

ОЛІВІНИ ЛУЖНО-УЛЬТРАОСНОВНИХ ПОРІД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО РАЙОНУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

О.Ю. Цимбал

<https://orcid.org/0000-0002-8800-9899>

С.Г. Кривдік

<https://orcid.org/0000-0002-8356-1115>

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

Олівін (форстерит, зрідка хризоліти) є характерним мінералом лужно-ультраосновних порід північно-західної частини Українського щита. Ці породи (мельтейгіти, якупірангіти, мельтейгіт-порфіри) утворюють гіпабісальні інтрузії. Олівіни є одними з найбільш ранніх мінералів, інколи містять включення хромшпінелідів. Магнезійні олівіни характеризуються підвищеним вмістом Cr, Ni, іноді CaO.

Ключові слова: лужно-ультраосновні породи, форстерит, хризоліт, елементи-домішки (Cr, Ni).

Вступ. Лужно-ультраосновні породи в північно-західній частині Українського щита (УЩ) відомі вже понад 25 років. Раніше в цьому районі було виявлено лужні метасоматити Березової Гаті [6], які було інтерпретовано як феніти, характерні екзоконтактові метасоматити карбонатитових і лужно-ультраосновних інтрузій, що підтверджено бурінням останніх під час геолого-пошукових робіт.

У цьому районі виявлено чотири ділянки прояву лужно-ультраосновних гіпабісальних і дайкових інтрузій (Городницька, Глумчанська, Болярківська, Губківська), різні аспекти яких розглянуто в попередніх публікаціях [1, 2, 8—11]. Питання геологічного положення та будови цих інтрузій і деякі аспекти їхнього петрогенезису узагальнено в дисертаційній роботі А.М. Барана (2012) [1].

Детальний розгляд петрологічних і геохімічних особливостей досліджуваних порід, а також їхніх мінералів (піроксени, амфіболи) викладено у подальших статтях, нині поданих до друку (в «Мінералогічний журнал», «Геологічний журнал» та «Мінералогічний збірник»). У цій статті коротко описано олівіни із лужно-ультраосновних порід. Зауважимо,

що для гіпабісальних інтрузій досліджуваних порід (ійоліт-мельтейгітів, якупірангітів, особливо їхніх порфірових різновидів) властива кристалізація форстериту [5, 12], тоді як в глибше еродованих інтрузіях цих порід олівін трапляється доволі рідко і є більш залізистим (аж до гортоноліту в Чернігівському карбонатитовому масиві [7]).

На всіх названих ділянках лужно-ультраосновні породи містять олівін, але зберігся він і проаналізований лише в двох інтрузіях — Городницькій і Губківській. На інших ділянках розвитку цих порід олівін змінений і заміщений вторинними мінералами — серпентином або дрібнозернистим агрегатом амфіболу. В олівінових якупірангітах і мельтейгітах Болярківської інтрузії олівін зафіксований як дрібні включення в хромшпінелідах [11].

Мета роботи — узагальнити опубліковані та навести нові дані про олівін лужно-ультраосновних порід північно-західного району УЩ й обміркувати деякі аспекти їхнього петрогенезису.

Методи дослідження олівіну та мінералів, що асоціюють із ним: петрографічні (вивчення шліфів) і мікрозондові.

Хімічний склад (мікрозондові аналізи) олівину з лужно-ультраосновних порід північно-західної частини
Chemical composition (microprobe analyses) of olivine from alkaline-ultrabasic rocks in North-Western part

