

УДК 552.33:549(477.63)

Степан Кривдік¹, Віктор Шаригін^{2, 3}, Олександр Дубина¹

¹Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАНУ,
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 01142,
kryvdik@ukr.net

²ФДБУН Інститут геології і мінералогії імені В.С. Соболева СВ РАН,
Новосибірськ, РФ

³ФДБОУ ВПО Новосибірський державний університет,
sharygin@igm.nsc.ru

ЕНІМАГТИТ ІЗ НЕФЕЛІНОВОГО СІЄНІТУ МАЛОТЕРСЯНСЬКОГО МАСИВУ (СЕРЕДНЄ ПРИДНІПРОВ'Я)

Схарактеризовано особливості хімічного складу енігматиту з нефелінового сієніту Малотерсянського габро-сієнітового масиву в Середньому Придніпров'ї.

Ключові слова: енігматит, нефеліновий сієніт, Малотерсянський масив, Український щит.

Енімагтит $\text{Na}_4(\text{Fe}_{10}^{2+}\text{Ti}_2)_{12}\text{O}_4[\text{Si}_{12}\text{O}_{36}]$ – порівняно рідкісний мінерал, трапляється тільки в пересичених лугами (агпайтових) лужних породах з високим ступенем диференційованості (високою залізистістю). Найчастіше він формується в пегматитах агпайтових фельдшпатоїдних сієнітів (Хібіни, Ловозеро), лужних гранітах та їхніх ефузивних і дайкових аналогах (пантелерити, комендити, грорудити). Описано знахідки енігматиту в лужних метасоматитах. Згідно з опублікованими аналізами мінералу, він має достатньо постійний склад, а типові домішки представлені Al, Mn, Mg, Ca, K. Уважають, що енігматит може утворювати ізоморфну серію з безтитановим уїлкінсонітом $\text{Na}_4(\text{Fe}_8^{2+}\text{Fe}_4^{3+})_{12}\text{O}_4[\text{Si}_{12}\text{O}_{36}]$, у якому значна частина Fe^{2+} й Ti заміщена Fe^{3+} .

В Україні енігматит виявлено у двох масивах лужних порід – Октябрському та Малотерсянському, припускають його наявність у грорудитах Східного Приазов'я [3]. В Октябрському масиві енігматит відшукали в лужних кварцових сієнітах в асоціації з лужним амфіболом та егірин-геденбергітом. Мінерал у вигляді розеткоподібних агрегатів діагностовано рентгеноструктурним аналізом [2]. Крім того, зафіксовано поодинокі зерна енігматиту в асоціації з Na-астрофілітом (див. нашу працю на с. 107–112 у цьому збірнику).

Малотерсянський масив розташований у північній частині Оріхово-Павлоградської шовної зони (Середнє Придніпров'я) [4]. У розрізі він має вигляд асиметричного лаколіту, західна частина якого полого залягає на архейських гранітоїдах, а східна зрізана Оріхово-Павлоградським розломом. Розмір масиву за довгою віссю становить 12 км, ширина – 2,5–4,5 км, площа – близько 42 км². Малотерсянський масив – це складнодиференційована інтрузія, складена габро-діабазами та лужними й нефеліновими сієнітами (фойяїтами). Найбільше поширені лужні сієніти та фойяїти. У зоні західного екзо-

контакту вмісні гранітоїди різною мірою фенітизовані. На думку більшості дослідників, особливості геологічної будови масиву дають підстави трактувати його як інтрузію центрального типу [2, 4]. Час формування масиву остаточно не з'ясовано, оскільки попередніми геохронологічними дослідженнями циркону з однієї проби фойяїтів зафіксовано два вікові рубежі – $1\,860 \pm 50$ і $2\,050 \pm 4$ млн років [1].

