МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ
MINERALOGICAL JOURNAL
(UKRAINE)

УДК 552.331 (477.7)

С.Г. Кривдік [1], В.В. Шаригін [2,3], В.О. Гаценко [1], Є.С. Луньов [1], С.В. Кушнір [1]

[1] Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: kryvdik@ukr.net, vera.gatsenko@ukr.net; lunev_00@ukr.net
[2] Федер. держ. бюджет. установа науки Інститут геології і мінералогії ім. В.С. Соболєва СВ РАН
630090, м. Новосибірськ, РФ, пр-т Акад. Коптюга, 3
[3] Федер. держ. бюджет. освіт. установа вищ. проф. освіти Новосибірський державний університет
630090, м. Новосибірськ, РФ, вул. Пирогова, 1
E-mail: sharygin@igm.nsc.ru

НЕФЕЛІНОВІ СІЄНІТИ ПОКРОВО-КИРІЇВСЬКОГО МАСИВУ (ПРИАЗОВ'Я, УКРАЇНА)

Девонський Покрово-Киріївський масив розташований у зоні зчленування Приазовського мегаблоку Українського щита і складчастої структури Донбасу. Цей масив складений сублужними й лужними породами: піроксенітами, верлітами, габро, маліньїтами, нефеліновими та псевдолейцитовими сієнітами, також їхніми дайковими аналогами. Не зважаючи на досить задовільну вивченість різних типів порід цього масиву у другій половині XX ст., речовинний склад нефелінових порід — нефелінових сієнітів (ювітів) та маліньїтів потребує детального дослідження на сучасному рівні. Нами опубліковано серію статей, в яких представлено результати вивчення мінералого-петрологічних особливостей маліньїтів Покрово-Киріївського масиву. *Об'єктом дослідження* цієї статті є речовинний склад нефелінових сієнітів (ювітів) Покрово-Киріївського масиву. *Мета роботи* — детальне дослідження на сучасному рівні речовинного складу нефелінових сієнітів Покрово-Киріївського масиву та петрогенетична інтерпретація отриманих даних. Хімічний склад мінералів нефелінових сієнітів визначено за допомогою методу мікрозондового аналізу з використанням: рентгенівського мікроаналізатора *JXA*-733 (*JEOL*, Японія) в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) ім. М.П. Семененка НАН України та сканувального електронного мікроскопа *MIRA* 3 *LMU* (*Tescan Ltd*), обладнаного системою мікроаналізу *INCA Energy* 450 *XMax*-80 (*Oxford Instruments Ltd*), в Інституті геології і мінералогії ім. В.С. Соболєва Сибірського відділення РАН. Речовинний склад порід визначено методом силікатного аналізу в хімічній лабораторії ІГМР НАН України. Також залучено раніше опубліковані геохімічні дані, отримані методом *ICP-MS*. *Висновки***:** нефелінові сієніти Покрово-Киріївського масиву відповідають ювітам. Набір породоутворювальних мінералів ювітів подібний до такого маліньїтів. Винятком є амфіболи, яких не виявлено в ювітах. Головні особливості мінералів маліньїтів різною мірою проявлені й в ювітах. Водночас, фемічні мінерали ювітів більш залізисті та лужні, ніж однойменні мінерали маліньїтів. Це, як і висока загальна залізистість ювітів, свідчить про вищий ступінь диференційованості порід відносно маліньїтів. Ювіти характеризуються підвищеним або високим вмістом таких несумісних елементів-домішок, як: Y, Nb, Zr, Ba, Sr, Rb, РЗЕ. Проте в ювітах нижчий, ніж у маліньїтах вміст цих та деяких інших елементів-домішок, що не зовсім зрозуміло, якщо зважати на те, що перші є більш диференційованими породами у порівнянні з другими.

Ключові слова: Покрово-Киріївський масив, Приазов'я, нефелінові сієніти, ювіти, егірин, тетраферианіт, Саринкіт.

© С.Г. КРИВДІК, В.В. ШАРИГІН, В.О. ГАЦЕНКО, Є.С. ЛУНЬОВ, С.В. КУШНІР, 2017

Вступ. Девонський Покрово-Киріївський масив розташований у зоні зчленування Приазовського мегаблоку Українського щита (УЩ) та складчастої структури Донбасу. Масив складений сублужними й лужними повнокристалічними, дайковими та вулканічними породами, взаємовідносини між якими поки що однозначно не визначено. Вважають [1, 3], що повнокристалічні сублужні піроксеніти, габро з підпорядкованою кількістю титанавгітових

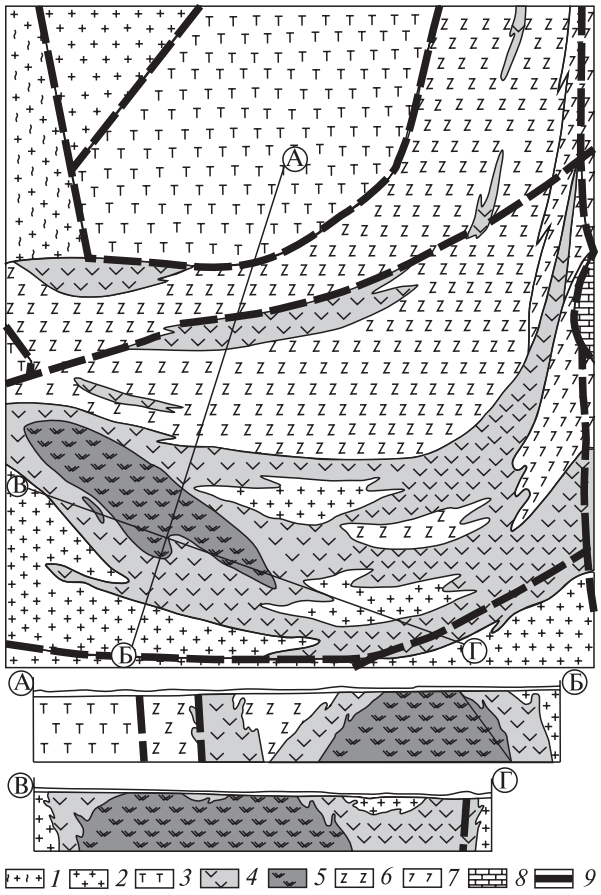

Рис. 1. Схема розповсюдження лужних порід Покрово-Киріївського масиву [1]: *1* — гнейси, мігматити (Ar); *2* — граніти, граносієніти та гранодіорити (Pt_2); *3* — піроксеніти, перидотити, рудні піроксеніти, габропіроксеніти (D_2); *4* — маліньїтоподібні та фонолітоїдні породи (D_3); *5* — нефелінові сієніти (D_3); *6* — ефузивна товща базальтоїдів (D_3); *7* — змінені (калішпатизовані, карбонатизовані та ін.) базальтоїди; *8* — вапняки (C_1); *9* — тектонічні порушення

Fig. 1. The scheme of alkaline rocks distribution at Pokrovo-Kyriyivo massif [1]: *1* — gneiss, migmatites (Ar); *2* — granite, granodiorite and granosienite (Pt_2); *3* — pyroxenites, peridotite, ore pyroxenites, gabbro-pyroxenites (D_2); *4* — malignitelike and phonolitelike rock (D_3); *5* — nepheline syenites (D_3); *6* — effusive basaltoid (D_3); *7* — alternated basaltoids; *8* — limestone (C_1); *9* — geological separation

верлітів є найбільш ранніми породами. Буровими свердловинами виявлено два тіла основних-ультраосновних порід, а за геофізичними даними намічається третє [20]. Різноманітні вулканіти належать до другої магматичної фази, а лужні породи (маліньїти й нефелінові сієніти) — до третьої. Нефелінові породи — маліньїти та нефелінові сієніти утворюють в складі Покрово-Киріївського масиву порівняно невелике геологічне тіло — інтрузію близько 10 км^2. Масив нефелінових сієнітів, згідно з різними геологічними схемами [1, 3, 7], залягає серед протерозойських гранітів, граносієнітів і гранодіоритів, які належать до хлібодарівського комплексу або так званої максимівської асоціації та девонських вулканітів основного складу антонівської світи [20]. Цими вулканітами нефелінові породи відділяються від інтрузій піроксенітів (рис. 1).

Взаємовідношення ефузивів основного складу з інтрузивними породами остаточно не з'ясовані: в роботі [7] їх віднесено до складу Покрово-Киріївської структури (масиву), а в [1] їх розглядають як утворення другої магматичної фази. Не визначені й відношення більш меланократових нефелінових порід — маліньїтів із власне нефеліновими сієнітами. Зауважимо, що маліньїти це також один з різновидів нефелінових сієнітів — збагачений польовим шпатом ійоліт [8]. Більшість попередніх дослідників вважають, що маліньїти та нефелінові сієніти утворюють одне інтрузивне тіло і між цими породами існують переходи, хоча на одній з опублікованих геологічних схем [1] нефелінові сієніти зображені як лінійно-витягнута інтрузія серед маліньїтів. За результатами попередніх досліджень [11] та отриманих на даний час додаткових даних, автори цієї статті схильні вважати, що маліньїти та більш лейкократові нефелінові сієніти є дискретними породами за своїми петрологічними, мінералогічними та геохімічними особливостями. Перевірити їхні геологічні взаємовідношення нині практично неможливо, позаяк нефелінові сієніти спостерігалися тільки в свердловинах, а керновий матеріал із цих порід в Приазовській експедиції, яка виконувала розвідувально-пошукові роботи на території Покрово-Киріївського масиву, не зберігся. Наші дослідження нефелінових сієнітів, за результатами яких переважно підготовлено цю статтю, здійснено за колекціями порід відділу регіональної та генетичної мінералогії та частково І.Д. Царовсько-

го з фонду керносховища Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка (ІГМР) НАН України (м. Київ). У попередній нашій публікації [11] детально розглянуті маліньїти Покрово-Киріївського масиву: лише побіжно для порівняння наведено короткі відомості про нефелінові сієніти.

Зауважимо, що останнім часом виявлено меланократову олівінвмісну дайкову породу, яка перетинає ювіти, що свідчить про складнішу послідовність виверження магматичних порід Покрово-Киріївського масиву, ніж це вважали раніше. Цю дайкову породу ми нині досліджуємо й опишемо її в окремій статті.

Мета статті — детальне дослідження на сучасному рівні речовинного складу нефелінових сієнітів Покрово-Киріївського масиву і петрогенетична інтерпретація отриманих даних.

