81	5,92	9,51	2,74	2,53	3,68	2,78	5,61	5,80	5,54	2,05	2,20	3,94	8,52	1,02	2,81	1,61	6,26	1,49	3,24	2,74	3,72	6,21			
Ne	7,41	4,75	8,05	—	1,20	5,00	6,55	7,58	2,74	5,62	0,14	—	9,36	11,93	8,00	8,42	4,63	10,83	9,90	—	5,04	4,07	10,43	4,39	9,72	1,84		
Ap	0,30	0,39	0,47	0,34	0,30	0,17	0,27	0,22	0,45	0,30	0,45	0,42	0,45	0,40	0,52	0,52	0,96	0,42	0,30	0,87	0,52	0,34	0,32	0,37	0,54	0,47		
Flu	0,09	0,11	0,23	0,12	0,07	0,14	0,07	0,10	0,07	0,09	0,15	0,40	0,09	0,05	0,08	0,08	0,11	0,03	0,05	0,06	0,06	0,08	0,08	0,04	0,06	0,11		
The	0,64	1,27	0,85	1,69	0,27	0,49	0,50	0,83	0,77	0,76	0,22	0,22	0,68	0,40	0,31	0,09	0,84	0,22	0,37	0,40	0,22	2,54	0,22	1,32	0,18	0,13		
Pyr	0,31	0,61	0,41	0,80	0,13	0,24	0,24	0,39	0,37	0,37	0,11	0,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,60	—	—	—	—		
Chr	0,12	0,11	0,12	0,15	0,12	0,13	0,17	0,14	0,09	0,11	0,12	0,14	0,13	0,11	0,12	0,12	0,14	0,14	0,10	0,10	0,13	0,15	0,17	0,09	0,11	0,14		
Ilm	1,75	1,69	1,84	1,77	1,68	1,75	1,57	1,63	1,94	1,95	1,78	1,74	1,62	1,83	1,78	1,89	1,85	1,67	1,81	1,85	1,70	1,49	1,45	1,80	1,89	1,64		
Ca	1,98	1,86	1,86	7,36	6,01	4,13	1,93	2,59	3,80	3,17	1,71	0,33	6,93	2,75	2,13	2,13	0,33	2,85	2,87	3,17	3,00	0,93	1,88	4,29	2,22	2,22		
Cor	—	—	—	3,97	0,57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Mt	6,28	4,80	4,29	6,03	6,48	10,04	7,06	7,85	8,60	7,99	5,53	3,07	4,60	7,68	7,40	6,72	3,40	8,64	6,89	7,36	6,29	7,20	6,74	6,77	6,88	6,28		

Примітки: 1-3 – дайкові, порфіроподібні нефелінові габроїди; 4-12 – амфіболізовані, мельтеїзміти й якупірангіти Глумчанської інтрузії; 13-34 – різноманітні піроксен-олівін-польовошпатові породи, ділянками з незначним вмістом нефеліну (лужні та сульфурні габроїди); 35-52 – дайкові олівін-піроксен-польовошпат-нефелінові габроїди типу малін'їтів, Покосівська зона; 53-73 – подібні нефелінімісні габроїди з інших ділянок Глумчанської площі.
 Notes: 1-3 – dike porphyry-like nepheline gabbroids; 4-12 – amphibolized melteigites and jacupirangites of Hlumcha intrusion; 13-34 – different dike rocks with low contents of nepheline (alkaline and subalkaline gabbroids); 35-52 – dike olivine-pyroxene-feldspar-nepheline gabbroids of malignant type, Pokosiv zone; 53-73 – similar nepheline-bearing gabbroids from another parts of Hlumcha area

За результатами мікрозондових досліджень коричнево-жовтий амфібол можна класифікувати як збагачений Ті (до 2,90 % TiO_2) паргасит. Дрібний вторинний амфібол більш низькотемпературний; його хімічний склад не визначався, за оптичними характеристиками він подібний до низькоглиноземистх амфіболів типу тремоліту або рихтериту.

Дайкові породи також представлені олівіновими мельтейгіт-порфірами, які інтенсивно змінені. Для них характерні порфірові або порфіроподібні структури. Первинні вкрапленики частіше були представлені олівіном (заміщений серпентином та вторинним амфіболом). У деяких зразках збереглися вкрапленики або ксенокристи розміром до 3 мм безбарвного в шліфах клінопіроксену, які в шліфах мають «віспуватий» вигляд (побиті цятками). Такий «віспуватий» піроксен по краях заміщується амфіболами або однорідним блідо-зеленим піроксеном, подібним до такого у мікротекстурах дайкових порід. В останніх також спостерігалися хресто- або розеткоподібні зростки вкраплеників клінопіроксену, що свідчить про гіпабісальну кристалізацію порід. Можливо, що «віспуваті» піроксени є інтрателуричними утвореннями і винесені з глибших горизонтів (магматичних камер). На жаль, їхній склад (як і вкраплеників піроксену в дайках) залишився не визначеним.

Інтенсивними постмагматичними змінами дайкових мельтейгіт-порфірів пояснюється їхнє розташування у калієвій області на діаграмі $Na_2O - K_2O$ (див. рис. 3) на відміну від плутонічних лужних порід інших інтрузій або дайкових порід Губківського прояву. Висока частка K_2O узгоджується із значним вмістом вторинного амфіболу та заміщенням нефеліну.

В малопотужних прожилковоподібних апофізах дайок і тонких (перші міліметри) прожилках було виявлено дещо незвичні різновиди порфірових лужних порід (Кривдик и др., 2003) з мікротекстурами бурувато-коричнюватого ферікерсутиту. Подібний дрібний амфібол наявний і в дрібнозернистій суттєво польовошпатовій масі. Вміст такого амфіболу іноді перевищує половину об'єму породи. Через інтенсивні вторинні зміни дайкових порід, а також розкристалізованих різновидів Глумчанської інтрузії (св. 127) не завжди вдається визначити їхню належність до певного виду. Допоміжним методом такої діагностики може бути розрахунок на норми (CIPW). Як видно з табл. 4, в більшості порід Глумчанської ділянки і покошівських дайок розраховується нормативний нефелін від перших до 16 %, тобто стільки ж, як це властиво якупірангітам і меланомельтейгітам. Проте в деяких породах розраховувалися енастатит і феросиліт (разом до 20 % і більше), що характерно для безнефелінових порід.

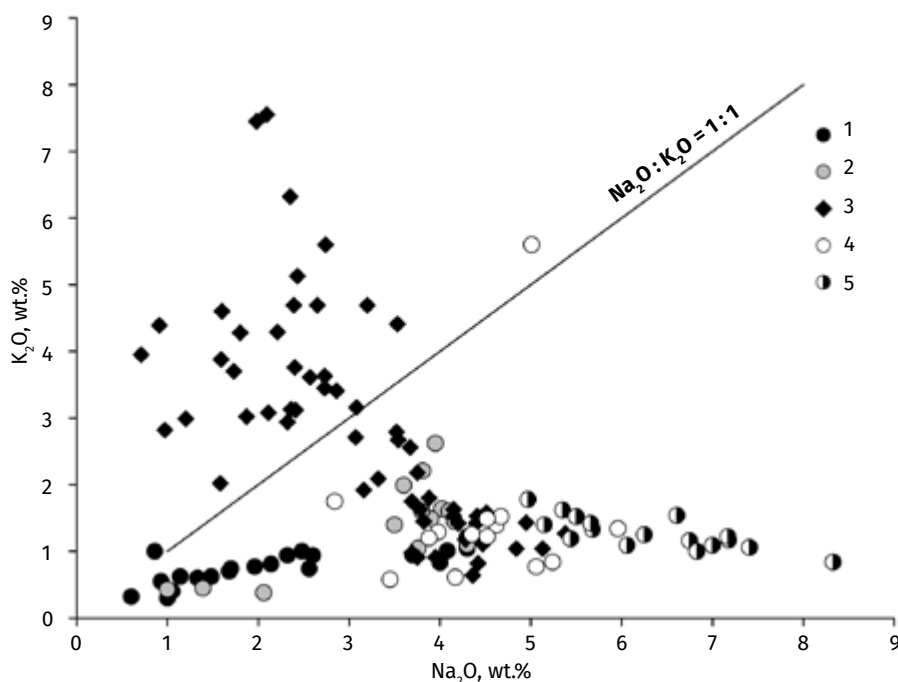


Рис. 3. Співвідношення Na_2O та K_2O у досліджуваних лужних породах. Умовні позначення: 1 – Городницька інтрузія; 2 – олівінові якупірангіти і мельтейгіти Глумчанської ділянки; 3 – мельтейгіт-порфіри, там же; 4 – Боярківська інтрузія; 5 – Губківський прояв

Fig. 3. Correlation of Na_2O and K_2O in the studied alkaline rocks. Symbols: 1 – Horodnytsa intrusion; 2 – olivine jacupirangites and melteigites of the Hlumcha area; 3 – melteigite porphyries, ibid; 4 – Bolyarka intrusion 5 – Hubkiv intrusion

Крім того, в таких «ортопіроксенвмісних» породах часто спостерігається підвищений вміст нормативного анортиту, ортоклазу й альбіту, яких загалом більше, ніж у лужно-ультраосновних породах. Тобто, асоціація ортопіроксену і плагіоклазу (анортит + альбіт) може свідчити про те, що серед дайкових порід наявні також сублужні або й лужні (нефелінвмісні) габроїди типу есекситів (з олівіном і калішпатом). Згадувані породи апофіз і прожилків (св. 635, 636) із ферикерсутитом також варто розглядати як лужні (з нормативним нефеліном) габроїди типу есекситів (див. табл. 4). Тобто, у Глумчанській ділянці наявні як переважно лужно-ультраосновні (безпольовошпатові або низькопольовошпатові) породи якупірангіт-мельтейгітової серії, так і сублужні або й лужні габроїди есекситового (або й іншого) типу.

Геохімічні особливості

Зауважимо, що елементи-домішки визначалися для власне лужно-ультраосновних порід, які переважають у досліджуваних інтрузіях. Тоді як геохімічно не охарактеризованими залишилися різновиди порід, які за хімічним складом класифікуються як габроїди (сублужні і лужні (з нефеліном) їхні різновиди).