Найліпше вивчено енігматит Малотерсянського масиву, де в крупнозернистому (до пегматоїдного) нефеліновому сієніті наявні його достатньо великі (до 3 см) зерна та їхні зростки (рис. 1). Удалося виділити концентрат цього мінералу й виконати його хімічний аналіз, %: SiO_2 – 38,00; TiO_2 – 8,96; Al_2O_3 – 2,80; Fe_2O_3 – 7,27; FeO – 31,04; MnO – 1,50; MgO – 1,44; CaO – 1,58; Na_2O – 6,23; K_2O – 0,22; сума – 99,04. За цими даними задовільно обчислено типову формулу (28 катіонів) енігматиту. Результати хімічного аналізу енігматитовмісного нефелінового сієніту такі, %: SiO_2 – 53,07; TiO_2 – 2,66; Fe_2O_3 – 6,31; FeO – 7,20; MnO – 0,63; MgO – 0,19; CaO – 1,94; Na_2O – 5,32; K_2O – 6,68; S – 0,12; P_2O_5 – 0,06; CO_2 – 0,10; H_2O^- – 0,50; в. п. п. – 1,31; сума – 99,65; $(\text{Na}+\text{K})/\text{Al} = 1,18$. Отже, це високозалізна й пересичена лугами порода.

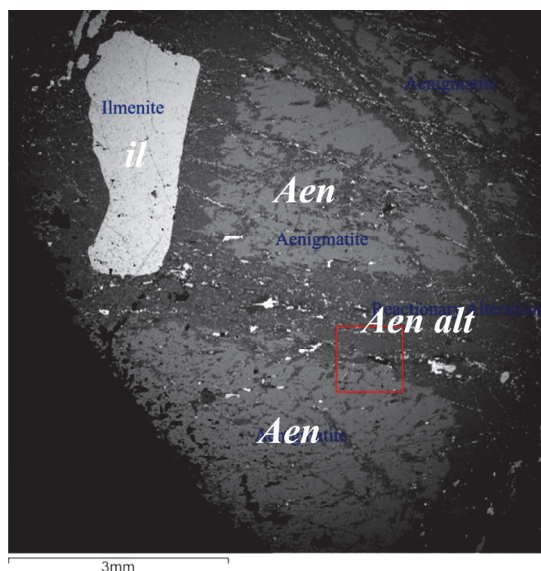


Рис. 1. Енігматит (Aen) з частково зміненими ділянками (Aen alt) і включенням ільменіту (il).

Мікрозондові дослідження нефелінового сієніту дали змогу визначити такі головні особливості його мінерального складу. Енігматит асоціює (крім нефеліну, альбіту й калішпату) з такими лужними мінералами, як егірин та амфіболи серії рибекіт–арфведсоніт (зафіксовано також амфібол типу катофориту) (див. таблицю), а також з анітом, Mn-вмісним ільменітом (до 14 % MnO), магнетитом, Sr-вмісним кальцитом (до 1,9 % SrO), сульфідами (піротин, сфалерит), флюоритом і пірохлором. Ці мінерали часто утворюють або включення в енігматиті (рис. 2), або самостійні виділення (магнетит з екслюційними вrostками ільменіту, аніт, сульфіди).

Незважаючи на включення цих мінералів в енігматиті та їхні зрощення з ним, результати мікрозондових досліджень виявилися близькі до наведеного вище хімічного аналізу концентрату енігматиту.

Результати мікрозондового аналізу енігматиту й інших мінералів
із нефелінового сієніту Малотерсянського масиву

