

С. Г. Кривдік, д-р геол-мінерал. наук, професор, завідувач відділу петрології (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), kryvdik@ukr.net,

В. В. Шаригін, канд. геол-мінерал. наук, провідний науковий співробітник (Інститут геології та мінералогії ім. В. С. Соболева СВ РАН, Новосибірський державний університет), sharygin@igm.nsc.ru,

В. О. Гаценко, докторант відділу петрології (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), vera.gatsenko@ukr.net,

Є. С. Луньов, аспірант відділу петрології (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), lunev_00@ukr.net

ФЕЛЬДШПАТОЇДИ МАЛІНЬЇТІВ ПОКРОВО-КИРІЇВСЬКОГО МАСИВУ (ПРИАЗОВ'Я, УКРАЇНА)

У маліньїтах Покрово-Киріївського масиву фельдшпатоїди представлені нефеліном, содалітом, канкринітом, вишневітом. Перші два є первинними мінералами маліньїтів. Виділено дві генерації нефеліну: ранній (I генерації), найбільш поширений і пізніший (II генерації). Нефелін I генерації присутній як ідіоморфні та субідіоморфні пойкилітові вкраплення в інших породоутворювальних мінералах (калішпаті, біотиті, амфіболі, гетценіті, рідше в піроксені). Нефелін II генерації виділяється в мікроскопічних міаролоподібних утвореннях, які складаються з дрібнозернистого агрегату цеолітів, флюориту, стронціаніту, бурбанкіту. Для раннього нефеліну характерним є підвищений уміст заліза, тоді як в однойменному мінералі II генерації залізо відсутнє. У розрахунках на мінальний склад залізо вводилося в гіпотетичний мінал $\text{NaFe}^3+\text{SiO}_4$. Припускається, що цей мінал разом з надстехометричним SiO_2 може утворювати ексолюційні вrostки егірину в процесі субсолюдусних перетворень нефеліну. Нефелін має низький уміст кремнеземистого (SiO_2) та підвищений – кальсилітового міналу порівняно з нефелінами із лужних порід інших масивів Українського щита. Наявність підвищеного вмісту заліза в нефеліні пояснюється агнітовим характером вихідного (маліньїтового) розплаву, з якого кристалізувалися, крім нефеліну, содаліт, лужні піроксени й амфіболи, гетценіт, Sr-апатит, катаплет. У статті стисло розглянуто також мінералогічні й геохімічні особливості калішпату та цеолітів з маліньїтів.

Ключові слова: маліньїт, залізовмісний нефелін, содаліт, канкриніт, вишневіт, цеоліти, калішпат.

Вступ. Покрово-Киріївський масив розміщується на північно-східній окраїні Приазовського мегаблока Українського щита в зоні його зчленування зі складчастою структурою Донбасу. Маліньїти є однією з лужних складових цього масиву. Головними породоутворювальними міне-

ралами маліньїтів є фельдшпатоїди. Тип фельдшпатоїдів та їхня кількість є визначальними в класифікації лужних порід. Разом з тим фельдшпатоїди деяких типів лужних порід мають характерні (індикативні) особливості хімічного складу, які відрізняють їх від подібних порід інших

комплексів з однотипними фельдшпатоїдами. Так, наприклад, лейцити й так само калішпати лампроїтів характеризуються підвищеним умістом Fe_2O_3 , який ізоморфно заміщує Al_2O_3 . Це пояснюється дефіцитом Al_2O_3 та ультракалієвою агаїтністю типових лампроїтів. Це одна з ознак, за якою лампроїти відрізняються від інших типів лейцитових порід. Очевидно, що детальними дослідженнями можна виявити характерні, властиві тільки для конкретного масиву порід мінералогічні, петрологічні та геохімічні особливості. Це можна сказати й про Покрово-Київський масив, зокрема про маліньїти, які ми досліджували. У цих породах за результатами мікрозондових досліджень виявлено та проаналізовано нові для України мінерали (Sr-апатит, Ca-Na-амфіболи з високим умістом калію, рідкісноземельні ніобититанати), магнетити з високим умістом MnO (до 9 %) і TiO_2 (до 19 %), низькоглиноземисті ($\text{K}/\text{Al} > 1$) титаністи слюди, а так само нефелін з високим вмістом заліза (до 3,6 % $\text{FeO}_{\text{зар}}$). Результати мікрозондових досліджень нефеліну, а також содаліту, канкриніту, вишневіту й цеолітів розглядаються в цій статті. Щодо інших названих мінералів, то вони частково розглядалися в попередній публікації авторів [5], а більш розгорнута їхня характеристика з новими мікрозондовими аналізами буде наведена в окремих статтях.

Зауважимо, що нефелін та інші фельдшпатоїди з лужних порід – маліньїтів і більш лейкократових нефелінових сієнітів Покрово-Київського масиву залишається слабо або й зовсім не вивченим мінералом. Була спроба визначити склад нефеліну за хімічними аналізами розчиненої в HNO_3 (нефелінової) частини нефелін-польовошпатових концентратів [3], а пізніше наводилося перші кілька мікрозондових аналізів нефеліну, в яких було виявлено підвищений уміст заліза (до 2,6 % $\text{FeO}_{\text{зар}}$) [5]. У тій самій статті були опубліковані поодинокі аналізи канкриніту, вишневіту та анальциму з маліньїтів.

Мета роботи: детальне дослідження та виявлення мінералогічних особливостей і

хімічного складу фельдшпатоїдів, продуктів їхнього розпаду та калішпатів із маліньїтів, які до останнього часу залишалися зовсім не вивченими. Це пояснюється загалом дрібнозернистою структурою цих порід і складними (частіше пойкилітовими) зростаннями та проростаннями як породоутворювальних, так і акцесорних мінералів, що унеможливило виділення чистих мономінеральних концентратів для хімічного аналізу (головного методу визначення складу мінералів на час відкриття цих порід та їх петрографічного вивчення попередніми дослідниками).

Методи досліджень. Петрографічні дослідження в шліфах, де було визначено головні породоутворювальні й частково акцесорні мінерали та їхні структурні взаємовідношення, а також морфологічні особливості будови зерен фельдшпатоїдів і калішпату проводилися в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України (ІГМР) (м. Київ) за допомогою оптичного поляризаційного мікроскопу ECLIPSE LV100POL (Nikon) у наскрізному світлі та при схрещених ніколях.

Мікрозондові аналізи мінералів з маліньїтів виконувалися за допомогою скануючого електронного мікроскопа MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), оснащеного системою мікроаналізу INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd), в ІГМ СВ РАН, аналітик В. В. Шаригін. Було отримано фотографії в зворотньо-розсіяних електронах (BSE) та карти розподілу елементів для мінеральних асоціацій, а також виконано кількісний аналіз мінералів. Умови аналізу з використанням енергодисперсійного спектрометра (EDS-метод): прискорювальна напруга – 20 кВ, струм електронного пучка – 1,5 нА, час набору спектрів – 20 с. Як зразки для порівняння більшості елементів використовували прості хімічні сполуки й метали: SiO_2 (Si, O), Al_2O_3 (Al), діопсид (Mg, Ca), альбіт (Na), ортоклаз (K), $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (P), BaF_2 (Ba, F), пірит (S), CsRe_2Cl_6 (Cs, Cl), Ti, Fe, Mn, Zn тощо. Для кількісної оптимізації (нормування на тік зонда й калібрування спектрометра по енергії)

використовували металічний Со. Невелику кількість мікрозондових аналізів калішпату зроблено за допомогою растрового електронного мікроскопа JSM-6700F, обладнаного енергодисперсійною системою для мікроаналізу JED-2300 (“JEOL”, Японія) в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України (ІГМР), аналітик О. А. Вишневський (нормування на 100 %).

Нефелін: форми виділення, хімічний склад. Нефелін є головним фельдшпатоїдом досліджуваних маліньїтів, уміст якого становить близько третини об’єму породи. Проте цей фельдшпатоїд порівняно з іншими породоутворювальними мінералами (піроксени, слюди, амфіболи й навіть содаліт) має найменші розміри (найчастіше не більше 0,1 мм). Як правило, він утворює ідіоморфні з дещо заокруг-

леними (“оплавленими”) контурами пойкилітові включення в інших мінералах: калішпаті (рис. 1а), слюдах (b), амфіболах (c), гетценіті (d), магнетиті. Рідше пойкилітові включення нефеліну фіксуються у фенокритах піроксенів, по краях зональних зерен або дуже рідко – в мікролітах.

