

НЕФЕЛІН ІЗ ЛУЖНО-УЛЬТРАОСНОВНИХ ПОРІД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ 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
просп. Аакад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142*

Наведено мікрозондові аналізи нефеліну із лужно-ультраосновних порід (мельтейгітів) північно-західного району Українського щита. Нефелін частіше заміщений канкринітом, натролітом і шпреуштейном, та виявився найбільш натрієвим порівняно з нефеліном із інших лужних масивів Українського щита. Натрієвий склад нефеліну (Nph 77–89, Kfs 5–13, Q 2–12 wt. %) узгоджується з натрієвим типом фенітів в екзоконтактних ореолах інтрузій лужно-ультраосновних порід цього регіону. Останні є гіпабісальними, для яких в інших регіонах характерні суттєво калієві феніти. Натрієвий нефелін разом із іншими петрологічними (висомагнезійний примітивний склад порід) і геохімічними (український низький вміст рідкісних некогерентних елементів Nb, REE, а також P_2O_5) особливостями роблять досліджувані лужно-ультраосновні породи нетиповими і унікальними.

Ключові слова: натрієвий нефелін, лужно-ультраосновні породи.

Вступ. Нефелін є одним із головних породоутворювальних мінералів, який власне і визначає належність досліджуваних порід до лужного ряду. Проте нефелін виявився найменш дослідженим серед мінералів цих порід (піроксени, олівіни, амфіболи), стосовно яких опубліковано спеціальні статті [11, 12]. Водночас щодо нефеліну з Городницької інтрузії опубліковано лише один мікрозондовий аналіз [10]. Після цього було виконано мікрозондове дослідження нефеліну з лужних порід інших інтрузій району (Болярківської, Губківської), але найчастіше у мікрозондові препарати (шашки) попадали змінні зерна мінералу або продукти його заміщення (канкриніт, натроліт, шпреуштейн). Під час перегляду архівних матеріалів світої пам'яті С.М. Цимбала ми виявили результати восьми мікрозондових аналізів цього мінералу, які задовільно можна було розрахувати на кристалохімічну формулу нефеліну. Було також виявлено кілька ана-

лізів, що розраховувались на формули канкриніту і натролітоподібного мінералу, які, як це видно в шліфах, заміщують нефелін. Власне цим мінералам присвячена пропонування стаття. Зауважимо, що ці мінерали і деякі їхні мікрозондові визначення згадано в дисертації А.М. Барана [1], але він не виклав належної петрогенетичної інтерпретації цих матеріалів. Водночас ці аналізи нефеліну суттєво відмінні від нефелінів зі лужних порід інших масивів (Октябрського, Малотерсянського, Проскурівського, Покрово-Киріївського, Чернігівського), які нанесено на пропонувану діаграму мінального складу.

Мета роботи. Визначити особливості хімічного складу нефеліну з лужно-ультраосновних порід північно-західного району Українського щита (УЩ); порівняти його із нефелінами лужних масивів УЩ та інших регіонів; спробувати інтерпретувати деякі петрогенетичні аспекти формування нефелінвмісних порід.

Методи досліджень. Визначення хімічного складу нефеліну та продуктів його заміщення можна було виконати тільки за допомогою мікрозондового дослідження, яке було здійснено у Технічному центрі НАН України на приладі JXA-8200 (аналітик В.Б. Соболєв). Імовірно, аналізи було виконано за стандартною методикою, прийнятою для силікатів, проте в архівних матеріалах С.М. Цимбала деталі аналізування відсутні. Самі породи досліджено в шліфах під поляризаційним мікроскопом.

Коротка характеристика нефелінвмісних порід, нефеліну та продуктів його заміщення. Нефелін разом із клінопіроксенами, олівіном, а також частково амфіболами є головним пороодоутворювальним мінералом досліджуваних лужно-ультраосновних порід. Як було показано в попередніх публікаціях, серед досліджуваних лужних порід переважають меланократові різновиди. В якупірангітах вміст нефеліну (%) не перевищує 10 (0—10), у мельтейгітах становить 10—50, а в ійолітах — 50—70. Більш лейкократові породи (>70 % нефеліну) загалом серед досліджуваних лужно-ультраосновних порід трапляються зрідка як невеликі ділянки серед ійолітів. Названі нефелінвмісні породи частіше мають дрібнозернисті, рідше середньозернисті структури. У них нефелін є ксеноморфним мінералом стосовно піроксену, переважно діопсиду, акмівміського діопсиду і хромдіопсиду [12], особливо олівіну (форстериту) [11], і розташовується в інтерстиціях названих фемічних мінералів. У лейкократовіших гіпабісальних породах (ійоліт-порфірах інших регіонів) нефелін може виділятися як вкраплення, хоча це не властиво породам досліджуваного району.