Походження останніх та генетичний зв'язок із лужно-ультраосновними породами району досліджень залишається не з'ясованим. Можливо, це контаміновані гранітоїдами рами лужно-ультраосновні розплави, особливо в тонких апофізах та прожилках, як це зазначалося вище і в роботі (Кривдик и др., 2003).

В попередніх публікаціях (Цымбал и др., 1997; Кривдик и др., 2003) акцентувалося на тому, що за геохімічними і петрологічними особливостями лужно-ультраосновні породи північно-західної частини УЩ є специфічними або й унікальними. Серед усіх відомих лужних порід України (УЩ, зона зчленування УЩ зі складчастим Донбасом, Дніпровсько-Донецька западина) це найменш диференційовані різновиди. Зважаючи на це, вони відзначаються високими значеннями Mg# і водночас підвищеними концентраціями Cr, Co і Ni, що узгоджується із кристалізацією зі слабо диференційованого магматичного розплаву. Незважаючи на слабку диференційованість, вдається прослідкувати помірне накопичення Nb, Ta і REE та пониження Cr, Ni і Co із зменшенням у породах вмісту MgO (див. рис. 4), що узгоджується із фракційною кристалізацією початкового розплаву.

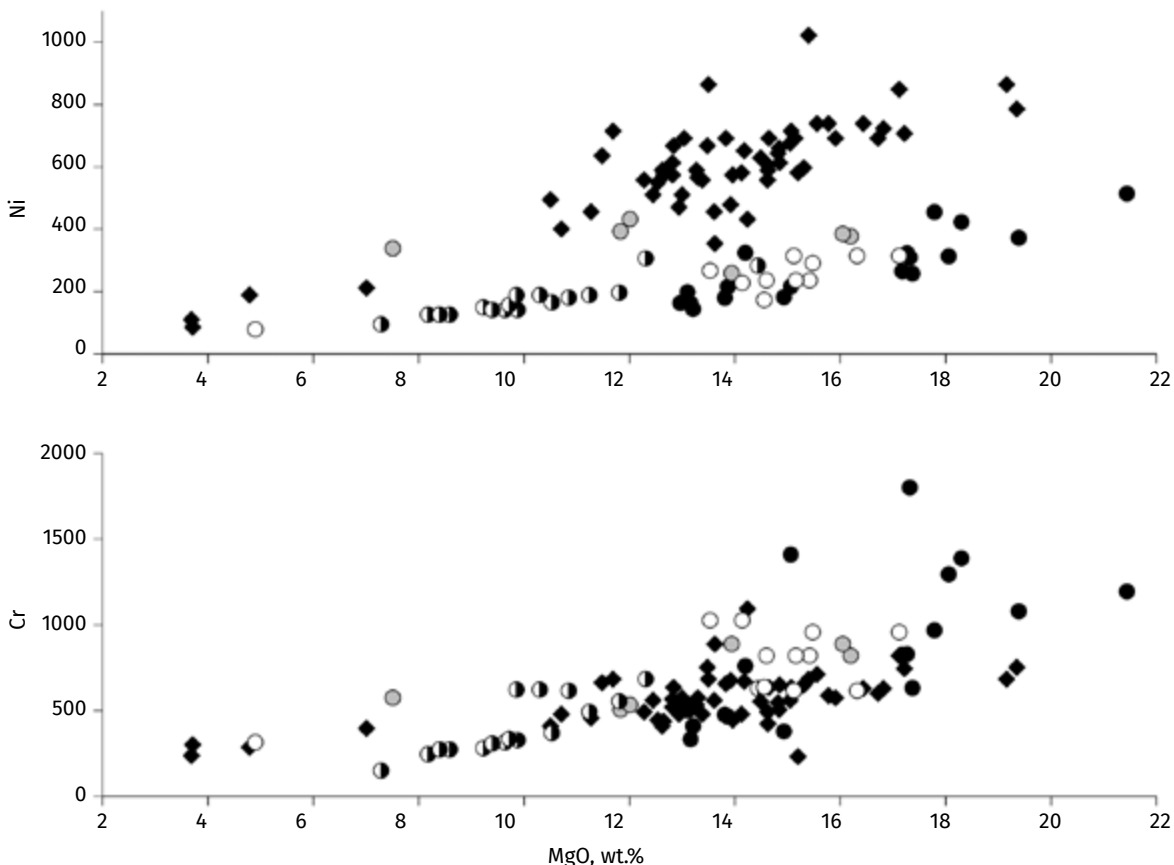


Рис. 4. Кореляція вмісту Cr, Ni і MgO в досліджуваних лужних породах північно-західної частини УЩ. Умов. позначення див. на рис. 3
Fig. 4. Correlation of Cr, Ni, and MgO contents in alkaline rocks of the northwestern part of the Ukrainian Shield. The symbols see Fig. 3

Вміст фосфору, як і некогерентних елементів, у лужних породах є дуже низьким і в більшості наявних аналізів не перевищує 0,15 % P_2O_5 . Мінералогічний аналіз вказує, що головним концентратом фосфору є апатит. Кореляційний зв'язок найбільш чітко прослідковується між P_2O_5 та TiO_2 і CaO , а для порід Городницької інтрузії і Губківського прояву виявлено позитивну залежність між P_2O_5 та концентрацією Sr, Ba та Y.

Крім того, породи мають надзвичайно низьку концентрацію HFSE та REE за помірної LILE (табл. 5), які є аномально низькими, що, вочевидь, зумовлено слабкою диференційованістю досліджуваних лужних порід. Так, в усіх зразках фіксуються низький вміст Zr і Hf, REE (44–82 ppm), з переважанням, як це властиво лужно-ультраосновним породам, LREE, та дуже низький – Nb (3,5–12 ppm). Концентрація Sc (25–35 ppm) у породах Губківського прояву і Болярківської інтрузії подібна до такої із первинних розплавів нефелінітового, базанітового і лужно-базальтового складу.

Тобто в досліджуваних лужних породах вміст REE навіть нижчий, ніж у типових толеїтових базальтах. Проте, якщо в базальтах хондрит-нормовані спектри REE мають субгоризонтальні (недиференційовані) спектри, то в досліджуваних породах вони мають негативний нахил (див. рис. 5), що характерно для типових лужних порід (а також кімберлітів).

У хондрит-нормованих спектрах REE (див. рис. 5) із порід усіх інтрузій та проявів простежується слабка тенденція до збагачення LREE ($(La/Yb)_{ch} = 4,45–11,45$), що є наслідком їхньої низької концентрації у породах, незначної диференційованості вихідних розплавів та низької сумісності REE із головними мінералами. При цьому однойменні плутонічні породи Чернігівського карбонатитового масиву та Дністровсько-Бузького блоку різко відрізняються як збагаченням REE (особливо LREE), так і більш диференційованими спектрами ($(La/Yb)_{ch} = 18–232$). Незважаючи на ступінь збагачення LREE, на всіх спектрах меланократових лужних порід присутні лише помірні негативні або позитивні Eu-аномалії.

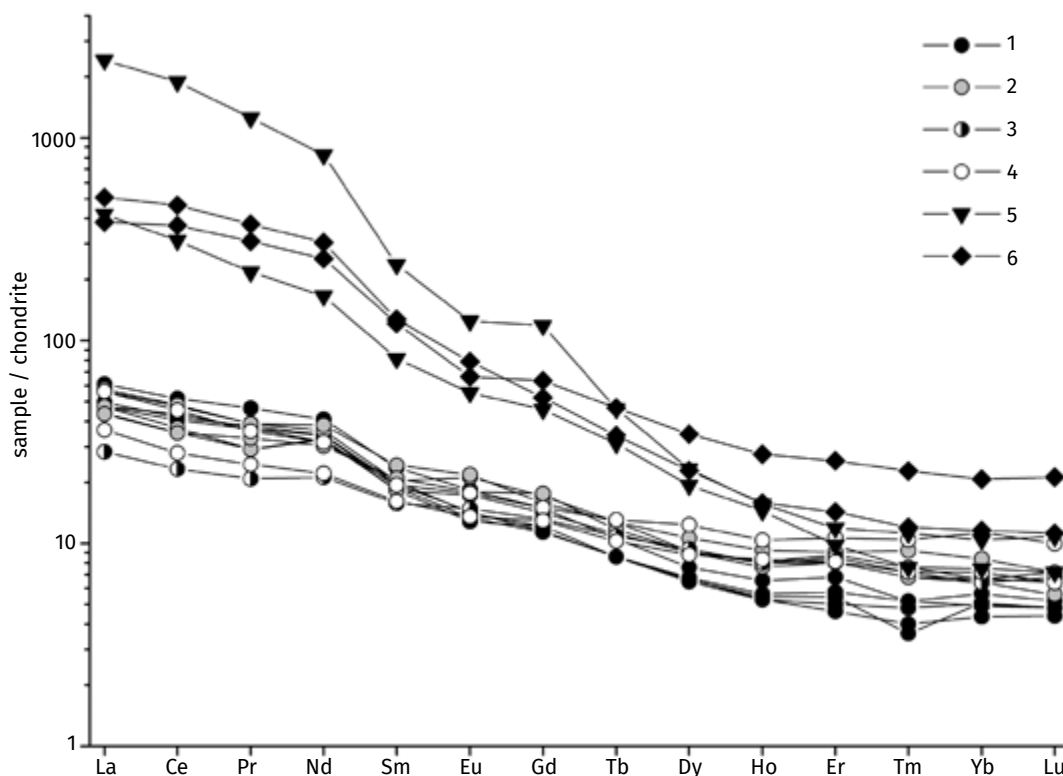


Рис. 5. Хондрит-нормовані спектри REE порід якупірангіт-мельтейгітового складу із різних частин УЩ. Північно-Зхідний мегаблок: 1 – якупірангіт-мельтейгітова серія, Городницька інтрузія; 2 – якупірангіти, Глумчанська інтрузія; 3 – мельтейгіт-порфір, Губківський прояв; 4 – олівінові мельтейгіти, Болярківська інтрузія; Дністровсько-Бузький мегаблок: 5 – лужний піроксеніт і мельтейгіт (Дубина, 2015); Приазовський мегаблок: 6 – лужний піроксеніт і мельтейгіт, Чернігівський масив (Дубина, 2015). Концентрації у хондриті, за даними (Sun, McDonough, 1995)