Крім того, у деяких мінералах (частіше в гетценіті) нефелін спостерігається в мікроскопічних міаролоподібних укрощеннях, що складаються з агрегатів пізніших мінералів – цеолітів, стронціаніту, бурбанкіту, флюориту, залізистої слюдки, інколи REE-ніоботитанатів. Нефелін може брати участь у формуванні цих мікроміарол або безпосередньо з ними контактувати (можливо як зовнішня оболонка цих мікроміарол). У деяких кристалах гетценіту нефелін виділяється у вигляді видовжених смуг, паралельних видовженню

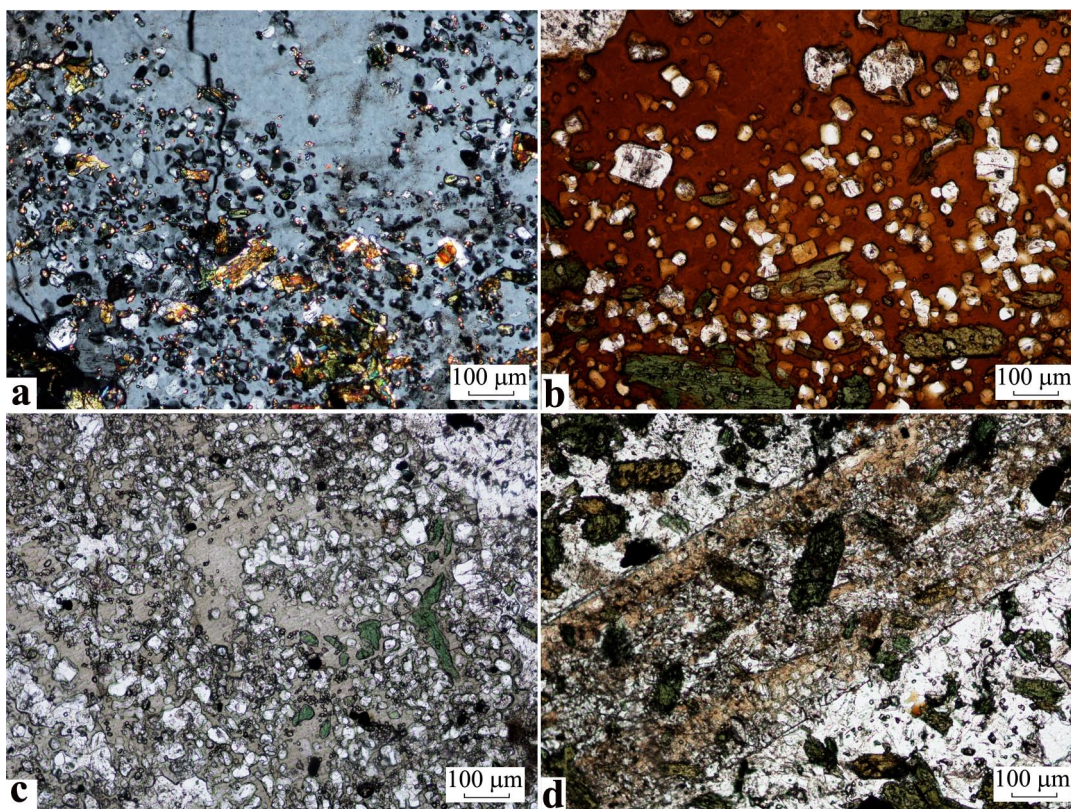


Рис. 1. Пойкілітові включення нефеліну

в калішпаті (рис. 1а), слюдах (b), амфіболах (c), гетценіті (d). Фото шліфів: а – при схрещених ніколях, b–d – у наскрізному світлі

кристалів гетценіту (рис. 2). Ділянками ці лінійно витягнуті смуги ускладнюються розгалуженнями (роздувами). Таким проростанням нефеліну й гетценіту важко дати однозначну інтерпретацію. Можливо, гетценіт кристалізувався одночасно із цим пізнішим нефеліном (рання генерація представлена дрібними пойкилітовими включеннями) з утворенням субпаралельних проростань цих двох мінералів. Певною мірою ці проростання нагадують епітакситові структури.

Як видно з результатів мікрозондових досліджень (табл. 1), ці дві умовно виділені генерації нефеліну суттєво відрізняються за хімічним складом. Якщо для нефелінів I генерації характерним є підвищений або навіть високий (як для такого типу мінералу) вміст заліза (до 3,6 % $\text{FeO}_{\text{зар}}$, а в перерахунку на Fe_2O_3 – 4,0 %), то нефелін II генерації майже стерильний щодо заліза. Наявність заліза в складі нефеліну підтверджується численними мікрозондовими аналізами. Це було зафіксовано попередніми нашими дослідженнями в

кількох мікрозондових аналізах [5]. На прикладі двох більших кристаликів нефеліну (табл. 1, ан. 38, 39 і 44, 45) виявлено підвищення вмісту заліза від центру до периферії зерен – від 2,1 до 2,9 і від 3,5 до 3,6 – у включеннях нефеліну в калішпаті й біотиті відповідно. Ще вищий вміст FeO (4,6 %) виявлено у включенні нефеліну в магнетиті, але, можливо, це зумовлено частковим захопленням пучком мікрозонда магнетитової матриці. Зауважимо при цьому, що підвищений вміст заліза наявний і в тих нефелінах I генерації, які містяться як пойкилітові вкраплення в мінералах, в яких залізо відсутнє (калішпат) або ж його концентрація нижче такої в нефеліні (гетценіт).

Нефелін із видовжених смуг, що утворює проростання з гетценітом (рис. 2), за своїм хімічним складом (наявністю FeO 1,6–3,1 %) відповідає I генерації (табл. 1, ан. 16, 17, 42) як і дрібні включення в гетценіті (табл. 1, ан. 41, 43). Цей факт свідчить про багатостадійність процесу утворення нефеліну в маліньїтах.

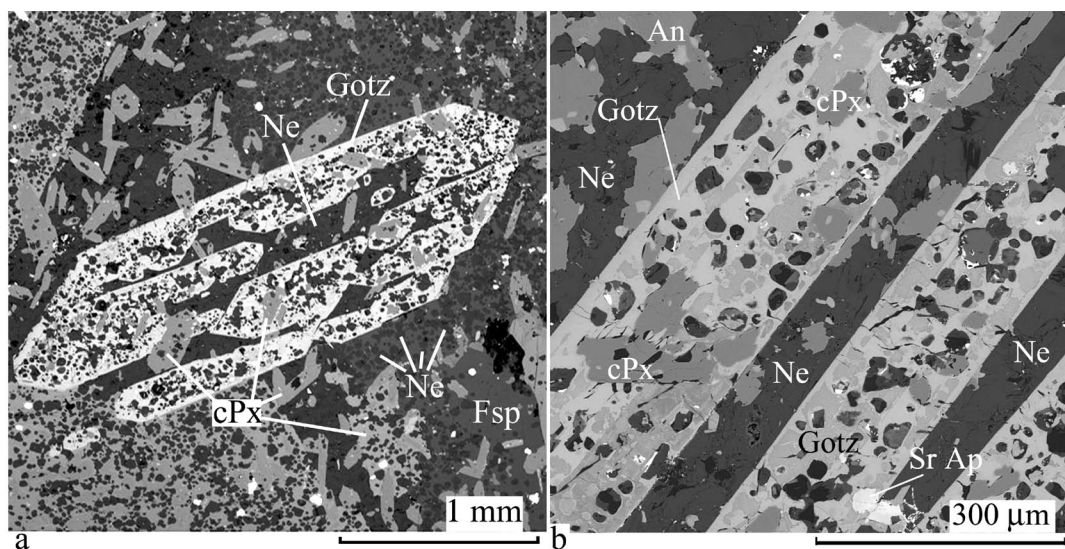


Рис. 2. Нефелін у маліньїтах (зображення у відбитих електронах):

а – загальний вигляд зерна гетценіту із численними дрібними включеннями нефеліну та інших мінералів, б – фрагмент зерна гетценіту (Gotz) з дрібними пойкилітовими включеннями нефеліну (Ne) та його смугами, субпаралельними видовженню кристалу гетценіту, та численними включеннями інших мінералів: стронцієвого фторопатиту (Sr Ap), cPx (клінопіроксену діопсид-геденбергіт-акмітового складу). В основній масі породи – нефелін та аніт (An)

Таблиця 1. Мікрозондові аналізи нефеліну (зразок 86-5-2)