Компоненти	Енігматит				Змінений енігматит	
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	37,91	38,74	37,89	38,06	40,56	41,1
TiO ₂	9,32	8,62	9,54	8,71	9,99	9,14
Al ₂ O ₃	3,00	2,93	2,74	2,48	3,34	2,08
FeO _{заг}	39,93	40,49	39,95	40,43	30,14	33,74
MgO	1,33	1,26	1,09	0,95	1,49	0,98
MnO	1,77	1,79	2,00	1,74	1,64	1,36
CaO	1,60	0,90	1,60	1,33	1,71	0,43
Na ₂ O	6,59	6,54	6,51	7,13	9,14	10,54
K ₂ O					1,54	0,75
P ₂ O ₅	0,19	0,21				
Сума	101,64	101,48	101,32	100,82	99,56	100,12
Формульні коефіцієнти						
Si	10,63	10,89	10,68	10,71	11,10	11,16
Al	0,99	0,97	0,91	0,82	1,08	0,67
Ti	1,97	1,82	2,02	1,84	2,06	1,87
Fe ⁺²	9,37	9,52	9,42	9,52	6,90	7,66
Mn	0,42	0,43	0,48	0,41	0,38	0,31
Mg	0,56	0,53	0,46	0,40	0,61	0,40
Ca	0,48	0,27	0,48	0,40	0,50	0,13
Na	3,58	3,57	3,56	3,89	4,85	5,55
K					0,54	0,26

Компоненти	Амфіболи серії рибекіт-арфведсоніт			Егірін		
	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	44,99	48,07	51,11	54,62	53,14	53,78
TiO ₂	4,82	1,10	0,87	0,97	2,00	1,75
Al ₂ O ₃	4,29	4,86	2,15	0,70	1,34	2,19
FeO _{заг}	30,45	27,24	21,78	30,16	29,73	27,69
MgO	3,88	6,04	9,57	0,65		
MnO	0,65	0,54	0,53		0,21	
CaO		1,16	0,32	1,15		0,50
Na ₂ O	6,30	9,53	9,91	13,61	14,05	13,92
K ₂ O	2,42	0,53	0,34			
F		0,94	1,92			
Сума	97,79	100,00	98,50	101,85	100,47	99,84
Формульні коефіцієнти						
Si	6,84	7,19	7,62	1,99	1,96	1,99
Al	0,77	0,86	0,38	0,03	0,06	0,10
Al _{окт}		0,05		0,02	0,02	0,08
Ti	0,55	0,12	0,10	0,03	0,06	0,05
Fe ⁺³	2,11	1,27	1,16	0,90	0,92	0,83
Fe ⁺²	1,76	2,14	1,55	0,01		0,02
Mn	0,08	0,07	0,07		0,01	
Mg	0,88	1,35	2,13	0,04		
Ca		0,19	0,05	0,04		0,02
Na	1,86	2,77	2,86	0,96	1,00	1,00
K	0,47	0,10	0,06			

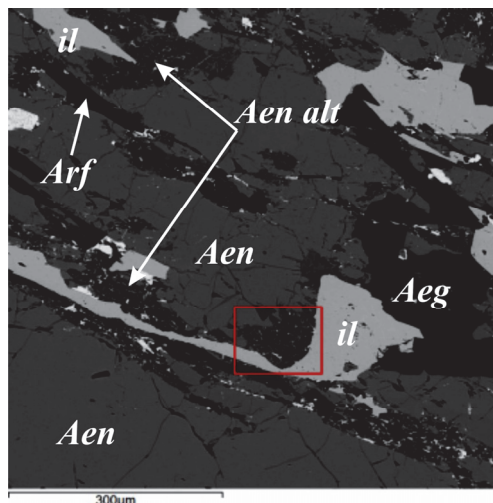


Рис. 2. Енігматит (Aen) з частково зміненими ділянками (Aen alt) і включеннями ільменіту (il), егірину (Aeg) та арфведсоніту (Arf).