Нефелін частіше є зміненим і заміщений агрегатом шпреуштейну, канкринітом, натролітом, альбітом, серицитом.

Попри традиційну спрощену формулу (NaAlSiO_4) нефелін у лужних магматичних породах завжди містить у різній і значній кількості K_2O , аж до практично однакових значень (мас. %) з Na_2O . Також мінерал складу NaAlSiO_4 (тринефелін) виявлено в Бірмі як продукт заміщення жадеїту (за схемою $\text{NaAlSiO}_4 + \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 = 2\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$).

Рекомендується формула нефеліну $\text{Na}_3\text{K}(\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{16})$ [9], але вона лише частково відображає головні особливості хімізму цього мінералу. Й. Морозевич [14] на підставі хімічних аналізів нефеліну з порід Маріупольського (пізніше названого Октябрським) масиву пропонував таку формулу нефеліну для плутонічних (розкристалізованих) порід: $\text{Nph}_{75}\text{Kls}_{21}\text{Qz}_4$. Тобто мінерал складається з таких мінералів, мас. %: *Nph* — NaAlSiO_4 (нефелін), *Kls* — KAlSiO_4 (кальсиліт) і *Qz* — SiO_2 (кремнеземистий мінал). Мінерал такого складу в петрологічній літературі часто називають нефеліном Морозевича. У наведених Й. Морозевичем [14] хімічних аналізах нефеліну відношення катіонів $\text{Na} : \text{K}$ становить 4,03—4,55, тобто значно більше, ніж за наведеною вище формулою (3 : 1).

Проте у відомих з літератури формулах нефеліну це відношення є доволі варіабельним — від 1,35 : 1 до 7,16 : 1 і рідко 1 : 3,14 і 1 : 3,17 [3] (в подальшому ми будемо подавати відношення $\text{Na} : \text{K}$ одним значенням (3 : 1 як 3). Інтервал цього відношення (2,52—6,81, частіше 4—5) вказано в роботі [4], де наведено 50 аналізів нефеліну.

У лужних породах України (Чернігівський, Проскурівський, Октябрський, Малотерсянський і Покрово-Київський масиви) відношення $\text{Na} : \text{K}$ у нефелінах варіює від 3,43 до 8,11, частіше 4—6 [6]. А нефеліни з досліджуваних лужно-ультраосновних порід північно-західної частини УЩ виявилися найбільш натрієвими з відношенням $\text{Na} : \text{K}$ в інтервалі 5,06—10,5, частіше 8 (табл. 1). Наведені вище спрощені формули нефеліну є невдалими ще й через те, що за наявності кремнеземистого міналу у формулі кількість Si повинна бути більше суми ($\text{Na} + \text{K}$), тобто $(\text{Na}, \text{K})\text{AlSi}_{4+x}$, де x — надлишковий (надстехіометричний) кремнезем. Якщо в нефеліні з'явиться анортитовий мінал, як вважають деякі дослідники, наприклад [4], до 12 %, то у формулі збільшиться кількість Al_2O_3 і SiO_2 (анортитовий мінал $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Отже, нефелін є доволі складним алюмосилікатом із варіабельним вмістом практично всіх оксидів. Принагідно зауважимо, що в нефеліні припустима наявність незначної кількості залізного міналу типу

$\text{NaFe}^{3+}\text{SiO}_4$ або $\text{KFe}^{3+}\text{SiO}_4$, як це було показано в роботі [7].

Нефелін із досліджуваних лужно-ультраосновних порід північно-західної частини УЩ, мікрозондові аналізи якого наведено в табл. 1, має такі особливості: 1) цей мінерал часто змінений і заміщується натролітом, канкринітом, частково альбітом і тонко- та дрібнозернистим агрегатом мінералів, які зазвичай називають шпреуштейном (суміш цеолітів, серициту та інших недиагностованих утворень); 2) у лужних породах Глумчанської інтрузії нефелін повністю заміщений вторинним мінералом; 3) зі значної кількості мікрозондових аналізів вибрано тільки такі, які задовільно розраховуються на кристалохімічну формулу (спрощений розрахунок на 12 катіонів (Si, Al, Na, K, Ca)). Більшість мікрозондових аналізів було виконано по зміненому нефеліну, їх не вдалось розра-