Аналізи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	42,02	42,7	41,57	42,89	41,78	42,02	42,34	41,31	43,19	41,42	40,7	42,41
Al ₂ O ₃	32,10	31,57	32,20	31,88	31,82	31,38	31,78	32,84	32,35	32,39	35,03	32,35
FeO	3,33	2,98	3,53	3,02	3,36	3,13	2,95	2,83	1,88	3,24	0,49	2,46
CaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17	0,14
Na ₂ O	16,27	16,49	16,38	16,30	16,24	16,20	16,43	16,51	16,70	16,39	16,77	16,66
K ₂ O	7,14	6,48	7,22	6,90	7,31	7,29	6,89	7,50	6,38	7,32	7,83	6,64
Сума	100,86	100,22	100,9	100,99	100,51	100,02	100,39	100,99	100,5	100,76	100,99	100,66
Мінали, мас. %												
Ne	67,95	69,65	68,06	68,70	67,75	68,02	69,43	68,71	72,78	68,68	75,84	71,45
Ks	23,97	21,75	24,24	23,16	24,54	24,47	23,13	25,18	21,42	24,57	26,29	22,29
Q	1,03	1,74	0,22	1,96	0,24	0,09	0,82	0,38	1,84	0,00	0,00	1,08
NaFe ³⁺ SiO ₄	7,91	7,08	8,38	7,17	7,98	7,43	7,01	6,72	4,47	7,70	1,16	5,84

Аналізи	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	42,43	45,68	41,27	42,33	40,57	43,81	41,1	41,27	42,32	42	43,93	42,02
Al ₂ O ₃	32,40	29,51	32,10	31,72	33,10	31,55	35,28	34,63	34,63	32,97	32,12	33,10
FeO	2,06	2,79	3,06	3,11	2,79	2,29	0,00	0,28	0	1,83	1,94	2,02
CaO	0,21	1,13	0,0	0,15	0	0,20	0,13	0,25	0,52	0	0	0
Na ₂ O	16,58	14,77	16,01	16,55	16,82	16,58	16,54	16,27	16,42	16,34	16,62	17,08
K ₂ O	6,65	5,60	7,41	7,10	7,55	6,46	7,90	7,66	7,07	6,87	6,32	6,58
Сума	100,33	99,48	99,85	100,96	100,36	100,89	100,95	100,36	100,96	100,01	100,93	100,8
Мінали, мас. %												
Ne	71,87	62,14	67,29	69,66	69,38	71,42	75,75	73,96	75,20	71,23	72,29	74,24
Ks	22,32	18,80	24,88	23,83	25,35	21,67	26,52	25,71	23,73	23,06	21,22	22,09
Q	1,24	11,91	0,42	0,07	0,00	2,34	0,00	0,02	2,02	1,37	2,81	0,00
NaFe ³⁺ SiO ₄	4,89	6,63	7,27	7,39	6,63	5,44	0,00	0,67	0,00	4,35	4,61	4,80

Аналізи	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
SiO ₂	44,01	40,32	41,15	44,11	43,36	42,98	41,01	41,58	39,39	40,12	39,89	41,15
Al ₂ O ₃	32,06	32,59	32,44	32,10	32,65	31,57	31,97	33,61	36,62	32,80	33,69	32,27
FeO	1,80	3,34	3,11	2,11	1,85	2,68	3,42	2,20	0,26	3,54	2,52	3,02
CaO	0	0	0	0	0,13	0,13	0,0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	16,81	16,71	16,35	16,20	16,32	16,18	15,83	16,61	16,74	16,58	17,09	16,45
K ₂ O	6,29	7,50	7,49	6,11	6,36	6,61	7,98	6,85	7,87	7,52	7,78	7,36
Сума	100,97	100,46	100,54	100,63	100,67	100,15	100,21	100,85	100,88	100,56	100,97	100,25
Мінали, мас. %												
Ne	73,44	69,94	68,75	70,03	71,10	68,82	65,76	71,73	76,16	68,95	73,30	69,38
Ks	21,12	25,18	25,14	20,51	22,19	24,77	23,00	23,00	26,42	25,24	26,12	24,71
Q	2,14	0,00	0,00	5,07	3,83	2,78	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00
NaFe ³⁺ SiO ₄	4,28	7,93	7,39	5,01	4,39	6,37	8,12	5,23	0,62	8,41	5,99	7,17

Закінчення табл. 1

Аналізи	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
SiO ₂	41,47	42,95	41,12	41,65	42,58	43,45	41,91	41,79	43,77	41,49	43,56	41,1	40,08
Al ₂ O ₃	32,10	32,33	32,46	31,93	33,42	32,42	31,57	31,44	31,57	32,01	32,27	32,1	35,71
FeO	3,34	2,05	2,88	3,20	1,25	1,57	3,36	3,53	2,66	3,62	1,98	3,54	0,48
CaO	0	0	0	0	0	0,17	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	16,40	16,80	16,39	16,46	16,55	16,22	16,27	16,42	16,43	16,28	16,46	16,45	16,65
K ₂ O	7,20	6,12	7,32	7,46	6,85	6,48	7,14	7,26	6,48	7,13	6,54	7,10	7,97
Сума	100,51	100,25	100,17	100,7	100,65	100,31	100,25	100,44	100,91	100,53	100,81	100,29	100,89
Мінали, мас. %													
Ne	68,52	72,90	69,39	69,07	73,33	71,19	67,89	68,24	70,00	67,42	71,48	68,36	75,31
Ks	24,17	20,54	24,57	25,04	23,00	21,75	23,97	24,37	21,75	23,94	21,95	23,83	26,76
Q	0,00	1,94	0,00	0,00	1,35	3,64	0,41	0,00	2,84	0,57	2,67	0,00	0,00
NaFe ³⁺ SiO ₄	7,93	4,87	6,84	7,60	2,97	3,73	7,98	8,38	6,32	8,60	4,70	8,41	1,14

Аналізи	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
SiO ₂	40,91	40,5	40,52	41,01	40,16	42,15	43,71	43,69	43,73	42,38	40,37	39,77	41,12
Al ₂ O ₃	32,52	35,22	33,48	31,27	33,14	30,00	31,84	32,27	32,22	32,39	34,77	34,56	34,96
FeO	2,92	0,40	2,29	4,14	3,29	4,85	2,12	1,67	1,84	2,56	0	0,28	0,33
CaO	0	0	0,14	0	0	0	0,15	0	0	0	0,13	1,00	0,00
Na ₂ O	16,42	16,42	16,65	15,96	16,78	16,60	16,71	16,73	16,69	16,51	16,31	16,88	16,51
K ₂ O	7,55	8,08	7,76	7,40	7,60	6,41	6,46	6,35	6,35	7,06	7,88	7,51	7,78
Сума	100,32	100,62	100,84	99,78	100,97	100	100,99	100,71	100,83	100,9	99,46	100	100,7
Мінали, мас. %													
Ne	69,44	74,41	71,74	64,93	70,36	66,45	72,35	73,33	72,81	70,57	74,70	76,74	74,96
Ks	25,35	27,12	26,05	24,84	25,51	21,51	21,69	21,32	21,32	23,70	26,45	25,22	26,12
Q	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,52	1,92	2,10	2,33	0,55	0,00	0,00	0,00
NaFe ³⁺ SiO ₄	6,94	0,95	5,44	9,83	7,81	11,52	5,04	3,97	4,37	6,08	0,00	0,66	0,78

*1–3, 31, 33, 34, 44–50 – нефелін у вигляді пойкилітових уключень у біотиті; 4–9, 23–25, 27, 30, 32, 35, 36, 38, 39, 40 – калішпаті; 10–14 (нефелін II генерації), 18, 28, 29, 41–43, 56–58 (I генерації) – у гетценіті, 15 – у зростанні з натролітом у гетценіті; 16 – нефелін зі смуг, що проростають субпаралельно по видовженню кристалу гетценіту; 17 – у зростанні з біотитом. 19–21 – виділення типу мікроміароли в гетценіті, що складається з дрібних зерен нефеліну (II генерації), катаплету, калішпату, ешиніту, цеолітів, флюориту (т. 1, рис. 6а – ан. 21); 22 – нефелін з фтор-апатитом, флюобритолітом та егірином; 26 – з магнетитом та егірином, 37 – пойкилітове ідіо-морфне включення в крайовій частині зонального піроксену; 49 – дрібне вкраплення нефеліну в зростанні з калішпатом у біотиті (II генерація); 51 – дрібне зерно нефеліну в контакті з егірином; 52 – зросток дрібного зерна нефеліну із калішпатом в оточенні сфену, Sr-апатиту і стронціаніту; 53, 54 – різні зерна нефеліну з силікатної основної маси, що оточує магнетит; 55 – дрібне вкраплення нефеліну в магнетиті; 59 – нефелін (II генерації) у контакті з украленнями типу мікроміароли, які складаються з бурбанкіту, стронціаніту й натроліту; 60, 61 – різні зерна нефеліну (II генерації) у приконтактовій зоні з іншим украленням типу мікроміароли, яке складається з бурбанкіту, стронціаніту й високозалізистої слюди (рис. 6 б); 62 – нефелін у приконтактовій зоні з украленням пірофаніту.