Методи дослідження. Петрографічні дослідження шліфів, під час яких визначено породоутворювальні, другорядні й частково акцесорні мінерали нефелінових сієнітів та їхні структурні взаємовідношення виконано в ІГМР НАН України за допомогою оптичного поляризаційного мікроскопа *ECLIPSE LV*100*POL* (*Nikon*) у наскрізному та відбитому світлі. Протолочні проби вивчено під бінокуляром. Хімічний склад мінералів нефелінових сієнітів визначено за допомогою методу мікрозондового аналізу з використанням: рентгенівського мікроаналізатора *JXA*-733 (*JEOL*, Японія) в ІГМР НАН України, аналітик С.І. Курило та скануального електронного мікроскопа *MIRA* 3 *LMU* (*Tescan Ltd*), обладнаного системою мікроаналізу *INCA Energy* 450 *XMax*-80 (*Oxford Instruments Ltd*), в Інституті геології і мінералогії ім. В.С. Соболєва СВ РАН, аналітик В.В. Шаригін. Отримано фотографії в зворотно-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. Для порівняння використано переважно прості хімічні сполуки та метали: SiO_2 (Si, O), Al_2O_3 (Al), діопсид (Mg, Ca), альбіт (Na), ортоклаз (K), $Ca_2P_2O_7$ (P), BaF_2 (Ba, F), пірит (S), $CsRe_2Cl_6$ (Cs, Cl), Ti, Fe, Mn, Zn та ін. Для кількісної оптимізації (нормування на струм зонда та калібрування спектрометра по енергії) використано металічний Co. Речовинний склад порід визначено методом силікатного аналізу в хімічній лабораторії ІГМР НАН України, аналітик О.П. Красюк. Крім того, для порівняння залучено раніше опубліковані геохімічні дані щодо лужних порід інших масивів УЩ і світу [1, 3, 6, 7, 16, 19], а також результати аналізів маліньїту та ювіту Покрово-Киріївського масиву, виконаних методом *ICP-MS* [6].

Різновиди нефелінових сієнітів Покрово-Киріївського масиву. Класифікація плутонічних нефелінових порід Покрово-Киріївського масиву, згідно з опублікованими роботами [1, 3, 7], є досить неоднозначною, інколи навіть суперечливою. Загалом виділяють меланократові породи — маліньїти і більш лейкократові — нефелінові сієніти. Проте серед останніх виділяють як власне нефелінові сієніти, так і ювіти [7]. Крім того, ці та інші дослідники [18] вважають, що між маліньїтами та нефеліновими сієнітами існують перехідні породи (маліньїто-ювіти). Власне маліньїти теж належать до меланократових нефелінових сієнітів. Принагідно зазначимо, що в Петрографічних кодексах України та Росії, у рекомендованих науковцями Інституту геології рудних родовищ, петрографії, мінералогії і геохімії Російської академії наук монографіях стосовно магматичних порід [8, 17], маліньїти та ювіти розглядають як збагачені (15—30 %) лужними польовими шпатами ійоліти та уртити відповідно. При цьому рекомендовано виділяти ювіти як окремий вид.

Назву ювіт (від р-ну Ювет) було введено Б. Брьоггером [2, 21] для крупнозернистого нефелінового сієніту з карбонатитового комплексу Фен. Мінеральний склад ювіту Норвегії, %: калішпат ($Or_{77}Ab_{23}$) — 51, нефелін та продукти його заміщення (канкриніт, мусковіт) — 36, егірин-діопсид + біотит — 3, кальцит — 3, сфен, апатит, рудний мінерал — 3. Загалом він подібний або ідентичний мінеральному складу нефелінових сієнітів Покрово-Киріївського масиву, які в подальшому ми називаємо ювітами. Порівнювані породи подібні і за хімічним складом, який наведено в табл. 1.

Спроба розділити нефелінові сієніти Покрово-Киріївського масиву на власне нефелінові сієніти та ювіти [7], а також виділити проміжні різновиди між цими породами нам видається невдалою. Так, наприклад, у роботі [7] на с. 124—126 і 134 наведено результати хімічного аналізування та вивчення мінерального складу названих порід. Якщо порівняти

Таблиця 1. **Хімічний склад нефелінових сієнітів (ювітів) Покрово-Киріївського масиву**

Table 1. **Chemical composition of nepheline syenites (juvites) of the Pokrovo-Kyriyivo massif**

Номер з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Номер зразка	—	504/84	—	—	—	—	—	—	497/84	—	487/87c	—	948	—	630	634	686	—	—	—
SiO_2	51,41	49,31	52,68	50,50	48,98	49,46	50,83	51,48	47,62	48,62	50,78	49,56	51,58	50,77	54,05	50,73	50,06	50,34	51,63	51,83
TiO_2	0,47	0,57	1,31	1,26	1,35	0,79	0,85	0,84	0,37	0,57	0,81	1,04	0,87	0,83	0,65	1,06	1,85	1,62	1,87	1,39
Al_2O_3	20,41	20,79	19,67	20,70	19,06	19,67	19,78	20,85	19,65	19,83	21,77	19,20	20,34	20,91	19,03	19,43	20,00	19,22	20,67	20,45
Fe_2O_3	1,08	2,63	4,80	2,70	5,23	2,19	3,67	2,99	1,53	2,47	3,23	3,34	3,12	3,90	3,11	2,32	3,14	2,63	2,74	2,22
FeO	1,55	2,73	1,19	2,44	2,47	4,57	1,59	2,86	3,31	3,16	1,15	2,92	1,81	1,87	3,15	3,12	3,08	2,85	2,90	2,61
MnO	0,06	0,36	0,21	0,23	0,21	0,32	0,26	0,31	0,62	0,40	0,27	0,30	0,38	0,36	0,27	0,20	0,21	0,13	0,35	0,06
MgO	0,10	0,90	0,64	1,93	0,81	0,28	0,73	1,08	1,14	1,30	1,03	1,01	0,60	0,90	2,70	1,01	3,13	2,72	0,96	2,32
CaO	4,27	2,36	2,08	2,94	4,95	3,83	3,33	2,52	3,42	4,60	3,11	3,87	2,46	3,01	0,70	2,89	3,05	2,83	2,39	2,61
Na_2O	6,67	7,34	7,46	7,85	7,42	7,62	6,80	5,83	6,32	5,88	6,25	7,07	6,25	3,41	1,00	0,21	2,99	3,77	4,53	2,55
K_2O	8,21	9,86	8,49	7,65	6,67	8,21	8,40	8,46	8,28	8,96	9,28	7,54	9,47	8,88	12,34	12,75	8,17	8,68	10,25	9,20
P_2O_5	0,36	0,11	—	0,16	0,09	0,11	0,07	0,13	0,15	0,15	0,04	0,10	—	—	—	—	0,17	0,17	—	—
H_2O^-	0,19	0,40	0,09	0,09	—	0,39	0,20	0,06	0,47	0,46	0,30	—	0,43	0,90	0,64	0,48	0,37	—	—	—
H_2O^+	2,01	—	1,07	—	—	—	2,16	—	—	—	2,49	—	—	—	—	—	2,93	—	0,81	2,55
BaO	0,05	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,36		—	—	—
ZrO_2.	0,04	—	—	—	—		0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
В. п. п.	—	2,16	—	1,54	—	0	—	2,04	6,58	3,12	0	2,32	1,82	3,59	2,53	1,75	0	3,59	—	2,26
S (SO_3)	0,27	0,02	—	(0,14)	—	—	(0,14)	0,10	0,10	0,03	(0,06)	(0,33)	0,10	0,16	0,15	—	0,18	(0,12)	—	—
CO_2	3,04	—	—	0,21	2,40	1,98	—	—	—	—	—	—	0,98	0,27	0,16	4,14	0,46	—	—	—
F	0,02	—	—	0,07	—	—	0,40	—	—	—	0,18	—	—	—	—	—	0,02	—	—	0,14
Cl	—	—	—	0,05	—	—	0,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—	—	—
Сума	100,21	99,54	99,69	100,32	99,64	99,42	99,45*	99,55	99,56	99,55	100,75	98,60	100,21	99,76	100,48	100,45	99,82	98,67	99,10	100,19
F	0,96	0,86	0,90	0,73	0,90	0,96	0,88	0,84	0,81	0,81	0,81	0,86	0,89	0,87	0,70	0,84	0,67	0,67	0,85	0,68
(Na + K)/Al	0,98	1,09	1,09	1,02	1,02	1,03	1,03	0,90	0,99	0,98	0,93	1,03	1,03	0,73	0,79	0,73	0,69	0,81	0,90	0,69
$Na_2O + K_2O$	14,88	17,20	15,95	15,50	14,09	15,83	15,20	14,29	14,60	14,84	15,53	14,61	15,72	12,29	13,34	12,96	11,16	12,45	14,78	11,75

П р и м і т к а. * В суму входить 0,11 % TR_2O_3, F = (FeO + Fe_2O_3)/(FeO + Fe_2O_3 + MgO); 1 — ювіт із району Ювет, комплекс Фен [2, 21]; 2 — ювіт, св. 325, гл. 64,5—65,5 м; 3—8 — ювіти та нефелінові сієніти, св. 173 (ан. 7 — середня проба, за [7]; 9, 10 — ювіти, св. 325, гл. 105,5 та 77,5 м; 11 — св. 187 [7]; 12 — середній склад нефелінових сієнітів з 12 аналізів [3]; 13 — ювіт свіжий [16]; 14 — нефеліновий сієніт зі зміненим нефеліном і свіжими фемічними мінералами [16]; 15 — змінений нефеліновий сієніт — змінений нефелін і хлоритизовані фемічні мінерали [16]; 16 — змінений нефеліновий сієніт з карбонатизованими фемічними мінералами [16]; 17 — псевдолейцитовий тингуаїт-порфір (за [7] — фоноліт) [19]; 18 — псевдолейцитовий тефрифоноліт [3]; 19, 20 — нефелін-калішпатові порфіри (19, 20 — середнє з 10 аналізів) [1]. Ан. 2, 9—11 виконано в ІГМР НАН України, аналітик О.П. Красюк.

N o t e. * The amount is also include 0.11 % TR_2O_3, F = (FeO + Fe_2O_3)/(FeO + Fe_2O_3 + MgO); 1 — juvite from Juvet area of Fen complex [2, 21]; 2 — juvite, borehole 325, depth 64.5—65.5 m; 3—8 — nepheline syenite and juvite, borehole 173 (an. 7 — average sample, in [7]; 9, 10 — juvites, borehole 325, depth 105.5 and 77.5 m; 11 — borehole 187 [7]; 12 — the average composition of nepheline syenites of 12 tests [3]; 13 — fresh juvite [16]; 14 — nepheline syenite with altered nepheline and fresh femic minerals [16]; 15 — altered nepheline syenite — altered nepheline and chloritized femic minerals [16]; 16 — altered nepheline syenite with carbonations femic minerals [16]; 17 — pseudoleucite tynhuaite-porphyry (in [7] — phonolite) [19]; 18 — pseudoleucite tefryphonolite [3]; 19, 20 — nepheline-alkali feldspar porphyry (19, 20 — the average of 10 tests) [1]. Tests 2, 9—11 made in Ukraine (M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation (IGMOF) of the NAS of Ukraine), analyst O.P. Krasyuk.