Fig. 5. Chondrite-normalized REE patterns of jacupirangite-melteigite rocks from different parts of the Ukrainian Shield. North-Western megablock: 1 – jacupirangite-melteigite rocks, Horodnytsa intrusion; 2 – jacupirangites, Hlumcha intrusion; 3 – melteigite-porphyr, Hubkiv occurrence; 4 – olivine melteigites, Bolyarka intrusion; Dniester-Bug megablock: 5 – alkaline pyroxenite and melteigite (Dubyna, 2015); Azov megablock: 6 – alkaline pyroxenite and melteigite, Chernihivka massif (Dubyna, 2015). Normalisation values of the chondrite after (Sun, McDonough, 1995)

Таблиця 5. Хімічний склад та вміст елементів-домішок (за даними ICP MS) в лужно-ультраосновних породах північно-західної частини УЩ
Table 5. Chemical composition and minor element concentration in alkaline-ultrabasic rocks in North-Western part of Ukrainian Shield

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Massif	Hub	Bol	Bol	Hor	Hor	Hor	Hor	Hor	Hlm	Hlm	Hlm	Hlm
Rock	MelP	OLMel	OLMel	Mel	Mel	OLij	En	OLJa	AmJa	AmJa	AmJa	AmJa
Drill-holes	A33	—	—	420	421	420	421	421	127	127	127	127
Deep, m	TS-3	TS-4	TS-5	29,4	44,5	44,5	106,1	104,4	30,1	32,3	33,1	34,2
SiO ₂	43,40	43,99	44,44	44,59	43,75	—	46,23	44,06	45,74	45,42	45,76	45,56
TiO ₂	0,96	0,59	0,57	0,42	0,27	—	0,41	0,26	1,14	0,94	1,14	1,14
Al ₂ O ₃	12,33	10,26	9,46	11,24	12,9	—	6,71	4,36	9,91	10,90	10,97	9,67
Fe ₂ O ₃	10,71	10,90	10,06	4,56	2,93	—	2,84	4,33	4,48	4,73	5,20	5,06
FeO	—	—	—	3,89	4,57	—	4,29	3,71	4,95	5,67	5,17	4,45
MnO	0,17	0,18	0,16	0,17	0,15	—	0,17	0,17	0,24	0,24	0,24	0,16
MgO	10,24	14,23	15,20	12,97	13,21	—	17,32	21,44	16,26	15,17	15,33	16,42
CaO	10,77	8,71	10,89	15,13	13,44	—	16,11	14,64	8,25	7,98	8,02	9,67
Na ₂ O	4,85	5,24	4,17	2,32	4,3	—	1,68	0,6	3,6	4,10	3,80	3,5
K ₂ O	1,16	0,84	0,61	0,94	1,04	—	0,7	0,32	1,99	1,60	1,60	1,4
P ₂ O ₅	0,15	0,24	0,14	0,08	0,11	—	0,13	0,08	0,18	0,26	0,24	0,36
Cr ₂ O ₃	0,09	0,15	0,14	—	—	—	—	—	0,22	—	—	0,22
Ni	199,0	328,0	368,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ O	—	—	—	0,17	0,11	—	0,11	0,32	0,04	—	—	0,15
CO ₂	—	—	—	0,98	1,15	—	1,33	1,76	—	0,04	0,07	—
LOI	4,80	4,20	3,70	1,98	1,46	—	1,73	3,44	2,81	2,69	2,19	2,77
TOT/C	0,44	0,28	0,22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TOT/S	0,25	0,15	0,15	0,05	0,08	—	0,05	0,06	0,03	—	—	0,02
Total	99,66	99,60	99,62	99,49	99,47	—	99,91	99,55	99,84	99,70	99,66	100,55
Ba	211	350	215	146,9	86	83,2	112,5	59,7	168,8	227,8	226,7	200,1
Sr	822,6	592,8	482,8	638,3	569,6	557,6	501,1	304,9	530,2	468,3	763,4	409,9
Rb	40,50	27,40	16,40	19	24,6	23,0	66,6	14,1	30,1	36,3	37,6	31,6
Nb	5,3	6,0	3,8	8,4	6,4	6,3	7,8	3,5	7,1	10,1	12,5	8,6
Ta	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4	0,6	0,7	0,4
Zr	50,4	46	38,1	27,8	19,1	19,7	24,5	125,2	49,2	58,3	73,3	53,2
Hf	1,60	1,30	1,20	0,8	0,7	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9	1,4
Th	0,70	1,20	0,60	0,8	0,4	0,3	1,2	0,6	0,4	0,7	0,7	0,4
U	0,20	0,40	0,20	0,2	<0,1	0,2	0,3	1	0,2	0,2	<1	0,2
Y	13,50	18,20	12,80	9,7	8,4	8,4	8,5	11,1	12,4	13,4	14,5	12
La	6,70	13,30	8,60	14,5	11,2	11,2	11,8	10,4	11,2	13,4	13,7	10,3
Ce	14,30	27,80	17,10	31,8	24,8	26,6	25,5	21,6	22,8	29	29,5	21,5
Pr	1,93	3,32	2,28	4,3	3,41	3,44	3,52	2,7	2,7	3,63	3,6	3,06
Nd	9,70	14,40	10,10	18,7	15,6	14,5	15,7	15	14,8	16,4	17,5	13,8
Sm	2,33	2,88	2,39	3,5	2,8	3	2,9	2,7	2,7	3	3,6	3,1
Eu	0,83	0,99	0,76	1,03	0,75	0,79	0,8	0,72	0,97	1,19	1,22	1,01
Gd	2,63	2,98	2,58	2,97	2,26	2,42	2,28	2,42	2,83	3,4	3,15	3,5
Tb	0,39	0,47	0,37	0,38	0,31	0,31	0,31	0,31	0,4	0,46	0,46	0,42
Dy	2,31	3,04	2,16	1,87	1,65	1,63	1,59	1,67	2,23	2,25	2,61	2,25
Ho	0,44	0,57	0,46	0,36	0,29	0,3	0,29	0,31	0,42	0,45	0,51	0,44
Er	1,36	1,70	1,30	1,09	0,8	0,87	0,74	0,92	1,29	1,4	1,45	1,29
Tm	0,18	0,26	0,18	0,13	0,12	0,09	0,1	0,13	0,17	0,19	0,23	0,17
Yb	1,03	1,82	1,16	0,91	0,81	0,82	0,7	0,79	1,08	1,07	1,35	1,03
Lu	0,17	0,25	0,16	0,13	0,12	0,12	0,11	0,12	0,16	0,18	0,18	0,14
Mo	0,5	0,50	0,50	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3
W	<0,5	<0,5	<0,5	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1
Be	7	7	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ni	148,7	221,8	252,7	199,4	224,2	218,1	236,7	428,4	239,4	280,3	319,3	280,9
V	217,0	179,0	166,0	168	142	141	120	109	153	145	177	153
Co	46,40	53,40	54,60	48,7	48,7	49,3	45,6	63,5	49,7	54,4	56,6	55,4
Cs	5,20	4,80	2,60	1,9	1,4	1,3	13,1	3,5	3,8	4,3	5	3,4
Ga	15,50	12,70	10,00	11,6	8,8	9,9	7,1	6,3	13,5	13,1	17,4	13,1
Cu	124,9	76,80	175,1	89,3	105,3	102,4	52,5	39,2	132,3	56,6	57,3	62,3
Pb	1,90	3,70	2,70	1,8	1,9	1,8	2	1,2	0,8	3	0,8	1,1
Zn	43,00	51,00	29,00	27	26	24	20	22	21	29	29	25
As	0,90	<0,5	<0,5	0,5	0,7	0,6	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	0,6	0,6
Sc	23	25	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Eu/Eu*	1,02	1,03	0,94	0,98	0,91	0,90	0,95	0,86	1,07	1,14	1,11	0,94
REE	44	74	50	82	65	66	66	60	64	76	79	62
Zr/Nb	9,5	7,7	10,0	3,3	3,0	3,1	3,1	35,8	6,9	5,8	5,9	6,2
Ce/Y	1,1	1,5	1,3	3,3	3,0	3,2	3,0	1,9	1,8	2,2	2,0	1,8
La/Yb	6,5	7,3	7,4	15,9	13,8	13,7	16,9	13,2	10,4	12,5	10,1	10,0

*Примітки. Інтрузії: Hub – Губків; Bol – Болярка; Hor – Городницька; Hlm – Глумчанська. Порооди: MelP – мейтеїгіт-порфіри; OLMel – олівіновий мейтеїгіт; Mel – мейтеїгіти меланократові; OLij – іюліт олівінемісний; En – ендоконтактова фація; OJa – якупірангіт олівінемісний; AmJa – амфіболізований якупірангіт.

*Notes. Intrusions: Gub – Hubkiv; Bol – Bolyarka; Hor – Horodnytsa; Hlm – Hlumcha. Rocks: MelP – melteigite porphyre; OLMel – olivine melteigite; Mel – melanocratic melteigites; OLij – olivinebearing ijolite; En – endotact facies; OJa – olivinebearing jacupirangite; AmJa – amphibolized jacupirangite.

** – ppb

В породах північно-західної частини УЩ Eu/Eu^* наближається до одиниці (0,86–1,14), тоді як в аналогічних породах з інших частин УЩ внаслідок вищої диференційованості ($Mg\#$ 0,45–0,54) проявлені помірні або мінімальні Eu -аномалії (Eu/Eu^* 0,74–0,96).