Аналізи виконав В. В. Шаригін в Інституті геології і мінералогії СВ РАН на скануючому електронному мікроскопі MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), оснащеному системою мікроаналізу INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd).

У розрахунках на мінальний склад залізо ми внесли в гіпотетичний компонент (мінал) $\text{NaFe}^{3+}\text{SiO}_4$, хоча, можливо, залізо має тенденцію до з'єднання в мінал $\text{KFe}^{3+}\text{SiO}_4$. Цікаво, що в проаналізованих нефелінах без заліза розраховується й значно нижчий (до повної відсутності) і кремнеземистий мінал (Q), це демонструє рис. 3.

Узагалі й для нефеліну I генерації розрахований кремнеземистий мінал (Q) є досить невисоким – до 5,1 (11,9 – в одній точці). Уміст цього міналу, згідно з відомим нефеліновим геотермометром, підвищується зі зростанням температури. Тобто в цьому випадку це є, хоча й непрямим, підтвердженням про більш низькотемпературні умови кристалізації нефеліну II генерації (рис. 4). Низький уміст (1,8 %) кремнеземистого міналу в нефеліні з маліньїту Покрово-Киріївського масиву було також отримано раніше в результаті хімічного аналізу розчинної частини концентрату нефеліну й калішпату [3], але при мінливості складу нефеліну з маліньїтів Покрово-Киріївського масиву цей результат є “середньою температурою по лікарні”.

Суттєва частина точок складу нефелінів I генерації з маліньїтів Покрово-Киріївського масиву розміщується у високотемпературній області діаграми, між ізотермами 700–750 °C (рис. 4). Порівняно із цими показниками для інших масивів Приазов'я нефеліни Покрово-Киріївського масиву за температурою утворення близькі до таких із Малотерсянського масиву. Температури утворення нефелінів з порід Чернігівського, Октябрського, а також Проскурівського масивів є вищими. Водночас значна кількість точок посідає інтервали нижчих температур, а нефеліни II генерації потрапляють у поле мінімальних температур.

Досліджувані нефеліни мають і підвищений уміст K_2O порівняно з нефеліном з лужних порід інших масивів УЩ [3]. Проте, можна було сподіватися на ще вищий уміст калію в маліньїтах, якщо зважити на наявність у ньому майже чистого калішпату, слюд і збагачених калієм амфіболів [5].

Загалом же, якщо не зважати на порівняно високий уміст заліза, досліджувані нефеліни близькі за складом до т. з.

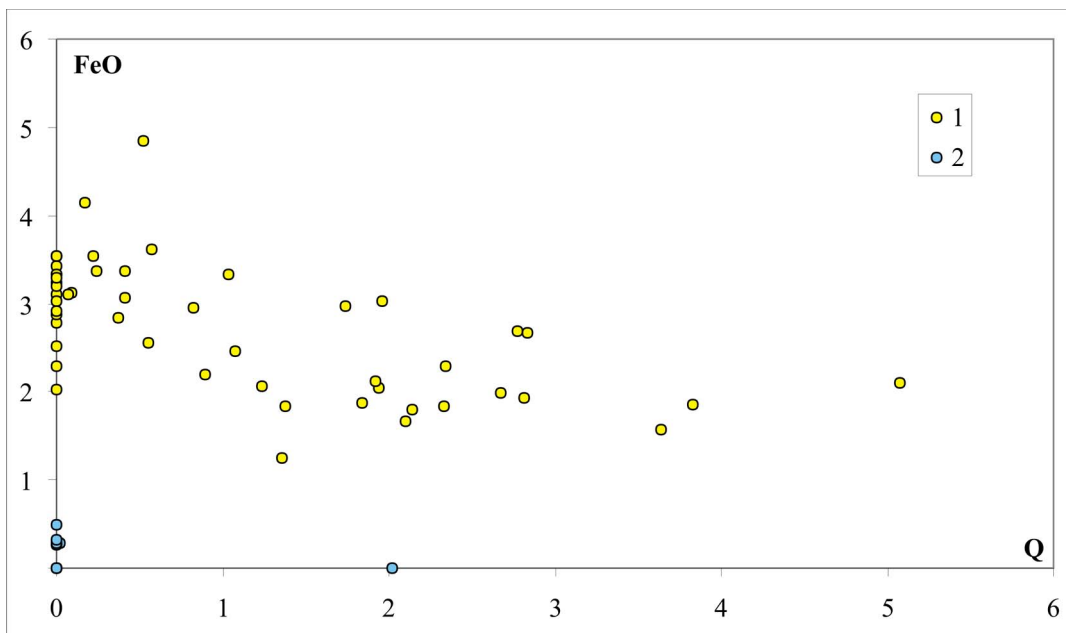


Рис. 3. Нефеліни I (1) та II (2) генерації на діаграмі Q – FeO загальне

стандартного нефеліну Морозевича. У нефеліні майже відсутній кальцій. Наявність у деяких аналізах до 1,0–1,1 % СаО пов'язана, можливо, з канкринізацією нефеліну або захопленням пучком мікрозонда сусідніх багатих кальцієм фаз.

Содаліт є другим і, очевидно, первинним фельдшпатоїдом маліньїтів, про це свідчать ідіоморфні форми кристалів. Уміст цього мінералу в породі незначний, але на відміну від дрібного нефеліну, хоч й рідко, у маліньїтах спостерігаються досить крупні (до 1,2 мм) шестигранні або ромбічні зрізи кристалів цього мінералу. На рисунках один з них уключений у гетценіті (рис. 5а), а другий – в основній масі породи (рис. 5b). Останній захоплює як укралення дрібніші зерна піроксену, титаніту й канкриніту. Канкриніт, можливо, утворився в процесі заміщення нефеліну. Содаліт було також зафіксовано в основній масі породи, але генезис якого не

з'ясовано. Він, імовірно, кристалізувався пізніше й незалежно від нефеліну, але раніше гетценіту. Судячи з фігур зрізів, содаліт кристалізувався у вигляді характерних для нього ромбододаєдричних кристалів. За хімічним складом проаналізований содаліт є стандартним (стехіометричним), мікрозондові аналізи добре або задовільно розраховуються на формулу цього мінералу (табл. 2). Результати аналізів содаліту з цих порід ми наводимо вперше.

Канкриніти трапляються порівняно часто, але ці мінерали надійно діагностовано тільки за допомогою мікрозондового аналізу (табл. 2). Їх проаналізовано в окремих точках кристалів содаліту (рис. 5а, ан. 1, 2) або в основній масі породи (рис. 5b). В обох випадках канкриніт утворює псевдоморфози по нефеліну. Зауважимо, що в маліньїті наявні як типові карбонат-канкриніти (з СаО), так і сульфат-канкриніти (з калієм) – вишневіти.