хімічні аналізи та мінеральний склад деяких нефелінових порід, наприклад, так званих проміжних між нефеліновими сієнітами й маліньїтами, то їхні хімічні аналізи не відрізняються від типових маліньїтів, а один із таких аналізів "проміжної породи" виявився навіть дещо більш меланократовим (більше Fe_2O_3, TiO_2 і менше Al_2O_3 і K_2O), ніж типові маліньїти. Водночас з наведеної таблиці щодо мінерального складу [7, с. 134—135] видно, що ювіти відрізняються від нефелінових сієнітів дещо вищим вмістом нефеліну (44—48 і 24—35 відповідно) та нижчим — ортоклазу (36—39 і 50—64). Попри те, що породи, представлені в таблиці, названі авторами нефеліновими сієнітами, за хімічними характеристиками вони, згідно з Петрографічним кодексом, відповідають ювітам. Також ці ювіти досить подібні або ідентичні між собою за хімічним складом.

За нашими спостереженнями, які подано нижче, поділ нефелінових сієнітів і виділення проміжних різновидів між маліньїтами та нефеліновими сієнітами зумовлений неоднорідним розподілом породоутворювальних мінералів як у маліньїтах, так і в нефелінових сієнітах. Є підстави вважати, що серед останніх різко переважають ювіти, або ними представлені всі нефелінові сієніти й тільки незначна частина нефелінових сієнітів відхиляється у бік фойяїтів зі зменшенням кількості нефеліну і вмісту Na_2O і K_2O в породах. Проте ці варіації хімічного складу можуть бути зумовлені вторинними перетвореннями порід — заміщенням нефеліну серицитом, карбонатизацією та хлоритизацією фемічних мінералів.

Як видно з геологічної схеми (рис. 1), взятої з роботи [1], нефелінові сієніти (ювіти) виділяються як вузька інтрузія північно-західного простягання серед маліньїтів, причому ювіти переважають над маліньїтами. Спираючись на наведені в цитованій літературі та авторські результати хімічного аналізування порід, спостереження кернового матеріалу та шліфів ми вважаємо, що маліньїти та ювіти як дискретні за складом породи є продуктами кристалізації двох самостійних інтрузивних фаз. Також у Покрово-Киріївському масиві виділяються так звані фонолітоїдні породи та тингуаїти, які дискретні за хімічним і, очевидно, мінеральним складом. Перші з них є вулканічними аналогами маліньїтів, а другі — дайковими фельдшпатоїдними сієнітами. Імовірно, що типові фоноліти в Покрово-Киріївському масиві

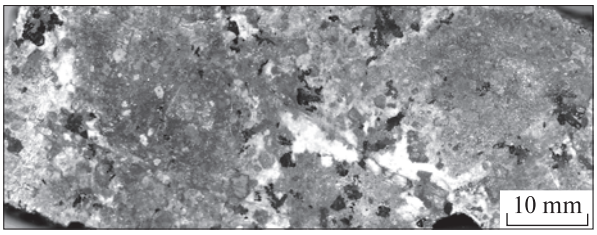

Рис. 2. Зовнішній вигляд нефелінового сієніту (ювіту) у зразку (керн св. 325, гл. 86-91 м)

Fig. 2. Appearance of nepheline syenite (juvite) in the sample (borehole 325, depth 86-91 m)

відсутні або достовірно не описані. Породи, названі фонолітоїдними, відповідають або близькі за хімічним складом до маліньїтів. Тобто, як плутонічні і вулканічні та гіпабісальні (дайкові) нефелінові породи є досить дискретними за хімічним і мінеральним складом. Хімічні аналізи типових ювітів (ан. 2—16) та дайкових аналогів фельдшпатоїдних сієнітів (ан. 17—20) наведено в табл. 1.

Текстурно-структурні особливості та мінеральний склад ювітів Покрово-Киріївського масиву. Ювіти в переважній більшості — світлі лейкократові крупно- нерівномірнозернисті, ділянками пегматоїдні породи. На змінених інтервалах вони набувають сірувато-рожевого до сіро-червоного кольору. У роботі [7] згадано дрібнозернисті різновиди піроксенових ювітів, які ми не спостерігали. Вміст фемічних мінералів: зеленого піроксену, оранжево-бурого біотиту, Са-ринкіту та рудних мінералів досягає 15—20 %. Однак, головні мінерали — калішпат (ортоклаз) і нефелін розподілені досить нерівномірно (рис. 2). Перший переважає (50—60 %), а вміст нефеліну ділянками досягає 45—48, частіше 30—35 %. Імовірно, що в породах відбувалася кумуляція цього мінералу. Для ювітів характерні гломеропорфірові скупчення фемічних мінералів у крупних зернах калішпату.

Породоутворювальні мінерали ювітів. До теперішнього часу мінералогія ювітів залишались слабо вивченою. Треба згадати лише наведені в трьох роботах [3—5] хімічні аналізи Са-ринколіту, поодинокі аналізи калішпату, піроксену та біотиту з цих порід.

Калієвий польовий шпат є головним породоутворювальним і найбільш ксеноморфним мінералом ювітів. Зерна мінералу мають великі розміри (від перших сантиметрів). Повсюдно в калішпаті наявні пойкілітові включення ідіоморфних кристалів нефеліну, які мають у

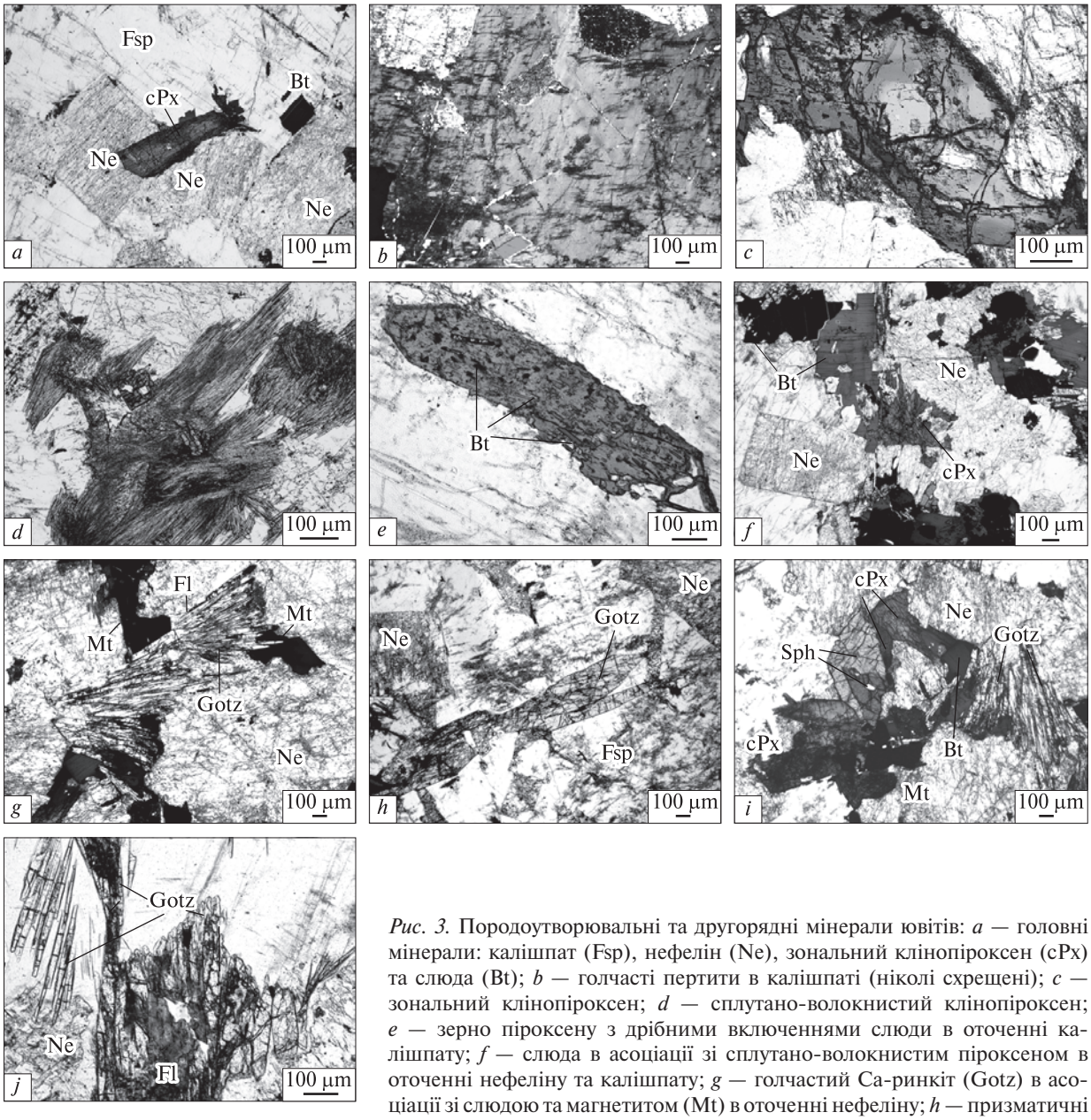

Рис. 3. Породоутворювальні та другорядні мінерали ювітів: *a* — головні мінерали: калішпат (Fsp), нефелін (Ne), зональний клінопіроксен (cPx) та слюда (Bt); *b* — голчасті пертити в калішпаті (ніколі схрещені); *c* — зональний клінопіроксен; *d* — сплутано-волокнистий клінопіроксен; *e* — зерно піроксену з дрібними включеннями слюди в оточенні калішпату; *f* — слюда в асоціації зі сплутано-волокнистим піроксеном в оточенні нефеліну та калішпату; *g* — голчастий Ca-ринкіт (Gotz) в асоціації зі слюдою та магнетитом (Mt) в оточенні нефеліну; *h* — призматичні кристали Ca-ринкіту в оточенні зміненого калішпату та нефеліну, *i* — здвійниковане зерно сфену в асоціації з піроксеном, магнетитом та слюдою, *j* — флюорит в асоціації з Ca-ринкітом

Fig. 3. Rock-forming and secondary minerals of juvites: *a* — major minerals: K-feldspar (Fsp), nepheline (Ne), zonal clinopyroxene (cPx) and biotite (Bt); *b* — holocrystalline pertites in K-feldspar; *c* — zonal clinopyroxene; *d* — matted-fiber clinopyroxene; *e* — pyroxene grains with small inclusions in biotite K-feldspar environment; *f* — biotite in association with matted fibrous pyroxene surrounded with nepheline and K-feldspar; *g* — needle Ca-rinkite (Gotz) in association with biotite and magnetite (Mt) surrounded by nepheline; *h* — prismatic crystals of Ca-rinkite surrounded by altercated K-feldspar and nepheline; *i* — twinned grain of sphene in association with pyroxene, magnetite and biotite; *j* — fluorite in association with Ca-rinkite

шліфах квадратні, прямокутні, шестикутні розрізи (рис. 3, *a*) та інших мінералів. За цією ознакою ювіти подібні до маліньїтів, докладно описаних нами раніше [11]. Проте в слюдах, піроксені та Ca-ринкіті включення нефеліну відсутні, чим ці породи суттєво відрізняються від маліньїтів. Також для калішпату характерні слабко виражені гілкоподібні пертити (рис. 3, *b*), які часто заміщені серицитом. Калішпат є найбільш стійким до вторинних змін мінералом ювітів, але в суттєво перероблених породах спостерігається його побуріння, спричинене

частковою серицитизацією. За хімічним складом калішпат відповідає майже чистому ортоклазу $Or_{88-100}Ab_{0-12}$ з невеликою домішкою FeO (до 0,74 мас. %).

