

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.46.01.067>
УДК 549.643 (477)

О.Ю. Цимбал, аспірант

E-mail: tsymbaloleksandra1@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8800-9899>

С.Г. Кривдік, д-р геол.-мін. наук, проф.

E-mail: kryvdik@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-8356-1115>

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, просп. Акад. Палладіна, 34

АМФІБОЛИ ЛУЖНО-УЛЬТРАОСНОВНИХ ПОРІД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

У лужно-ультраосновних породах, які утворюють переважно невеликі гіпабісальні інтрузії та дайки в північно-західній частині Українського щита, вивчено і проаналізовано (переважно мікрозондові аналізи) різноманітні магнезійні амфіболи: паргасити, кальцій-натрові і лужні (рихтерити, катофорити, Mg-тараміти, Mg-рибекіти, Mg-арфведсоніти та проміжні різновиди). Деякі паргасити та рихтерити характеризуються підвищеним або високим вмістом TiO_2 (2,9—3,2 %). У досліджуваному районі зрідка трапляються більш залізисті й титаністі амфіболи (фери-керсутити), які виявлено в жильних породах есекситового складу. Хімізм амфіболів залежить від типу вмісних порід та ерозійного зрізу їх інтрузій. Для приповерхневих інтрузій (дайок) властиві низькоглиноземисті й лужні амфіболи, в еродованіших і розкриталізованих гіпабісальних інтрузіях утворюються більш глиноземисті амфіболи паргаситового складу. Таке розмаїття амфіболів зумовлено лужно-ультраосновним складом розплавів і децю відмінною глибиною їх розкриталізації.

Ключові слова: лужно-ультраосновні породи, різноманітні амфіболи, паргасит, рихтерит, катофорит, Mg-рибекіт.

Вступ. Амфіболи разом із піроксенами і олівінами є головними фемічними мінералами лужно-ультраосновних порід (ЛУП) північно-західної частини Українського щита (УЩ). Проте на відміну від олівінів і піроксенів, які є первинно магматичними мінералами цих порід, амфіболи можуть бути як первинними, так і пізньомагматичними, або навіть пізнішими накладеними (постмагматичними чи автометасоматичними) утвореннями. До того ж діапазон варіацій хімізму амфіболів у ЛУП цього регіону досить широкий — від Ca-Al-різновидів гастінгсит-паргасито-

вої серії через Ca-Na (рихтерити, катофорити, вінцити та проміжні між ними відміни) до власне лужних магнезіорібекіт-магнезіо-арфведсонітів. У ділянках інтенсивної амфіболізації ЛУП розвиваються Ca-Al-амфіболи з низьким вмістом Na_2O , які було названо роговими обманками (Kryvdik, Tsymbal, Geiko, 2003) (в сучасних класифікаціях для таких амфіболів рекомендується назва горбленд). Назви досліджуваних амфіболів ми намагались узгоджувати з рекомендацією (Leake et al., 1997). Хоча варто зазначити, що номенклатура і класифікація амфіболів до-

Цитування: Цимбал О.Ю., Кривдік С.Г. Амфіболи лужно-ультраосновних порід північно-західної частини Українського щита. *Мінерал. журн.* 2024. 46, № 1. С. 67—80. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.46.01.067>

© Видавець ВД "Академперіодика" НАН України, 2024. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

силь часто змінюються і не завжди є раціональними, через що ми пробували користуватись як вказаною рекомендацією, так і добирати якісь більш-менш "нейтральні" назви.

Окрім того в дайкових породах виявлено фери-керсутити, які ми розглянемо в спеціальній статті (поданій у "Мінералогічний журнал"). Ймовірно, таке розмаїття магнезі-

альних амфіболів у межах УЩ зафіксовано тільки в його північно-західній частині. Досліджувані амфіболи представлені магнезіальними різновидами: найчастіше $Mg\# > 0,7$ — $0,8$, значна частина також $0,85$ — $0,95$. Подібні, але суттєво більш залізисті амфіболи (з проміжними різновидами) виявлено в лужних породах і карбонатах Чернігівського (При-

Таблиця 1. Хімічний склад амфіболів із лужно-ультраосновних порід ділянки Глумча (св. 127, 140, 635; мік
Table 1. Chemical composition of alkaline-ultrabasic rocks from Hlumcha area (drillholes 127, 140, 635; mic

Drillhole / depth, m	Oxide												
drillhole 127	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	NiO	Σ	
1 28,3—31,1	47,94	0,95	6,78	0,02	11,28	0,13	16,61	8,18	5,65	0,43	0,02	97,99	
2	47,24	0,78	6,89	0,04	11,40	0,19	16,87	8,77	5,80	0,54	0,02	98,99	
3	42,08	2,18	11,95	0,02	10,24	0,18	15,21	10,89	4,00	0,71	0,05	97,51	
4	41,58	2,05	11,84	0,02	9,95	0,11	15,62	11,10	4,06	0,78	0,02	97,13	
5	45,92	1,37	7,06	0,02	13,70	0,19	14,86	8,72	4,80	0,65	0,04	97,33	
6	45,15	1,45	8,61	0,12	11,27	0,17	15,96	9,98	4,55	0,63	0,01	97,90	
7	42,67	2,12	11,09	—	10,47	0,22	14,99	10,28	4,06	0,73	0,07	96,70	
8	42,69	2,11	11,26	—	10,46	0,21	15,20	10,90	4,19	0,70	—	97,72	
9	47,45	1,60	6,40	0,04	13,86	0,27	14,33	7,35	5,46	0,73	0,03	97,52	
10	42,89	0,13	12,76	0,45	9,38	0,21	15,67	10,30	5,07	0,30	—	97,16	
11	44,71	1,46	8,76	0,06	11,14	0,15	15,71	9,20	4,58	0,65	—	96,42	
12	43,97	1,58	9,84	—	10,77	0,13	15,67	10,42	4,32	0,62	0,06	97,38	
13	44,05	1,41	10,22	0,01	10,87	0,21	15,61	9,58	4,06	0,64	—	96,66	
14	43,32	1,45	10,66	0,03	10,46	0,24	16,05	10,74	4,26	0,63	—	97,84	
15 34,4—35,5	42,92	1,96	10,94	0,01	11,17	0,16	15,32	10,22	4,06	0,73	0,03	97,52	
16	42,45	1,71	9,92	0,05	10,87	0,16	15,90	10,91	4,10	0,74	0,06	96,87	
17	42,40	1,73	10,74	—	10,96	0,16	14,77	10,82	3,98	0,65	0,03	96,24	
18	41,42	1,84	11,62	0,05	10,81	0,20	15,38	11,48	4,08	0,76	—	97,64	
19	41,12	2,74	12,69	0,01	10,26	0,15	15,10	10,39	3,93	0,70	0,02	97,11	
20	40,23	2,90	12,81	—	9,86	0,14	14,98	11,65	3,85	0,75	—	97,17	
21	42,17	2,11	11,30	—	9,50	0,19	15,51	10,94	4,20	0,70	0,03	96,65	
22	44,05	0,67	9,63	0,01	11,70	0,23	16,07	8,37	5,78	0,13	—	96,64	
23	41,03	2,25	12,14	0,05	10,54	0,11	15,03	11,05	3,85	0,71	0,06	96,82	
24	40,77	2,11	11,66	—	10,53	0,12	15,75	11,18	4,00	0,66	0,01	96,79	
25	42,75	1,58	10,82	0,06	11,02	0,12	15,54	10,78	4,15	0,71	0,02	97,55	
26	42,86	1,42	9,77	0,03	10,46	0,24	16,11	10,66	3,62	0,60	0,05	95,82	
27	41,24	2,28	11,86	0,05	10,91	0,19	14,97	10,64	3,83	0,76	0,05	96,78	
28	40,07	2,40	11,65	—	10,57	0,16	15,40	11,36	3,76	0,73	0,02	96,12	
29	41,69	2,09	11,37	0,06	11,00	0,10	15,13	10,41	3,84	0,71	—	96,40	
30	41,03	2,18	11,34	0,01	10,82	0,17	15,60	11,56	3,87	0,68	0,06	97,32	
31	41,40	2,80	11,56	0,01	10,54	0,11	15,09	9,67	3,91	0,82	0,05	95,96	
32	39,97	2,30	11,28	0,01	10,51	0,14	15,40	11,55	4,00	0,75	0,04	95,95	
33	44,27	0,47	10,21	0,01	13,48	0,27	14,78	7,40	5,81	0,13	—	96,83	
34	44,77	0,55	9,49	Traces	12,21	0,25	16,00	8,92	6,21	0,12	0,09	98,61	
35	44,53	0,52	9,83	0,01	12,41	0,22	15,67	7,85	6,04	0,13	0,02	97,23	
36	42,60	0,35	10,80	0,19	12,34	0,30	15,49	9,28	5,12	0,16	—	96,63	
37 Dh. 140, dpt. 72,6 m	53,68	0,66	5,09	—	9,48	—	11,41	3,63	6,59	3,24	—	93,18	
38 635/11(2)	52,16	0,52	4,95	—	10,62	0,26	16,83	8,00	5,73	0,53	0,01	99,61	
39 635/11(8)	46,82	1,19	9,20	0,08	10,99	0,30	14,72	9,42	5,53	0,76	0,09	99,11	

азов'я), Проскурівського і Антонівського (Побужжя) масивів (Kryvdik, Glevasskiy, Levina, 1980; Kryvdik, Tkachuk, 1990).