Привертає увагу наявність зміненого енігматиту, позаяк цей мінерал вважають достатньо стійким щодо заміщення вторинними продуктами. Згідно з результатами мікрозондових досліджень, межі коливань вмісту головних оксидів “свіжого” енігматиту такі, мас. %: SiO_2 – 37,9–40,8; TiO_2 – 8,8–9,9; Al_2O_3 – 2,1–3,2; $\text{FeO}_{\text{зар}}$ – 39,9–40,9; MnO – 1,5–1,7; MgO – 1,3–2,1; CaO – 1,1–1,8; Na_2O – 6,54–8,33 (частіше 6,7–7,0); K_2O – найчастіше не фіксують. Тобто, у мікрозондових аналізах є трохи більше Na_2O . Водночас у зміненому енігматиті більшість компонентів міститься на тому ж рівні, що й у свіжому мінералі, проте дещо збільшується вміст SiO_2 (до 42–45 %), Na_2O (до 10,92), зменшується – $\text{FeO}_{\text{зар}}$ (до 30–35), з’являється K_2O (0,9–1,5 %) (див. таблицю).

Перерахунки мікрозондових аналізів на кристалохімічні формули мінералу засвідчили деякий дефіцит $\text{Si} + \text{Al}$ (< 12 формульних одиниць (ф. о.)) і надлишок $\text{Na} + \text{Ca}$ (4,04–4,56 ф. о.), тоді як у зміненому енігматиті сума $\text{Na} + \text{Ca}$ більша (5,35–5,67 ф. о.), а значення $\text{Si} + \text{Al}$ близьке до 12 ф. о. (11,83–12,17).

Енігматит може змінюватися по периферії зерен або смугами в їхній центральній частині (див. рис. 1, 2). Причину накладених перетворень енігматиту не з’ясовано. Видається, що цей мінерал не містить суттєвих концентрацій радіоактивних елементів, які могли б зумовити його метаміктизацію.

Загалом же знахідки енігматиту в Україні пов’язані з такими ж лужними породами, як це характерно для мінералу з інших регіонів світу. Можна очікувати, що з часом детально дослідять зазначені вище знахідки мінералу (фактичні – в Октябрському масиві, гадані – у грорудитах) та нові його прояви, а також будуть виявлені його хімічні різновиди. Лужні породи ще довго залишатимуться резервними для знахідок нових і рідкісних мінералів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Геохронология, петрология и рудоносность щелочных массивов УЩ / В. Н. Загнитко, Е. Н. Бартницкий, С. Г. Кривдик, Г. А. Легкова // Изотопное датирование эндогенных рудных формаций. – М. : Наука, 1993. – С. 27–38.
2. Кривдик С. Г. Петрология щелочных пород Украинского щита / С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук. – Киев : Наук. думка, 1990. – 408 с.
3. Кривдик С. Г. Грорудити Східного Приазов'я / С. Г. Кривдик, В. І. Ткачук // Мінерал. журн. – 1996. – № 3. – С. 67–83.
4. Царовський І. Д. Новий Мало-Терсянський сіеніто-фойяїтовий масив (Середнє Придніпров'я) / І. Д. Царовський, О. Д. Тимошенко // Геол. журн. – 1962. – № 6. – С. 83–88.

*Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018*

Stepan Kryvdik¹, Viktor Sharygin^{2,3}, Oleksandr Dubyna¹

¹*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of NAS of Ukraine,
34, Acad. Palladin Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
kryvdik@ukr.net*

²*V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of RAS, Novosibirsk, Russia*

³*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia,
sharygin@igm.nsc.ru*

**AENIGMATITE FROM NEPHELINE SYENITE
OF MALOTERSIANSKYI MASSIF (MIDDLE DNIEPER REGION)**

The peculiarities of chemical composition of the aenigmatite from the nepheline syenite of Malotersianskyi gabbro-syenite massif (Middle Dnieper region) are described. Attention is drawn to the presence of altered aenigmatite, since this mineral is considered to be sufficiently stable in relation to substitution by secondary products. Aenigmatite may alter along the strips in the central part of the grains or along their periphery. The cause of imposed aenigmatite transformations has not been clarified.

Key words: aenigmatite, nepheline syenite, Malotersianskyi massif, Ukrainian shield.