Нефелін в ювітах, на відміну від маліньїтів, представлений кристалами середнього, а частіше великого розміру. Цей мінерал досить часто заміщений серицитом, іноді до утворення променисто-волокнистого агрегату дрібних лусок, канкринітом, рідше содалітом, буруватим шпреуштейном (агрегатом серициту та гідроксидів заліза, можливо, цеолітів). Раніше вживали термін лібенеритизація нефеліну, вважаючи, що дрібнозерниста слюда, яка заміщує нефелін, належить до натрієвого різновиду. Проте, як показали пізніші дослідження, ця слюда є мусковітом (серицитом). Содаліт, підтверджений у маліньїтах результатами мікрозондового дослідження [13], також присутній в ювітах як вторинний мінерал, який заміщує нефелін, але кількість його незначна.

Вибіркові результати мікрозондового дослідження хімічного складу нефеліну ювітів представлені у табл. 2. Компонентний склад його відповідає, мас. %: Ne — 70—75, Ks — 22—25, Q — 0—2,6. У нефеліні ювітів, як і в цьому мінералі із маліньїтів, що досліджений нами раніше [13], фіксується наявність заліза від 0,61 до 2,7 мас. %. Вміст FeO в нефеліні першої генерації маліньїтів є набагато більшим (до 4,85 мас. %). Взагалі хімічний склад нефеліну ювітів є близьким до так званого стандартного нефеліну Морозевича, але з дещо підвищеним вмістом калію (до 8,0 мас. % K_2O).

Головним фемічним мінералом ювітів є *клінопіроксен* яскравого зеленого кольору. У шліфах спостережено дві форми виділення цього мінералу. Першою і більш розповсюдженою є, як і в маліньїтах [11, 12], фенокристи, де великі ідіоморфні зерна (1—2 мм) складаються з ядра та оболонки (рис. 3, *a*, *c*, *i*). Оболонка представлена різновидом насиченого зеленого кольору, а ядро — світло-зеленим піроксеном. На відміну від маліньїтів, фенокристи клінопіроксену ювітів часто мають неправильну форму (рис. 3, *c*). У більшості фенокристів погасання принаймні оболонки пряме чи близьке до такого, що свідчить про суттєво егіриновий склад. У ювітах відсутні мікроліти піроксенів, але спостерігається волокнистий різновид

Таблиця 2. **Результати вибіркового мікрозондового аналізу нефеліну з ювітів Покрово-Кириївського масиву (зр. 325-44)**
Table 2. **The microprobe analysis of nepheline from juvites of the Pokrovo-Kyriyivo massif (sample 325-44)**

Номер з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO_2	41,08	41,71	41,29	41,84	41,15	42,67	41,74	41,64	41,36	41,16	41,22	41,23	42,47
Al_2O_3	33,66	33,84	34,16	33,09	33,15	32,31	32,87	33,48	34,21	33,99	34,31	34,21	31,84
FeO	1,47	1,03	0,66	1,96	2,02	1,99	2,11	1,36	0,97	1,26	0,69	0,61	2,70
Na_2O	16,1	15,97	16,12	15,86	15,78	15,96	15,77	15,9	15,82	15,89	15,85	15,97	15,96
K_2O	7,7	7,42	7,77	7,25	7,9	7,06	7,51	7,62	7,65	7,7	7,94	7,98	7,03
Сума	100	99,99	100	100,01	100	100	100	100,01	100	100	100	100	100
Формульні коефіцієнти (розрахунок на 12 катіонів)													
Si	4,01	4,07	4,02	4,1	4,03	4,18	4,09	4,07	4,04	4,02	4,02	4,02	4,17
Al	3,87	3,89	3,92	3,82	3,83	3,74	3,8	3,86	3,94	3,91	3,94	3,93	3,69
Fe	0,12	0,08	0,05	0,16	0,17	0,16	0,17	0,11	0,08	0,10	0,06	0,05	0,22
Na	3,04	3,02	3,04	3,01	3,00	3,03	3,00	3,01	2,99	3,01	3,00	3,02	3,04
K	0,96	0,92	0,96	0,91	0,99	0,88	0,94	0,95	0,95	0,96	0,99	0,99	0,88
Мінали, мас. %													
$NaAlSiO_4$	73,13	73,48	74,73	71,3	70,75	71,8	70,58	72,54	72,87	72,64	73,51	74,16	70,43
$KAlSiO_4$	23,95	23,12	24,11	22,66	24,65	22,09	23,49	23,74	23,81	23,98	24,68	24,79	22,01
$NaFe^{3+}SiO_4$	0	1,29	0	4,02	4,13	4,07	4,33	2,78	1,98	2,57	0,41	0	5,54
SiO_2	2,99	2,11	1,35	2,02	0,47	2,04	1,6	0,94	1,34	0,81	1,4	1,24	2,02

П р и м і т к а. Аналізи нормовано до 100 %, виконано за допомогою сканувального електронного мікроскопа *MIRA* 3 *LMU* (*Tescan Ltd*), обладнаного системою мікроаналізу *INCA Energy* 450 *XMax*-80 (*Oxford Instruments Ltd*), в Інституті геології і мінералогії (ІГМ) ім. В.С. Соболєва СВ РАН, аналітик В.В. Шаригін.

N o t e. Analysis normalization to 100 %. Tests performed with a scanning electron microscope MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), equipped with microanalysis system INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd), the V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy (IGM), Siberian Branch of RAS, analyst V.V. Sharygin.

цього мінералу розміром від 0,5 до кількох міліметрів (рис. 3, *d*, *f*).

Піроксени наявні у вигляді поодиноких зерен чи асоціюють зі слюдами, Са-ринкітом, магнетитом та сфеном. Хімічний склад оболонки фенокристів варіює в широкому інтервалі значень $Ac_{32-100}Di_{0-38}Hed_{0-37}$ до суттєво егіринового різновиду (до 100 % Ac, вміст Na_2O сягає 13,6 мас. %), а центральна частина має склад егірин-саліту ($Ac_{9-14}Di_{42-58}Hed_{32-42}$, вміст Na_2O — 1,1—1,9 мас. %). Загалом піроксени ювітів мають більш лужний та залізистий склад (FeO — 12—29,5 мас. %) у порівнянні з цим мінералом маліньїтів (табл. 3). На діаграмі Ac — Di — Hed піроксени ядра потрапляють у поля цих мінералів Чернігівського та Проскурівського масивів, а оболонок — тяжіють до піроксенів Октябрського масиву (рис. 4). Також в облямівках фенокристів часто фіксується підвищений вміст TiO_2 (до 3,6 мас. %), MnO (до 1,6 мас. %), V_2O_3 (до 0,6 мас. %). Для порівняння, вміст TiO_2 в піроксенах маліньїтів не перевищував 2,1 мас. %, MnO — 1,3, V_2O_3 — 0,3 мас. % [12]. Піроксени в ювітах є досить стійкими мінералами, в змінених породах вони незначно заміщуються слюдами, в істотно заміщених породах — хлоритом.

Другим за поширенням фемічним мінералом ювітів є *слюди*. Вони представлені лусочками середнього-крупного розміру, які плеохроюють від темного зеленувато-коричневого кольору по *Ng* до насиченого яскраво-оранжевого по *Np*, мають пряму схему абсорбції ($N_g > N_p$). Слюди наявні у вигляді окремих індивідів, часто асоціюють з іншими фемічними мінералами (рис. 3, *f*), а також заміщують піроксени (рис. 3, *e*). Спостерігається заміщення слюдами як піроксенів ядер, так й оболонок. Особливостями хімічного складу слюд ювітів є низький вміст Al_2O_3 (7,2—10,5 мас. %) та

Таблиця 3. **Результати вибіркового мікрозондового аналізу піроксенів із ювітів Покрово-Киріївського масиву**
Table 3. **The microprobe analysis of pyroxenes from juvites of the Pokrovo-Kyriyivo massif**

Номер з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO_2	50,58	50,46	50,40	51,90	51,85	52,67	51,70	52,20	51,14	51,30	52,14	52,69	52,86	53,21	52,05
TiO_2	0,71	0,98	0,80	0,40	0,37	3,56	0,51	3,33	0,90	0,63	0,18	2,24	0,88	0,68	0,38
Al_2O_3	1,93	2,13	2,19	0,93	1,05	1,91	1,10	2,12	1,45	0,97	0,6	0,62	0,51	0,59	0,45
FeO	11,85	11,78	12,05	23,22	26,84	26,35	20,82	28,12	11,95	18,14	27,85	27,26	28,21	28,12	26,35
MnO	0,82	1,06	0,85	1,37	1,36	0,34	1,44	0,28	0,97	1,15	0,65	0,68	0,81	0,62	0,59
MgO	11,70	11,40	11,41	4,58	2,62	1,20	5,75	0,59	10,43	6,71	1,13	0,81	0,95	0,8	1,67
CaO	21,25	20,98	21,24	10,55	6,86	0,36	13,41	0,21	21,80	16,91	3,89	2,84	3,43	2,55	5,3
Na_2O	1,16	1,21	1,06	7,06	9,06	13,61	5,27	13,15	1,37	4,02	11,3	12,19	12,06	12,58	10,6
V_2O_5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,62	0,41	0,34	0,38	0,4
Сума	100	100	100	0,00	100	100	100	100	100	100	98,36	99,74	100,05	99,53	97,79
Формульні коефіцієнти (розрахунок на 4 катіони)															
Si	1,90	1,90	1,89	1,96	1,96	1,94	1,96	1,94	1,93	1,95	1,98	1,98	1,97	1,99	1,99
Ti	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,10	0,02	0,09	0,03	0,02	0,01	0,06	0,03	0,02	0,01
Al	0,09	0,09	0,10	0,04	0,05	0,08	0,05	0,09	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02
Fe	0,37	0,37	0,38	0,74	0,85	0,81	0,66	0,88	0,38	0,58	0,89	0,86	0,88	0,88	0,84
Mn	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,01	0,05	0,01	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Mg	0,65	0,64	0,64	0,26	0,15	0,07	0,33	0,03	0,59	0,38	0,06	0,05	0,05	0,04	0,10
Ca	0,85	0,85	0,86	0,43	0,28	0,01	0,55	0,01	0,88	0,69	0,16	0,11	0,14	0,10	0,22
Na	0,08	0,09	0,08	0,52	0,66	0,97	0,39	0,95	0,10	0,30	0,83	0,89	0,87	0,91	0,79
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

Примітка. Ан. 1—8 — зр. 73—125,3; 9—15 — зр. 325-44. Ан. 1—10 нормовано до 100 %. Ан. 1—8 виконано за допомогою рентгенівського мікроаналізатора *JXA*-733 (*JEOL*, Японія) в ІГМР НАН України, аналітик С.І. Курило; 9—15 — сканувального електронного мікроскопа *MIRA* 3 *LMU* (*Tescan Ltd*), обладнаного системою мікроаналізу *INCA Energy* 450 *XMax*-80 (*Oxford Instruments Ltd*), в ІГМ СВ РАН, аналітик В.В. Шаригін.