Нагадаємо, що лужно-ультраосновні породи в цьому регіоні знайдено на чотирьох ділянках (проявах) — Городницька, Глумчанська, Болярківська та Губківська, які разом об'єднуються в нову для УЩ провінцію

лужних порід (яку можна назвати Північно-Західною). Інколи в межах Глумчанської ділянки виділяють Покошівський пояс дайок. До цього можна додати ще й феніти Березової Гаті, виявлені раніше названих проявів магматичних порід, які є найсхіднішим проявом, тоді як Губківський є крайнім західним. Породи, опис амфіболів із яких наво-

розондові аналізи)
roprobe analyzes)

Cations in formula, calculated on 13 (Si + Ti + Al + Cr + Fe + Mn + Mg)											
	Si	Al	Ti	Cr	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Mg#
	6,94	1,17	0,10	—	1,19	0,02	3,58	1,27	1,58	0,07	0,747
	6,75	1,17	0,09	0,01	1,37	0,03	3,60	1,35	1,61	0,09	0,72
	6,22	1,91	0,25	—	1,26	0,03	3,34	1,71	1,15	0,12	0,721
	6,00	2,07	0,23	—	1,23	0,03	3,44	1,76	1,16	0,16	0,711
	6,68	1,22	0,16	—	1,67	0,04	3,22	1,36	1,35	0,11	0,673
	6,52	1,46	0,16	0,02	1,36	0,04	3,43	1,54	1,27	0,11	0,711
	6,25	1,92	0,23	—	1,28	0,05	3,27	1,66	1,15	0,13	0,711
	6,21	1,94	0,23	—	1,28	0,05	3,29	1,69	1,19	0,12	0,712
	6,88	1,10	0,17	0,01	1,68	0,07	3,09	1,14	1,52	0,13	0,638
	6,20	2,17	0,02	0,05	1,14	0,05	3,38	1,60	1,41	0,05	0,740
	6,53	1,50	0,17	0,01	1,35	0,04	3,41	1,44	1,30	0,11	0,710
	6,40	1,69	0,17	—	1,31	0,03	3,39	1,62	1,21	0,10	0,717
	6,37	1,74	0,16	—	1,31	0,05	3,37	1,49	1,14	0,16	0,712
	6,25	1,81	0,16	—	1,27	0,06	3,45	1,66	1,20	0,11	0,722
	6,20	1,88	0,22	—	1,36	0,04	3,30	1,58	1,14	0,13	0,702
	6,24	1,71	0,19	0,01	1,34	0,04	3,47	1,71	1,16	0,14	0,715
	6,28	1,88	0,19	—	1,36	0,04	3,25	1,72	1,16	0,12	0,699
	6,05	2,00	0,20	0,01	1,32	0,05	3,37	1,80	1,16	0,14	0,711
	5,97	2,18	0,30	—	1,25	0,04	3,26	1,61	1,11	0,12	0,716
	5,92	2,22	0,32	—	1,21	0,04	3,29	1,84	1,10	0,14	0,725
	6,21	1,96	0,23	—	1,17	0,04	3,39	1,72	1,20	0,12	0,737
	6,37	1,63	0,08	—	1,42	0,05	3,46	1,30	1,63	0,03	0,702
	6,03	2,11	0,25	0,01	1,29	0,03	3,29	1,21	1,10	0,12	0,714
	5,99	2,02	0,23	—	1,29	0,03	3,45	1,76	1,15	0,11	0,723
	6,22	1,85	0,17	0,01	1,34	0,05	3,36	1,69	1,17	0,12	0,704
	6,29	1,69	0,16	—	1,29	0,06	3,51	1,67	1,03	0,11	0,722
	6,03	2,05	0,26	0,01	1,34	0,04	3,27	1,67	1,09	0,14	0,703
	5,93	2,04	0,27	—	1,32	0,04	3,40	1,80	1,08	0,14	0,714
	6,11	1,97	0,23	0,01	1,35	0,03	3,30	1,63	1,08	0,12	0,705
	6,01	1,96	0,25	—	1,32	0,04	3,41	1,81	1,10	0,12	0,714
	6,07	2,00	0,31	—	1,29	0,03	3,30	1,53	1,11	0,16	0,714
	5,98	1,99	0,26	—	1,31	0,04	3,43	1,85	1,17	0,14	0,718
	6,37	1,73	0,05	—	1,62	0,07	3,17	1,14	1,62	0,03	0,652
	6,40	1,60	0,06	—	1,46	0,06	3,41	1,37	1,72	0,03	0,692
	6,40	1,66	0,05	—	1,49	0,05	3,35	1,21	1,68	0,03	0,685
	6,18	1,85	0,04	0,02	1,49	0,07	3,35	1,45	1,44	0,03	0,682
	8,19	0,92	0,08	—	1,21	—	2,59	0,59	1,94	0,63	0,664
	7,32	0,82	0,05	—	1,25	0,05	3,51	1,20	1,56	0,08	0,730
	6,76	1,56	0,13	0,01	1,33	0,03	3,17	1,46	1,55	0,14	0,700

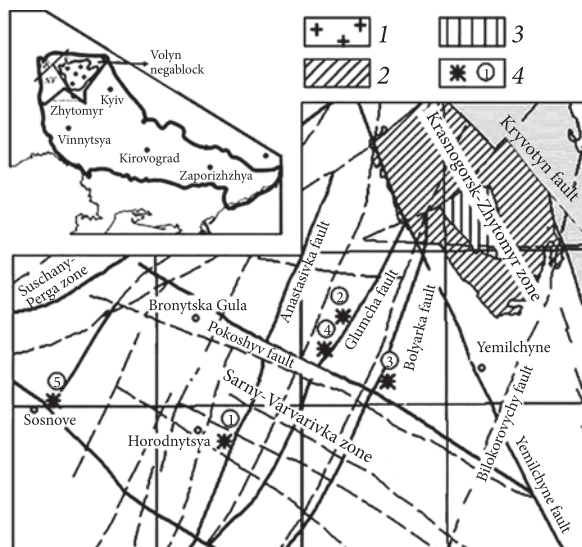


Рис. 1. Схема розміщення проявів лужно-ультраосновних порід у межах Волинського мегаблоку Українського щита. Блоки другого порядку: NV — Новоград-Волинський, OS — Осницький, К — Коростенський: 1 — Коростенський плутон, складений гранітами рапаківі та основними породами габро-анортозитової формації віком 1800—1740 млн рр.; 2 — Кишинський масив основних порід; 3 — Жубровицький масив основних порід; 4 — інтрузії лужно-ультраосновних порід (цифри в колах): 1 — Городницька, 2 — Глумчанська, 3 — Болярківська, 4 — Покошівська, 5 — Губківська

Fig. 1. Scheme of location of alkaline-ultrabasic rock occurrences within the Volyn megablock of the Ukrainian Shield. Subordinate blocks: NV — Novohrad-Volyn, OS — Osnytsk, K — Korosten: 1 — Korosten pluton, composed by rapakivi granites and basic rocks of the gabbroanorthosite complex aged 1800—1740 Ma; 2 — Kyshyn massif of granitoids; 3 — Zhubrovytskyi massif of basic rocks; 4 — intrusions of alkaline-ultrabasic rocks (figures in circles): Horodnytsya, 2 — Hlumcha, 3 — Bolyarka, 4 — Pokoshiv, 5 — Hubkiv

диться у цій статті, утворюють невеликі інтрузії (штоки, дайки), складені серією мельтейгіт-якупірангітів та їхніми гіпабісальними порфіровими аналогами (мельтейгіт-порфірами) (рис. 1). Всі ці інтрузії належать до гіпабісальної фації, але розрізняються за рівнем ерозійного зрізу як загалом, так і на деяких ділянках (наприклад, Глумчанська інтрузія найглибше, а Губківська найменше еродована).

Тектонічні умови локалізації досліджуваних ЛУП описані в попередніх публікаціях (Tsymbal et al., 1997; Baran, Geiko, Zagnitko, 2011; Kryvdik, Tsymbal, Geiko, 2003) і узагальнено в дисертаційній праці А.М. Барана (Baran, 2012).

Мета роботи — детальний опис амфіболів ЛУП північно-західної частини УЩ з акцентом на особливостях їхнього хімізму і петрогенетична інтерпретація отриманих даних.

Методи досліджень. Вивчення амфіболів лужних порід виконано в шліфах, а визначення хімічного складу переважно за допомогою мікрозондового аналізу і частково — традиційного силікатного хімічного аналізу ("мокра хімія").