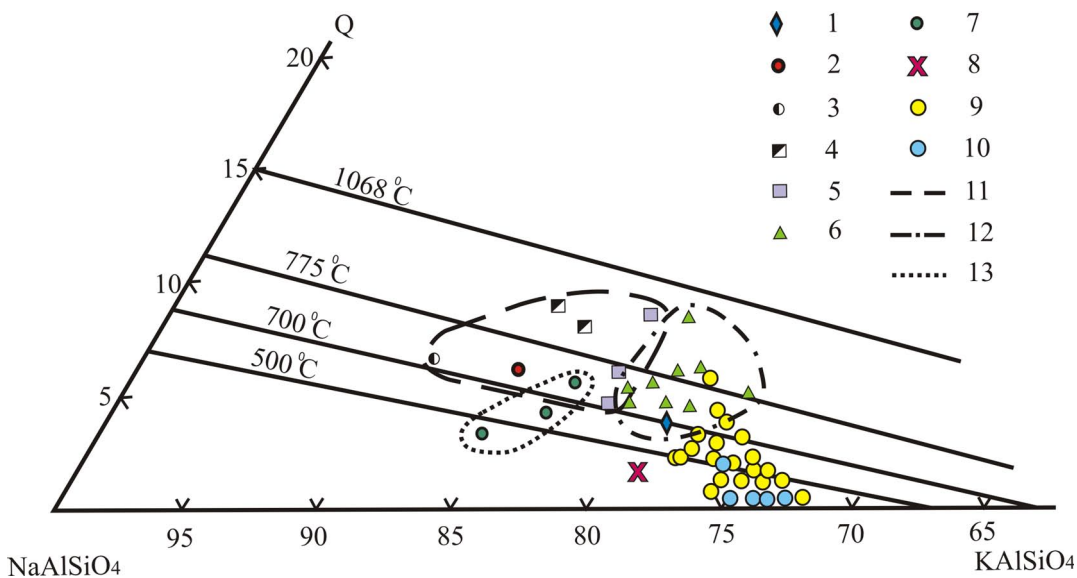


Рис. 4. Компонентний склад нефелінів (%) з лужних порід УЩ (узято з праці [3] з виправленням автора та винесенням нових даних (табл. 1))

1 – середній (теоретичний) склад нефеліну, за Й. Морозевичем; нефелін з порід Чернігівського масиву (2, 3); 2 – іоліт-мельтейгітів, 3 – канадитів; Проскурівський масив (4, 5); 4 – іоліт-мельтейгіти, 5 – ювіти; 6 – Октябрський масив; 7 – Малотерсянський масив; маліньїти Покрово-Кириївського масиву (8–10): 8 – монофракція нефеліну (хімічний аналіз) [3], 9 – нефелін I генерації (мікрозондовий аналіз), 10 – II генерація (мікрозондовий аналіз). Межі полів складу нефелінів по масивах: 11 – Чернігівському та Проскурівському; 12 – Октябрському; 13 – Малотерсянському

Останні зафіксовано тільки в основній масі породи, де, очевидно, вони заміщують нефелін.

Цеоліти й цеолітоподібні мінерали є вторинними продуктами заміщення нефеліну або ж кристалізуються разом з іншими пізнішими мінералами (стронціаніт, бурбанкит, високозалізисті слюди, флюорит тощо) у вигляді дрібнозернистого агрегату як мікроскопічні міаролоподібні утворення (рис. 6а, б). Більшість аналізів цих мінералів добре або задовільно розраховується за формулою натроліту (табл. 2).

Крім того, виявлено Na-Al-силікат, який розраховується за формулою анальциму [5, табл. 3].

Калієвий польовий шпат разом з фельдшпатоїдами й піроксенами є головним породоутворювальним мінералом маліньїтів. Ці мінерали утворюють матрицю (структурний рисунок) породи. Польові

шпати маліньїтів представлені винятково калієвим видом, який називається в попередніх публікаціях ортоклазом або санідином [1, 2]. Очевидно, польові шпати потребують додаткових рентгеноструктурних досліджень. Калішпати в маліньїтах наявні у вигляді крупних ксеноморфних оптично гомогенних зерен із численними пойкилітовими включеннями нефеліну та усіх інших мінералів. За даними мікрозондових аналізів (табл. 3), вони представлені майже чистим калієвим видом з невеликим умістом BaO (в одному аналізі 5,6 %) і Na₂O. Проте в них завжди фіксується FeO_{зар} (до 1,1 %), але його значно менше, ніж у нефеліні. Імовірно, що в мікроміаролах калішпат, як і нефелін, має менше заліза, ніж в основній масі породи (з пойкилітовими включеннями нефеліну). Власне, суттєво калієвий склад польового шпату та наявність слюд визначають належність маліньїтів до Na-K-серії.

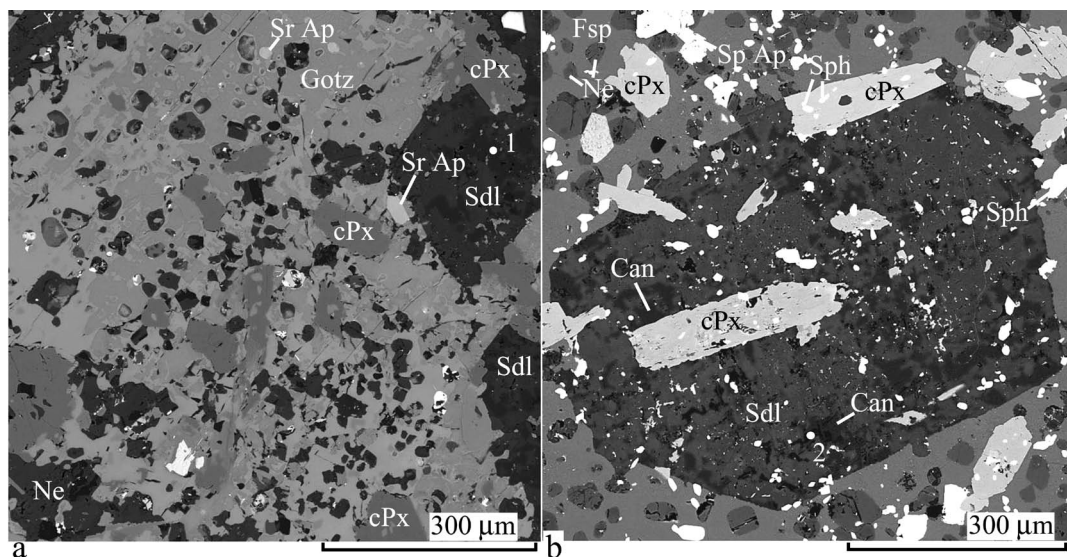


Рис. 5. Содаліт (зображення у відбитих електронах):

а – ромбічний зріз зерна содаліту (Sdl), включеного в гетценіті (Gotz) з численними включеннями інших мінералів: нефеліну (Ne), клінопіроксену діопсид-геденбергіт-акмітого складу (cPx), Sr-фторапатиту (Sr Ap) тощо. У зерні содаліту точка 1 зі складом канкриніту; б – крупне зерно содаліту ділянками з канкринітом (Can) і цеолітом (2), у содаліті включення клінопіроксену діопсид-геденбергіт-акмітого складу та інших дрібних мінералів, зокрема – сфену (Sph); основна маса породи складається з калішпату (Fsp), нефеліну, клінопіроксену діопсид-геденбергіт-акмітого складу з дрібною вкрапленістю сфену та Sr-фторапатиту

Таблиця 2. Мікронзондові аналізи содаліту, вишневіту, канкриніту та цеолітів (зразок 86-5/2)

Аналізи	Содаліт											Вишневіт						Канкриніт					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
SiO ₂	35,27	35,35	35,65	35,27	35,45	35,57	35,73	36,03	33,76	34,36	36,20	34,44	34,72	35,00	35,17	35,88							
Al ₂ O ₃	30,53	31,50	31,93	30,93	30,99	30,52	31,21	29,93	29,12	28,80	28,74	28,66	29,19	28,91	28,97	29,68							
FeO	1,36	0	0	0,60	0,90	0,69	0,23	1,31	0	0,17	0,39	0	0	0	0	0,18							
CaO	0	0	0	0	0	0,13	0,14	0	0	0	0,55	5,48	5,90	5,69	5,46	5,64							
Na ₂ O	25,91	26,03	26,95	25,76	25,73	25,46	25,84	25,44	17,55	17,78	19,52	19,99	19,84	20,13	20,17	20,66							
K ₂ O	0	0	0	0	0	0,35	0	0	8,91	9,31	5,05	0	0	0	0	0							
SO ₃	0,65	0	0	0,60	0,45	0,80	0	0,67	7,79	7,69	7,62	0	0	0	0	0							
Cl	7,11	7,59	7,84	7,18	7,36	6,80	7,38	7,18	0	0	0	0	0	0	0	0							
Сума	100,83	100,47	102,37	100,34	100,88	100,32	100,53	100,56	97,13	98,10	98,05	88,58	89,66	89,73	89,76	92,04							
Кількість катіонів розраховано на 12 (Si+Al)																							
Si	6,11	6,02	6,00	6,07	6,00	6,06	6,00	6,14	5,95	6,04	6,20	6,06	6,03	6,08	6,09	6,08							
Al	6,89	5,98	6,00	5,93	6,00	5,94	6,00	5,86	6,05	5,96	5,80	5,94	5,97	5,92	5,91	5,92							
Fe	0,17	0	0	0,08	0,12	0,08	0,08	0,16	0	0,02	0,06	0	0	0	0	0,02							
Ca	0	0	0	0	0	0,02	0,02	0,00	0	0	0,10	1,04	1,09	1,06	1,01	0,97							
Na	8,22	8,13	8,38	8,12	8,20	8,14	8,18	8,19	5,99	6,05	6,48	6,79	6,67	6,77	6,77	6,63							
K	0	0	0	0	0	0,07	0	0,00	1,99	2,09	1,10	0	0	0	0	0							
SO ₃ (S)	0,08	0,00	0	0,07	0,06	0,10	0,00	0,08	1,03	1,01	0,98	0	0	0	0	0							
Cl	1,98	2,07	2,12	1,97	2,05	1,90	2,04	2,01	0	0	0	0	0	0	0	0							