Note. An. 1—8 — sample 73-125.3; 9—15 — sample 325-44. An. 1—10 normalization to 100 %. An. 1—8 Tests performed by using X-ray microanalyzer JXA-733 (JEOL, Japan), the IGMOF of the NAS of Ukraine, the analyst S.I. Kurylo; 9—15 — scanning electron microscope MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), equipped with microanalysis system INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd), the IGM SB of RAS, analyst V.V. Sharygin.

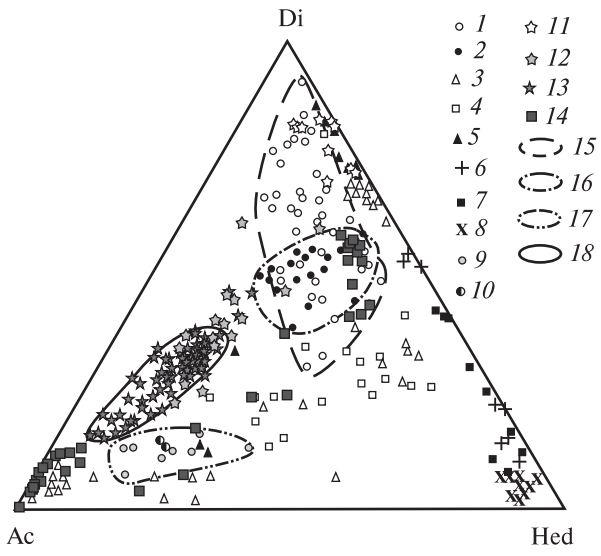

Рис. 4 Склад піроксенів (у координатах діопсид — геденбергіт — егірин) із лужних порід і карбонатитів УЩ (за [12], з винесенням даних піроксенів ювітів Покрово-Киріївського масиву). *Масиви та прояви: 1* — Чернігівський, *2* — Проскурівський, *3* — Октябрський, *4* — Малотерсянський, *5* — Покрово-Киріївський (монофракції піроксенів із піроксенітів), *6* — Давидківський, *7* — Південно-Кальчицький, *8* — Корсунь-Новомиргородський плутон (піроксени з фаяліт-геденбергітових сієнітів), *9* — піроксени з егіринових сієнітів Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів, *10* — піроксени з нефелінових сієнітів Покро-во-Киріївського масиву (за [3]); піроксени з маліньїтів Покрово-Киріївського масиву, за даними авторів [12]: *11* — ядра фенокристів, *12* — оболонка фенокристів, *13* — мікроліти; *14* — піроксени з ювітів. *Поля піроксенів*: *15* — Чернігівського масиву, *16* — Проскурівського масиву, *17* — егіринових сієнітів Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів, *18* — мікролітів із маліньїтів Покрово-Киріївського масиву

Fig. 4. The composition of pyroxenes (in coordinates of diopside — hedenbergite — aegirine) from alkaline rocks and carbonatites from the Ukrainian Shield (by [12] with the removal of pyroxene data from Pokrovo-Kyriyivo massif). *Massifs and disclosures: 1* — Chernihiv, *2* — Proskurivka, *3* — Oktyabrskyi, *4* — Malotersyanskyi, *5* — Pokrovo-Kyriyivo (monofractions of pyroxenes from pyroxenites), *6* — Davydkivskyi, *7* — Pivdenno-Kalchytskyi, *8* — Korsun-Novomyrhorod pluton (pyroxenes with fayalite-hedenberhite syenites), *9* — pyroxene with aegirine syenites from Korosten and Korsun-Novomyrhorod plutons, *10* — pyroxenes of nepheline syenites from Pokrovo-Kyriyivo massif (data in [3]); pyroxenes of malignites from Pokrovo-Kyriyivo massif according to our data [12]: *11* — cores of phenocrysts, *12* — shells of phenocrysts, *13* — microliths, *14* — pyroxenes from juvites. *Pyroxenite fields*: *15* — Chernihiv massif, *16* — Proskurivka massif, *17* — aegirine syenites from Korosten and Korsun-Novomyrhorod plutons, *18* — microlites with malignites from Pokrovo-Kyriyivo massif

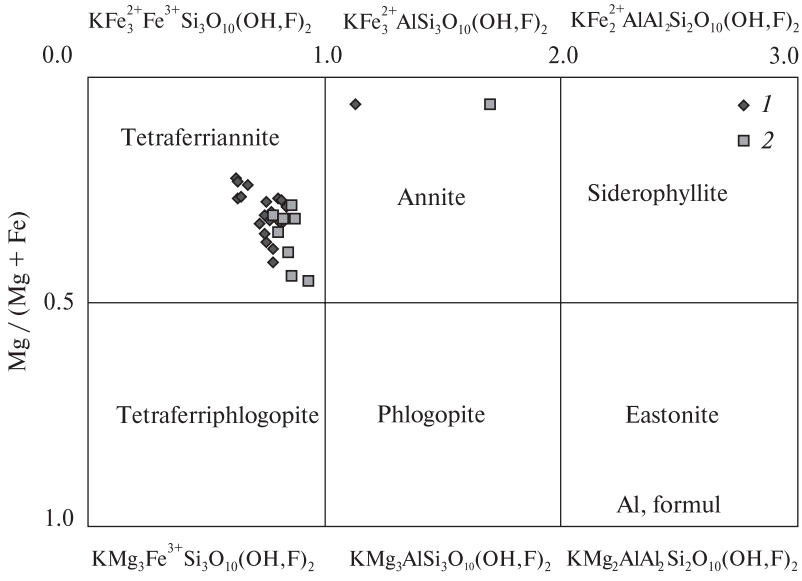

Рис. 5. Хімічний склад слюд ювітів на діаграмі в координатах аніт — флогопіт — сидерофіліт — істоніт: *1* — зр. 325-44, *2* — зр. 73-125,3

Fig. 5. Chemical composition of micas from juvites on the diagram in the following coordinates annite — phlogopite — siderophillite — eastonite: *1* — sample 325-44, *2* — sample 73-125.3

MgO (5,0—11,0), високий — FeO (23,4—31,1) й MnO (3,1—5,1 мас. %) (табл. 4). Останнє є характерною особливістю хімізму слюд ювітів. З усіх силікатів цих порід слюди найбільш збагачені на MnO. Як відомо, збагачення фемічних мінералів манганом характерно для багатьох лужних комплексів. Високо або майже чисто манганові мінерали, такі як серандит, пірофаніт, куплетськіт, хендриксит наявні в породах Октябрського та Покрово-Киріївського масивів [10]. За своїм хімічним складом первинні слюди формально відповідають тетраферианітам (рис. 5), але в них, як і в слюдах маліньїтів, пряма схема абсорбції [14]. Зворотна схема абсорбції, що властива для тетраферианітів-тетраферифлогопітів тут, як й

у випадку слюд маліньїтів, не спостерігається. Поля розповсюдження слюд ювітів частково перекриваються зі слюдами маліньїтів, але в слюдах ювітів суттєво вищий вміст FeO, а особливо — MnO (рис. 6).

Окремо знаходяться дві точки, які потрапляють у поле анітів і мають "звичайний" вміст глинозему (Al_2O_3 12,9—19,9 мас. %) (рис. 5). Для цих слюд характерні дуже низькі значення MgO (1,2—1,3 мас. %), TiO_2 (0,07—0,58 мас. %) і надмірно високий вміст FeO (33,9—34,6 мас. %). Генезис таких слюд поки остаточно не з'ясований, гіпотетично це можуть бути слюди II генерації, подібні до таких, які зафіксовано нами в міаролоподібних включеннях маліньїтів [14].

На даний час не зовсім зрозумілі такі особливості хімізму слюд ювітів, як низький вміст алюмінію та відсутність зворотної схеми абсорбції. Можливо, як це припускалося раніше [9] дефіцит катіонів в тетраедрах подібних слюд компенсується переважно Ti^{4+}, а не Fe^{3+}.

Ще одною зі слюд, поширеною як вторинний мінерал в ювітах, є серицит, який заміщує нефелін та, рідше, калішпат, про що згадувалось вище.

В ювітах, судячи з наших спостережень у шліфах, відсутні амфіболи, характерні для ма-

Таблиця 4. **Результати вибіркового мікрозондового аналізу слюд із ювітів Покрово-Киріївського масиву**
Table 4. **The microprobe analysis of micas from juvites of the Pokrovo-Kyriyivo massif**

Номер з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO_2	35,53	35,62	34,72	34,92	34,37	33,67	35,87	35,40	36,23	35,24	34,05	35,29	36,75	37,83
TiO_2	2,50	2,58	2,56	2,29	2,32	2,43	2,25	1,89	2,01	2,01	0,58	2,67	2,44	2,20
Al_2O_3	9,59	10,15	9,22	9,79	10,33	10,15	7,35	9,09	9,55	7,56	12,90	7,83	8,97	9,44
FeO	26,53	24,93	29,16	28,55	28,38	29,08	29,13	28,22	26,45	30,62	33,91	30,39	25,83	23,40
MnO	4,06	3,85	3,51	3,35	3,67	4,51	5,11	4,48	4,53	4,86	4,31	4,74	3,94	3,87
MgO	7,80	8,95	7,21	7,37	7,36	6,49	5,99	6,77	7,07	6,25	1,19	5,36	8,42	9,19
CaO	0,00	0,00	0,03	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na_2O	0,04	0,05	0,03	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K_2O	9,41	9,36	9,04	9,05	9,01	9,12	9,03	9,15	9,13	8,96	8,56	8,89	9,15	9,58
Cr_2O_3	0,04	0,01	0,01	0,13	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,51	0,54	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сума	95,50	95,50	95,50	95,50	95,50	95,50	95,50	95,51	95,50	95,50	95,50	95,48	95,51	95,51
Формульні коефіцієнти (розрахунок на 7 катіонів)														
Si	2,54	2,52	2,50	2,50	2,46	2,43	2,62	2,55	2,60	2,57	2,53	2,59	2,62	2,66
Ti	0,13	0,14	0,14	0,12	0,13	0,13	0,12	0,10	0,11	0,11	0,03	0,15	0,13	0,12
Al	0,81	0,85	0,78	0,83	0,87	0,86	0,63	0,77	0,81	0,65	1,13	0,68	0,75	0,78
Fe	1,58	1,47	1,76	1,71	1,70	1,76	1,78	1,70	1,59	1,86	2,10	1,86	1,54	1,38
Mn	0,25	0,23	0,21	0,20	0,22	0,28	0,32	0,27	0,28	0,30	0,27	0,29	0,24	0,23
Mg	0,83	0,94	0,77	0,79	0,79	0,70	0,65	0,73	0,76	0,68	0,13	0,59	0,89	0,96
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,86	0,84	0,83	0,83	0,82	0,84	0,84	0,84	0,84	0,83	0,81	0,83	0,83	0,86
Cr	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe/(Mg+Fe)	0,66	0,61	0,69	0,68	0,68	0,72	0,73	0,70	0,68	0,73	0,94	0,76	0,63	0,59

П р и м і т к а. Ан. 1—6 — зр. 73-125,3; 7—14 — зр. 325-44. Аналізи нормовані до 95,5 %. Ан. 1—6 виконано за допомогою рентгенівського мікроаналізатора *JXA*-733 (*JEOL*, Японія) в ІГМР НАН України, аналітик С.І. Курило; 7—14 — сканувального електронного мікроскопа *MIRA* 3 *LMU* (*Tescan Ltd*), обладнаного системою мікроаналізу *INCA Energy* 450 *XMax*-80 (*Oxford Instruments Ltd*), в ІГМ СВ РАН, аналітик В.В. Шаригін.