Таблиця 2. Хімічний склад амфіболів лужно-ультраосновних порід ділянки Глумча (св. 127; хімічні аналізи)

Table 2. Chemical composition of amphiboles in alkaline-ultrabasic rocks from Hlumcha area (drillhole 127; chemical analyzes)

Depth, m	34,2	33,1	32,3	31	30,1	29
Oxide	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	45,56	45,76	45,42	45,74	45,54	46,42
TiO ₂	1,14	1,14	0,94	1,14	1,14	1,14
Al ₂ O ₃	9,67	10,97	10,9	9,91	10,99	10,81
Fe ₂ O ₃	5,06	5,2	4,73	4,48	4,49	4,96
FeO	4,45	5,17	5,67	4,95	5,63	4,52
MnO	0,16	0,24	0,24	0,24	0,31	0,25
MgO	16,42	15,33	15,17	16,26	14,26	13,99
CaO	9,67	8,02	7,98	8,25	8,22	9,29
Na ₂ O	3,5	3,8	4,1	3,6	3,9	4,3
K ₂ O	1,4	1,6	1,6	1,99	1,49	1,1
P ₂ O ₅	0,36	0,24	0,26	0,18	0,22	0,22
S	0,02	—	—	0,03	0,04	0,03
H ₂ O ⁻	0,15	0,07	0,04	0,04	0,06	0,1
LOI	2,77	2,19	2,69	2,81	3,3	2,48
Σ	100,33	99,73	99,74	99,62	99,58	99,61
Cations in formula, calculated on 13 (Si + Ti + Al + Fe + Mn + Mg)						
Si	6,60	6,55	6,50	6,55	6,66	6,82
Al	1,64	1,86	1,84	1,67	1,90	1,87
Ti	0,12	0,12	0,10	0,12	0,12	0,12
Fe ³⁺	0,55	0,57	0,50	0,48	0,49	0,54
Fe ²⁺	0,54	0,62	0,80	0,71	0,69	0,56
Mn	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
Mg	3,54	3,27	3,23	3,46	3,11	3,06
Ca	1,49	1,23	1,23	1,26	1,28	1,86
Na	0,97	1,05	1,13	1,00	1,11	1,22
K	0,26	0,29	0,29	0,36	0,28	0,21
Mg#	0,761	0,728	0,708	0,739	0,718	0,729

Примітка. Аналізи виконано в хімічній лабораторії ІГМР НАН України. Аналітик А.В. Ренкас.

Note. Analyzes are made in chemical laboratory in IGMOF of NAS of Ukraine, analyzed by A.V. Renkas.

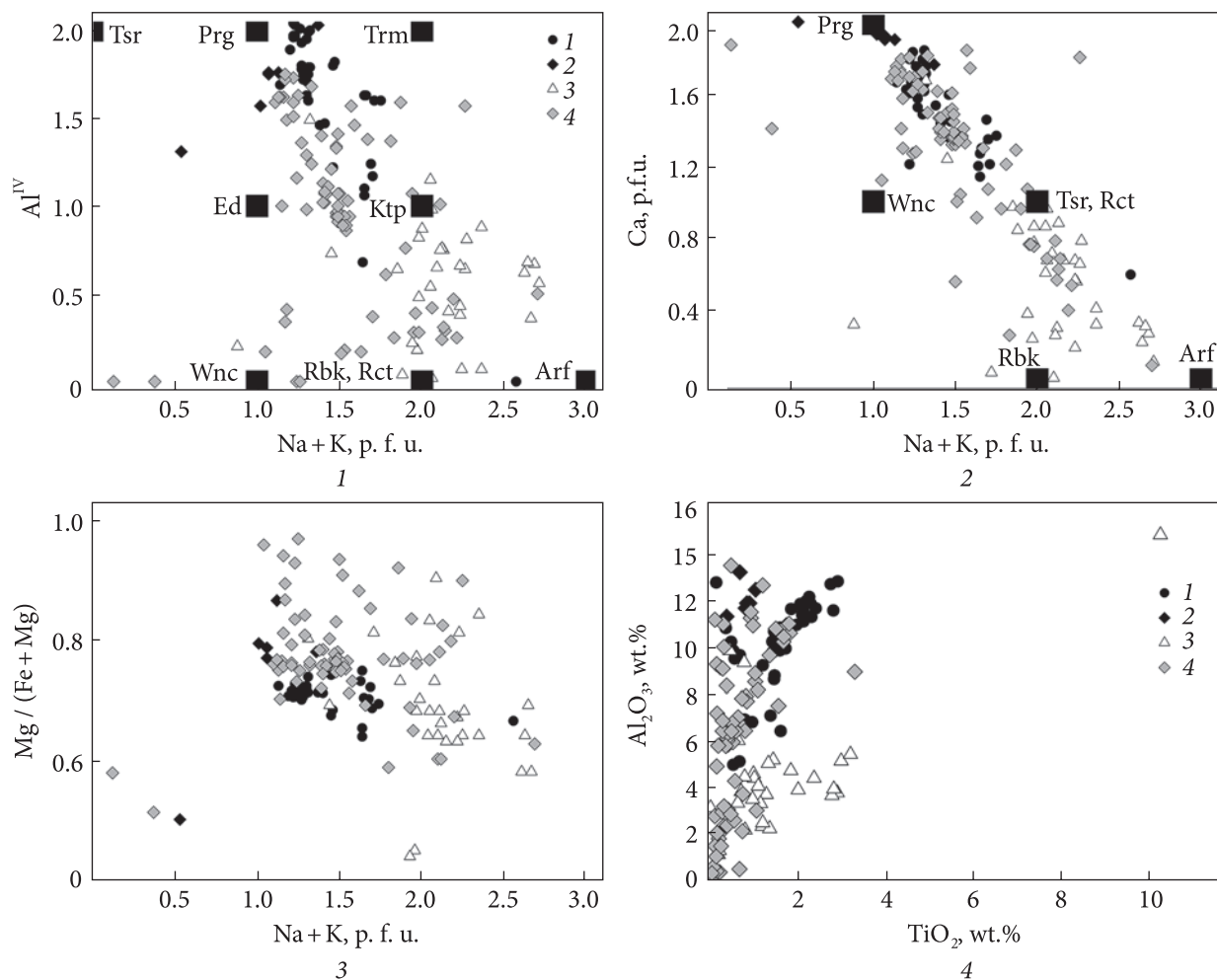


Рис. 2. Діаграми складу амфіболів з лужно-ультраосновних порід: Глумчанської (1), Городницької (2), Губківської (3) і Болярківської (4) інтрузій. Arf — арфведсоніт, Ed — еденіт, Ktp — катофорит, Prg — паргасит, Rbk — рибекіт, Rct — рихтерит, Trm — тараміт, Wnc — вінчит, Tsr — чермакіт

Fig. 2. Diagrams of amphiboles in alkaline-ultrabasic rocks from Hlumcha (1), Horodnytsya (2), Hubkiv (3) and Bolyarka (4) intrusions. Arf — arfvedsonite, Ed — edenite, Ktp — kathophorite, Prg — pargasite, Rbk — riebeckite, Rct — richterite, Trm — taramite, Wnc — winchite, Tsr — tschermakite

Взаємовідношення амфіболів з клінопіроксенами і олівінами. Як вказано вище, досліджувані амфіболи можуть бути як первинними, так і пізньоматичними та накладеними пізніми мінералами автометасоматичного характеру. Первинні амфіболи виділяються окремо від піроксену або можуть утворювати зростання з ним чи частково заміщувати його. У деяких породах Глумчанської ділянки (св. 127) наявні псевдоморфози дрібних зерен амфіболу по олівіну (останній не зберігся і тільки форма цих псевдоморфоз подібна до таких ідіоморфних кристалів олівіну в менш змінених породах з інших проявів). У деяких породах спостережено зональні зерна амфіболів: у

центральної частині вони мають жовтувато-коричнювате забарвлення (в шліфах під мікроскопом), а на периферії — зелене або бурувато-зелене. Такі зерна являють собою один зональний кристал або ж частіше по периферії останнього розвивається агрегат дрібнозернистого зеленуватого амфіболу, тобто часткове заміщення. Як показали мікрондкові дослідження, жовтувато-коричнюваті амфіболи мають склад збагаченого на титан паргаситу (табл. 1, ан. 3, 19, 20, 23, 31). У деяких дайкових породах або їхніх апофізах наявні мікроткрапленики чи дрібні зерна жовтувато-коричнюватого ферикерсутиту в основній суттєво польовошпатовій масі.

Загалом же не завжди можна однозначно виявити співвідношення і послідовність виділення амфіболів стосовно клінопіроксенів, які асоціюють з ними. Проте за спостереженнями у шліфах складається враження, що амфіболи (особливо лужні різновиди) частіше кристалізуються пізніше за клінопіроксен (за винятком мікрівкраплеників амфіболу в деяких дайкових породах).

Типи (різновиди) амфіболів у деяких інтрузіях. Для кожної з досліджуваних інтрузій властиві амфіболи певного виду (ізоморфної серії) або ж їхні відмінності (підвиди).