Цеолиги та цеолітоподібні мінерали														
Аналізи	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO ₂	49,80	47,07	51,67	47,02	45,23	44,33	51,84	50,17	51,02	44,88	49,25	40,24	41,44	44,69
Al ₂ O ₃	26,83	27,79	25,04	27,08	25,53	24,20	25,75	24,83	22,24	23,54	21,94	28,89	23,51	19,25
FeO	0,35	0,28	0	0,28	0,22	1,11	0	0,17	0,36	0,35	0,18	0	0,23	0,39
CaO	1,83	0,21	0,84	0,27	0,32	1,13	0,62	0,18	0,55	1,72	3,78	5,61	9,89	5,82
Na ₂ O	13,61	16,51	15,22	16,39	15,50	13,03	11,16	12,79	12,71	12,41	8,79	10,65	7,71	8,64
K ₂ O	0	0	0	0,10	0	0,16	0	0	0,11	0,45	0,27	0,20	0,69	0,60
SO ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сума	92,43	91,87	92,76	91,14	86,8	83,96	89,37	88,14	87,89	84,10	84,20	85,60	83,47	79,40
Кількість катіонів розраховано на 7 (Na+Al+Si)														
Si	3,15	2,94	3,24	2,96	2,99	3,09	3,47	3,36	3,47	3,17	3,57	2,78	2,94	3,44
Al	2,03	2,04	1,85	2,01	1,99	1,99	2,03	1,96	1,78	1,96	1,88	2,36	1,97	1,75
Fe	0,02	0,02	0	0,01	0,01	0,06	0	0,01	0,02	0,02	0,01	0	0,01	0,03
Ca	0,12	0,02	0,06	0,02	0,02	0,08	0,04	0,02	0,04	0,13	0,30	0,42	0,75	0,48
Na	1,69	2,00	1,85	2,00	1,99	1,76	1,45	1,66	1,68	1,69	1,24	1,43	1,27	1,29
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,02	0,06	0,06
SO ₃ (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*1, 2 – крупне (до 300 μm) ромбодічне зерно содаліту, укралене в гетценіті (рис. 5a); 3 – содаліт в основній нефелін-калішпатовій масі породи; 4–8 – крупне зерно содаліту (понад 800 μm) з формою витягнутого шестикутника (рис. 5b) в основній масі породи; 9, 10 – дві різні точки в одному зерні вишневіту в основній нефелін-калішпатовій масі; 11 – вишневіт з основної маси біля крупного зерна магнетиту; 12 – канкриніт у зерні пере-

важно содалітового складу; 13 – канкриніт з основної маси породи; 14–16 – канкриніт з крупного зерна, в якому проаналізовано содаліт (див. ан. 4–8, рис. 5b); 17 – натроліт, дрібне вкращення в зональному клінопіроксені поряд з таким самим дрібним укращенням нефеліну; 18 – натроліт у тому самому зерні, де зафіксовано канкриніт (ан. 13); 19 – натроліт у тому самому зерні, де зафіксовано содаліт (див. ан. 4–8, рис. 5b); натроліт у дрібнозернистій масі; 20 – натроліт біля зерна стронціаніту; 21 – з бурбанкітом; 22 – з бурбанкітом; 23 – дрібнозернисте міаролоподібне виділення в гетценіті, складається з цеоліту, нефеліну й мінералів групи ешніту (розеткоподібні агрегати); 24 – виділення в гетценіті в зростанні з нефеліном; 25 – дрібнозернистий агрегат, зростки цеоліту, стронціаніту й високозалізного аніту; 26 – цеоліт в основній масі з нефеліном і катаплетом біля крупного зерна магнетиту; 27 – виділення в гетценіті дрібнозернистого міаролоподібного агрегату, що складається з цеоліту, флюорит-у, нефеліну, бурбанкіту та стронціаніту; 28 – цеоліт з основної нефелін-калішпатової маси, дрібне зерно біля крупного кристалу сферу; 29 – цеоліт з міаролоподібним виділенням у гетценіті (дрібнозернистий агрегат калішпату, нефеліну, катаплету, ешніту); 30 – дрібнозернисте міаролоподібне виділення в гетценіті, складається з бурбанкіту й цеолітів.

Аналізи виконав В. В. Шарігін в Інституті геології і мінералогії СВ РАН на скануючому електронному мікроскопі MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), оснащеному системою мікроаналізу INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd)

Обговорення результатів. У малінькіт наявні три види фельдшпатоїдів та один їхній різновид (вишневіт). Нефелін і содаліт є первинними мінералами. Принаймні в содаліті не видно залишкових мірмекітоподібних фаз калішпату, як це спостерігалось в содаліті з пегматоїдних маріуполітів Октябрського масиву, де нефелін заміщується одночасно канкринітом і содалітом [4]. Зрештою рання кристалізація нефеліну (його пойкилітові включення в більшості мінералів малінькітів), а так само наявність содаліту й лужних піроксенів та амфіболів визначає досліджувані малінькіти як агпаїтові породи з характерною акцесорною мінералізацією (гетценіт, катаплет). Імовірно агпаїтовий склад вихідного розплаву зумовив і входження заліза в первинний нефелін (як $\text{NaFe}^{3+}\text{SiO}_4$ або $\text{KFe}^{3+}\text{SiO}_4$ міналів). Є підстави вважати, що в процесі субсолідусних перетворень нефеліну це залізо може входити до складу егірину, який часто спостерігається як включення в нефелінах багатьох лужних порід, зокрема Хібінського масиву [6]. Зауважимо, що в нефелінах із цього масиву вміст FeO досягає 2,3 %, у перерахунку на Fe_2O_3 – 2,7 %, тобто значно менше, ніж у нефеліні з малінькітів до 3,6 % FeO . Імовірно, що утворення такого ексклюзійного егірину відбувається сполученням згаданого залізного міналу з “надстехіометричним” кременистим міналом (який є в більшості природних нефелінів) за схемою $\text{NaFe}^{3+}\text{SiO}_4 + \text{SiO}_2 + \text{NaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$. Проте в нефелінах малінькітів цього не спостерігається. Зауважимо, що піроксени в цих породах мають переважно проміжний між діоксид-геденбергітом та егірином склад, а власне егірин трапляється досить рідко як дрібні включення в інших мінералах, зокрема в Sr-апатиті.

Роль залізного міналу в нефеліні в аспекті застосування його для мінералогічного геотермометра не з’ясовано. З наведених вище даних (табл. 1) видно, що в пізніших нефелінах (II генерація) з мікроміаролових агрегатів вміст заліза знижується до такого, що не фіксується приладом. Якщо розрахувати цей залістий

мінал, то паралельно знижується вміст кременистого міналу (SiO_2 частково йде на формування $\text{NaFe}^{3+}\text{SiO}_4$), вміст якого (разом з кальциитовим міналом), як вважається, залежить від температури. Отже, можливо, що входження заліза в нефелін також позитивно корелюється з температурою.

Висновки. У маліньїтах Покрово-Кириївського масиву наявні три види й один різновид фельдшпатоїдів – нефелін, содаліт, канкриніт і вишневіт.

Виділено дві генерації нефеліну: 1) ранній – I генерації, найпоширеніший, утворює пойкилітові включення в інших мінералах (калішпаті, амфіболі, гетценіті, рідше в піроксені й магнетиті); 2) пізніший – II генерації, виділяється разом з іншими пізнішими мінералами (цеоліти, флюорит, високозалізісті слюди, стронціаніт, бурбанкіт тощо) у вигляді мікроскопічних міаролоподібних агрегатів.

Мікрозондові дослідження нефеліну дають переконливі докази щодо наявності підвищеного вмісту заліза в первинних не-

фелінах з маліньїтів. Для першої генерації нефеліну характерним є ізоморфне входження заліза (до 3,6 % $\text{FeO}_{\text{зар}}$). Показано, що вміст заліза збільшується від центру до периферії. У нефеліні II генерації в мікроміаролоподібних агрегатах залізо не фіксується приладом або вміст його низький.