хувати на будь-який мінерал (агрегати мінералів з доволі високим вмістом Al_2O_3 , помірним SiO_2 і Na_2O , ділянками з CaO і SO_3 , що очевидно є сумішшю продуктів заміщення нефеліну — канкриніту, альбіту, натроліту, вишневіту тощо). Як зазначено вище, досліджувані нефеліни характеризуються високим відношенням $\text{Na} : \text{K}$ і загалом низьким вмістом кремнеземистого міналу (Q_z). Лише в одному аналізі вміст Q_z становить 12,4 %, що, ймовірно, зумовлено змінням нефеліну і частковим заміщенням його натролітом та/або альбітом. За такими особливостями хімізму досліджувані нефеліни подібні до однойменних мінералів із фоноліту Нової Зеландії, якупірангіту Бірми і тераліт-канадиту Онтаріо [3], що є однією з типохімічних особливостей лужно-ультраосновних порід північно-західної частини УЩ. Можна вважати, що попри вказані вторинні змі-

Таблиця 1. Хімічний склад нефеліну із лужно-ультраосновних порід північно-західної частини Українського щита

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	42,44	42,34	42,12	45,26	42,81	43,54	43,31	47,1
TiO_2	—	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	—
Al_2O_3	35,84	34,00	34,01	32,18	33,65	34,19	34,44	33,28
Cr_2O_3	—	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01
FeO	0,62	0,05	0,15	0,03	0,08	0,08	0,05	0,16
MnO	—	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
CaO	0,24	0,22	0,31	0,15	0,37	0,26	0,29	0,99
Na_2O	16,93	18,33	18,25	17,99	18,60	19,18	19,59	16,19
K_2O	3,65	2,53	3,51	1,34	2,69	2,48	2,57	2,83
SrO	—	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	—
Total	99,92	97,50	98,41	96,96	98,23	99,72	100,24	100,74
Розраховано на 12 катіонів								
Si	4,15	3,99	3,94	4,46	4,07	4,14	4,04	4,60
Al	4,15	4,34	4,31	3,74	3,79	3,83	3,78	3,84
Na	3,22	3,34	3,31	3,44	3,43	3,54	3,54	3,08
K	0,45	0,31	0,42	0,34	0,66	0,46	0,61	0,36
Ca	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,12
<i>Kls</i> (кальсиліт), <i>Nph</i> (нефелін), <i>Q</i> (SiO_2), wt. %								
<i>Kls</i>	12,9	8,9	12,1	4,7	9,3	8,4	8,6	9,9
<i>Nph</i>	81,8	87,4	85,6	86,2	87,3	88,4	89,4	77,4
<i>Q</i>	5,2	3,7	2,3	9,1	3,4	3,2	2,0	12,4
Na/K	7,36	10,5	8,2	5,56	5,06	8,9	5,93	8,55

Примітки. Нефелін із: 1 — Горюньської інтрузії [10]; 2—7 — Губківської інтрузії; 8 — Болярківської інтрузії. Аналізи виконано на мікрозондовому приладі JXA-8200 в Технічному центрі НАН України, аналітик В.Б. Соболев.

нення досліджуваного нефеліну, цей мінерал виявився відмінним від однойменного мінералу з масивів лужних порід УЩ (Чернігівського, Октябрського, Проскурівського, Малотерсянського, Покрово-Київського).

Канкриніт є добре діагностованим у шліфах за його високим двозаломленням. Проте на перших етапах дослідження лужно-ультраосновних порід Городницької інтрузії деякі дослідники прийняли канкриніт за скаполіт (ці два мінерали мають високе двозаломлення, тетрагональну сингонію і оптично негативні), через що вони не помітили нефелін.

У результаті мікрозондових досліджень було визначено хімічний склад канкриніту з лужно-ультраосновних порід Болярківської

інтрузії (табл. 2). Ці аналізи канкриніту було розраховано на 12 катіонів (Si + Al), кожен з яких виявився близьким до 6 або практично однаковими (6 + 6), хоча в трьох із чотирьох аналізів Si дещо переважає над Al. У канкриніті виявлено помірний вміст CaO (6,09—7,39), що відповідає 1,04—1,37 ф. о. на кристалохімічну формулу (в типовому «стандартному» канкриніті кількість катіонів Ca = 2,0). Заниженими виявились і кількості катіонів Na (3,76—5,31), а сума Ca + Na дещо менша від очікуваної у «стандартному» канкриніті $(Ca_2N_6(Si_6Al_6)O_{24} \cdot (CO_2)_2 \cdot 2H_2O$. Для порівняння було розраховано хімічний склад «стандартного» канкриніту за наведеною формулою (табл. 2, ан. 8).