Як видно з наведених діаграм співвідношень головних катіонів досліджуваних амфіболів (рис. 2), ці мінерали займають широкі поля на діаграмах $(Na + K) - Al_{IV}$ і $(Na + K) - Mg\#$. Компактніші ("звужені") поля (тренди) амфіболів проявляються на діаграмах $Ca - (Na + K)$ та $Al_2O_3 - TiO_2$. Згідно з останньою діаграмою, виразно розмежову-

ються амфіболи Глумчанської та Губківської ділянок. У зближених полях Городницької та Глумчанської ділянок все ж намічаються різні тренди: у полі Глумчанської є позитивна кореляція між Al_2O_3 і TiO_2 . Подібний тренд співвідношення цих оксидів проявлений і в амфіболах Городницької інтрузії, але за однакового вмісту Al_2O_3 в городницьких амфіболах менше TiO_2 . Привертає увагу, що тренд залежності $Al_2O_3 - TiO_2$ в глумчанських амфіболах продовжується в область деяких амфіболів Приазов'я, в яких вміст TiO_2 вищий від 3,0 %, і деяких керсутитів із вмістом TiO_2 4,5 %. Як вказано вище, Глумчанській інтрузії властиві амфіболи жовтуватого-коричнюватого забарвлення (в шліфах) і найчастіше зональної будови (по периферії зелені). Проте тренд $Al_2O_3 - TiO_2$ глумчанських амфіболів загалом не "проектується" на поле керсутитів (за винятком деяких аналізів із останніх). Водночас городницькі ам-

Таблиця 3. Хімічний склад амфіболів Губківської інтрузії (мікрозондові аналізи)

Table 3. Chemical composition of Hubkiv intrusion (microprobe analyses)

Oxide	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
SiO ₂	44,88	40,45	41,2	55,92	48,2	47,8	48,96	51,99	51,83	56,7	57,3	52,11	50,12	49,32	50,09	49,65	36,84	
TiO ₂	0,44	0,18	0,2	0,81	2,98	3,19	2,36	1,18	1,35	0,04	0,04	1,19	2,89	1,83	2,77	2,81	0	
Al ₂ O ₃	9,83	1,09	1,26	22,44	5,11	5,4	4,37	2,3	2,2	0,38	0,11	2,45	3,74	4,7	3,63	3,91	3,1	
Cr ₂ O ₃	0,43	0,1	0,13	0	0,02	0,01	0	0	0,02	0,12	0,16	0	0,01	0	0	0,06	0,06	
FeO	7,85	31,78	31,64	9,68	11,82	12,52	13,1	14,5	13,24	8,22	7,23	13,1	14,29	12,76	15,95	15,68	6,91	
MnO	0,31	0,13	0,11	0,07	0,22	0,27	0,24	0,27	0,28	0,13	0,16	0,17	0,18	0,26	0,17	0,22	0,05	
MgO	17,24	14,5	13,86	1,39	15,59	14,71	14,71	14,15	15,19	19,88	20,94	15,42	14,04	14,91	12,28	12,3	36,92	
CaO	10,81	1,5	2,4	2,08	6,58	6,14	5,61	4,29	4,27	3,68	4,63	3,57	4,17	5	2,05	1,66	0,11	
Na ₂ O	4,38	6,98	6,81	1,13	6,58	6,86	6,93	7,16	7,7	8,25	7,67	7,83	7,54	7,7	8,73	9,08	8,19	
K ₂ O	0,51	0,1	0,14	3,28	0,84	0,65	0,8	0,74	0,32	0,16	0,17	0,83	0,75	0,53	0,71	0,42	0,42	
BaO	0,05	0,00		0,14	0,01								0,03					
F	0,35	0,24	0,13	0	0,09	0,18	0,11	0,16	0,16	0,35	0,2	0,15	0,1	0,18	0,17	0,12	0,08	
Σ	97,03	97,05	97,88	96,84	98,04	97,71	97,13	96,73	96,6	97,91	98,61	96,79	97,86	97,19	96,55	95,91	92,68	
Cations in formula, calculated on 13																		
Si	6,51	5,83	5,94	7,80	6,98	6,97	7,16	7,58	7,54	7,84	7,85	7,53	7,26	7,18	7,38	7,33	4,69	
Al	1,68	0,18	0,22	3,69	0,87	0,98	0,75	0,40	0,38	0,07	0,02	0,43	0,64	0,81	0,63	0,68	0,46	
Ti	0,05	0,02	0,03	0,08	0,32	0,35	0,26	0,13	0,15	—	—	0,13	0,31	0,20	0,21	0,31	—	
Cr	0,05	0,01	0,02	—	—	—	—	—	—	0,02	0,02	—	—	—	—	0,01	0,01	
Fe	0,95	3,83	3,80	1,13	1,43	1,53	1,60	1,77	1,61	0,95	0,83	1,58	1,73	1,55	1,96	1,94	0,84	
Mn	0,04	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	
Mg	3,72	3,11	2,99	0,29	3,36	3,20	3,20	3,08	3,29	4,10	4,26	3,32	3,03	3,23	2,70	2,71	6,99	
Ca	1,68	0,23	0,37	0,31	1,02	0,96	0,88	0,67	0,67	0,55	0,67	0,56	0,65	0,78	0,32	0,26	0,01	
Na	1,23	1,95	1,91	0,30	1,85	1,94	1,97	2,02	2,17	2,20	2,03	2,20	2,12	2,17	2,49	2,60	2,01	
K	0,09	0,02	0,03	0,58	0,15	0,12	0,16	0,14	0,06	0,04	0,03	0,03	0,14	0,10	0,13	0,08	0,06	
F	0,09	0,06	0,06	—	0,02	0,05	0,05	0,07	0,06	0,15	0,09	0,10	0,03	0,05	0,05	0,03	0,03	
#Mg	0,80	0,45	0,44	0,20	0,70	0,68	0,66	0,63	0,67	0,81	0,83	0,67	0,64	0,68	0,58	0,58	0,90	

фіболи відхиляються від цього тренду і ніби утворюють власний тренд (у координатах Al_2O_3 — TiO_2), спрямований до Al_2O_3 .

У деяких дайкових породах Глумчанської ділянки (св. 635, 140) виявлено амфіболи лужного або катфоритового складу. Проте аналізів цих амфіболів мало (лише три) (табл. 1, ан. 37, 39), що не дає змоги виявити певні закономірності еволюції їхнього хімізму. До того ж в одній свердловині (635) наявні фери-керсутити, які ми розглянемо окремо.

Мікрозондове дослідження хімічного складу мінералів загалом і амфіболів зокрема дало змогу визначити сумарний вміст Fe (як FeO або Fe_2O_3 без розділення їх за валентністю). За балансом зарядів у кристалохімічних формулах можна приблизно розрахувати кількість катіонів Fe^{3+} і Fe^{2+} , але ми такі розрахунки не робили. Це ускладнюється також через кількість (ОН)-груп у мінералі, де вміст H_2O також не визначали. Як видно з

незначної кількості результатів хімічного аналізу амфіболів паргаситового складу (табл. 2), в них приблизно однаковий вміст Fe_2O_3 і FeO. Звичайно в лужних амфіболах Fe_2O_3 переважає над FeO, але досліджувані амфіболи, зокрема лужні, є магнезіальними.

Найнесподіванішими в координатах Al_2O_3 — TiO_2 виявились амфіболи Губківської ділянки. Почасти вони розсіяні по всьому полю діаграми, але в інтервалі вмісту CaO 1—2 і до 4 % проявляється виразна позитивна кореляція (тренд) між Al_2O_3 і TiO_2 . Кореляція між Al_2O_3 і TiO_2 загалом характерна для глиноземистих амфіболів паргасит-гастингситової серії і вони можуть наближатись до деяких керсутитів, як це видно на рис. 2, а для низькокальцієвих або лужних амфіболів це трапляється доволі рідко. В амфіболах Губківської інтрузії вміст TiO_2 іноді досягає 2,9—3,19 % (0,35 ф. о. в кристалохімічній формулі табл. 3, ан. 5, 6, 13), що навіть вище,

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
	32,25	51,12	50,81	50,42	48,73	49,43	49,59	49,77	52,8	50,08	53,31	51,17	48,4	50,54	51,04	56,53	49,89
	10,26	0,62	0,7	1,27	1,43	0,98	1	1,09	0,79	0,63	1,14	2	0,77	0,78	0,96	0,09	1,32
	14,81	3,3	3,79	3,67	5,16	4,56	4,37	4,03	2,14	5,99	3,28	3,87	9,32	4,43	3,47	0,39	5,01
	1,98	0	0	0,01	0,01	0	0	0,03	0,01	0	0,03	0,05	0	0,06	0,03	0,05	0
	8,87	15	14,8	9,72	14,2	12,6	10,7	14,3	12,6	13,8	9,11	10,8	13,5	12,2	13,8	6,94	12,5
	0,81	0,07	0,21	0,23	0,21	0,18	0,19	0,16	0,23	0,18	0,19	0,16	0,22	0,3	0,28	0,24	0,23
	21,47	14,46	14,4	17,32	14,11	15,06	16,26	14,73	15,79	13,79	17,67	16,76	13,66	15,8	14,32	21,15	15,4
	0,28	0,6	1,11	6,32	2,52	1,85	5,43	1,35	1,96	1,62	5,67	4,97	4	8,07	5,49	2,13	5,99
	6,03	9,49	7,67	6,34	8,2	7,38	6,43	9,26	9,33	7,42	6,9	7,15	7,4	5,58	6,93	8,77	6,83
	1,13	0,23	0,22	0,42	0,19	0,14	0,32	0,13	0,23	0,17	0,58	0,64	0,14	0,38	0,48	0,09	0,41
	0,05	0,11	0,15	0,1	0,04	0,06	0,11	0,13	0,14	0,11	0,09	0,09	0,03	0,05	0,07	0,12	0,05
	97,94	94,96	93,85	95,82	94,84	92,19	94,4	94,93	95,98	93,81	97,97	97,93	97,43	98,17	96,88	96,49	97,65
(Si + Ti + Al + Cr + Fe + Mn + Mg)																	
	4,23	7,41	7,24	7,29	7,12	7,24	7,96	7,25	7,61	7,25	7,52	7,28	6,85	7,27	7,46	7,78	7,18
	2,29	0,56	0,66	0,64	0,90	0,79	0,75	0,68	0,36	1,03	0,54	0,65	1,55	0,74	0,60	0,07	0,85
	1,01	0,07	0,08	0,14	0,16	0,11	0,11	0,12	0,09	0,07	0,12	0,21	0,09	0,09	0,11	0,01	0,14
	0,21	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	0,01	—	0,01	—	0,01	—
	0,97	1,81	1,83	1,17	1,73	1,54	1,31	1,74	1,52	1,67	1,08	1,28	1,60	1,47	1,69	0,79	1,50
	0,09	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03
	4,20	3,14	3,17	3,73	3,07	3,29	3,55	3,19	3,40	2,97	3,72	3,56	2,89	3,39	3,12	4,34	3,30
	0,04	0,10	0,18	0,97	0,40	0,29	0,84	0,21	0,30	0,25	0,86	0,71	0,60	1,24	0,86	0,31	0,77
	1,53	2,67	2,19	1,78	2,32	2,09	1,82	2,61	2,62	2,08	1,88	1,97	2,02	1,38	1,96	2,34	1,91
	0,19	0,04	0,04	0,07	0,04	0,03	0,06	0,03	0,04	0,03	0,10	0,12	0,03	0,07	0,09	0,02	0,07
	0,02	0,05	0,07	0,04	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,02	0,04	0,04	0,05	0,03
	0,81	0,63	0,63	0,76	0,64	0,68	0,73	0,64	0,69	0,64	0,77	0,73	0,64	0,69	0,64	0,84	0,68