Компо- нент	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
								ц	к		
SiO ₂	41,35	41,89	41,44	41,14	41,07	41,2	39,56	40,23	39,22	39,7	39,74
Cr ₂ O ₃	0,04	Сліди	0,09	0,07	0,07	0,14	0,14	0,09	0,16	0,07	0,17
FeO	9,92	9,75	9,44	8,81	9,83	12,93	9,6	10,22	10,83	9,89	10,23
MnO	0,14	0,09	0,29	0,21	0,17	0,28	0,13	0,16	0,15	0,16	0,15
MgO	47,87	47,82	48,95	48,98	47,92	45,96	50,03	48,95	49,36	49,88	49,36
CaO	0,79	0,57	0,40	0,35	0,93	0,15	0,19	0,25	0,25	0,09	0,23
NiO	—	—	—	—	—	—	0,36	0,35	0,29	0,21	0,41
CoO	—	—	—	—	—	—	0,03	0,02	0,04	0	0,01
Сума	100,4	100,12	100,61	99,56	99,99	100,66	100,02	100,25	100,25	100	100,29
Кількість катіонів у кристалохімічній Calculated											
Si	1,02	1,03	1,01	1,01	1,01	1,02	0,96	0,98	0,96	0,97	0,97
Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe	0,20	0,20	0,20	0,18	0,20	0,27	0,20	0,21	0,22	0,20	0,21
Mn	—	—	0,01	—	—	0,01	—	—	—	—	—
Mg	1,75	1,75	1,78	1,79	1,76	1,70	1,82	1,79	1,80	1,82	1,80
Ca	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	—	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ni	—	—	—	—	—	—	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg#	0,897	0,897	0,899	0,909	0,898	0,863	0,901	0,895	0,891	0,900	0,896

Примітка: «—» — вміст елемента (оксиду) дуже низький: не фіксується приладом, або не визначали; олівін з включенням хромшпінеліду); 7—18 — олівіни з Губківської інтрузії; 19—22 — включення олівину виконано в Технічному центрі НАН України на мікроаналізаторі JCXA-733, аналітик О.С. Іванов; ан. аналітик В.М. Верещак; ан. 19—22 — у Технічному центрі НАН України на мікроаналізаторі JXA-8200

Note. «—» — contents of elements (oxides) very low: not fixed by microanalyzer or not determined; ц — centre olivin with inclusion of chrome spinelid); 7—18 — olivines from Gubkiv intrusion; 19—22 — olivine inclusions in Technical centre of the NAS of Ukraine by microanalyzer JCXA-733, analyst O.S. Ivanov; an. 7—18 — analytical centre of NAS of Ukraine by microanalyzer JXA-8200, analyst V.B.Sobolev .

Особливості хімізму олівину. Олівін є одним із найбільш ранніх мінералів досліджуваних порід. Він утворює дрібні (до 0,5 мм) субідоморфні кристалики, включені в інших породоутворювальних мінералах (піроксени, амфіболи, нефелін). А в олівині спостережено включення більш ранніх хромшпінелідів, зокрема глибинного походження [10, 11]. Крім того, в магнезіальних і високохромистих хромітах (глибинного походження) наявні включення раннього олівину, фото і результати мікрозондового аналізу яких наведено в [10, 11] і таблиці.

Як зазначено вище, було виконано мікрозондові дослідження олівинів із Городницької, Губківської та Болярківської інтрузій (табл.).

Зауважимо, що ці дослідження виконано в різний час, у різних лабораторіях і на різних приладах (див. примітки до табл.). Це призвело до деяких розбіжностей в результатах (особливо щодо вмісту елементів-домішок). Проте не виключено, що олівіни з Городницької та Губківської інтрузій мають незначні відмінності хімізму, зважаючи на умови залягання та структурно-текстурні особливості олівинвмісних порід. У Городницькій інтрузії лужно-ультраосновні породи ліпше розкриталізовані (переважно олівінові якупірангіти і меланократові олівінові мельтейгіти), тоді як в Губківській представлені порфіровими породами — переважно мельтейгіт-порфірами або нефелінітами. Проте в породах цих інтрузій