Таблиця 2. Хімічний склад продуктів заміщення нефеліну: натроліту (1—3) і канкриніту (4—7) із лужно-ультраосновних порід Болярської інтрузії

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	50,04	49,32	48,91	40,77	39,62	38,96	37,16	33,12
TiO ₂	0,02	—	0,01	0,01	—	0,01	—	—
Al ₂ O ₃	32,43	31,84	33,66	31,51	32,37	30,67	29,42	28,19
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,7	0,01	0,01	—	—	—
FeO	0,04	0,37	0,45	0,03	0,04	0,06	0,08	—
MnO	0,00	—	0,02	0,01	—	—	—	—
MgO	0,06	0,05	0,08	—	0,02	0,02	—	—
CaO	0,45	0,32	0,43	7,32	6,68	6,09	7,39	10,3
Na ₂ O	17,80	17,19	13,80	16,36	15,19	17,17	11,58	17,8
K ₂ O	1,04	1,68	0,70	0,07	0,02	0,29	0,28	—
P ₂ O ₅	0,00	—	н. в.	0,45	0,92	0,49	—	—
SO ₃	0,00	—	н. в.	0,58	1,59	2,10	—	—
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	8,09
SrO	0,00	0,07	н.в.	0,08	0,06	0,11	—	—
H ₂ O	—	—	—	—	—	—	—	3,31
Σ	101,88	100,84	98,76	97,20	96,52	95,97	85,91	100,00
Розраховано для натроліта на 7 (Si, Al, Na, Ca, K), для канкриніта — на 12 (Si + Al)								
Si	2,81	2,82	2,94	6,28	6,01	6,24	6,23	6,0
Al	2,15	2,14	2,38	5,72	5,99	5,76	5,77	6,0
Ca	0,03	0,02	0,03	1,20	1,13	1,04	1,37	2,0
Na	1,92	1,90	1,61	4,89	4,61	5,31	3,76	6,0
K	0,03	0,13	0,04	0,01	—	0,06	0,06	-
SO ₄	—	—	—	0,07	0,18	0,25	—	-
CO ₃ *	—	—	—	1,33	1,27	1,13	1,55	2,0
CO ₂ *, %	—	—	—	5,75	4,89	4,46	5,41	8,09

Примітки. * — CO₂ розраховано за еквівалентною кількістю CaO. 1—3 — натролітоподібний мінерал; 4—7 — канкриніт; 8 — розраховано хімічний склад канкриніту на формулу (Na₆Ca₂)(Al₆Si₆)O₂₄(CO₃)₂·2H₂O. Аналізи 1—7 виконано на мікрозондовому приладі JXA-8200 в Технічному центрі НАН України, аналітик В.Б. Соболев. Прочерк — не визначали.

У мікрозондових аналізах визначено невелику кількість SO_3 (до 2,10 %). Проте в деяких аналізах псевдоморфоз вторинних мінералів по нефеліну зафіксовано до 4,79 % SO_3 , що може свідчити про наявність тут вишневіту. Схоже на те, що під час мікрозондових досліджень канкриніту з підвищеним SiO_2 ($\text{Si} > \text{Al}$) і заниженим Na_2O пучком мікрозонду було захоплено інші мінерали (натроліт, альбіт).

Зауважмо, що серед мінералів групи канкриніту в деяких видах (наприклад, канкрисиліт) Si може переважати над Al (7 і 5 відповідно), а кількість ф. о. Na становить 7 (у

довіднику [3] навіть припущена ще менша сума катіонів: $\text{Na} + \text{Ca} = 6$). Тобто канкриніти з лужно-ультраосновних порід північно-західної частини УЩ можуть бути проміжними різновидами між власне канкринітом, канкрисилітом і вишневітом, хоча не виключений завищений вміст SiO_2 через наявність домішок альбіту та натроліту.