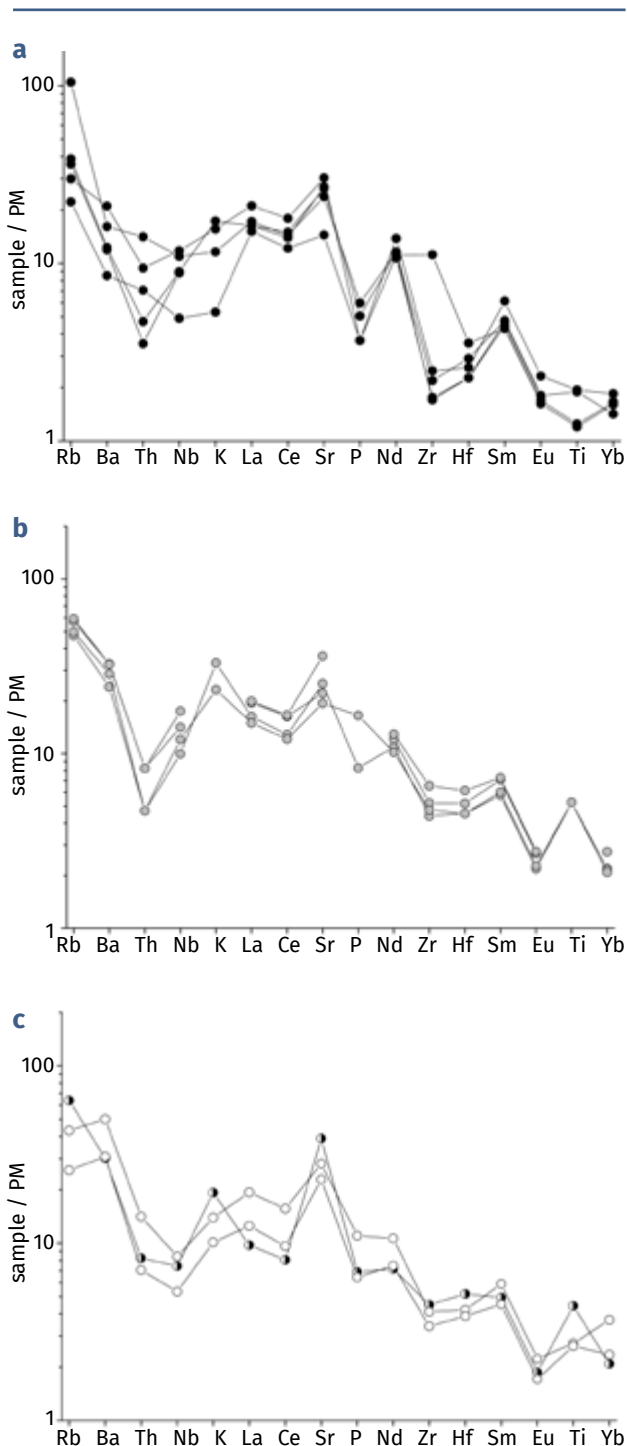


Рис. 6. Спектри рідкісних елементів, нормовані до примітивної мантії для лужних порід північно-західної частини УЩ. Концентрації елементів у примітивній мантії, за даними (Sun, McDonough, 1989). Умов. позначення див. на рис. 5

Fig. 6. Primitive mantle-normalized patterns of alkaline rocks of the North-Western part of the Ukrainian Shield. The primitive mantle data are from (Sun, McDonough, 1989). The symbols see Fig. 5

Спектри несумісних елементів, нормовані до примітивної мантії (рис. 6) лужних порід північно-західної частини УЩ, мають подібні закономірності їхнього розподілу в усіх проявах і демонструють, як згадувалося вище, суттєву деплетованість на більшість з них, окрім Rb, Sr, Nd і Sm. Найбільші негативні піки пов'язані із Th, Nb, Zr, Hf, REE і P.

На діаграмі Zr – Nb чітко проявляються два позитивних тренди (рис. 7): перший для Городницької інтрузії, а другий для порід з інших інтрузій. Такий розподіл свідчить, що обидва елементи поведилися як несумісні під час диференціації розплавів, за відсутності (або несуттєвої) асиміляції коровим матеріалом, а для Городницької інтрузії – на можливе раннє фракціонування Nb-вмісної фази. Повністю виключати асиміляцію не можна, оскільки принаймні один зразок олівінового якупірангіту із Городницької інтрузії відхиляється від загального тренду через високий, як для цих порід, вміст Zr (125 ppm), що разом із іншими геохімічними характеристиками цього зразка (пониженою концентрацією Sr і Ba та зменшенням відношення Ce/Yb) може свідчити про контамінацію (див. табл. 5).

Ізотопія. Ізотопні співвідношення Sr визначалися в апатитах із трьох досліджуваних проявів. За даними (Цымбал и др., 2011), співвідношення $^{87}Sr/^{86}Sr$ у апатитах Болярківської інтрузії знаходиться в межах 0,70223–0,70298, Глумчанської сягає 0,702054, Городницької – 0,70215–0,7028.

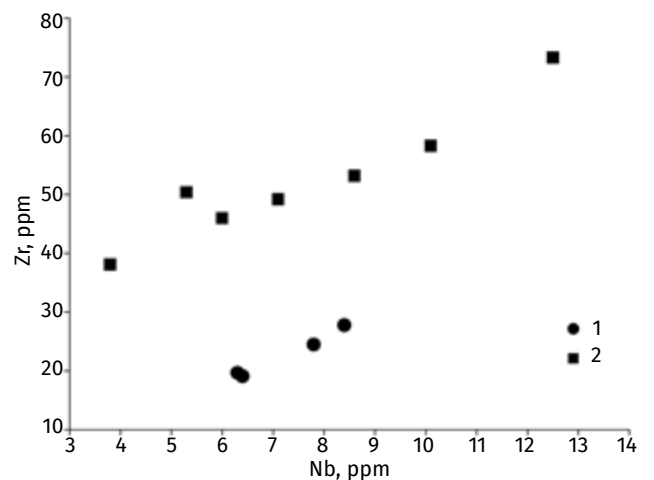


Рис. 7. Кореляція вмісту Zr і Nb у досліджуваних лужно-ультраосновних породах північно-західної частини УЩ: 1 – Городницька інтрузія (за винятком зразка, збагаченого на Zr); 2 – породи Глумчанської і Болярської інтрузій та Губківської ділянки

Fig. 7. Correlation of Zr and Nb contents in alkaline-ultrabasic rocks of the North-Western part of the Ukrainian Shield: 1 – Horodnytsa intrusion (except for the sample enriched in Zr, see Tabl. 5); 2 – rocks of the Hlumcha and Bolyarka intrusions and the Gubkiv area

Sm-Nd ізотопні дослідження є нечисленними (неопубліковані дані С.М. Цимбала) і відомі лише для Городницької та Глумчанської інтрузій, для яких співвідношення $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(t)$ дорівнює 0,510094 і 0,509834–0,509997, відповідно ($\epsilon\text{Nd} +3,46$ і $-0.4 \div +1,5$, відповідно), що вказує на генерацію первинних розплавів із деплетованої мантії з домішкою збагаченого матеріалу.

Обговорення

Джерело первинних розплавів. Загальноприйнятою є думка про те, що верхня мантія має перидотитовий склад. Примітивні лужні, збіднені кремнеземом розплави, такі як меланефеліти, нефеліти і базаніти, можуть утворюватися за незначної частки плавлення перидотитових джерел за високого тиску. Тому найбільш імовірним джерелом виникнення примітивних нефелін нормативних розплавів розглядається гранатовий перидотит, який, як найбільш вірогідне джерело виникнення лужних ультраосновних розплавів, розглядався і в роботі (Кривдик и др., 2003). Значну глибину зародження первинних розплавів із перидотитового субстрату підтверджують оцінки тиску за ксенокристами хромшпінелідів і гранатів із Болярківської і Городницької інтрузій (Цимбал та ін., 2015). Отримані дані для цих інтрузій вкладаються у діапазон 2,0–2,6 і 3,0–3,1 GPa, відповідно, що охоплює поле як шпінелевих

левих (Болярківська інтрузія), так і гранатових (Городницька інтрузія) мантійних перидотитів, перехід між якими оцінюється в 2,5–3,0 GPa, еквівалентний глибині 75–90 км (Robinson, Wood, 1998). Оскільки інтрузії досліджуваних лужних порід приурочені до глибинних розломів мантійного закладання, амплітуда зміщення поверхні М у яких досягає 5–7 км, а в зоні Сарненсько-Варварівської зони 8–10 км (Кривдик и др., 2003; Цымбал и др., 2008), то, ймовірно, декомпресійне часткове плавлення мантійного субстрату відбувалося на менших глибинах.

Суттєве фракціонування HREE ($\text{Dy}/\text{Yb} > 2$) у більшості аналізів із лужних порід підтверджує попередні висновки про те, що первинні розплави виникали за часткового плавлення гранатових перидотитів. Тоді як нижчі значення тиску, отримані для ксенокристів мантійних мінералів у породах Болярківської інтрузії, корелюють із пониженим відношенням Dy/Yb (1,7–1,9) і можуть вказувати на виплаву первинного розплаву із менш глибинного резервуару, подібного до шпінелевих перидотитів. Подібні результати отримаємо за співвідношеннями $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{ch}}$ і $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{ch}}$ (рис. 8), де майже усі точки, за винятком порід Болярської інтрузії та одного аналізу якупірангіту Глумчанської інтрузії, потрапляють у область розплавів, які генеруються із гранатових перидотитів за незначного парціального плавлення.