Українського щита
of the Ukrainian shield

11	12	13	14	15	16		17	18	19	20	21	22
					ц	к						
39,65	40,4	39,06	38,82	39,94	39,2	39,56	39,84	40,17	41,20	40,91	41,04	40,97
0,1	0,11	0,02	0,03	0,17	0,03	0,06	0,1	0,13	—	—	—	—
10,77	10,35	13,61	15,52	10,47	11,67	11,21	10,3	10,2	6,22	7,54	7,77	9,22
0,17	0,2	0,22	0,22	0,11	0,21	0,21	0,18	0,13	0,08	0,12	0,18	0,14
49,35	48,96	46,72	45,55	49,3	48,69	48,8	49,31	49	52,33	50,80	49,62	48,73
0,22	0,21	0,27	0,06	0,3	0,12	0,12	0,1	0,19	0,10	0,09	0,09	0,19
0,31	0,3	0,17	0,22	0,3	0,29	0,19	0,41	0,32	0,41	0,42	0,36	0,30
0,02	0,01	0	0	0,05	0,03	0,03	0,01	0	—	—	—	—
100,56	100,53	100,08	100,42	100,59	100,2	100,14	100,24	100,13	100,34	99,88	99,06	99,55
<i>формули (розраховано на 3 катіони) on 3 cations</i>												
0,97	0,99	0,97	0,97	0,97	0,96	0,97	0,97	0,98	0,992	0,997	1,008	1,009
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,22	0,21	0,28	0,32	0,21	0,24	0,23	0,21	0,21	0,125	0,153	0,159	0,189
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,001	0,004	0,004	0,03
1,79	1,78	1,73	1,70	1,79	1,78	1,79	1,80	1,79	1,878	1,814	1,814	1,787
0,01	0,01	0,01	—	0,01	—	—	—	—	0,002	0,002	0,002	0,004
0,01	0,01	—	—	0,01	0,01	—	0,01	0,01	0,008	0,007	0,007	0,006
0,891	0,894	0,861	0,842	0,895	0,881	0,886	0,896	0,895	0,938	0,992	0,919	0,904

ц — центр зерна; к — край зерна; 1—6 — олівіни з Городницької інтрузії, св. 420, гл. 84,6—87,6 м (ан. 6 — в хромітах із олівінових якупірангітів і олівінових мельтейгітів Болярківської інтрузії [11]. Аналізи 1—6 7—18 — в Інституті металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України на мікроаналізаторі Cameca SX50, Jeol, аналітик В.Б. Соколов.

of grain; к — rim of grain; 1—6 — olivines from Gorodnitsa intrusion, drill hole 420, depth 84,6—87,6 m (an. 6 — in chromites from olivine jacupirangites and olivine melteigites of Bolyarka intrusion [11]. Analyses 1—6 are made in Institute of Metalphysics by microanalyzer Camera SX50, analyst V.M. Vereshchak; an. 19—22 — in Ana-

зій олівін за вмістом FeO і MgO належить переважно до форстеритів, у деяких зернах вміст фаялітового міналу досягає 14—16 %, що, за деякими довідниками, є підставою називати мінерал хризолітом. Цікаво, що так зв. *хризолітовий* олівін виявлено в менш еродованих породах Губківської інтрузії, хоча можна було б очікувати зворотної картини (появу більш залізного олівіну в глибше еродованій Городницькій інтрузії). Можливо це зумовлено тим, що в Губківській інтрузії проаналізовано більше зерен олівіну, тож у препарат (шашку) могли потрапити менш поширені «хризоліти». Визначено склад переважно центральної частини зерен олівіну, але в двох зернах досліджено центральну і крайову частини. Од-

нак суттєвої різниці в хімічному складі різних частин зерна не виявлено: в одному випадку (табл., ан. 8) ніби центральна частина дещо більш магнезійна, а в другому (ан. 16) вони практично однакові. Ці незначні відмінності не порушують меж можливих допусків і похибки виконання мікрозондового аналізу.

Отримано деякі відмінності за вмістом кремнезему: в олівінах Городницької інтрузії він перевищений (1,01—1,02 ф. о. Si), а в Губківській занижений (0,96—0,99) (табл.). За вмістом FeO і MgO аналізи з двох лабораторій суттєво не розрізняються.