Натроліт діагностовано в шліфах за наявністю розеткоподібних агрегатів, характерних для цього мінералу. Проте, ймовірно, в досліджуваних породах є також дрібно- або приховано-кристалічний натроліт, який разом з іншими мінералами утворює псевдо-

Таблиця 3. Хімічний склад (мікрозондові аналізи) зміненого нефеліну і псевдоморфоз по ньому

Компонент	Номер зразка						
	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	44,92	43,89	45,69	40,85	49,68	48,97	52,81
TiO_2	0,04	0,01	—	0,06	0,04	0,02	0,01
Al_2O_3	31,83	34,79	31,33	33,09	30,55	30,08	30,77
Cr_2O_3	1,99	0,02	0,06	0,01	—	—	—
FeO	0,99	0,15	0,25	0,15	0,09	0,03	0,19
MnO	0,11	0	0,02	—	0,02	0	0,02
MgO	0,95	0,05	0,10	0,04	—	—	—
CaO	0,56	0,99	0,52	5,87	1,14	1,00	0,57
Na_2O	12,98	13,80	8,48	8,20	6,97	5,78	6,07
K_2O	0,89	5,36	0,01	0,02	0,16	0,4	0,04
P_2O_5	—	0,88	0,06	—	—	—	—
SO_3	—	0,02	0,02	4,79	—	—	—
BaO	—	0,03	—	—	—	—	—
SrO	—	0,02	—	0,06	0,01	0,07	0
Σ	95,26	100,01	86,54	93,14	88,66	86,35	90,48
Розраховано на нормативно-мінеральний склад							
<i>Spl</i>	3,93	—	—	—	—	—	—
<i>Ab</i>	35,1	—	63,9	54,35	59,2	49,55	51,4
<i>Nph</i>	40,65	63,3	4,2	8,0	—	—	—
<i>Kls</i>	—	4,2	—	—	—	—	—
<i>Or</i>	5,49	23,85	—	—	0,86	2,25	—
<i>Ap</i>	—	2,2	—	—	—	—	—
<i>Cal</i>	1,01	—	1,1	4,5	2,04	1,8	1,07
<i>Anh</i>	—	—	—	9,2	—	—	—
<i>Kln</i>	—	—	—	—	19,2	35,76	37,6
<i>Crn</i>	9,4	6,25	17,3	19,7	11,3	7,85	5,95
Σ	95,58	99,8	86,5	95,75	92,6	97,21	91,02

Індекси мінералів (міналів): *Spl* — шпінелід складу $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Cr}, \text{Fe}^{+3})_2\text{O}_3$, *Ab* — альбіт, *Nph* — нефелін, *Kls* — кальсиліт, *Or* — ортоклаз, *Ap* — апатит, *Cal* — кальцит, *Anh* — ангідрит, *Kln* — каолініт $(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, *Crn* — корунд. Зразки 1 — 4 з лужних порід Болярківської інтрузії, а 5—7 — з Губківської інтрузії.