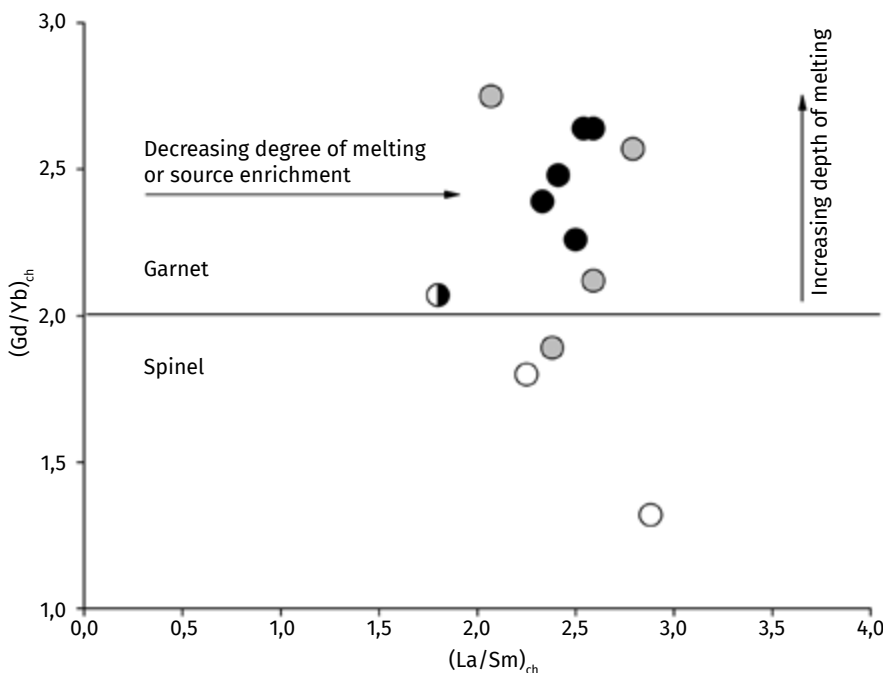


Рис. 8. Діаграма $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{ch}} - (\text{La}/\text{Sm})_{\text{ch}}$, яка використовується для визначення участі шпінелевих або гранатових перидотитів у генерації розплавів та ступеня їх часткового плавлення. Діаграма вказує на змішані гранат- і шпінельвмісні резервуари для зародження первинних розплавів лужних порід північно-західної частини УЩ та зростаючу глибину плавлення. Концентрації у хондриті, за даними (Sun, McDonough, 1995). Умов. позначення див. на рис. 5

Fig. 8. The $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{ch}} - (\text{La}/\text{Sm})_{\text{ch}}$ diagram used to determine the involvement of spinel or garnet peridotites in the melt generation and the degree of their partial melting. The diagram indicates mixed garnet- and spinel-bearing sources for the appearance of primary melts for intrusions of the North-Western part of the Ukrainian Shield and the increasing depth of melting. Concentrations in chondrite according to (Sun, McDonough, 1995). The symbols see Fig. 5

Моделювання часткового плавлення поширених порід верхньої мантії, засноване на фракціонуванні REE (наприклад, графік Sm/Yb – La/Sm), дає можливість розділити процеси плавлення, які відбуваються в полі стабільності гранатового перидотиту, від тих, що відбуваються в полі стабільності шпінелевого перидотиту, через значне фракціонування HREE гранатом. На рис. 9 більшість точок утворюють досить компактну групу в полі, яке обмежене лініями парціального плавлення гранатових і шпінелевих перидотитів. За пониженим співвідношенням Sm/Yb від цієї групи відхиляються зразки із Болярківської інтрузії, а за пониженим La/Sm – мельтейгіт-порфір Губківського прояву. Крім того, ця діаграма свідчить про те, що часткове плавлення лише гранатового перидотиту або шпінелевого перидотиту не може пояснити такі співвідношення цих елементів у досліджуваних породах. Виходячи з такого розподілу, первинні розплави для Городницької і Глумчанської інтрузій виникали за подібного ступеня часткового плавлення як результат змішування виплавки із мантійних перидотитів різного складу або внаслідок парціального плавлення амфібол-гранатового перидотиту. Крім того, для порід цих двох проявів проявляється негативна кореляція за Ce/Yb і вмістом Yb, що також підтверджує виникнення первинних розплавів переважно за рахунок мантійних гранатвмісних перидотитів (плавлення шпінелевих перидотитів має викликати позитивну залежність).

Утворення первинних розплавів Болярківського інтрузиву відбувалось переважно через парціальне плавлення шпінелевих перидотитів, можливо, з незначним додаванням розплаву із амфібол-гранатових або гранатових перидотитів. В цілому, таке розташування точок для Болярківського інтрузиву корелює як із даними, наведеними на рис. 8, так і попередніми висновками щодо РТ-умов магмогенерації (Цимбал та ін., 2015). Положення єдиного аналізу Губківського прояву на лінії парціального плавлення амфібол-гранатового перидотиту припускає, що висновки про умови і джерело генерації первинних розплавів для Городницького і Глумчанського інтрузивів є справедливими і для цього прояву. Зміщення від загальної групи може зумовлюватися більшим ступенем часткового плавлення або додаванням нижньокорового матеріалу.

Кристалізація первинних розплавів. Петрологічні дослідження, підкріплені експериментальними даними, свідчать, що головним процесом, відповідальним за утворення лужно-ультраосновних асоціацій, є фракційна кристалізація первинного розплаву олівін-меланефелінового складу. Високий вміст MgO, Cr і Ni в акупірангіт-мельтейгітових породах невеликих інтрузій північно-західної частини УЩ дозволяє розглядати їх як близькі аналоги первинних глибинних розплавів. Якщо високі концентрації Ni і Co пов'язані переважно із олівіном, то Cr входить

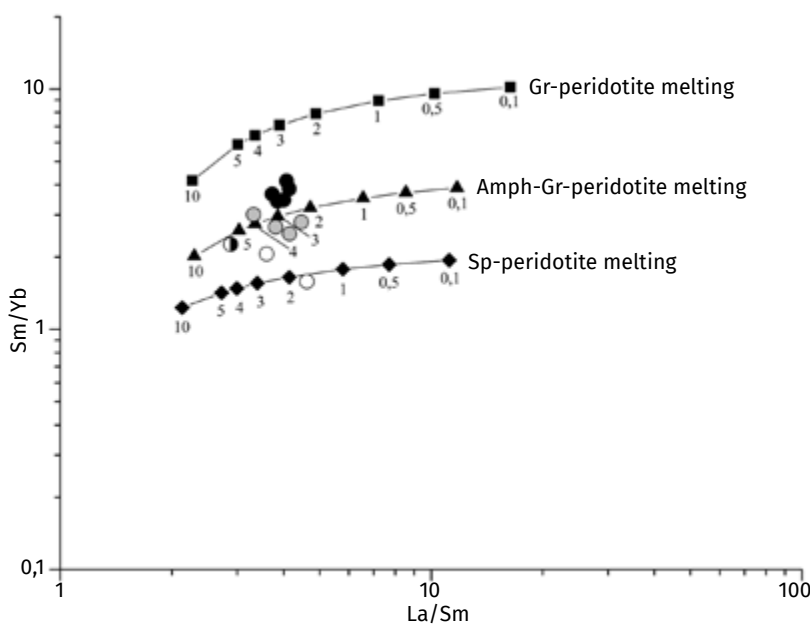


Рис. 9. Діаграма Sm/Yb – La/Sm із кривими рівноважного парціального плавлення мантійних перидотитів. Цифри на модельних кривих вказують на відсоток плавлення. Прийнятий мінеральний склад (Sun, McDonough, 1995): гранатовий перидотит (ol 0,57, орх 0,16, срх 0,14, grt 0,13), амфібол-гранатовий перидотит (ol 0,55, орх 0,19, срх 0,07, grt 0,08, amph 0,13), шпінелевий перидотит (ol 0,56, орх 0,22, срх 0,19, sp 0,03). Концентрація REE у мантійному резервуарі приймалася рівною РМ (Sun, McDonough, 1989). Коefіцієнти розподілу мінерал/розплав, за даними (Adam, Green, 2003). Умов. позначення див. на рис. 5

Fig. 9. Sm/Yb – La/Sm diagram with equilibrium partial melting curves of mantle peridotites. The numbers on the model curves indicate the percentage of melting. The assumed mineral composition (Sun, McDonough, 1995): garnet peridotite (ol 0.57, орх 0.16, срх 0.14, grt 0.13); amphibole-garnet peridotite (ol 0.55, орх 0.19, срх 0.07, grt 0.08, amph 0.13); spinel peridotite (ol 0.56, орх 0.22, срх 0.19, sp 0.03). The REE concentration in the mantle reservoir was assumed to be equal to primitive mantle (Sun, McDonough, 1989). Mineral/melt partition coefficients from (Adam and Green, 2003). The symbols see Fig. 5

до складу піроксенів та амфіболів, а також до наявних у всіх типах порід Cr-шпінелідів, у тому числі глибинних (алмазозноної асоціації), та ксенокристів хромистого піропу (Цымбал и др., 1997; Цимбал та ін., 2015). Останні могли зберегтися в умовах досить швидкого підйому меланефелітового розплаву із джерела магмоутворення.

На діаграмі La/Sm – La (рис. 10) усі зразки розташовуються вздовж тренду часткового плавлення, що підтверджує їхню кристалізацію із слабо диференційованого первинного розплаву, за незначної ролі фракційної кристалізації. Незважаючи на незначне фракціонування первинних мантієвих розплавів, умови їх генерації сприяють, внаслідок низьких ступенів плавлення, концентруванню некогерентних елементів. Тобто, підйому і кристалізації материнських лужних ультраосновних розплавів мали б передувати процеси, які суттєво деплетували їх на некогерентні елементи, або умови генерації таких розплавів відхилялися від звичайних.

Наявні в літературі дані про розподіл елементів-домішок у головних мінеральних фазах лужно-ультраосновних серій дають підстави припускати накопичення як REE, Y, так і HFSE в кінцевих дериватах, представлених частіше йолітами та нефеліновими сієнітами. З огляду на те, що коефіцієнти розподілу ($D^{min/liq}$) для згаданих елементів у ранніх кристалічних фазах (олівін, клінопіроксен) значно менші одиниці, має відбуватися концентрування некогерентних елементів у більш

диференційованих розплавах, аналоги яких в досліджуваних інтрузіях відсутні. Причини їх відсутності можуть пояснюватися як невеликими об'ємами первинного розплаву, який проникав на рівень сучасного ерозійного зрізу, і як результат його швидкої розкристалізації, або міграцією більш диференційованих порцій розплаву з наступною кристалізацією у вищі горизонти кори, можливо із формуванням вулканічних споруд на поверхні. Внаслідок ерозійного зрізу як вулканічні утворення, так і гіпабісальні частини вертикально розтягнутих магматичних камер могли знищуватися із збереженням придонної частини або підвідних магматичних каналів. Наразі така гіпотеза не зовсім узгоджується із гіпабісальними ознаками розкристалізації лужних порід (Цымбал и др., 2008). Гіпотетично під час ранніх етапів диференціації первинних лужних розплавів можуть кристалізуватися REE-збагачені фази, наприклад перовськіт. Незважаючи на невеликий вміст у мантії, перовськіт може бути основним концентратором літофільних елементів, зокрема REE (Kato et al., 1996; Wang et al., 2000). Крім того, за даними (Veksler, Tepteleev, 1990), перовськіт є більш стабільним, порівняно з титанітом, в нефелін нормативних ненасичених кремнеземом лужних розплавах.