Найкращими індикаторами в петрологічному аспекті виявились елементи-домішки: Ni, Ca, Cr, Co, хоча Ni і Co в олівінах з Го-

родниці не визначено. В олівінах Городниці дещо вищий вміст СаО (до 0,79 %) порівняно з однойменними мінералами Губкова (хоча можна було очікувати зворотні відмінності через указані вище геологічні умови залягання цих проявів). У всіх олівінах зафіксовано Cr_2O_3 (до 0,17 %), а губківських і болярківських NiO (до 0,42 %) і CoO (до 0,05 %) (в городницьких олівінах NiO і CoO не визначено). Це узгоджується і з хімізмом олівінвмісних порід, яким властиві підвищений вміст Cr_2O_3 (наявність хромшпінелідів та хромдіопсидів) і NiO (входить до складу хромшпінелідів, магнетиту, сульфідів).

Крім форстеритів, у протолочках із Глумчанської інтрузії (с. 127, гл. 34,4–35,5 м) виявлено і проаналізовано (мікрозонд) високозалістисті олівіни Fa_{65} , природу яких не з'ясовано. В цій пробі наявні також авгіти ($\text{Wo}_{35-39}\text{En}_{38-39}\text{Fs}_{24-26}$), відмінні від діопсидів лужно-ультраосновних порід. Ці високозалістисті олівіни характеризуються підвищеним вмістом Mn (0,5–0,7 %), що властиво для порід лужних і підвищеної лужності.

Обговорення результатів дослідження. Олівіни (форстерити) як одні з найбільш ранніх мінералів властиві гіпабісальним інтрузіям і вулканітам лужно-ультраосновних порід і карбонатитам інших регіонів світу. Магнезіальність олівінів і вміст магнезіоферитового міналу (MgFe_2O_4) у магнетиті, як показала О.М. Чернишова (1981) [12], можуть бути своєрідними геобарометрами. Ці мінерали більш магнезіальні в приповерхневих інтрузіях, а з глибиною стають більш залістистими [3, 12]. У Городницькій інтрузії форстерит співіснує з магнетитом, в якому вміст MgO (в матриці) становить 4,3 % і містить ексклюзійні вrostки високомагнезіальної (17 % MgO) шпінелі [10]. Тобто магнезіальний олівін асоціює з магнетитом із високим вмістом MgO (включаючи ексклюзійні вrostки шпінелі). Водночас у такому глибоко еродованому карбонатитовому масиві як Чернігівський (Приазов'я) наявний високозалістистий олівін (до Fa_{70}) у парагенезисі з практично безмагнієвим магнетитом [6]. Можливо, що згадувані високозалістисті олівіни із протолочки (Глумчанська інтрузія, св. 127) винесені лужно-ультраосновним розплавом із ультраосновних порід глибшого за-

лягання, які можуть бути генетично пов'язані з досліджуваними лужними породами.

Магнезіальні олівіни лужно-ультраосновних порід північно-західної частини УЩ збагачені тими самими елементами-домішками (Cr , Ni , Co), що й вмісні породи. Такого ж складу олівіни характерні для кімберлітів і лампроїтів [4].

Ще один цікавий, але нез'ясований момент: в олівінах із Губківської інтрузії досить низький вміст СаО порівняно з олівінами Городниці. За деякими літературними даними (наприклад [3]), олівіни збагачуються СаО в мелілітвмісних (насичених СаО) породах. Так, А.М. Баран (2012) [1] вважав, що в мельтейгіт-порфірах Губкова наявний меліліт (породи мелілітити або мелілітоліти), хоча переконливих доказів цього не навів. Про можливість наявності серед лужно-ультраосновних порід північно-західної частини УЩ їхніх мелілітвмісних різновидів можуть свідчити поодинокі знахідки (під час мікрозондових досліджень амфіболів) мінералу, який за хімічним складом відповідає хуаніту, котрий разом із цеболітом часто заміщує меліліт.