N o t e. An. 1—6 — sample 73-125.3; 7—14 — sample 325-44. Analysis normalization to 95.5 %. An. 1—6 tests performed using X-ray microanalyzer JXA-733 (JEOL, Japan), the IGMOF of the NAS of Ukraine, the analyst S.I. Kurylo; 7—14 — scanning electron microscope MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), equipped with microanalysis system INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd), the IGM SB of RAS, analyst V.V. Sharygin.

ліньїтів. Щоправда, амфіболи нефелінових сієнітів у незначній кількості (до 1,2 %) зафіксовані попередніми дослідниками [1].

Досить поширеним другорядним мінералом ювітів є *Ca-ринкіт (гетценіт)*. Він представлений кристалами розміром частіше 2—3 мм за видовженням. У шліфах спостерігаються два різновиди цього мінералу. Перший різновид представлений агрегатами безбарвних голчастих кристаликів (рис. 3, *g*), а другий — призматичними безбарвними кристалами у вигляді видовжених чотирикутних або ромбоподібних перетинів у шліфах (рис. 3, *h*). На відміну від цього мінералу маліньїтів, що описаний нами раніше [11], в Ca-ринкіті ювітів немає пойкілітових дрібних включень, але часто на поверхні мінералу спостерігаються продукти вторинного перетворення чорного кольору ([11], рис. 3, *d*). Ca-ринкіту притаманне аномальне інтерференційне забарвлення у фіолетово-синюватих та жовтих кольорах. В ювітах він часто асоціює з флюоритом (рис. 3, *g*, *j*). Хімічний склад Ca-ринкіту, визначений за допомогою сканувального електронного мікроскопа *MIRA* 3 *LMU* (*Tescan Ltd*), такий, мас. %: SiO_2 — 31,1—32,7, TiO_2 — 9,0—10,2; FeO — 0,3—0,9; MnO — 0,3—1,3; CaO — 33,7—37,0; Na_2O — 6,1—6,9; F — 7,5—8,5; SrO — 0,8—3,3; ZrO_2 — 1,1—5,5; Nb_2O_5 та La_2O_3 — до 1,3; Ce_2O_3 — до 1,5; Nd_2O_3 — до 0,6. У декількох пробах зафіксовано підвищення вмісту TiO_2 від 12,9 до 18,1 мас. % та зменшення — Na_2O до 4,8 й F до 5,9 мас. %.

Для ювітів, як і для маліньїтів, характерним другорядним мінералом є *сфен* (*титаніт*), наявний у кількості 0,5—1 %, у вигляді поодиноких ідіоморфних зерен розміром від 0,2 до 1 мм з плеохроїзмом в жовто-коричневих кольорах, але частіше він асоціює з фемічними мінералами, сфену властиві двійники (рис. 3, *i*). Хімічний склад його близький до стехіометричного з незначними домішками, мас. %: FeO (0,9—2,9), Al_2O_3 (до 1,5), Na_2O (до 1,2), V_2O_3 (до 0,6), а також ZrO_2 (до 4) Nb_2O_5 (до 2,4), SrO (до 1), F (до 1,2). Ітрій не зафіксовано.

Рудні мінерали сумарно складають не більше 1 % в ювітах та представлені магнетитом, пірофанітом і піритом. Магнетит трапляється у вигляді поодиноких зерен розміром 0,2—0,6 мм неправильної форми (рис. 3, *g*, *i*) часто в асоціації з біотитом та піроксеном. В останньому він іноді заміщує ядро. Вміст TiO_2 в магнетиті не перевищує 4,5 %, водночас фіксується підвищений вміст MnO — до 4 мас. %. У порівнянні з цим мінералом маліньїтів, ці показники набагато нижче [15]. Вміст TiO_2 в магнетиті маліньїтів сягає 17,7, а MnO — 9,4 мас. %. Також магнетит в ювітах менш поширений.

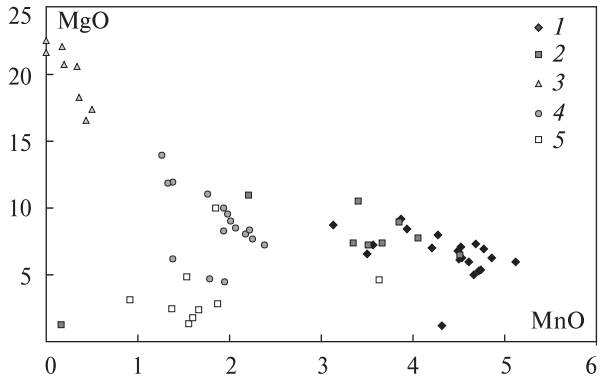

Рис. 6. Співвідношення MgO та MnO у слюдах ювітів (*1*, *2*) і маліньїтів (*3—5*). *Слюди*: *1* — зр. 325-44; *2* — зр. 73-125,3; *3* — ксеноліт із маліньїту, *4* — I генерації з маліньїту; *5* — II генерації, за [14]

Fig. 6. The correlation between MgO and MnO in micas from juvites (*1*, *2*) and malignites (*3—5*). *Micas*: *1* — sample 325-44; *2* — sample 73-125.3; *3* — xenolith from malignite, *4* — the I generation of malignite; *5* — the II generation (at [14])

Пірофаніт в ювітах є рідкісним мінералом, він наявний у вигляді поодиноких мікроскопічних зерен неправильної форми розміром близько 6 μм, виявлений у процесі мікрозондових досліджень як включення в нефеліні. Хімічний склад пірофаніту з ювітів досить мінливий і подібний до такого з маліньїтів [15], мас. %: TiO_2 — 46,9—51,5; MnO — 29,2—42,3; FeO — 3,2—16,9. Але в цьому мінералі ювітів зафіксовано набагато вищий вміст Nb_2O_5 — 0,3—9,9 мас. %, в пірофаніті маліньїтів цей показник не вище 2,3 мас. %.

Акцесорні мінерали ювітів: флюорит, апатит (з вмістом SrO до 16,4 мас. %), кальцит, стронціаніт (SrO до 66 мас. %), бурбанкіт (SrO 42 мас. %), циркон, монацит, мінерали рідкісних земель: анкіліт (La_2O_3 до 25,3, Ce_2O_3 до 9,8 мас. %), бритоліт, бастнезит (La_2O_3 19 мас. %). Інколи в шліфах спостерігаються гнізда рідкісноземельних фторкарбонатів (діагностовані за характером двозаломлення та коноскопічною фігурою — мінерал одноосний, оптично позитивний, тоді як породоутворювальні карбонати — одноосні, оптично негативні).

Флюорит наявний у вигляді дрібних включень, забарвлених у яскраві кольори — від світло-рожевого до, частіше, насиченого малинового. Він утворює зерна неправильної

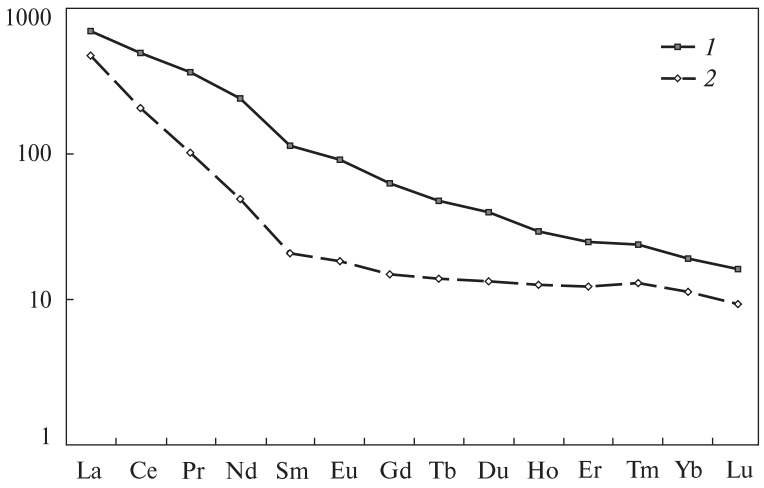

Рис. 7. Хондритнормовані спектри РЗЕ маліньїтів (*1*) та ювітів (*2*) Покрово-Киріївського масиву, за [6]

Fig. 7. REE spectra which are normalized on chondrites from malignites (*1*) and juvites (*2*) from Pokrovo-Kyriyivo massif (at [6])

форми в Са-ринкіті (рис. 3, *j*), піроксені, калішпаті, рідше трапляються поодинокі великі кристали розміром до 4 мм.

Апатит представлений дрібними ідіоморфними короткопризматичними кристаликами розміром до 0,2 мм, рідше — видовженими довгопризматичними кристалами до 0,4 мм, трапляється у вигляді включень у калішпаті.

Інші з названих акцесорних мінералів, виявлені у процесі мікрозондових досліджень, мають мікроскопічні розміри, частіше неправильної форми.

З цих спостережень можна намітити таку послідовність кристалізації мінералів ювітів: піроксени — біотит — нефелін — ортоклаз, хоча в окремих випадках можна припускати і ранню кристалізацію нефеліну. З другорядних та акцесорних мінералів: Са-ринколіт, сфен, можливо, апатит, очевидно, є ранніми, а флюорит утворився пізніше. Загалом асоціація породоутворювальних та акцесорних мінералів і послідовність їхньої кристалізації в досліджуваних ювітах подібні до таких в агпаїтових нефелінових сієнітах, хоча послідовність виділення породоутворювальних мінералів дещо відмінна: піроксени і біотити виділяються переважно раніше, ніж нефелін і калішпат.