Раннє фракціонування подібних REE-збагачених мінеральних фаз знаходить підтвердження у низці масивів лужно-ультраосновних порід або їх асоціації із карбонатитами.

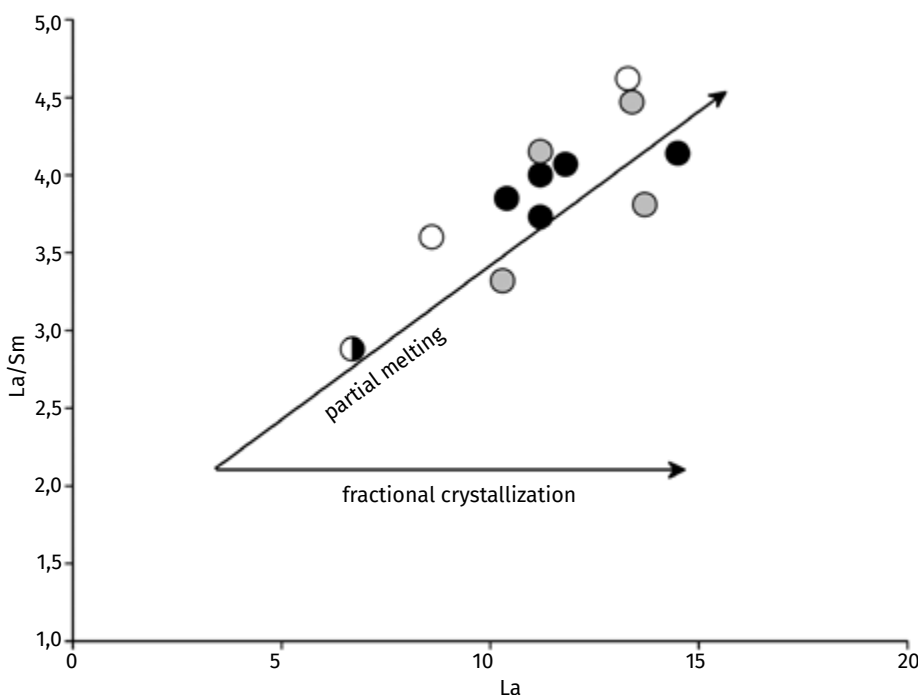


Рис. 10. Діаграма La/Sm – La для лужно-ультраосновних порід північно-західної частини УЩ. Діаграма показує, що більшість аналізованих порід під час еволюції зазнали лише часткового плавлення та не несуть ознак фракційної кристалізації. Умов. позначення див. на рис. 5

Fig. 10. La/Sm – La diagram for alkaline-ultrabasic rocks of the North-Western part of the Ukrainian Shield. The diagram shows that most of the analyzed rocks have suffered only partial melting during evolution, without fractional crystallization. The symbols see Fig. 5

Так, серед плутонічних порід Oldoinyo Lengai описано клінопіроксенітові (якупірангітові) кумулати, які містять до 28 % перовськіту (Dawson et al., 1995). В масивах Кугда, Гулі та Одіхінча згадуються олівінові та клінопіроксеніві породи з великою кількістю первинно перовськіту. Враховуючи високі $D^{\text{min/liq}}$ (Onuma et al., 1981; Corgne, Wood, 2002; Chakhmouradian et al., 2013) для Nb, REE та особливо Th, виявлені для перовськіту, навіть незначне його фракціонування на ранньому етапі кристалізації може суттєво збіднювати розплав на ці елементи.

Іншим мінералом, який потенційно може в значних кількостях акумулювати REE, є апатит, беручи до уваги високі значення відомих $D^{\text{Ap/sil liq}}$ у силікатних розплавах (Prowatke, Klemme, 2006). Оскільки у деяких лужних базальтах трапляються амфібол- і апатит-збагачені ксеноліти (Exley, Smith, 1982), то часткове плавлення таких багатих на фосфор мантіїних порід призведе до підвищення у розплаві концентрації P_2O_5 , необхідного для його насичення і початку кристалізації апатиту. В іншому випадку, зважаючи на незначну диференційованість первинних розплавів і низьку концентрацію P_2O_5 у досліджуваних лужних породах, можливість раннього фракціонування апатиту видається малоімовірною, хоча на даному етапі досліджень повністю її виключити неможливо, оскільки навіть у найбільш примітивних меланефелінітах Хібінського півострова вміст P_2O_5 може досягати 1 % і вище. В іншому випадку під час кристалізації ранніх силікатів (олівін, клінопіроксен, гранат) фосфор як несумісний елемент повинен нагромаджуватися у більш диференційованих порціях розплаву.

Таким чином, можливість раннього фракціонування перовськіту (і потенційно апатиту) може викликати виявлену у лужних породах Волинського блоку деплетованість на REE, меншою мірою їхнє фракціонування впливає на концентрацію HFSE. Для останніх $D^{\text{Ap/sil liq}}$ є значно нижчими за одиницю (Prowatke, Klemme, 2006), тоді як експериментальні дані визначення $D^{\text{Per/liq}}$ (Corgne, Wood, 2002) вказують на їх зростання із пониженням тиску ($D_{\text{Nb}}^{\text{Per/liq}}$ 1,46, $D_{\text{Ta}}^{\text{Per/liq}}$ 2,95, $D_{\text{U}}^{\text{Per/liq}}$ 3,02 і $D_{\text{Th}}^{\text{Per/liq}}$ 5,24, для $P = 3$ GPa). Відповідно, гіпотетичне фракціонування перовськіту узгоджується із негативними аномаліями Nb і Th, які проявляються на спайдерграмах (див. рис. 6), проте не пояснює їхню деплетованість на Zr і Hf, для яких $D^{\text{Per/sil liq}} < 1$ (0,08 і 0,09, відповідно). Крім того, фракціонуванням перовськіту можна пояснити і досить значні

варіації Nb/Ta в різних інтрузіях. У мельтейгіті Губківського прояву і Глумчанської інтрузії це відношення близьке до хондритового (17,6), тоді як у Болярському і, особливо, Городницькому інтрузивах воно вище (19–20 і 21–35, відповідно; див. табл. 5). Оскільки Ta є більш сумісним із перовськітом, порівняно із Nb (Corgne, Wood, 2002), розплав буде збіднюватися на Ta більш інтенсивно, що позначатиметься на зростанні Nb/Ta. Іншим можливим поясненням зростання Nb/Ta відношення є особливості часткового плавлення рутилвмісних (?) мантіїних порід.

Більш ефективною мінеральною фазою, яка може суттєво вплинути на розподіл HFSE в процесах часткового плавлення мантіїних порід, викликаючи деплетацію часткових розплавів, є рутит (титаніт?). Рутит є поширеною акцесорною фазою еклогітів і зрідка присутній у метасоматизованих перидотитах. Оскільки він може містити до 4–6 % Nb_2O_5 , концентрація Nb і Ta в цьому мінералі значною мірою позначається на їх концентрації у мантіїних породах і, відповідно, на розплавах, які із них генеруються. Враховуючи незначну частку парціального плавлення мантіїних порід, необхідну для генерації лужних розплавів, а також температуру плавлення, яка, за даними (Цимбал та ін., 2015), не перевищувала 1100 °C, рутит як тугоплавка фаза є стабільним і не переходить у силікатний розплав (Green, Pearson, 1986; Ryerson, Watson, 1987; Klemme et al., 2002). Оскільки рутит має високі коефіцієнти розподілу для HFSE (Jenner et al., 1993; Foley et al., 2000) і залишається у реститі, первинні розплави будуть деплетовані на ці елементи. Частіше утворення силікатних розплавів із такими геохімічними характеристиками пов'язують із частковим плавленням еклогітів в острівно-дугових тектонічних обстановках, де залежно від тиску і температури плавлення низькотемпературні розплави, що утворюються за помірних тисків, демонструють негативні аномалії HFSE. Припускається, що розплави, які утворилися за часткового плавлення еклогіту і тиску менше ніж 3 GPa, через наявність залишкового рутиту в процесі плавлення, будуть мати негативні аномалії HFSE, тоді як розплави, згенеровані на глибших горизонтах, не проявлятимуть деплетації на ці елементи і можуть фактично транспортувати Nb та інші HFSE у вищезалігаючі мантіїні породи («мантіїний клин»). Їхня реакція із мантіїними перидотитами над зоною субдукції може призвести до кристалізації вторинного рутиту (Kogiso et al., 1998; Yaxley,

Green, 1998). Відповідно, часткове плавлення цих перидотитів також спричиняє деплетованість на некогерентні елементи, як і у випадку плавлення еклогітів.

Тобто, за геохімічними особливостями досліджувані лужно-ультраосновні породи подібні до утворень, які властиві областям стиснення земної кори типу субдукції (або обдукції). За даними (Шумлянський, 2012), житомирські гранітоїди, які переважають серед вміщувальних порід, за геохімічними особливостями також подібні до субдукційних утворень. Зазначимо, що, за наявними геохронологічними даними, вік житомирських гранітів і досліджуваних лужних порід доволі близький (приблизно 2 млрд років) (Цымбал и др., 2011). Тобто, через незначний період часу після формування житомирських гранітів і з появою досліджуваних лужних порід могли зберегтися подібні геодинамічні умови стиснення земної кори.