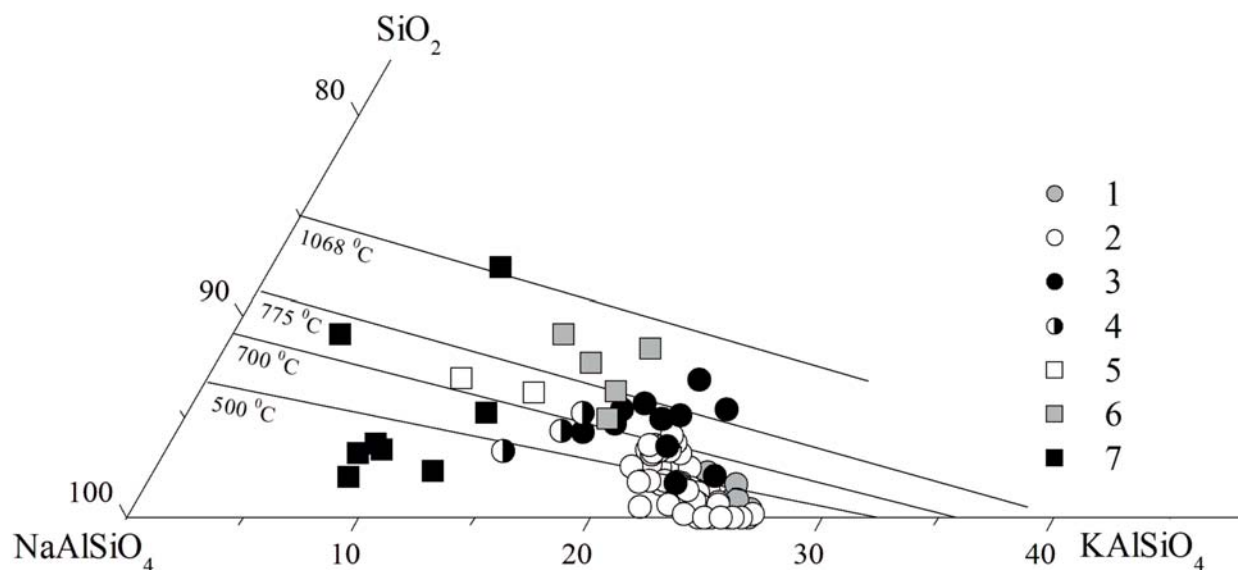


Рисунок. Мінальний склад нефеліну ($\text{NaAlSiO}_4 - \text{KAlSiO}_4 - \text{SiO}_2$) з лужно-ультраосновних порід північно-західної частини Українського щита та з інших лужних масивів України. Масиви: 1, 2 — Покрово-Кириївський (ювіти та малініти); 3 — Октябрський; 4 — Малотерсянський; 5 — Чернігівський; 6 — Проскурівський; 7 — Північно-Західна частина УЩ (табл. 1)

морфози по нефеліну. У табл. 2 наведено три мікрозондові аналізи, подібні до натроліту. За розрахунком на сім катіонів (теоретична формула $\text{Na}_2(\text{Si}_3\text{Al}_2)\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) виявлено дещо занижену кількість ф. о. Si (2,81—2,94) і завищену Al (2,14—2,38), в одному аналізі (табл. 2, ан. 3) занижена сума (Na + K + Ca), а в двох інших остання близька до 2 або дещо вища (2,05). Ймовірно, це зумовлено загальном незначною домішкою інших силікатів, що зрослись із натролітом.

Як згадано вище, значна частина або й більшість виконаних мікрозондових аналізів зміненого нефеліну або псевдоморфоз вторинних мінералів по ньому не розраховуються на якісь конкретні мінерали і, ймовірно, є тонкозернистими проростаннями різних продуктів заміщення нефеліну, тобто т. зв. шпреуштейном.

У табл. 3 наведено кілька мікрозондових аналізів зміненого нефеліну та псевдоморфоз вторинних мінералів по ньому, а саме найтипівіші аналізи або результати з «аномальними» значеннями вмісту деяких невластивих для силікатів оксидів (Cr_2O_3 , MgO , P_2O_5). Це може бути зумовлено наявністю включень апатиту, хроміту та слюд у первинному нефеліні. Жоден із наведених аналізів неможливо розрахувати на натро-

літ або канкриніт і нефелін (табл. 1, 2). З результатів цих аналізів можна лише припустити, що це псевдоморфози по нефеліну, бо визначено низький вміст кремнезему і високий глинозему. Проте в цих аналізах недостатньо лугів і CaO , щоб їх розрахувати на натроліт і канкриніт. У ан. 4 високий вміст SO_3 (4,79 %), що може свідчити про наявність у цих псевдоморфозах ділянок (включень) вишневіту. Серед мінералів псевдоморфоз у праці [1] згадано анальцим, проте жоден із відомих аналізів не розраховується на анальцим, в якому вміст головних оксидів має бути таким, %: Na_2O 14,78, Al_2O_3 23,15, SiO_2 54,59, H_2O 8,17. У менш зміненому нефеліні розраховується нормативний нефелін (40—63 %, табл. 3, ан. 1, 2), тоді як в псевдоморфозах переважають альбіт, каолініт і корунд. Останній розраховується у всіх аналізах табл. 3.

Принагідно зауважимо, що деякі аналізи псевдоморфоз із низьким вмістом натрію (табл. 3, ан. 5—7) подібні до таких натрієвої слюди — парагоніту $\text{Na}_2\text{Al}_4[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20}](\text{OH})_4$. В останньому такий вміст головних оксидів, %: SiO_2 44—47, Al_2O_3 39—40, Na_2O 5,8—6,4.

Отже, в досліджуваних лужно-ультраосновних породах нефелін представлений суттєво натрієвим різновидом, який псев-

доморфно заміщений також переважно натрієвими або кальцій-натрієвими алюмосилікатами (натроліт, канкриніт, альбіт) і нерозшифрованими агрегатами, які зазвичай називають шпреуштейном.