Хімічний склад ювітів Покрово-Киріївського масиву. За вмістом кремнезему та лугів ювіти Покрово-Киріївського масиву належать до основних порід (SiO_2 47,6—52,7 мас. %) лужного ряду ($Na_2O + K_2O$ 12,3—17,2) (табл. 1). Коефіцієнт агпаїтності ((Na + K)/Al) свіжих зразків ювітів більший від одиниці, досягає в окремих аналізах 1,1. У змінених шпреуштейнізованих ювітах він знижується до 0,70—0,80. При цьому відбувається і зменшення вмісту натрію та підвищення калію. Варіації вмісту сумарного заліза та MgO у свіжих й частково змінених ювітах є незначними (4,4—7,7 та 0,3—1,9 мас. % відповідно). Тобто ці породи характеризуються загалом невеликою і приблизно сталою кількістю фемічних мінералів (піроксену та біотиту). Залізистість ювітів є високою — 0,81—0,96 (за винятком двох порід), вона вище, ніж у маліньїтах (0,76—0,83) [11], тобто ювіти є більш пізніми диференціатами відносно маліньїтів. Водночас вміст нефеліну і калішпату може змінюватися в більш широкому інтервалі значень $Na_2O + K_2O$ — 12,3—17,2 мас. %, що пояснюється неоднорідним розподілом та локальною кумуляцією нефеліну. В досить широких межах змінюється вміст CaO, який обумовлений наявністю піроксенів і варіаціями цього оксиду в самих піроксенах. В ювітах, як для суттєво салічних порід, спостерігається підвищений вміст TiO_2 (до 1,4 мас. %), що пояснюється наявністю в породах Са-ринкіту, сфену, пірофаніту та підвищеного вмісту цього оксиду в оболонці фенокристів піроксенів (егіринового складу, що відмічалося вище) й слюдах. Попри високий вміст мангану в слюдах ювітів, вміст цього оксиду в породах майже дорівнює такому в маліньїтах (до 0,38 та 0,37 мас. % відповідно). Лише в одній пробі зафіксовано 0,62 мас. % MnO. Це пояснюється невеликою кількістю слюд в ювітах, водночас головний носій мангану в породах — пірофаніт наявний тут в акцесорній кількості. Незначний вміст P_2O_5 (до 0,16 мас. %) зумовлений присутністю акцесорного апатиту, якого в ювітах набагато менше, ніж у маліньїтах.

У геохімічному аспекті ювіти вивчені недостатньо. Було опубліковано лише середній вміст (з чотирьох проб) [1] головних елементів-домішок та один аналіз, виконаний методом

ICP-MS [6]. За цими результатами ювіти характеризуються підвищеним або високим вмістом таких несумісних елементів-домішок, як Y, Nb, Zr, Ba, Sr, Rb. Також досить високим є вміст РЗЕ (сума РЗЕ дорівнює 433 ppm), у порівнянні з іншими нефеліновими та лужними сієнітами УЩ. Проте в ювітах нижчий, ніж у маліньїтах вміст цих та деяких інших елементів-домішок, в тому числі рідкісноземельних елементів (у маліньїтах ΣREE = 1035 ppm) за загальної подібності самого спектра РЗЕ (рис. 7). Якщо зважати на те, що ювіти є більш диференційованими породами, у порівнянні з маліньїтами не зовсім зрозуміло, чому ΣREE в них нижче, ніж в останніх. У хондритнормованих спектрах REE ювітів Eu-аномалія незначна (1,04).

Обговорення результатів і деякі петрогенетичні висновки. Нефелінові сієніти Покрово-Киріївського масиву представлені переважно ювітами. Деякі різновиди з меншим вмістом нефеліну відхиляються у бік фойяїтів. Ювіти є генетично спорідненими з маліньїтами, але ці породи є дискретними щодо хімічного та мінерального складу. За хімічним складом до ювітів подібні псевдолейцитові тефрифоноліти (табл. 1, ан. 18), псевдолейцитові тингуаїти (ан. 17) та нефелін-калішпатові порфіри (ан. 19—20). Проте ці вулканічні та дайкові породи відрізняються від типових ювітів дещо вищим значенням відношення K_2O/Na_2O і в них кристалізувався лейцит (заміщений псевдолейцитом). Як відомо, лейцит утворюється за умов низького тиску і високої температури, тобто в ефузивах та гіпабісальних породах із високим вмістом калію. В абісальних умовах у породах такого складу калій входить переважно в біотит та інші мінерали. Крім того, за всіх однакових умов, магматичні породи гіпабісальних комплексів часто збагачуються калієм. Водночас, як це видно з хімічних аналізів порід, у Покрово-Киріївському масиві наявні ефузивні аналоги маліньїтів, до яких належать так звані маліньїтоподібні та фонолітодні породи.

Нефелінові породи (маліньїти, ювіти, фонолітоїдні породи) споріднені з іншими сублужними породами (піроксенітами, габро, базальтоїдами) Покрово-Киріївського масиву і всі вони формувалися як єдиний комплекс порід і представляють його різні фази. Послідовність виверження цих порід також не була односпрямованою (гомодромною). За результатами попередніх дослідників, нефелінові породи утворилися під час третьої магматичної фази [1], та утворюють так званий покрово-киріївський комплекс [3]. Серед вулканітів, названих попередніми дослідниками сублужними або лужними базальтоїдами, наявні лужні різновиди (лейцитові тетрифоноліти та інші епі- та псевдолейцитові породи). Вочевидь, в так званій другій інтрузивній фазі є лужні породи, які можуть бути аналогами досліджуваних нами фельдшпатоїдних порід. Окрім того, нами виявлено дайку меланократових порід флогопіт-піроксенового складу, яка перетинає ювіти. Ця порода буде розглянута в окремій статті. Тобто прийнята раніше послідовність формування Покрово-Киріївського масиву: I фаза — піроксеніти, перидотити, габро, II — вулканіти базальтоїдів, III — маліньїти, ювіти порушується. Про це свідчить і знахідка згаданої вище дайки, яка перетинає ювіти. На загальному фоні головної гомодромної проявилася також антидромна (другорядна) послідовність, як це спостерігається в багатьох лужних комплексах, а також у Коростенському плутоні, де наявні як ранні, так і пізніші щодо гранітів основні породи.

Набір породоутворювальних мінералів ювітів майже такий, як і в маліньїтах. Винятком є амфіболи, які не виявлені в ювітах. Головні особливості мінералів маліньїтів різною мірою проявлені і в ювітах: наявність FeO в нефеліні, зональних піроксенів, низький вміст Al_2O_3 в слюдах із відсутністю зворотної схеми абсорбції, високий вміст MnO в слюдах ювітів і підвищений — в цьому мінералі маліньїтів, підвищений вміст мангану в магнетиті, наявність в обох породах Ca-ринкіту тощо. Водночас, фемічні мінерали ювітів є більш залізистими та лужними у порівнянні з однойменними мінералами маліньїтів. Це, як і висока залізистість ювітів, свідчить про вищий ступінь диференційованості порід відносно маліньїтів. Головний фемічний мінерал ювітів — піроксен, представлений зональними фенокристами, в яких ядро складається з егірин-саліту, а оболонка — з егірину, а також сплутанно-волокнистими агрегатами. Складна зональна будова та наявність принаймні двох генерацій піроксену свідчать про зміну умов (температури, флюїдного режиму) у процесі формування ювітів, що спостерігалося в маліньїтах Покрово-Киріївського масиву.

Відсутність негативних Eu-аномалій у хондритнормованих спектрах REE різних порід

(піроксеніти, габро, маліньїти, ювіти) Покрово-Киріївського масиву може свідчити про відсутність польовошпатового фракціонування (або незначну його роль) у процесі формування цього масиву. Це підтверджується і відсутністю або незначним поширенням (дайки плагіоклазитів) суттєво плагіоклазових порід типу анортозитів-андезинітів серед габроїдів Покрово-Киріївського масиву.

Ювіти, як і маліньїти Покрово-Киріївського масиву, належать до агпаїтової серії магматичних порід (коефіцієнт агпаїтності в свіжих породах досягає 1,09). Зважаючи на підвищений вміст рідкісних металів, в ювітах, як і маліньїтах, можуть бути виявлені невідомі для цих порід або й нові їхні мінерали. З таких у маліньїтах виявлено і проаналізовано мінерали групи ешиніту, пірохлору, а також бастнезит, паризит, бритоліт, бурбанкіт, катаплеїт тощо. Підвищений вміст флюориту та наявність Са-ринкіту в ювітах може свідчити про генетичний зв'язок лужних порід Покрово-Киріївського масиву з однойменним флюоритовим родовищем.

Висловлюємо щиру подяку співробітникам Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України: канд. геол. наук С.І. Курило за допомогу в аналітичному дослідженні мінералів ювітів, а також д-ру геол. наук Г.О. Кульчицькій за надані зразки нефелінових сієнітів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Базит*-гипербазитовый магматизм и минерагения Восточно-Европейской платформы / Под ред. В.И. Гоньшаковой. — М. : Недра, 1973. — 296 с.
2. *Барт Т., Рамберг И.* Кольцевой комплекс Фен / Карбонатиты. — М. : Мир, 1969. — С. 234—262.
3. *Бутурлинов Н.В.* Магматизм грабенообразных прогибов юга Восточно-Европейской платформы в фанерозое : Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. — Киев, 1979. — 52 с.
4. *Вальтер А.А., Еременко Г.К., Стремовский А.М.* О кальциевом ринките из щелочных пород Украины // Докл. АН СССР. — 1963. — **150**, № 3. — С. 639—641.
5. *Вальтер А.А., Еременко Г.К.* О неупорядоченном калишпате из Покрово-Киреевского щелочного массива // Докл. АН УССР. — 1965. — № 1. — С. 115—117.
6. *Дубина А.В., Кривдик С.Г., Шарыгин В.В.* Геохимия нефелиновых и щелочных сиенитов Украинского щита (по данным ICP MS) // Геохимия. — 2014. — № 10. — С. 907—923.
7. *Елисеев Н.А., Кушев В.Г., Виноградов Д.П.* Протерозойский интрузивный комплекс Восточного Приазовья. — М.-Л. : Наука, 1965. — 204 с.
8. *Классификация* и номенклатура магматических горных пород / Ред. О.А. Богатиков, Н.П. Михайлов, В.И. Гоньшакова. — М. : Недра, 1981. — 160 с.
9. *Кривдик С.Г., Глевасский Е.Б., Левина Р.Л.* О составе магнезиально-железистых слюд Черниговского карбонатитового комплекса // Минерал. журн. — 1982. — **4**, № 2. — С. 78—85.
10. *Кривдік С.Г., Шаригін В.В., Амашукелі Ю.А., Дубина О.В.* Еволюція хімізму фемічних мінералів в Октябрському масиві лужних порід (Приазов'я, Україна) // Мінерал. журн. — 2014. — **36**, № 4. — С. 5—19.
11. *Кривдік С.Г., Гаценко В.О., Луньов Є.С., Вишневський О.А., Канунікова Л.І.* Мінералого-петрологічні особливості маліньїтів Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) // Мінерал. журн. — 2016. — **38**, № 2. — С. 52—71.
12. *Кривдік С.Г., Шаригін В.В., Гаценко В.О., Луньов Є.С.* Піроксени Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) // Мінерал. журн. — 2016. — **38**, № 3. — С. 24—38.
13. *Кривдік С.Г., Шаригін В.В., Гаценко В.О., Луньов Є.С.* Фельдшпатоїди маліньїтів Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) // Зб. наук. пр. УкрДГРІ. — 2016. — № 2. — С. 82—98.
14. *Кривдік С.Г., Шаригін В.В., Гаценко В.О., Луньов Є.С.* Слюди Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) // Геохімія та рудоутворення. — 2016. — Вип. 37. — С. 5—14.
15. *Кривдік С.Г., Шаригін В.В., Гаценко В.О., Луньов Є.С.* Високоманганові і високотитанистий магнетит із маліньїтів Покрово-Киріївського масиву (Приазов'я, Україна) // Мінерал. зб. — 2016. — № 66, вип. 2. — С. 43—53.
16. *Ляшкевич З.М.* Метасоматиты Восточного Приазовья. — Киев : Наук. думка, 1971. — 203 с.
17. *Магматические* горные породы. Классификация, номенклатура, петрография / Гл. ред. О.А. Богатиков. — М. : Недра, 1983. — Ч. 1. — 366 с.
18. *Пильтенко М.К., Бочковой Ю.Д., Зарицкий А.И.* Санидин-анортоклазовые щелочные породы Еланчика в Приазовье // Происхождение щелочных пород. — М. : Наука, 1964. — С. 51—63.
19. *Царовский И.Д.* Псевдолейцитовый тингуаит-порфир района Еланчика (юго-восточная окраина Украинского кристаллического щита) // Докл. АН СССР. — 1963. — **149**, № 4. — С. 750—753.
20. *Фанерозойский* магматизм Восточного Приазовья Украинского щита и связанные с ним полезные ископаемые (петрология, геохимия и рудоносность) / Е.М. Шеремет, С.Г. Кривдик, Н.А. Козар, С.Н. Стрекозов, Н.В. Вов-