Висновки. 1. Для лужно-ультраосновних порід північно-західного району УЩ характерні магнезіальні олівіни (форстерити), як це властиво гіпабісальним інтрузіям і вулканітам такого типу порід. Форстерити містять у підвищеній кількості Ni , Cr і Co , характерні індикаторні елементи-домішки вмісних лужно-ультраосновних порід, а також олівінів кімберлітів і лампроїтів [4].

2. Форстерити є одними з найбільш ранніх мінералів, хоча містять включення низькомагнезіальних хромшпінелідів (за [11], «корового» типу), які кристалізувались у розплавах лужно-ультраосновних порід на рівні сучасного ерозійного зрізу або в магматичних камерах неглибокого залягання. Можливо, що з останніх могли виноситися більш залістисті олівіни (Fa_{65}). Проте наявні також дрібні включення олівіну в магнезіальних і високохромистих хромшпінелідах, які вважають глибинними мінералами («мантіїного типу», за [11], де наведено фотографії таких включень олівіну). Тобто у досліджуваних породах співіснують принаймні дві генерації олівінів і хромшпінелідів.

Література

1. Баран А.М. Геологія сублужних і лужних базит-ультрабазитів Новоград-Волинського блоку (Волинський мега-блок Українського): автореф. дис. ... канд. геол. наук, Київ, 2012. 20 с.
2. Баран А., Гейко Ю., Загнітко В. Геологічна будова та особливості речовинного складу олівінових мельтейгітів Болярської дайки (Волинський мегаблок УЩ). *Вісник Київського університету ім. Т. Шевченка. Геологія*. 2011. 55. С. 4—8.
3. Дир У.А., Хауи Д.А., Зусман Дж. Пороодообразующие минералы. Москва: Мир, 1962. Т. 1. 272 с.
4. Джейкс А., Луис Дж., Смит К. Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии. Москва: Мир, 1989. 430 с.
5. Кривдик С.Г. Деякі особливості хімізму фемічних мінералів магматичних порід залежно від їхньої лужності. *Мінерал. журн.* 2017. 39, № 1. С. 84—99. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.01.084>
6. Кривдик С.Г., Ткачук В.И. Формационная принадлежность щелочных метасоматитов Березовой Гати (Житомирская обл., УССР). *Докл. АН УССР. Сер. Б*. 1987, № 1. С. 13—16.
7. Кривдик С.Г., Ткачук В.И. Петрология щелочных пород Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1990. 406 с.
8. Кривдик С.Г., Цымбал С.Н., Гейко Ю.В. Протерозойский щелочно-ультраосновной магматизм северо-западной части Украинского щита как индикатор кимберлитобразования. *Мінерал. журн.* 2003. 25, № 5/6. С. 57—69.
9. Цымбал С.Н., Гейко Ю.В., Кривдик С.Г., Баран А.Н., Цымбал Ю.С. Болярковская интрузия щелочно-ультраосновных пород (северо-запад Украинского щита). *Актуальные проблемы Беларуси и смежных территорий: Тр. междунар. науч. конф.* (Минск, 8—9 декабря 2008 г.). Минск, 2008. С. 35—40.
10. Цымбал С.Н., Щербakov И.Б., Кривдик С.Г., Лабузний В.Ф. Щелочно-ультраосновные породы Городницкой интрузии (северо-запад Украинского щита). *Мінерал. журн.* 1997. 18, № 3. С. 61—80.
11. Цымбал С.М., Цымбал Ю.С., Соболев В.Б. Ксенокристи мантіїних мінералів із лужно-ультраосновних порід Болярківської інтрузії (Волинський мегаблок Українського щита). *Мінерал. журн.* 2015. 37, № 4. С. 5—20. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.37.04.005>
12. Чернышова Е.А. Минералы карбонатитов как индикатор условий их формирования. Новосибирск: Наука, 1981. 153 с.