Обговорення результатів досліджень та деякі петрогенетичні висновки. Суттєво натрієвий склад досліджуваного нефеліну узгоджується з натрієвим типом фенітизації в екзоконтактових ореолах лужно-ультраосновних порід району [8]. Як відомо з літературних [5] та авторських [2, 6] даних, для гіпабісальних (якими є досліджувані породи) карбонатитових і лужно-ультраосновних комплексів характерний переважно калієвий тип фенітів. Так, у карбонатитових комплексах Африки натрій-калієві та суттєво натрієві феніти властиві глибше еродованим масивам, а в приповерхневих вони стають суттєво калієвими [6]. Латеральна зональність фенітів простежена і в Чернігівському (Приазов'я) карбонатитовому масиві, де калієвість фенітів зростає з півночі на південь паралельно з пониженням рівня ерозійного зрізу. Тобто лужно-ультраосновні масиви північно-західної частини УЩ є унікальними не тільки за геохімічними осо-

бливостями (вкрай низький вміст рідкісних несумісних елементів) і примітивним (високомагнезійним) хімічним складом порід, а також за складом досліджуваних нефелінів і характером екзоконтактових фенітових ореолів.

На діаграмі Гамільтона і Маккензі [13] нефеліни такого складу розміщені в низькотемпературній області $<500\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунк), лише один аналіз із високим вмістом SiO_2 розташований біля ізотерми $1058\text{ }^{\circ}\text{C}$. Проте повсюдна наявність магнезійного олівіну (форстерит) у парагенезисі з суттєво діопсидовим піроксеном однозначно свідчать про високотемпературні умови кристалізації: від 990 до $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$, згідно з геотермометром Пауеллів [15]. Зауважимо, що більшість аналізів нефелінів із багатьох лужних масивів на цій діаграмі потрапляють до низькотемпературної області, що, можливо, зумовлено її недосконалістю щодо температурних параметрів.

Отже, петрологічні та геохімічні особливості досліджуваного нефеліну вказують на неординарність (унікальність) лужно-ультраосновних порід північно-західного району Українського щита.

Література

1. Баран А.М. Геологія сублужних і лужних базит-ультрабазитів Новоград-Волинського блоку: автореф. дис ... канд. геол. наук. Київ, 2012. 20 с.
2. Глевасский Е.Б., Кривдик С.Г. Докембрийский карбонатитовый комплекс Приазовья. Киев: Наук. думка, 1981. 227 с.
3. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Пороодообразующие минералы. Т. 4. Москва: Мир, 1966. 481 с.
4. Кононова В.А. Якупирангит — уртитовая серия щелочных пород. Москва: Наука, 1976. 215 с.
5. Карбонатиты. Ред. Таттл О., Питтинс Дж. Москва: Мир, 1969. 486 с.
6. Кривдик С.Г., Ткачук В.И. Петрология щелочных пород Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1990. 408 с.
7. Кривдик С.Г., Шаригін В.В., Гащенко В.О., Луньов Є.С. Фельдшпатоїди маліньїтів Покрово-Київського масиву (Приазов'я Україна). *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. 2016, № 2, С. 82—98.
8. Кривдік С.Г., Цимбал О.Ю. Особливості процесу фенітизації в екзоконтактових ореолах лужно-ультраосновних порід північно-західної частини Українського щита. *Геол. журн.* 2023. № 3. С. 34—44.
9. Кульчицька Г., Черниш Д., Сетая Л. Українська номенклатура мінералів. Київ: Академперіодика, 2022. 547 с.
10. Цимбал С.Н., Щербаков И.Б., Кривдик С.Г., Лабузний В.Ф. Щелочно-ультраосновные породы Городницкой интрузии (Северо-Запад Украинского щита). *Минерал. журн.* 1997. **19**, № 3. С. 61—80.
11. Цимбал О.Ю., Кривдік С.Г. Олівіни лужно-ультраосновних порід північно-західного району Українського щита. *Геохімія та рудоутворення*. 2023. Вип. 44. С. 9—13.
12. Цимбал О.Ю., Кривдік С.Г. Піроксени лужно-ультраосновних порід північно-західної частини Українського щита. *Мінерал. журн.* 2023. **45**, № 4. С. 48—56.
13. Hamilton D.L., Mackenzie W.S. Nepheline solid solution in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{KAlSi}_3\text{O}_8 - \text{SiO}_2$. *J. Petrol.* 1960. **1**, No. 1. P. 56—72.
14. Morozewicz J. Der Mariupolit und seine Blutsverwandten. *Miner. und Petrogr. Mitt. Neue Folge*. 1930. **40**, P. 5—6. S. 335—436.
15. Pouwell M., Pouwell R. An olivine — clinopyroxene geothermometer. *Contribs. Mineral. and Petrol.* 1974. **48**, No. 4. P. 249—263.