Таблиця 4. Хімічний склад амфіболів із лужно-ультраосновних порід Болярківської інтрузії (мікрозондові)
 Table 4. Chemical composition of amphiboles in alkaline-ultrabasic rocks from Bolyarka intrusion (microprobe)

Number in order	Oxide												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	NiO	Σ	
1	47,66	0,66	6,71	0,74	7,09	0,19	17,12	10,34	4,38	0,29	0,04	95,22	
2	55,01	0,3	2,31	0,57	4,84	0,1	20,2	5,06	7	0,32	0,01	95,72	
3	47,16	0,54	6,49	0,1	8,58	0,14	17,32	9,11	4,94	0,52	0,06	94,96	
4	45,5	1,55	7,48	0,58	7,38	0,12	16,72	9,37	4,74	0,47	0	93,91	
5	49,26	0,37	6,35	0,13	9,63	0,15	17,18	8,87	4,96	0,59	0,04	97,53	
6	49,53	0,38	5,94	0,14	9,49	0,15	16,9	8,86	5,16	0,52	0,03	97,1	
7	43,34	1,73	10,54	0,06	8,72	0,14	15,99	11,07	3,64	0,71	0	95,94	
8	49,07	0,56	6,38	0,11	8,79	0,17	18,09	8,85	4,72	0,63	0	97,37	
9	49,69	0,4	5,81	0,04	9,56	0,22	17,74	8,75	5,36	0,57	0,04	98,18	
10	45,98	0,31	9,99	0	11,69	0,28	14,99	8,43	5,89	0,13	0,02	97,71	
11	42,76	1,73	10,93	0,02	9,23	0,16	15,59	11,1	3,57	0,66	0	95,75	
12	52,43	0,56	4,25	0,09	9,34	0,25	17,58	6,35	6,26	0,35	0	97,46	
13	46,73	0,81	7,88	0,11	9,57	0,16	16,83	9,7	4,39	0,62	0,05	96,85	
14	57,51	0,2	1,98	0,02	3,93	0,16	21,53	7,1	5,68	0,2	0,01	98,32	
15	42,82	1,81	10,59	0,05	8,94	0,08	16	10,85	3,88	0,6	0,01	95,63	
16	45,53	1,02	8,5	0,12	9,42	0,17	16,43	9,68	4,22	0,64	0,03	95,76	
17	43,29	1,66	10,21	0,05	8,89	0,11	15,92	10,66	3,44	0,64	0,05	94,92	
18	48,97	0,51	5,92	0,14	9,32	0,15	17,36	8,55	4,9	0,56	0,01	96,39	
19	54,5	0,04	27,8	0	1,47	0,02	1,91	1,9	6,63	0,07	0	94,34	
20	46,36	0,83	7,67	0,16	9,41	0,1	16,85	9,27	4,51	0,54	0	95,7	
21	45,7	1,08	8,15	0,11	8,86	0,1	17,12	10,33	3,86	0,64	0,04	95,99	
22	48,45	0,46	6,23	0,15	9,3	0,18	17,08	8,7	4,94	0,57	0,03	96,09	
23	56,19	0,19	1,77	0	9,17	0,27	18,54	3,8	7,84	0,16	0,05	97,98	
24	54,14	0,38	2,33	0,13	9,42	0,34	17,18	4,91	6,91	0,45	0,05	96,24	
25	43,18	1,79	10,99	0,06	9,08	0,14	16,16	11,04	3,75	0,68	0,05	96,92	
26	59,27	0,14	0,37	0,01	3,27	0,09	22,68	7,69	4,62	0,13	0	98,27	
27	49,3	0,36	5,99	0,08	9,34	0,14	17,6	8,65	5,08	0,54	0,01	97,09	
28	47,86	0,15	7,15	0,03	15,19	0,36	13,16	5,01	7,34	0,15	0,09	96,49	
29	43,47	1,67	10,43	0	8,86	0,11	16,21	11,03	3,8	0,66	0,03	96,27	
30	53,89	0,74	3,69	0,41	9,23	0,18	17,27	4,45	7,43	0,15	0	97,44	
31	54,17	0,4	3,02	0,07	6,99	0,1	18,34	4,01	7,66	0,19	0	94,95	
32	47,84	0,72	7,79	0,53	6,63	0,15	18,36	10,58	4,18	0,35	0,05	97,18	
33	50,22	0,41	6,22	0,16	9,31	0,15	17,64	8,88	5,1	0,58	0	98,67	
34	53,09	0,54	2,55	0	15,27	0,61	13,38	3,96	7,22	0,53	0,06	97,21	
35	56,88	0,73	2,09	0,45	4,94	0,1	20,15	6,15	5,59	0,56	0,03	97,67	
36	58	0,1	1,46	0,05	1,92	0,12	23,35	7,74	3,63	0,57	0,03	96,97	
37	42,94	1,19	12,64	0,81	6,8	0,06	16,12	11,51	3,87	0,42	0	96,36	
38	59,65	0,06	0,54	0,09	1,3	0,15	23,37	8,85	4,78	0,04	0,01	98,84	
39	44,73	0,47	13,49	1,63	2,91	0,06	17,57	8,38	4,87	2,81	0,02	96,94	
40	45,38	1,49	10,78	1,38	4,82	0,1	17,67	10,3	4,11	0,26	0	96,29	
41	43,89	0,97	10,92	0,7	10,07	0,13	15,46	10,94	4,09	0,54	0,04	97,75	
42	48,14	0,79	6,41	0,06	9,69	0,13	16,85	8,94	4,72	0,52	0,06	96,31	
43	48,21	0,37	8,33	0,02	11,86	0,3	14,87	6,94	6,9	0,12	0,03	97,95	
44	46,27	1,02	8,86	0,06	9,78	0,13	16,52	10,83	4,18	0,68	0,01	98,34	
45	49,43	0,63	6,99	0,11	9,76	0,14	17,52	9,33	4,91	0,55	0,06	99,43	
46	45,42	1,35	9,63	0,1	9,56	0,14	16,9	11,11	3,95	0,7	0,03	98,89	
47	49,74	0,39	5,99	0,09	9,58	0,18	17,52	8,97	5,16	0,65	0,05	98,32	
48	48,62	0,58	6,39	0,13	9,76	0,15	17,11	9,28	4,96	0,62	0,02	97,62	
49	49,58	0,38	6,09	0,25	9,82	0,2	17,2	8,9	5,09	0,56	0,03	98,1	

аналізи)
analyzes)