Висновки

В північно-західному районі УЩ існує низка лужно-ультраосновних порід якупірангіт-мельтейгітового складу, що зближені за часом утворення (приблизно 2 млрд років) і просторово приурочені до зон глибинних розломів. В деяких ділянках лужно-ультраосновних порід виявлено також лужні габроїди (тонкі апофізи і прожилки), а в Городницькій інтрузії – альбіт-діопсидові породи, які можуть представляти результат контамінації гранітоїдним матеріалом первинного лужно-ультраосновного розплаву. Петрогенезис досліджуваних порід трактується неоднозначно, проте вони є поки що унікальними, відмінними

від типових лужно-ультраосновних порід інших регіонів. Первинні розплави в усіх проявах характеризувалися достатньо примітивним хімічним складом (високий вміст MgO, Cr та Ni), але відрізняються від подібних порід суттєвою деплетацією несумісних елементів (Nb, Ta, Zr, Hf, REE) за помірної концентрації Sr і Ba. Подібність за вмістом як петрогенних елементів, так і характерних елементів-домішок може свідчити про виплавку первинних розплавів(у) із мантійних порід схожого складу та їхню еволюцію за подібним механізмом. Співвідношення Gd/Yb та La/Sm в лужних породах Городницької і Глумчанської інтрузій та менш вивченої Губківської ділянки вказують на генерацію первинних розплавів за незначної частки плавлення гранатових (амфіболвмісних?) перидотитів. Первинний розплав для Болярківської інтрузії зароджувався за часткового плавлення шпінелевого перидотиту, ймовірно у менш глибинних обстановках. Умови генерації первинних розплавів, отримані за геохімічними даними, узгоджуються із розрахунками РТ-умов плавлення мантійних порід за ксенокристами хромшпінелідів і гранату.

Зважаючи на невеликий об'єм первинних лужних розплавів, які досягнули сучасного ерозійного зрізу, і значну швидкість їх підйому, розплави зазнали несуттєвої кристалізаційної диференціації. Тому аномальна деплетованість на HFSE і REE є або результатом специфічних умов зародження розплавів за понижених температур і тиску, коли у реститі залишалися мінерали-концентратори цих елементів (рутил, амфібол), або наслідком ранньої кристалізації і фракціонування їх мінералів-концентраторів (перовськіт, апатит).

Узагальнено дані про хімічний склад та вміст елементів-домішок у лужно-ультраосновних породах північно-західного району Українського щита. Породи такого складу виявлено за результатами бурових робіт на чотирьох ділянках (Городницька, Глумчанська, Болярківська, Губківська). Вони утворюють невеликі гіпабісальні інтрузії, штоко- та дайкоподібні тіла. Породи представлені якупірангіт-мельтейгітовою серією, всі різновиди яких кристалізувалися із високомагнезійних (Mg# 0,7–0,8) первинних розплавів. Менш розповсюдженими є лужні та сублужні габроїди, виявлені у тонких апофізах і прожилках відокремлених від дайок лужно-ультраосновних порід. Припускається, що ці габроїди утворилися в процесі контамінації мантійних лужно-ультраосновних розплавів коровим матеріалом. Лужно-ультраосновні породи всіх проявів мають високий вміст Cr (233–2737 ppm) і Ni (95–1022 ppm), але незвично деплетовані несумісними елементами-домішками (Nb, Ta, Zr, Hf, REE, Y) за помірної Ba і Sr. За геохімічними особливостями вони відмінні від однотипних порід як відомих карбонатитових та лужних комплексів Українського щита, так і світу. Незважаючи на примітивний склад лужно-ультраосновних порід та аномальну збідненість REE, хондрит нормовані спектри останніх подібні до таких у диференційованих породах (з переважанням LREE). Петрогенезис таких примітивних лужно-ультраосновних порід трактується неоднозначно, проте вони є поки що унікальними, відмінними від однотипних порід інших регіонів. Геохімічні особливості порід свідчать про виплавку первинних розплавів(у) із мантійних порід схожого складу та їхню еволюцію за подібним механізмом. Для лужних порід Городницької і Глумчанської інтрузій та, можливо, Губківської ділянки генерація первинних розплавів відбувалась за парціального плавлення гранатових (амфіболвмісних?) перидотитів. Первинний розплав для Болярківської інтрузії зароджувався за часткового плавлення шпінелевого перидотиту, ймовірно, у менш глибинних обстановках. Аномальна деплетованість на HFSE і REE розглядається як результат специфічних умов зародження первинних розплавів за понижених температур і тиску, коли у реститі залишалися тугоплавкі мінерали-концентратори цих елементів (рутил, амфібол), або через ранню кристалізацію і фракціонування мінералів-концентраторів (перовськіт, апатит).

Список літератури

- Арзамасцев А.А., Каверина В.А., Полежаева Л.И. Дайковые породы Хибинского массива и его обрамления. Апатиты, 1988. 86 с. (Препр. / Кол. науч. центр АН СССР. Геол. ин-т).
- Баран А.М. Геологія сублужних і лужних базит-ультрабазитів Новоград-Волинського блоку (Волинський мегаблок Українського щита): автореф. ... канд. геол. наук. Київ, 2012. 20 с.
- Белоусов В.В., Герасимовский В.И., Горячев А.В., Добровольский В.В., Капица А.П., Логачев Н.А., Милановский Е.Е., Поляков А.И., Рыкунов Л.И., Седов В.В. Восточно-Африканская рифтовая система. Т. 3. Геохимия, сейсмология, основные результаты. Москва: Наука, 1974. 288 с.
- Дубина О.В. Геохімія лужних порід Українського щита: автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2015. 42 с.
- Егоров Л.С. Йолит-карбонатитовый плутонизм. Ленинград: Недра, 1991. 260 с.
- Калинкин М.М., Арзамасцев А.А. Щелочные ультрамафиты в трубках взрыва Терского берега Кольского полуострова: новый тип палеозойского магматизма. Докл. АН СССР. 1991. Т. 316, № 3. С. 702–706.
- Кривдік С.Г., Цимбал О.Ю. Особливості процесу фенітизації в екзоконтактових ореолах лужно-ультраосновних порід північно-західної частини Українського щита. *Геол. журн.* 2023а. № 3 (384). С. 33–44.
- Кривдік С., Цимбал О. Деякі другорядні мінерали лужно-ультраосновних порід північно-західної частини Українського щита та їхнє петрогенетичне значення. *Мінерал. зб.* 2023б. № 73. С. 22–26.
- Кривдик С.Г., Цимбал С.Н., Гейко Ю.В. Протерозойский щелочно-ультраосновный магматизм северо-западной части Украинского щита как индикатор кимберлитообразования. *Мінерал. журн.* 2003. Т. 25, № 5/6. С. 57–69.
- Русанов М.С., Арзамасцев А.А., Шевченко С.А. Ивановский вулcano-плутонический комплекс – новое проявление щелочного магматизма в Кольском регионе. Апатиты, 1989. 29 с. (Препр. / Кол. науч. центр АН СССР. Геол. ин-т).
- Русанов М.С., Арзамасцев А.А., Хмелинский В.И. Новый вулcano-плутонический комплекс Кольской щелочной провинции. *Отеч. геология.* 1993. № 10. С. 46–52.
- Цимбал О.Ю., Кривдік С.Г. Олівіни лужно-ультраосновних порід північно-західного району. *Геохімія та рудоутворення.* 2023а. Вип. 44. С. 9–13.
- Цимбал О.Ю., Кривдік С.Г. Піроксени лужно-ультраосновних порід північно-західної частини Українського щита. *Мінерал. журн.* 2023б. Т. 45, № 4. С. 48–56.
- Цимбал О.Ю., Кривдік С.Г. Амфіболи лужно-ультраосновних порід північно-західної частини Українського щита. *Мінерал. журн.* 2024. Т. 46, № 3. С. 67–80.
- Цымбал С.Н., Щербаков И.Б., Кривдик С.Г., Лабузный В.Ф. Щелочно-ультраосновные породы Городницкой интрузии (северо-запад Украинского щита). *Мінерал. журн.* 1997. Т. 19, № 3. С. 61–80.
- Цымбал С.Н., Гейко Ю.В., Кривдик С.Г., Баран А.Н., Цымбал Ю.С. Болярковская интрузия щелочно-ультраосновных пород (северо-запад Украинского щита). *Материалы междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы геологии Беларуси и смежных территорий»*, Минск, 9–10 дек. 2008 г. Минск, 2008. С. 35–40.
- Цымбал С.Н., Степанюк Л.М., Цымал Ю.С., Гейко Ю.В. Возраст щелочно-ультраосновных пород Болярковской интрузии (северо-западная часть Украинского щита). *Мінерал. журн.* 2011. Т. 33, № 2. С. 66–71.
- Цимбал С.М., Цимбал Ю.С., Соболев В.Б. Ксенокристи мантийних мінералів із лужно-ультраосновних порід Болярківської інтрузії (Волинський мегаблок Українського щита). *Мінерал. журн.* 2015. Т. 37, № 4. С. 5–20.
- Цымбал С.Н., Шумлянский Л.В., Богданова С.В., Биллстрем Ш. Щелочно-ультраосновные породы северо-запада Украинского щита: возраст, изотопия, геохимия. *Щелочной магматизм Земли и его рудоносность: материалы междунар. совещ.*, Донецк, 10–16 сент. 2007 г. Киев: Логос, 2007. С. 248–250.
- Шумлянський Л.В. Петрологія і геохронологія породних комплексів Північно-Західного району Українського щита та його західного схилу: автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2012. 35 с.
- Adam J., Green T.H. Trace element partitioning between mica and amphibole-bearing garnet lherzolite and hydrous basanitic melt: 1. experimental results and the investigation of controls on partitioning behaviour. *Contrib. Mineral. Petrol.* 2006. Vol. 152. P. 1–17.
- Chakhmouradian A.R., Reguir E.P., Kamenetsky V.S., Sharygin V.V., Golovin A.V. Trace-element partitioning in perovskite: Implications for the geochemistry of kimberlites and other mantle-derived undersaturated rocks. *Chemical Geology.* 2013. Vol. 353. P. 112–131. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemgeo.2013.01.007>
- Corgne A., Wood B.J. CaSiO₃ and CaTiO₃ perovskite-melt partitioning of trace elements: Implications for gross mantle differentiation. *Geophys. Res. Lett.* 2002. Vol. 29, No. 19. P. 391–394. DOI: 10.1029/2001GL014398
- Dawson J.B., Smith J.V., Steele I.M. Petrology and mineral chemistry of plutonic igneous xenoliths from the carbonate volcano, Oldoinyo Lengai, Tanzania. *Journal of Petrology.* 1995. Vol. 36, No. 3. P. 797–826.
- Exley R.A., Smith J.V. The role of apatite in mantle enrichment processes and in the petrogenesis of some alkali basalt suites. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1982. Vol. 46, No. 8. P. 1375–1384. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(82\)90273-3](https://doi.org/10.1016/0016-7037(82)90273-3)
- Foley S.F., Barth M.G., and Jenner G.A. Rutile/melt partition coefficients for trace elements and an assessment of the influence of rutile on the trace element characteristics of subduction zone magmas. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 2000. Vol. 64. P. 933–938.
- Green T.H., Pearson N.J. Ti-rich accessory phase saturation in hydrous mafic-felsic compositions at high P,T. *Chemical Geology.* 1986. Vol. 54. P. 185–201.
- Jenner G.A., Foley S.F., Jackson S.E., Green T.H., Fryer B.J., Longerich H.P. Determination of partition coefficients for trace elements in high-pressure-temperature experimental run products by laser ablation microprobe-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1993. Vol. 57. P. 5099–5103.
- Kato T., Othani E., Ito Y., Onuma K. Element partitioning between silicate perovskites and calcic ultrabasic melt. *Phys. Earth Planet. Inter.* 1996. Vol. 96. P. 201–207.
- Klemme S., Blundy J.D., Wood B.J. Experimental constraints on major and trace element partitioning during partial melting of eclogite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2002. Vol. 66, No. 17. P. 3109–3123.
- Kogiso T., Hirose K., Takahashi E. Melting experiments on homogeneous mixtures of peridotite and basalt: Application to the genesis of ocean island basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1998. Vol. 162. P. 45–61.
- Sun S.S., McDonough W.F. 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes. In: Saunders A.D., Norry M.J., Eds., *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society, London, Special Publications, 42. P. 313–345. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>
- Sun S.S., McDonough W.F. The composition of the Earth. *Chemical Geology.* 1995. Vol. 120, No. 3–4. P. 223–253. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4)
- Onuma N., Ninomiya S., Nagasawa H. Mineral/groundmass partition coefficients for nepheline, melilite, clinopyroxene and perovskite in melilite-nepheline basalt, Nyiragongo, Zaire. *Geochemical Journal.* 1981. Vol. 15. P. 221–228.