Надійшла 11.06.2024

References

1. Baran A.M. (2012). Geology of subalkaline and alkaline mafic-ultramafic rocks in the Novograd-Volyn megablock. Abstract dis. kand. geol. sci. Kyiv. 20 p. [in Ukrainian].
2. Glevasskyi E.B., Kryvdik S.G. (1981). Precambrian carbonatite complex in Azov area. Kyiv: Naukova Dumka. 227 p. [in Russian].
3. Deer U.A., Howie R.A., Sussman J. (1966). Rock-forming minerals. 4. Moscow: Mir. 481 p. [in Russian].
4. Kononova V.A. (1976). Jacupirangite — urtite series of alkaline rocks. Moscow: Nauka. 215 p. [in Russian].
5. Carbonatites. Ed. Tuttle O., Gittins J. (1969). Moscow: Mir. 486 p. [in Russian].
6. Kryvdik S.G., Tkachuk V.V., I. (1990). Petrology of alkaline rocks in the Ukrainian shield. Kyiv: Naukova Dumka. 408 p. [in Russian].
7. Kryvdik S.G., Sharygin V.V., Hatsenko V.O., Lunov E.S. (2016). Feldspatoids of malignite in Pokrovo-Kyryievo massif (Azov area, Ukraine). *Collection of sci. works of UDGRU (Kyiv)*. No. 2. P. 82-98 [in Ukrainian].
8. Kryvdik S.G., Tsybal O.Yu. (2023). Peculiarities of fenitization process in exocontact aureoles of alkaline-ultrabasic rocks in the North-Western part of the Ukrainian Shield. *Geol. Journ. (Ukraine)*, No. 3. P. 34-44 [in Ukrainian].
9. Kulchytska H., Chenysh D., Sietala L. (2022). Ukrainian nomenclature of minerals. Kyiv: Akademperiodyka. 547 p. [in Ukrainian].
10. Tsybal S.N., Shcherbakov I.B., Kryvdik S.G., Labuznyi V.F. (1997). Alkaline-ultrabasic rocks of Horodnitsa intrusion (North-Western of the Ukrainian shield). *Mineral. Journ. (Ukraine)*. 19, No. 3. P. 61-80 [in Russian].
11. Tsybal O.Yu., Kryvdik S.G. (2023). Olivines of alkaline-ultrabasic rocks in North-Western region of the Ukrainian shield. *Geochemistry and Ore Formation*. Issue 44. (Kyiv). P. 9-13 [in Ukrainian].
12. Tsybal O.Yu., Kryvdik S.G. (2023). Pyroxenes of alkaline-ultrabasic rocks in North-Western part of the Ukrainian shield. *Mineral. Journ. (Ukraine)*. 45, No. 4. P. 48-56. [in Ukrainian].
13. Hamilton D.L., Mackenzie W.S. (1960). Nepheline solid solution in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (in Ukrainian) KAlSi_3O_8 - SiO_2 . *J. Petrol.* 1960, 1, No. 1. P. 56-72.
14. Moroztewicz J. (1930). Der Mariupolit und seine Blutsverwandten. *Miner. und Petrogr. Mitt. Neue Folge*, 1930, 40, H. 5-6. S. 335-436.
15. Pouwell M., Pouwell R. (1974). An olivine — clinopyroxene geothermometer. *Contribs. Mineral. and Petrol.*, 1974, 48, No. 4. P. 249-263.

Received 11.06.2024

O.Yu. Tsybal, <https://orcid.org/0000-0002-8800-9899>

S.G. Kryvdik, <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

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

Microprobe analyses of nepheline from alkaline-ultrabasic rocks (melteigites) in North-Western region of the Ukrainian are given. The nepheline is more often substituted by cancrinite, natrolite and spreustein. Studied nepheline turned out most sodium comparatively to nephelines from other alkaline massifs of the Ukrainian shield. Sodium composition of nepheline (Ne 77—89, Ks 5—13, Q 2—12 wt. %) is in concordance with sodium type of fenites in exocontacts halo of alkaline-ultrabasic intrusions in this region. In other regions similar hypabissal intrusions are characterized by predominantly potassic fenites. Sodium nepheline together with other petrological (high magnesian primitive rock composition) and geochemical (very low concentration of rare incoherent elements Nb, REE as well as P_2O_5) peculiarities make studied alkaline-ultrabasic rocks non-typical, unique.

Key words: Sodium nepheline, alkaline-ultrabasic rocks.