	Cations in formula, calculated on 13 (Si + Ti + Al + Cr + Fe + Mn + Mg)										
	Si	Al	Ti	Cr	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	#Mg
	7,02	1,17	0,08	0,09	0,87	0,03	3,75	1,63	1,25	0,05	0,806
	7,72	0,39	0,03	0,07	0,56	0,01	4,22	0,76	1,90	0,05	0,833
	6,93	1,13	0,06	0,02	1,06	0,02	3,79	0,55	1,41	0,09	0,778
	6,79	1,33	0,18	0,07	0,92	0,01	3,71	1,50	1,37	0,08	0,800
	7,04	1,07	0,04	0,02	1,15	0,02	3,66	1,36	1,38	0,10	0,758
	7,14	1,01	0,04	0,02	1,14	0,02	3,63	1,37	1,45	0,09	0,758
	6,38	1,83	0,19	0,01	1,07	0,02	3,51	1,74	1,04	0,12	0,763
	6,76	1,07	0,06	0,02	1,04	0,03	3,83	1,35	1,30	0,11	0,782
	7,06	0,97	0,04	—	1,14	0,03	3,76	1,33	1,47	0,09	0,763
	6,62	1,69	0,03	—	1,41	0,03	3,21	1,30	1,64	0,03	0,690
	6,38	1,90	0,19	—	1,14	0,02	3,44	1,76	1,02	0,12	0,748
	7,39	0,70	0,06	0,02	1,10	0,03	3,69	0,96	1,72	0,06	0,766
	6,76	1,34	0,09	0,02	1,15	0,02	3,63	1,50	1,23	0,10	0,756
	7,82	0,33	0,02	—	0,44	0,02	4,37	1,04	1,50	0,03	0,905
	6,27	1,83	0,31	0,01	1,09	0,01	3,49	1,70	1,11	0,11	0,760
	6,66	1,45	0,11	0,02	1,15	0,02	3,58	1,52	1,37	0,11	0,754
	6,41	1,78	0,19	0,01	1,10	0,02	3,50	1,69	0,99	0,12	0,758
	7,06	1,00	0,05	0,02	1,12	0,02	3,73	1,32	1,38	0,10	0,766
	7,75	4,67	—	—	0,17	—	0,40	0,25	1,82	0,01	0,702?
	6,87	1,34	0,09	0,02	1,17	0,01	3,50	1,47	1,30	0,10	0,718
	6,67	1,39	0,12	0,02	1,06	0,01	3,73	1,61	1,37	0,11	0,775
	7,03	1,06	0,05	0,02	1,12	0,03	3,69	1,35	1,39	0,10	0,762
	7,76	0,30	0,02	—	1,06	0,03	3,38	0,56	2,10	0,02	0,778
	7,72	0,39	0,04	0,02	1,12	0,04	3,66	0,75	1,90	0,08	0,759
	6,28	1,89	0,20	0,01	1,11	0,02	3,50	1,72	1,06	0,11	0,754
	8,00	0,06	0,02	—	0,36	0,01	4,55	1,27	1,22	0,02	0,925
	7,05	1,01	0,04	0,01	1,12	0,02	3,75	1,32	1,41	0,09	0,767
	6,99	1,24	0,02	—	1,86	0,04	2,86	0,78	2,08	0,03	0,601
	6,38	1,80	0,19	—	1,08	0,01	3,54	1,73	1,02	0,11	0,765
	7,58	0,61	0,08	0,01	1,08	0,03	3,62	0,68	2,03	0,03	0,765
	7,71	0,50	0,04	0,02	0,83	0,01	3,89	0,68	2,11	0,03	0,822
	6,84	1,31	0,08	0,05	0,79	0,02	3,91	1,62	1,18	0,06	0,832
	7,09	1,03	0,04	0,02	1,09	0,02	3,71	1,35	1,39	0,10	0,828
	7,69	0,44	0,06	—	1,85	0,07	2,89	0,62	2,03	0,10	0,601
	7,83	0,35	0,07	0,05	0,56	0,01	4,13	0,91	1,49	0,14	0,879
	7,83	0,24	0,01	0,01	0,21	0,01	4,69	1,12	0,95	0,10	0,955
	6,25	2,8	0,13	0,09	0,83	—	3,51	1,80	1,10	0,07	0,809
	8,03	0,09	0,01	0,02	0,15	0,02	4,69	1,28	1,25	0,01	0,965
	6,41	2,27	0,05	0,19	0,34	—	3,74	1,29	1,35	0,52	0,917
	6,51	1,83	0,16	0,15	0,58	0,01	3,76	1,58	1,14	0,04	0,864
	6,37	1,86	0,10	0,09	1,22	0,02	3,34	1,70	1,15	0,10	0,729
	6,98	1,10	0,09	0,01	1,17	0,02	3,64	1,39	1,32	0,09	0,754
	6,93	1,40	0,04	—	1,42	0,03	3,17	1,07	1,92	0,02	0,686
	6,64	1,49	0,11	0,01	1,17	0,03	3,54	1,66	1,16	0,11	0,747
	6,93	1,16	0,07	0,02	1,15	0,02	3,66	1,40	1,33	0,09	0,758
	6,49	1,61	0,15	0,02	1,14	0,02	3,59	1,70	1,10	0,12	0,756
	7,06	1,01	0,04	0,02	1,14	0,03	3,70	1,36	1,42	0,11	0,760
	6,98	1,09	0,07	0,02	1,17	0,02	3,66	1,41	1,29	0,11	0,755
	7,06	1,03	0,04	0,03	1,16	0,03	3,65	1,36	1,40	0,09	0,754

Number in order	Oxide												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	NiO	Σ	
50	49,21	0,39	6,3	0,24	9,79	0,18	17,2	9,15	5,11	0,56	0	98,13	
51	55,24	0,1	2,74	0,68	4,53	0,12	21,27	8,84	4,35	0,28	0,03	98,18	
52	53,5	0,27	2,92	0	8,38	0,32	19,04	2,55	7,97	0,13	0	95,08	
53	41,17	0,29	10,98	5,25	3,13	0,01	14,77	10,79	7,22	0,35	0	93,96	
54	48,38	0,5	6,74	0,05	9,54	0,15	17,41	9,18	5	0,58	0	97,52	
55	43,3	0,1	11,16	0,03	9,01	0,32	16,67	11,65	4,45	0,08	0	96,76	
56	45,41	0,23	9,11	0,18	8,4	0,26	17,31	10,46	4,87	0,08	0	96,29	
57	54,96	0	0,21	0,02	19,41	0,21	11,61	10,97	1,22	0,3	0,02	98,91	
58	54,44	0,03	0,28	0,04	16,57	0,31	13	11,92	0,39	0,1	0	97,07	
59	45,52	0,14	9,25	0,03	9,91	0,31	16,64	9,65	5,28	0,05	0	96,77	
60	48,24	0,28	6,4	0,04	10,16	0,17	17	9,07	5,2	0,48	0,03	97,05	
61	51,22	0,14	4,88	0,04	9,46	0,29	17,98	6,34	6,89	0,1	0,07	97,39	
62	47,29	0,28	6,84	0,02	9,7	0,15	17,01	8,92	4,85	0,41	0,04	95,52	
63	49,15	0,35	5,76	0	9,74	0,2	16,97	8,78	5,25	0,4	0,02	96,63	
64	49,01	0,18	5,77	0,03	9,97	0,16	16,81	8,65	5,21	0,38	0,06	96,22	
65	52,01	0,15	2,01	0	2,62	0,14	22,96	9,22	3,56	0,96	0,61	94,25	
66	57,19	0,13	1	0,08	2,9	0,24	23,16	6,89	5,58	0,3	0,02	97,46	
67	45,64	3,29	8,92	0,3	5,69	0,05	16,7	44,01	4,32	0,37	0,03	96,33	
68	54,54	1,05	2,98	0,14	6,06	0,05	19,33	7,13	5,95	0,54	0,08	97,84	
69	44,86	0,28	9,06	0,28	15,34	0,5	12,61	7,65	6,26	0,07	0,06	96,97	
70	53,25	0,31	3,16	0,13	14,42	0,27	14,69	0,54	9,84	0,03	0,01	96,64	
71	48,22	0,48	6,39	0,21	9,49	0,12	17,12	9,55	4,81	0,43	0,05	96,88	
72	52,33	0,46	2,82	0	14,02	0,41	14,55	4,91	6,69	0,42	0	96,61	
73	54,27	0,24	1,45	0,02	12,98	0,8	15,73	3,49	7,86	0,27	0,06	97,18	
74	43,62	0,92	11,49	1,04	7,36	0,12	15,82	11,52	4,01	0,41	0,02	96,33	
75	43,15	1,92	10,83	0	10,35	0,14	14,18	11,58	4,98	0,66		97,78	
76	44,65	1,8	9,8	0	9,88	0,2	15,3	11,16	5,21	0,61		98,62	
77	47,5	1,09	8,13	0,14	10,91	0,12	14,07	10,64	3,55	0,75		96,89	
78	48,13	0,61	7,45	0,11	10,42	0,2	14,24	10,73	4,56	0,47		96,93	
79	50,2	0,48	6,24	0,15	10,91	0,21	14,89	8,84	4,79	0,43		97,13	
80	49,18	0,34	6,34	0,15	10,89	0,18	15,46	9,1	5,05	0,54		97,21	
81	51,59	0,34	8,13	0	7,48	0,29	12,74	8,55	8,69	0,43		98,24	

ніж у деяких глумчанських паргаситах (до 2,9 %). Губківські амфіболи з підвищеним і високим вмістом TiO₂ разом з високим Na₂O і низьким CaO розраховані як рихтерити або проміжні між рибекітом і арфведсонітом різновиди, зокрема зі зниженням вмісту CaO (рис. 2; діаграма CaO — (Na + K)). Принагідно зауважимо, що високотитанисті (7,45 % TiO₂) рихтерити, щоправда калієві, було виявлено в лампроїтах Австралії (Jakes, Lowes, Smith, 1989).

Під час мікрозондових досліджень амфіболів Губківської інтрузії було зафіксовано одне зерно мінералу з TiO₂ 10,26 %, низьким

вмістом CaO і високим Na₂O (табл. 3, ан. 18), але результати цього аналізу незадовільно розраховуються на формулу амфіболу. Можливо, це якийсь недиагностований новий для досліджуваних порід мінерал, подібний за складом до магнезіального енігматиту(?), або ж лужний амфібол типу Ti-рибекіту з включенням Cr-Mg-Al-шпінеліду. Останні характерні для досліджуваних порід (Kryvdik, Tsymbal, Geiko, 2003; Tsymbal et al., 1997).