- Prowatke S., Klemme S., Trace element partitioning between apatite and silicate melts. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2006. Vol. 70. P. 4513–4527.
- Robinson J.A.C., Wood B.J. The depth of the spinel to garnet transition at the peridotite solidus. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1998. Vol. 164. P. 277–284.
- Ryerson F.J., Watson E.B. Rutile saturation in magmas: Implications for Ti-Nb-Ta depletion in island-arc basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1987. Vol. 86. P. 225–239.
- Veksler V.I., Teptev M.P. Condition for crystallization and concentration of perovskite-type mineral in alkaline magmas. *Lithos*. 1990. Vol. 26, No. 1/2. P. 177–189.
- Wang W., Gasparik T., Rapp R.P. Partitioning of rare earth elements between CaSiO₃ perovskite and coexisting phases: Constraints on the formation of CaSiO₃ inclusions in diamonds. *Earth Planet. Sci. Lett.* 2000. Vol. 181. P. 291–300.
- Yaxley G.M., Green D.H. Reactions between eclogite and peridotite: Mantle reformation by subduction of oceanic crust. *Schweiz. Mineral. Petrol. Mitteil.* 1998. Vol. 78. P. 143–255.
- Kalinkin M.M., Arzamastsev A.A. 1991. Alkaline ultramafites in explosive pipes of Terskiy coast of Kola peninsula: a new type of Paleozoic magmatism. *Doklady of Soviet Union Academia*, 316, 3: 702–706 (in Russian)
- Kato T., Othani E., Ito Y., Onuma K. 1996. Element partitioning between silicate perovskites and calcic ultrabasic melt. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 96: 201–207.
- Klemme S., Blundy J.D., Wood B.J. 2002. Experimental constraints on major and trace element partitioning during partial melting of eclogite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 66, 17: 3109–3123.
- Kogiso T., Hirose K., Takahashi E. 1998. Melting experiments on homogeneous mixtures of peridotite and basalt: Application to the genesis of ocean island basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 162: 45–61.
- Kryvdik S., Tsymbal O. 2023a. Features of the fenitization in excontact halos of alkaline-ultrabasic rocks of the northwestern part of the Ukrainian Shield. *Geologičnij žurnal*, 3 (384): 33–44 (in Ukrainian)
- Kryvdik S., Tsymbal O. 2023b. Some minor minerals of alkaline-ultrabasic rocks of the northwestern part of the Ukrainian Shield and their petrogenetic significance. *Mineral. collection*, 73: 22–26 (in Ukrainian)
- Kryvdik S.G., Tsymbal S.N., Geiko Yu.V. 2003. Proterozoic alkaline-ultrabasic magmatism of the North-Western part of the Ukrainian Shield as kimberlite formation indicator. *Mineral. Journ. (Ukraine)*, 25, 5/6: 57–69 (in Russian).
- Onuma N., Ninomiya S., Nagasawa H. 1981. Mineral/groundmass partition coefficients for nepheline, melilite, clinopyroxene and perovskite in melilite-nepheline basalt, Nyiragongo, Zaire. *Geochem. Journ.*, 15: 221–228.
- Prowatke S., Klemme S., 2006. Trace element partitioning between apatite and silicate melts. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 70: 4513–4527.
- Robinson J.A.C., Wood B.J. 1998. The depth of the spinel to garnet transition at the peridotite solidus. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 164: 277–284.
- Rusanov M.S., Arzamastsev A.A., Khmelinskiy V.I. 1993. A new volcano-plutonic complex of Kola alkaline province. *Otchestvennaya Geologia*, 10: 46–52 (in Russian).
- Rusanov M.S., Arzamastsev A.A., Shevchenko S.A. 1989. Ivanovskiy volcano-plutonic complex – a new occurrence of alkaline magmatism in Kola region. Apatyty. (Preprint / Science Kola Centre) (in Russian).
- Ryerson F.J., Watson E.B. 1987. Rutile saturation in magmas: Implications for Ti-Nb-Ta depletion in island-arc basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 86: 225–239.
- Shumlyanskyy L.V. 2012. Petrology and geochronology of rock of the North-Western district of the Ukrainian Shield and its western slope. Abstract Doctor Geol.–Sci. Kyiv (in Ukrainian).
- Sun S.S., McDonoug W.F. 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120, 3–4: 223–253. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4)
- Sun S.S., McDonough W.F. 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes. In: Saunders A.D., Norry M.J., Eds., *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society, London, Special Publications, 42: 313–345. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>
- Tsymbal O.Yu., Kryvdik S.G. 2023a. Olivines of alkaline-ultrabasic rocks of the northwestern region. *Geochemistry and ore formation.*, 44: 9–13 (in Ukrainian)
- Tsymbal O.Yu., Kryvdik S.G. 2023b. Pyroxenes of alkaline-ultrabasic rocks of the northwestern part of the Ukrainian Shield. *Mineral. Journ. (Ukraine)*, 45, 4: 48–56 (in Ukrainian)
- Tsymbal O.Yu., Kryvdik S.G. 2024. Amphiboles of alkaline-ultrabasic rocks of the northwestern part of the Ukrainian Shield. *Mineral. Journ. (Ukraine)*, 46, 3: 67–80 (in Ukrainian)

- Tsymbal S.M., Tsymbal Yu.S., Sobolev V.B. 2015. Mante xenocrysts from alkaline-ultrabasic rocks in the Bolyarka intrusion (Volyn megablock, the Ukrainian Shield). *Mineral. Journ. (Ukraine)*, 37, 4: 5–20 (in Ukrainian).
- Tsymbal S.N., Geiko Y.V., Kryvdik S.G., Baran A.N., Tsymbal Y.S. 2008. Bolyarkovskaya intrusion of alkaline-ultrabasic rocks (North-Western of the Ukrainian Shield). *Materials Intern. Scientific Conf. "Actual problems of geology of Belarus and adjacent territories"*, Minsk, December 9–10, 2008. Minsk, p. 35–40 (in Russian).
- Tsymbal S.N., Shcherbakov I.B., Kryvdik S.G., Labuznyi V.F. 1997. Alkaline-ultrabasic rocks of Gorodnitsa intrusion (North-Western part of the Ukrainian Shield). *Mineral. Journ. (Ukraine)*, 19, 3: 61–80. (in Russian).
- Tsymbal S.N., Shumlyansky L.V., Bogdanova S.V., Billström S. 2007. Alkaline-ultrabasic rocks of the northwest of the Ukrainian Shield: age, isotopy, geochemistry. *Alkaline Earth Magmatism and its Ore-bearing: Proceedings of the International Conference, Donetsk, September 10-16, 2007*. Kyiv: Logos, p. 248–250 (in Russian).
- Tsymbal S.N., Stepaniuk L.M., Tsymbal Yu.S., Geiko Yu.V. 2011. Geological age of alkaline-ultrabasic rocks from Bolyarka intrusion (North-Western part of the Ukrainian Shield). *Mineral. Journ. (Ukraine)*, 33, 2: 66–71 (in Russian).
- Veksler V.I., Teptev M.P. 1990. Condition for crystallization and concentration of perovskite-type mineral in alkaline magmas. *Lithos*, 26, 1/2: 177–189.
- Wang W., Gasparik T., Rapp R.P. 2000. Partitioning of rare earth elements between CaSiO₃ perovskite and coexisting phases: Constraints on the formation of CaSiO₃ inclusions in diamonds. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 181: 291–300.
- Wang W., Gasparik T., Rapp R.P. 2000. Partitioning of rare earth elements between CaSiO₃ perovskite and coexisting phases: Constraints on the formation of CaSiO₃ inclusions in diamonds. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 181: 291–300.
- Yaxley G.M., Green D.H. 1998. Reactions between eclogite and peridotite: Mantle refertilisation by subduction of oceanic crust. *Schweiz. Mineral. Petrol. Mitteil.*, 78: 143–255.