Надійшла 04.05. 2023

References

1. Baran, A.M. (2012). Geology of subluzhny and luzhny mafic-ultramafic rocks in the Novograd-Volynski megablock. Abstract dis. cand. geol. sci. Kyiv. 20 p. [in Ukrainian].
2. Baran, A., Geiko, Yu., Zagritko, V. (2011). Geologic building and peculiarities of mater composition of olivine melteigites of Bolyarka dike (Volyn megablock of the Ukrainian shield). *Visnyk of T. Shevchenko Kyiv University. Geologia*. 55. pp. 4-8 [in Ukrainian].
3. Deer, U.A., Howie, R.A., Susmann, J. (1962). Rock-forming minerals. Mir, Moscow. 1. 272 p. [in Russian].
4. Jakes, A., Lowes, J., Smith, K. (1989). Kimberlites and lamproites of the Western Australia. Mir, Moscow. 430 p. [in Russian].
5. Kryvdik, S.G. (2017). Some peculiarities of femic mineral chemistry in magmatic rocks depending on their alkalinity. *Mineral. Journ. (Ukraine)*. 39, No. 4. pp. 84-99. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.01.084> [in Ukrainian].
6. Kryvdik, S.G., Tkachuk, V.I. (1987). On genetic type of alkaline metasomatites from Berezova Hat (Zhytomyr district, Ukraine), *Dokl. Ukr. Acad. Sciencs*, Ser. B, No. 1, pp. 13-16 [in Russian].
7. Kryvdik, S.G., Tkachuk, V.I. (1990). Petrology of alkaline rocks of the Ukrainian shield. *Naukova Dumka*, Kyiv. 408 p. [in Russian].
8. 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. No. 5/6. pp. 57-69 [in Russian].
9. Tymbal, S.N., Geiko, Yu.V., Kryvdik, S.G., Tsymbal, Yu.S. (2008). Bolyarka intrusion of alkaline-ultrabasic rocks (North-Western part of the Ukrainian shield). *Proc. intern. Conf. Minsk*, 2008, 8-9 Dec. pp. 35-40 [in Russian].
10. 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, No. 3. pp. 61-80 [in Russian].
11. Tsymbal, S.M., Tsymbal, Yu.S., Sobolev, V.B. (2015). Mantle-mineral xenocrysts from alkaline-ultrabasic rocks of the Bolyarka intrusion (Volyn megablock, Ukrainian shield). *Mineral. Journ. (Ukraine)*. 37, No. 4. pp. 5-20. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.37.04.005> [in Ukrainian].
12. Chernyshova, E.A. (1981). Minerals of carbonatites as indicator of conditons of their genesis. Nauka, Novosibirsk. 1981. 153 p. [in Russian].

Received 04.05. 2023

Tsymbal O.S., <https://orcid.org/0000-0002-8800-9899>Kryvdik S.G., <https://orcid.org/0000-0002-8356-1115>

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, 03142, ave. Akad. Palladina 34, Kyiv, Ukraine

OLIVINES OF ALKALINE-ULTRABASIC ROCKS IN NORTH-WESTERN REGION OF THE UKRAINIAN SHIELD

Olivine (forsterite, rarely chrysolite) is characteristic mineral of alkaline-ultrabasic rocks in North-Western region of the Ukrainian shield. These rocks (melteigites, jacupirangites, melteigine-porphyrates) form hypabissal intrusions and dikes. Olivines are earliest minerals but sometimes content inclusions of Cr-spinelids. Magnesian olivines are characterized by increased Cr and Ni contents, sometimes CaO that is typical for magnesian alkaline-ultrabasic rocks. By chemistry studied olivines are similar to those in kimberlites and lamproites.

Keywords: Alkaline-ultrabasic rocks, forsterite, chrysolite, minor elements (Cr, Ni).