Найбільшу кількість амфіболів було проаналізовано з лужних порід Болярківської інтрузії (табл. 4). Можливо це частково пояснює, виходячи з отриманих результатів

Закінчення табл. 4

The end of Table 4

Cations in formula, calculated on 13 (Si + Ti + Al + Cr + Fe + Mn + Mg)											
	Si	Al	Ti	Cr	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	#Mg
	7,00	1,06	0,04	0,03	1,19	0,03	3,65	1,39	1,40	0,09	0,749
	7,59	0,44	0,01	0,08	0,52	0,01	4,35	1,30	1,16	0,02	0,891
	7,51	0,47	0,03	—	0,99	0,03	3,98	0,39	2,16	0,03	0,796
	6,43	2,03	0,04	0,67	0,40		3,43	1,81	2,19	0,07	0,896
	6,93	1,14	0,05	0,01	1,14	0,02	3,71	1,45	1,39	0,10	0,762
	6,32	1,92	0,01		1,10	0,04	3,62	1,82	1,31	0,02	0,761
	6,60	1,55	0,03	0,02	1,02	0,03	3,75	1,62	1,37	0,02	0,781
	8,04	0,04	—	—	2,37	0,03	2,53	1,41	0,33	0,05	0,513
	8,02	0,05	—	—	2,04	0,04	2,85	1,88	0,11	0,02	0,578
	6,59	1,57	0,02	—	1,20	0,03	3,59	1,49	1,48	0,01	0,745
	6,97	1,09	0,03	—	1,22	0,02	3,66	1,41	1,46	0,09	0,750
	7,24	0,81	0,02	—	1,12	0,03	3,78	0,96	1,88	0,02	0,767
	6,89	1,18	0,03	—	1,18	0,02	3,69	1,39	1,36	0,07	0,755
	7,11	0,98	0,04	—	1,17	0,03	3,66	1,36	1,47	0,07	0,753
	7,11	0,99	0,03	—	1,21	0,02	3,64	1,34	1,46	0,06	0,747
	7,43	0,34	0,02	—	0,31	0,02	4,88	1,41	0,99	0,18	0,937
	7,77	0,16	0,02	0,01	0,33	0,02	4,69	1,00	1,46	0,05	0,931
	6,71	1,54	0,36	0,04	0,70	—	3,66	1,73	1,23	0,07	0,839
	7,63	0,49	0,13	0,02	0,71	—	4,03	1,07	1,61	0,09	0,850
	6,63	1,57	0,03	0,03	1,89	0,06	2,77	1,21	1,80	0,01	0,587
	7,5	0,52	0,03	0,02	1,81	0,03	3,09	0,08	2,69	0,01	0,626
	6,92	1,09	0,05	0,02	1,26	0,01	3,66	1,47	1,33	0,08	0,742
	7,61	0,47	0,05	—	1,70	0,01	3,15	0,76	1,89	0,07	0,648
	7,74	0,25	0,03	—	1,55	0,09	3,34	0,53	2,17	0,04	0,671
	6,41	1,99	0,10	0,12	0,91	0,01	3,46	1,81	1,15	0,07	0,790
	6,43	1,90	0,22		1,29	0,02	3,15	1,85	1,44	0,13	0,71
	6,54	1,69	0,20		1,21	0,02	3,34	1,75	1,48	0,11	0,73
	7,00	1,41	0,12	0,02	1,34	0,01	3,09	1,68	1,01	0,14	0,70
	7,15	1,30	0,07	0,01	1,29	0,03	3,15	1,71	1,31	0,09	0,71
	7,29	1,07	0,05	0,02	1,32	0,03	3,22	1,38	1,35	0,08	0,71
	7,16	1,09	0,04	0,02	1,33	0,02	3,35	1,42	1,43	0,10	0,72
	7,72	1,43	0,04		0,94	0,04	2,84	1,37	2,52	0,08	0,75

аналізів, наявність практично всіх типів (видів) амфіболів у Болярківській інтрузії, які було виявлено у розглянутих вище (Глумча, Городниця, Губків) ділянках. Можна лише зазначити, що власне лужних серед болярківських амфіболів майже немає (зафіксовано тільки два аналізи, які розраховуються на різновиди проміжного складу між рибекітом і арфведсонітом або власне арфведсонітового складу).

Серед болярківських амфіболів переважають Na-Ca-різновиди, які на різних діаграмах розташовуються поряд з еденітом, катфоритом і тарамітом, або проміжні між ри-

бекітом і вінчитом (рис. 2). Проте значна частина точок аналізів розташовується поряд із паргаситами Глумчі та Городниці. Серед болярківських амфіболів трапляються також збагачені на TiO_2 (до 1,8—1,9 %) різновиди з високим Al_2O_3 , тобто близькі до титанистих паргаситів Глумчі.

На діаграмі Ca — (Na + K) переважна більшість болярківських амфіболів розташовується в загальному для амфіболів (Глумча, Городниця, Губків) тренді $2\text{Ca} - 3\text{Na}$ (паргасит — арфведсоніт), хоча, як зазначено вище, в лужну область потрапляють поодинокі аналізи. Разом із тим від цього тренду є від-

хилення у бік вінчиту, а один із аналізів з дуже високим вмістом Cr_2O_3 (5,25 %) сильно відхилився праворуч через високий вміст одночасно Ca (1,81 ф. о.) і Na + K (2,26 ф. о.), (табл. 4, ан. 53). Можливо, що це амфібол із включенням хромшпінеліду.

Схоже на те, що болярківські амфіболи загалом більш магнезійні (рис. 2, діаграма (Na + K — Mg#), порівняно з досліджуваними амфіболами інших ділянок ЛУП північно-західної частини УЩ. Загалом болярківські амфіболи за особливостями хімізму займають проміжне положення між амфіболами Глумчі і Городниці (табл. 5), з одного боку, і Губкова — з іншого. Можливо, в пре-

Таблиця 5. Хімічний склад амфіболів із лужно-ультраосновних порід Городницької інтрузії (мікросондові аналізи)
Table 5. Chemical composition of amphiboles in alkaline-ultrabasic rocks from Horodnytsya intrusion (microprobe analyzes)

Oxide	1	2	3	4	5	6
SiO_2	44,16	42,33	42,45	44,81	43,37	45,61
TiO_2	0,89	1,03	0,67	0,8	0,83	0,37
Al_2O_3	11,87	12,45	13,20	11,66	11,87	11,3
Cr_2O_3	Traces	Traces	2,48	0	0,09	0,04
FeO	8,90	8,81	4,78	7,7	8,2	16,98
MnO	0,19	0,35	0,04	0,13	0,17	0,47
MgO	16,95	17,95	17,32	16,74	17,02	9,93
CaO	12,54	11,70	12,13	12,61	12,54	12,78
Na_2O	3,36	4,61	3,71	3,1	3,26	1,15
K_2O	0,86	0,70	0,41	0,85	0,81	1,14
Σ	99,72	99,93	97,19	98,39	98,16	99,75
<i>Cations in formula, calculated on 13 (Si + Ti + Al + Cr + Fe + Mn + Mg)</i>						
Si	6,25	5,97	6,24	6,43	6,24	6,69
Al	1,99	2,08	2,30	1,97	2,02	1,96
Ti	0,09	0,11	0,07	0,09	0,09	0,04
Cr	—	—	—	—	0,01	0,01
Fe	1,05	1,03	0,59	0,92	0,98	2,09
Mn	0,03	0,04	0,01	0,02	0,02	0,06
Mg	3,58	3,77	3,79	3,58	3,65	2,16
Ca	1,91	1,77	1,91	1,94	1,93	2,01
Na	0,92	1,25	1,06	0,86	0,91	0,33
K	0,15	0,12	0,07	0,16	0,16	0,21
#Mg	0,768	0,778	0,863	0,792	0,785	0,501

Примітка. 1—3 — св. 420, гл. 9,8—12 м; 4—6 — св. 421, гл. 58,6—59,7 м; 3 — включення амфіболу в хромшпінеліді.

Note. 1—3 — drillhole 420, depth 9.8—12 m; 4—6 — drillhole 421, depth 58.6—59.7 m; 3 — inclusion of amphibole in Cr-spinelide.

паратах (епоксидних шашках) були вмонтовані як первинні, так і пізньо- й постмагматичні амфіболи Болярківської інтрузії.

Залежність хімізму амфіболів від лужності, розкристалізованості, титанистості вмісних порід і еродованості їхніх проявів. Описані особливості хімізму амфіболів у проявах (інтрузіях) у кожному випадку загалом "узгоджуються" з деякими геологічними та петрологічними особливостями останніх. Так, наприклад, амфіболи з підвищеним вмістом титану властиві Глумчанській інтрузії (св. 127), породи якої більш розкристалізовані (середньозернисті), інтенсивно амфіболізовані і характеризуються підвищеним вмістом титану на загальному фоні лужних низькотитанистих порід інших інтрузій. Породи Глумчанської інтрузії відрізняються від лужних порід інших інтрузій також низьким коефіцієнтом аґпайтності (0,6—0,8), проте на Глумчанській ділянці наявні і прояви дайкових порфіроподібних лужних порід з дещо вищим коефіцієнтом аґпайтності, з яких отримано поодинокі аналізи лужних амфіболів. Ще нижчий коефіцієнт аґпайтності (0,3—0,6) у породах Городницької інтрузії, де також дещо нижча титанистість, що зумовило глиноземистий і низькотитанистий склад амфіболів у ній. До того ж підвищена титанистість лужних порід (і, відповідно, вихідних для них розплавів) Глумчанської ділянки узгоджується з кристалізацією ферікерсутиту в деяких дайках і тонких апофізах. Водночас найвищий коефіцієнт аґпайтності (до 1,07) властивий лужним породам Губківської інтрузії. Особливо це чітко проявляється під час порівняння Губківської і Городницької інтрузій. Ще зауважимо, що лужні породи Губківської інтрузії дещо більш титанисті за породи Городницької.