Можна припустити, що входження заліза в нефелін зумовлено агпаїтовим складом вихідного розплаву, з якого формувалися маліньїти Покрово-Кириївського масиву. Агпаїтовий характер маліньїтів підтверджується й наявністю в цих породах, окрім, власне, лужних піроксенів, амфіболів і низькоглиноземистих слюд, таких специфічних мінералів як бурбанкіт, гетценіт, катапліт, Sr-апатит.

Відсутність ексоллюційних укралень егірину в нефеліні з маліньїтів Покрово-Кириївського масиву можна пояснити досить швидкою “закалочною” кристалізацією цих порід, що також підтверджується дрібною зернистістю основної маси маліньїтів та їхньою пойкилітовою структурою.

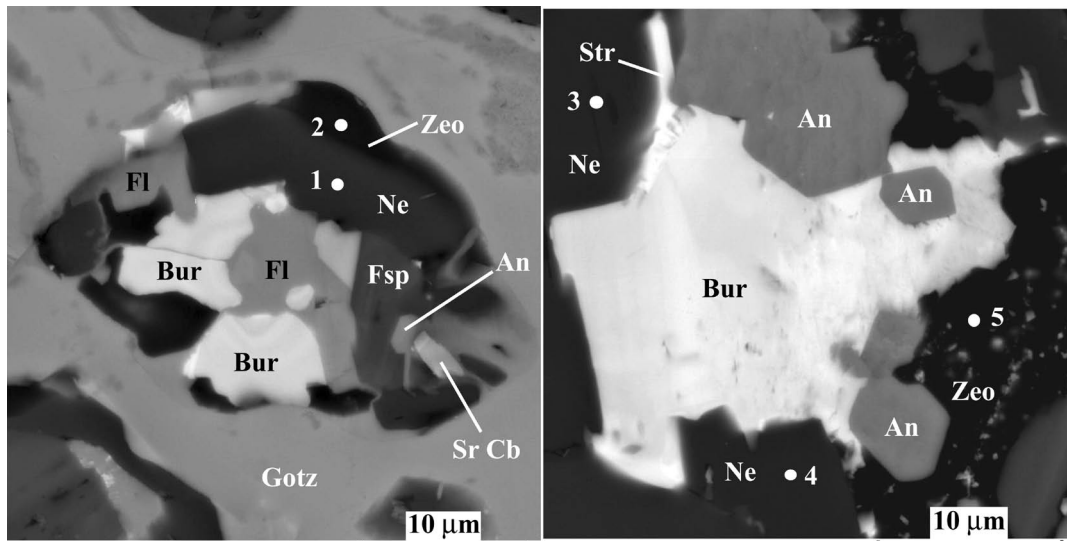


Рис. 6. Пізніші мінерали в дрібних міаролоподібних виділеннях (зображення у відбитих електронах):

а – мікроскопічне міаролоподібне виділення в гетценіті (Gotz), складається з цеоліту (т. 2; табл. 2, ан. 27), бурбанкіту (Bur), флюориту (Fl), нефеліну (т. 1; табл. 1, ан. 21), калішпату (Fsp), високозалізістого аніту (An), Sr-карбонату (Sr Cb); б – міаролоподібне виділення в гетценіті, складено цеолітом (т. 5; табл. 2, ан. 22), бурбанкітом, високозалізістим анітом, стронціанітом (Str), нефеліном (т. 3, 4, табл. 1, ан. 60, 61)

Таблиця 3. Мікрозондові аналізи калішпату з маліньїту (зразок 86-5/2)

Аналізи	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	64,53	64,01	63,84	57,40	62,92	59,60	63,65	64,21	64,29
Al ₂ O ₃	18,04	18,89	18,69	19,75	19,29	19,58	18,03	18,72	18,72
FeO	1,03	0	0,19	0,53	0	1,03	0,82	1,14	0,99
CaO	0	0,18	0	1,19	0	0	0	0	0
BaO	0,42	1,72	1,56	1,86	3,04	5,58	0,78	0,45	0,47
SrO	0	0	0	0	0	0,76	0	0	0
Na ₂ O	0,42	0	0,00	1,32	0	0,53	0,42	0,51	0,34
K ₂ O	15,99	16,11	16,15	13,31	15,50	13,06	15,38	15,96	16,13
Сума	100,43	100,91	100,44	95,81*	100,75	100,13	99,08	100,99	100,94
Мінали, мол. %									
Or	91,6	96,1	96,3	76,9	94,3	79,7	91,6	90,2	92,2
Ab	3,7	0	0	11,9	0	5,2	3,8	4,5	3,1
An	0	0,8	0	5,8	0	0	0	0	0
Cs	0,8	3,1	2,8	3,3	5,7	10,9	1,5	0,8	0,8
KFeSi ₃ O ₈	3,9	0	0,8	1,9	0	4,2	3,2	4,5	3,9

Аналізи	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	64,31	64,48	65,16	64,73	62,83	64,46	64,72	63,40	63,41
Al ₂ O ₃	18,48	18,44	17,84	18,44	19,16	18,40	18,84	19,24	19,41
FeO	0,78	0,78	0,89	0,95	0,39	1,05	0,54	0,64	0,61
CaO	0	0	0	0	0	0,15	0	0	0
BaO	1,33	0,58	0,66	0,64	2,37	0,52	0	1,82	1,61
SrO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	0,49	0,42	0	0	0	0	0	0,47	0,45
K ₂ O	15,56	16,15	15,85	16,15	15,35	15,62	15,54	14,32	14,41
Сума	100,95	100,85	100,4	100,91	100,1	100,2	99,78	100,0	100,0
Мінали, мол. %									
Or	89,9	92,2	91,5	91,2	92,5	88,3	96,7	89,1	89,4
Ab	4,5	3,6	3,9	4,1	1,4	5,8	1,2	4,5	4,5
An	0	0	0	0	0,0	0,8	0	0	0
Cs	2,5	1,1	1,1	1,1	4,3	0,8	0	3,6	3,0
KFeSi ₃ O ₈	3,1	3,1	3,4	3,6	1,7	4,2	2,1	2,7	3,0

* У суму входить 0,45 % F, що зумовлено, очевидно, захопленням пучком мікрозонда сусіднього зерна флюориту.

1 – калішпат з основної маси породи; 2, 3 – дрібні (близько 30 μm) виділення типу мікрміароли в гетценіті, що складається з калішпату, нефеліну, цеолітів, катапліту, ешиніту (аналізи нефеліну, див. табл. 1, ан. 20); 4, 5 – калішпат з різних мікроскопічних міаролоподібних виділень у гетценіті, що складається з флюориту, бурбанкіту, цеолітів, високозалістїої слюдки, канкринітизованого нефеліну; 6–13 – калішпат з основної маси породи; 14 – зросток калішпату й нефеліну в біотиті (аналіз нефеліну див. табл. 1, ан. 49); 15 – дрібне зерно калішпату в зростанні з нефеліном в оточенні титаніту, Sr-апатиту та стронціаніту (ан. нефеліну див. табл. 1, ан. 52); 16–18 аналізи калішпату з іншого зразка маліньїту (з ксенолітом рихтерит-флогопітової породи).

Аналізи 1–15 виконав В. В. Шаригін в Інституті геології і мінералогії СВ РАН на скануючому електронному мікроскопі MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), оснащеному системою мікроаналізу INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd). Аналізи 16–18 виконав аналітик О. А. Вишневський за допомогою растрового електронного мікроскопа JSM-6700F, обладнаного енергодисперсійною системою для мікроаналізу JED-2300 (“JEOL”, Японія) в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України (ІГМР).

Автори вдячні старшому науковому співробітнику ІГМР О. А. Вишневському за допомогу в аналітичному дослідженні калішпату із малиньїтів.

Роботу виконано за підтримки спільного наукового проекту НАН України і СВ РАН “Лужні метасоматити Приазов’я і Прибайкалля та їхня рудоносність”, договір № 07-06-12.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бутурлинов Н. В. Магматизм грабенообразных прогибов юга Восточно-Европейской платформы в фанерозое: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Киев, 1979. – 52 с.

2. Елисеєв Н. А., Кушев В. Г., Виноградов Д. П. Протерозойский интрузивный комплекс Восточного Приазовья. – М.-Л.: Наука, 1965. – 204 с.

3. Кривдик С. Г., Ткачук В. И. Петрология щелочных пород Украинского щита. – Киев: Наукова думка, 1990. – 408 с.

4. Кривдик С. Г., Амашукели Ю. А., Дубина А. В. Особенности процесса содалитизации пегматоидных мариуполитов Октябрьского массива (Украина)//Мат. XVIII Междунар. конф. “Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма”; Минск, 9–16 сентября 2011. – Минск: Право и экономика, 2011. – С. 107–108.

5. Кривдик С. Г., Гаценко В. О., Лунев Е. С., Вишневський О. А., Канунікова Л. І. Мінералого-петрологічні особливості малиньїтів Покрово-Киріївського масиву (Приазов’я, Україна)//Мінерал. журнал. – 2016. – № 2. – С. 52–71.

6. Минералогия Хибинского массива (минералы). Т. 2/Костылева-Лабунцова Е. Е., Борущкий Б. Е., Соколова М. Н., Шлюкова З. В., Дорфман М. Д., Дудкин О. Б., Козырева Л. В. – М.: Наука, 1978. – 586 с.

REFERENCES

1. Buturlinov N. V. Magmatism of graben-like depressions in the south of the East European platform in Phanerozoic: Abstr. Dr. of geol.-mineral. sci. – Kiev, 1979. – 52 p. (In Russian).

2. Eliseev N. A., Kushev V. G., Vinogradov D. P. Proterozoic intrusive complex of Eastern Azov area. – Moskva-Leningrad: Nauka, 1965. – 204 p. (In Russian).

3. Kryvdik S. G., Tkachuk V. I. Petrology of alkaline rocks of the Ukrainian Shield. – Kyiv: Naukova dumka, 1990. – 408 p. (In Russian).

4. Kryvdik S. G., Amashukeli Ju. A., Dubyna A. V. Sodalitization process features of pegmatoid from mariupolites from Oktyabrsky massif (Ukraine)//Mat. XVIII Intern. Conf. “The ore potential of alkaline, kimberlite and carbonate magmatism”; Minsk, 9–16 September 2011. – Minsk: Law and Economics, 2011. – P. 107–108. (In Russian).

5. Kryvdik S. G., Gatsenko V. O., Lunev E. S., Vyshnevskiy O. A., Kanunikova L. I. Mineralogical and petrological peculiarities of malinites of the Pokrovo-Kiriyivo massif (Azov area, Ukraine)//Mineralohichnyi zhurnal. – 2016. – № 2. – 2016. – P. 52–71. (In Ukrainian).

6. Kostyleva-Labuncova E. E., Boruckij B. E., Sokolova M. N. et. al. Mineralogy of Khibiny massif. In 2 v. – Moskva: Nauka, 1978. – 586 p. (In Russian).

Рукопис отримано 27.04.2016.

С. Г. Кривдик, Інститут геохімії мінералогії та рудообформування імені Н. П. Семіненка НАН України, kryvdik@ukr.net,

В. В. Шарьгін, Інститут геології та мінералогії ім. В. С. Соболева СВ РАН, Новосибірський державний університет, sharygin@igm.nsc.ru,

В. А. Гаценко, Інститут геохімії мінералогії та рудообформування імені Н. П. Семіненка НАН України, vera.gatsenko@ukr.net,

Е. С. Лунев, Інститут геохімії мінералогії та рудообформування імені Н. П. Семіненка НАН України, lunev_00@ukr.net

ФЕЛЬДШПАТОИДЫ МАЛИНЬИТОВ ПОКРОВО-КИРЕЕВСКОГО МАССИВА (ПРИАЗОВЬЕ, УКРАИНА)

В малиньитах Покрово-Киреевского массива фельдшпатоиды представлены нефелином, содалитом, канкринитом и вишневитом. Первые два являются первичными минералами малиньитов. Выделено две генерации нефелина: ранний, наиболее часто встречаемый (I генерации) и поздний (II генерации). Нефелин I генерации представлен идиоморфными

и субидиоморфными пойкилитовыми включениями в других породообразующих минералах (калишпате, биотите, амфиболе, иногда в пироксене). Нефелин II генерации выделяется в миаролоподобных включениях, которые состоят из мелкозернистого агрегата цеолитов, флюорита, стронцианита, бурбанкита. Для раннего нефелина характерным является повышенное содержание железа (до 3,6 % FeO), в то время как в одноименном минерале II генерации железо отсутствует. В расчетах на минеральный состав железом вводилось в гипотетический минерал $\text{NaFe}^{3+}\text{SiO}_4$. Предполагается, что минерал вместе со сверхстехиометрическим SiO_2 может образовывать эксолуционные вростки эгирина в процессе субсолидусных преобразований нефелина. Нефелин I генерации характеризуется невысоким содержанием кремнеземистого (Q) минерала и повышенным – кальсилитового минерала (KAlSiO_4 – до 27 мольн. %) по сравнению с нефелинами из щелочных пород других массивов Украинского щита. В нефелине II генерации содержание кремнеземистого минерала намного ниже, до нулевого, что в связи с известным нефелиновым термометром является еще одним подтверждением более низкотемпературных условий образования нефелина II генерации.

Содалит является вторым первичным фельдшпатоидом малиньитов. Он представлен более крупными, чем нефелин изометричными ромбододекаэдрическими кристаллами. Содалит образовался позднее нефелина и независимо от него, но раньше гетценита. Химический состав содалита соответствует стехиометрическому для этого минерала.

В статье также кратко рассмотрены цеолиты и калишпат из малиньитов. Приведены результаты химического анализа этих минералов.

Наличие повышенного содержания железа в нефелине объясняется агаитовым характером исходного (малиньитового) расплава, из которого помимо нефелина и содалита кристаллизовались щелочные пироксены и амфиболы, гетценит, катаплеит, Sr-апатит.

Ключевые слова: малиньит, железосодержащий нефелин, содалит, канкринит, вишневит, цеолиты, калишпат.

S. G. Kryvdik, M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine, kryvdik@ukr.net,

V. V. Sharygin, V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk State University, sharygin@igm.nsc.ru,

V. O. Gatsenko, Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine, vera.gatsenko@ukr.net,

E. S. Lunev, Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine, lunev_00@ukr.net

FELDSPARS FROM MALIGNITE OF POKROVO-KYRIYIVO MASSIF (AZOV SEA REGION, UKRAINE)

In malignites of the Pokrovo-Kiryivo massif, foid minerals are represented by nepheline, sodalite, vishnevit and cancrinite. The first two minerals are the primary malignite minerals. Two generations of nepheline have been fixed: early, the most common (I generation) and late (II generation). Nepheline of the first generation is represented by idiomorphic and subidiomorphic poikilitic inclusions in other rock-forming minerals (potassium feldspar, biotite, amphibole, sometimes clinopyroxene). Nepheline of the second generation occurs in miarole-like inclusions, which consist of fine-grained zeolite aggregate, fluorite, strontianite, burbankite. The increasing iron content (up to 3,6 % FeO) is characteristic for early nepheline, whereas in the same mineral of the second generation the iron is absent. Microprobe analyses of minerals were performed using a MIRA 3 LMU (Tescan Ltd) scanning microscope at IGM SB RAS.

In the calculations of end-members all iron is considered as a hypothetical $\text{NaFe}^{3+}\text{SiO}_4$. It is assumed that the mineral with superstoichiometric SiO_2 can form exsolution ingrowths of aegirine during subsolidus nepheline transformations. Nepheline of the first generation is characterized by low content of silica (Q) and higher kalsilite content (KAlSiO_4 – up to 27 mole %) in comparison with the nepheline from alkaline rocks of other occurrences of the Ukrainian shield. In the second generation

nepheline the content of silica is much lower or zero. In addition to nepheline thermometer, it is another evidence for low-temperature formation of the second generation nepheline.

Sodalite is the second primary foid in malignites. It forms rhombododecahedron crystals, which are larger than nepheline. Sodalite is formed later and independently of nepheline, but before götzenite. The chemical composition of sodalite is close to ideal formula.

Zeolites and K-feldspar from malignites are also briefly considered in the article. The results of chemical analysis of these minerals are present.

The appearance of high iron content in nepheline is related to agpaitic nature of the initial (malignite) melt from which in addition to nepheline and sodalite, alkaline clinopyroxene and amphibole, götzenite, catapleiite, Sr-apatite were crystallized.

Keywords: *malignite, iron-rich nepheline, sodalite, cancrinite, vishnevite, zeolites, K-feldspar.*