Тому в Губківській інтрузії серед амфіболів переважають лужні та Na-Ca-різновиди (з низьким Al). Серед низькоглиноземистих і лужних губківських амфіболів значна частина має також підвищений або навіть високий (як для такого типу порід) вміст TiO_2 (до 3,0 %). Тобто в амфіболах Губківської інтрузії поєднуються підвищена або висока лужність і титанистість, як це властиво і для вмісних порід. У породах цієї інтрузії зафіксовано також магнезійні клінопіроксени та егірин

з підвищеним вмістом титану, про що йдеться в іншій статті авторів (Tsybal, Kryvdik, 2023).

Схоже на те, що хімізм досліджуваних амфіболів значною мірою зумовлений також ерозійним зрізом амфіболвмісних порід. Найменш еродованою вважають Губківську інтрузію, в якій породи мають порфірову або порфіроподібну структуру, а значно глибше еродована Глумчанська інтрузія, розкрита св. 127. Амфіболи цих двох інтрузій виявились досить контрастними за глиноземистістю й лужністю. Імовірно, приповерхневі умови формування Губківської інтрузії зумовили кристалізацію лужних і Са-На-низоглиноземистих амфіболів підвищеної титанистості. Подібне поєднання хімічного складу (високі лужність і титанистість) характерне, як згадано вище, для австралійських лампроїтів (щоправда, в них K_2O переважає над Na_2O). У публікації одного з авторів цієї статті (С.Г. Кривдік) висловлено положення, що титанистість і лужність фермічних мінералів характерні для гіпабісальних порід, а з глибиною величина цих характеристик знижується.

Зауважимо, що попри низьку на загальному фоні титанистість піроксенів із досліджуваних порід, у Губківській інтрузії трапляються різновиди цих мінералів (навіть серед егіринів) із доволі високим вмістом TiO_2 до 1,5—1,6 %, які асоціюють з лужними і титанистими амфіболами. Амфіболи з Болярківської інтрузії мають проміжний склад між амфіболами Городницької і Глумчанської, з одного боку, і Губківської інтрузії, — з іншого.

Висновки. 1. В лужно-ультраосновних породах північно-західної частини УЩ амфіболи мають широкий діапазон хімічного складу: від паргаситів (зокрема з підвищеним вмістом титану) і фери-керсутитів через низькоглиноземисті Са-На-різновиди (рихтерити, катофорити, еденіти) до магнезійних лужних серії рибекіт-арфведсоніт. Водночас наявні проміжні різновиди серії катофорит-рихтерит, еденіт-рихтерит, рихтерит-рибекіт тощо.

2. Хімізм амфіболів залежить від складу і текстурно-структурних особливостей вмісних порід, а також рівня їхнього ерозійного зрізу. У приповерхневих інтрузіях кристалізуються більш лужні і менш глиноземисті амфіболи (Mg-рибекіт, Mg-арфведсоніт, Mg-рихтерит і проміжні між ними різновиди). Для глибше еродованих і більш розкристалізованих порід характерні Са-Al-амфіболи (паргаситового складу).

3. Значна кількість сублужних і лужних амфіболів у досліджуваних лужно-ультраосновних породах зумовлювала, ймовірно, обмежену кристалізацію клінопіроксенів проміжного складу між діопсидом та егірином (егірин-діопсидів) (Ferguson, 1978). Подібні закономірності або залежності описані в Покрово-Київському та інших лужних масивах Українського щита (Kryvdik, Tkachuk, 1990).

4. Таке розмаїття амфіболів, виявлене вперше в Україні, сформувалось у магнезійних породах лужно-ультраосновного складу, невеликі інтрузії яких кристалізувались переважно за гіпабісальних умов.

REFERENCES / ЛІТЕРАТУРА

- Baran, A.M. (2012), *Geology of subalkaline and alkaline mafic-ultramafic rocks in the Novograd-Volyn megablock of the Ukrainian Shield*, Abstract diss. cand. geol. sci., Kyiv, 20 p. [in Ukrainian].
 [Баран, А.М. (2012), *Геологія сублужних і лужних базит-ультрабазитів Новоград-Волинського блоку (Волинський мегаблок) Українського щита*: автореф. канд. геол. наук. Київ. 20 с.]
- Baran, A., Geiko, Yu. and Zagnitko, V. (2011), *Visn. Taras Shevchenko Kyiv Univ. Geol.*, Vol. 54, Kyiv, pp. 4-8 [in Ukrainian].
 [Баран, А., Гейко, Ю., Загнітко, В. (2011), *Вісн. Київ. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 54. С. 4—8.]
- Jakes, A., Lowes, J. and Smith, K. (1989), *Kimberlites and lamproites of the Western Australia*, Transl. from Engl., Mir, Moscow, 430 p. [in Russian].
 [Джейкс, А., Луис, Дж., Смит, К. (1989), *Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии*. Пер. с англ. Москва: Мир, 430 с.]
- Kryvdik, S.G., Glevasskiy, E.B. and Levina, R.L. (1980), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 2, No. 3, Kyiv, pp. 53-65 [in Russian].
 [Кривдик, С.Г., Глевасский, Е.Б., Левина, Р.Л. (1980), *Минерал. журн.* 2, № 3. С. 53—65.]
- Kryvdik, S.G. and Tkachuk, V.I. (1990), *Petrology of alkaline rocks of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, 408 p. [in Russian].

- [Кривдик, С.Г., Ткачук, В.И. (1990), *Петрология щелочных пород Украинского щита*. Киев: Наук. думка. 408 с.]
- Kryvdik, S.G., Tsybal, S.N. and Geiko, Yu.V. (2003), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 25, No. 5-6, pp. 57-69 [in Russian].
- [Кривдик, С.Г., Цымбал, С.Н., Гейко, Ю.В. (2003), *Мінерал. журн.* **25**, № 5/6. С. 57—69.]
- Leake, B.E., Woolley, A., Arps, C.E.S., Birch, W. et al. (1997), *Nomenclature of amphiboles*: report of the subcommittee on amphiboles of the Commission on new minerals and minerals names of the Int. Mineral. Association (CNMMN IMA), *Notes All-Russ. Mineral. Soc.*, No. 6, pp. 82-102 [in Russian].
- [Лик, Б.Е., Вулли, А., Арпс, К.Е.С., Берч, В. и др. (1997), *Номенклатура амфиболов*: доклад Подкомитета по амфиболам Комиссии по новым минералам и названиям минералов Междунар. минерал. ассоциации (КНМНМ ММА). *Зап. Всерос. минерал. об-ва*. № 6. С. 82—102.]
- Tsybal, S.N., Shcherbakov, I.B., Kryvdik, S.G. and Labuznyi, V.F. (1997), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 19, No. 3, pp. 61-80 [in Russian].
- [Цымбал, С.Н., Щербаков, И.Б., Кривдик, С.Г., Лабузний, В.Ф. (1997), *Мінерал. журн.* **19**, № 3. С. 61—80.]
- Tsybal, O.Yu. and Kryvdik, S.G. (2023), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 45, No. 4, pp. 48-56. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.04.048>
- [Цимбал, О.Ю., Кривдік, С.Г. (2023), *Мінерал. журн.* **45**, № 4. С. 48—56.]
- Ferguson, A.A. (1978), *Contribs Mineral. and Petrol.*, Vol. 67, pp. 11-15. <https://doi.org/10.1007/BF00371628>

Received 30.04.2023

O.Yu. Tsybal, PhD Student

E-mail: tsybaloleksandra1@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8800-9899>

S.G. Kryvdik, DrSc (Geology, Mineralogy), Prof.

E-mail: kryvdik@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-8356-1115>

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

AMPHIBOLES OF ALKALINE-ULTRABASIC ROCKS FROM NORTH-WESTERN PART OF THE UKRAINIAN SHIELD

Different magnesian amphiboles — pargasites, Ca-Na- and alkaline ones (richterites, Mg-kathophorites, Mg-taramites, Mg-riebeckites, Mg-arfvedsonites and intermediate varieties) of alkaline-ultrabasic rocks (hypabyssal intrusions and dikes) from North-Western part of the Ukrainian Shield are studied and analyzed (mainly microprobe method). Some pargasites and richterites are characterized by increased or high TiO_2 contents (2.9-3.2%). In studied region more enriched in iron and titanium amphiboles (ferri-kaersutites) rarely occur too in veins rocks of essexite composition. Chemistry of amphiboles depends on types of rocks and erosion of their intrusions. Low aluminian and alkaline amphiboles are characteristic for at least eroded intrusions (dikes) whereas in more eroded and more crystallized hypabyssal intrusions amphiboles with higher aluminium of pargasite composition form. Such diversity of studied amphiboles is caused by composition of alkaline-ultrabasic melts and some different depth of their crystallization.

Keywords: alkaline-ultrabasic rocks, various amphiboles (pargasite, richterite, kathophorite, Mg-riebeckite).