котруб, Л.Д. Сетая, И.Ю. Николаев, Н.Г. Агаркова, А.В. Дубина, В.А. Гаценко, Е.С. Лунев ; Под ред. А.Н. Пономаренко. — Киев : Компринт, 2015. — 317 с.
21. *Brögger W.C.* Die Eruptivgestcine des Kristianiagebietes, IV: Das Fengebiet in Telemark, Norwegen // Norsk. Vidensk. Selsk. Skriffer 1, Math. — Naturv. Kl. — 1921. — № 9. — 408 p.

Надійшла 11.03.2017

REFERENCES

1. Gonshakova, V.I. (ed.) (1973), *Mafic-ultramafic magmatism and metallogeny of the East European Platform (platformal stage of evolution)*, Nedra, Moscow, RU, 296 p.
2. Bart, T. and Ramberg, I. (1969), *Karbonatites*, Mir, Moscow, RU, pp. 234-262.
3. Buturlinov, N.V. (1979), *Magmatism of graben-like depressions in the south of the East European Platform in Phanerozoic*, Abstr. of D. Sc. dissertation, Kyiv, UA, 52 p.
4. Valter, A.A., Eremenko, G.K. and Stremovskiy, A.M. (1963), *Dokl. AN SSSR,* Vol. 150, No 3, RU, pp. 639-641.
5. Valter, A.A., and Eremenko, G.K. (1965), *AN UkrSSR,* No 1, Kyiv, UA, pp. 115-117.
6. Dubyna, O.V., Kryvdik, S.G. and Sharygin, V.V. (2014), *Geochemistry*, No 10, Moscow, RU, pp. 907-923.
7. Eliseev, N.A., Kunshev, V.G. and Vinogradov, D.P. (1965), *Proterozoic intrusive complex of Eastern Azov,* Nauka, Moscow-Leningrad, RU, 204 p.
8. Bogatikov, O.A., Mikhailov, N.P. and Gonshakova, V.I. (1981), *Klassifikatsiya i nomenklatura magmaticheskikh gornykh porod,* Nedra, Moscow, RU, 160 p.
9. Kryvdik, S.G., Glevasskyi, E.B. and Levina, R.L. (1982), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 4, No 2, Kyiv, UA, pp. 78-85.
10. Kryvdik, S.G., Sharygin, V.V., Amashukeli, Yu. and Dubyna, O.V. (2014), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 36, No 5-6, Kyiv, UA, pp. 5-19.
11. Kryvdik, S.G., Gatsenko, V.O., Lunev, E.S., Vyshnevskyi, O.A. and Kanunikova, L.I. (2016), *Mineral. Journ. (Ukraine),* Vol. 38 No 2, Kyiv, UA, pp. 52-71.
12. Kryvdik, S.G., Sharygin, V.V., Gatsenko, V.O. and Lunev, E.S. (2016), *Mineral. Journ. (Ukraine),* Kyiv, Vol. 38 No 3, Kyiv, UA, pp. 24-38.
13. Kryvdik, S.G., Sharygin, V.V., Gatsenko, V.O. and Lunev, E.S. (2016), *Zb. nauk. pr. UkrDGRI*, No 2, Kyiv, UA, pp. 82-98.
14. Kryvdik, S.G., Sharygin, V.V., Gatsenko, V.O. and Lunev, E.S. (2016), *Geochemistry and Ore Formation*, Is. 37, Kyiv, UA, pp. 5-14.
15. Kryvdik, S.G., Sharygin, V.V., Gatsenko, V.O. and Lunev, E.S. (2016), *Mineral. zb.*, No 66, Vyp. 2, Lviv, UA, pp. 43-53.
16. Lyashkevych, Z.M. (1971), *Metsomatites East Azov Area,* Nauk. dumka, Kyiv, UA, 203 p.
17. Bogatikov, O.A. (ed.) (1983), *Magmatic rocks. Classification, nomenclature, petrography, Pt 1,* Nedra, Moscow, RU, 366 p.
18. Pyltenko, M.K., Bochkovoy, Yu.D. and Zaritskyi, A.I. (1964), *Origin of alkaline rocks,* Nauka, Moscow, RU, pp. 51-63.
19. Tsarovsky, I.D. (1963), *Dokl. AN SSSR,* Vol. 149, No 4, RU, pp. 750-753.
20. Sheremet, E.M., Kryvdik, S.G., Kozar, N.A., Strekozov, S.N., Vovkotrub, N.V., Setaya, L.D., Nikolaev, I.Yu., Agarkova, N.G., Dubyna, O.V., Gatsenko, V.O. and Lunev, E.S. (2015), *Phanerozoic magmatizm of Eastern Asov Area of Ukrainian Shield and related commercial minerals (petrology, geochemistry and ore potential),* in Ponomarenko, A.N. (ed.), Comprint press, Kyiv, UA, 317 p.
21. Brögger, W.C. (1921), *Die Eruptivgestcine des Kristianiagebietes, IV. Das Fengebiet in Telemark*, Norwegen, Norsk. Vidensk. Selsk. Skriffer 1, Math, Naturv. Kl, No 9, 408 p.

Received 11.03.2017

С.Г. Кривдик [1], В.В. Шарыгин [2, 3],
В.А. Гаценко [1], Е.С. Лунев [1], С.В. Кушнир [1]

[1] Институт геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семененко НАН Украины
03680, г. Киев-142, Украина, пр-т Акад. Палладина, 34
E-mail: kryvdik@ukr.net, vera.gatsenko@ukr.net; lunev_00@ukr.net
[2] Федер. гос. бюджет. учреждение науки
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН
630090, г. Новосибирск, РФ, пр-т Акад. Коптюга, 3
[3] Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования
Новосибирский государственный университет
630090, г. Новосибирск, РФ, ул. Пирогова, 1
E-mail: sharygin@igm.nsc.ru

НЕФЕЛИНОВЫЕ СИЕНИТЫ ПОКРОВО-КИРЕЕВСКОГО МАССИВА (ПРИАЗОВЬЕ, УКРАИНА)

Девонский Покрово-Киреевский массив расположен в зоне сочленения Приазовского мегаблока Украинского щита и складчатой структуры Донбасса. Этот массив сложен субщелочными и щелочными породами: пироксенитами, верлитами, габбро, малиньитами, нефелиновыми и псевдолейцитовыми сиенитами и их дайковыми ана-

логами. Несмотря на достаточно удовлетворительную изученность различных типов пород этого массива во второй половине XX в., вещественный состав нефелиновых пород — нефелиновых сиенитов (ювитов) и малиньитов требует детального исследования. Нами опубликована серия статей, в которых представлены результаты изучения минералого-петрографических особенностей малиньитов Покрово-Киреевского массива. *Объект исследования* этой статьи — вещественный состав нефелиновых сиенитов (ювитов) Покрово-Киреевского массива. *Цель работы* — детальное исследование на современном уровне вещественного состава нефелиновых сиенитов Покрово-Киреевского массива и петрогенетическая интерпретация полученных данных. Химический состав минералов нефелиновых сиенитов определен с помощью метода микрозондового анализа с использованием рентгеновского микроанализатора *JXA*-733 (*JEOL*, Япония) в Институте геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко (ІГМР) НАН Украины и сканирующего электронного микроскопа *MIRA* 3 *LMU* (*Tescan Ltd*), оснащенного системой микроанализа *INCA Energy* 450 *XMax*-80 (*Oxford Instruments Ltd*), в Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН. Вещественный состав пород определен методом силикатного анализа в химической лаборатории ИГМР НАН Украины. Также использовались раньше опубликованные геохимические данные, полученные методом *ICP-MS*. *Выводы:* Нефелиновые сиениты Покрово-Киреевского массива по химическим особенностям, отражающим минеральный состав, соответствуют ювитам. Набор породообразующих минералов ювитов соответствует минералам малиньитов. Исключение составляют амфиболы, которые в ювитах не выявлены. Главные особенности минералов малиньитов в разной степени проявлены и в ювитах. В то же время, фемические минералы ювитов более железистые и щелочные, по сравнению с одноименными минералами малиньитов. Это, как и высокая железистость ювитов, свидетельствует о большей степени дифференцированности пород относительно малиньитов. Главный фемический минерал ювитов, пироксен, представлен зональными фенокристами, ядро которых сложено эгирин-салитом, а оболочка доходит до эгирина, а также спутанно-волокнистыми агрегатами. Сложное строение и разнообразие генераций пироксена свидетельствуют о смене условий (температура, флюидный режим) в процессе образования ювитов. Это же мы наблюдали в малиньитах Покрово-Киреевского массива. Обогащение фемических минералов марганцем характерно для многих щелочных комплексов. Из всех силикатов ювитов более всего обогащены MnO слюды. По химическому составу слюды ювитов формально соответствуют тетраферрианнитам, но в них, как и в слюдах малиньитов, не проявлена обратная схема абсорбции. Ювиты характеризуются повышенным или высоким содержанием таких несовместимых элементов-примесей, как: Y, Nb, Zr, Ba, Sr, Rb, РЗЭ. При этом, в ювитах ниже, чем в малиньитах содержание этих и некоторых других элементов-примесей, что непонятно, исходя из того, что первые являются более дифференцированными породами, по сравнению со вторыми. В хондритнормированных спектрах REE Eu-аномалия очень незначительная.

Ключевые слова: Покрово-Киреевский массив, Приазовье, нефелиновые сиениты, ювиты, эгирин, тетраферрианнит, Ca-ринкит.

S.G. Kryvdik [1], V.V. Sharygin [2, 3],
V.O. Gatsenko [1], E.S. Lunev [1], S.V. Kushnir [1]

[1] M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Av., Kyiv-142, Ukraine, 03680
E-mail: kryvdik@ukr.net, vera.gatsenko@ukr.net; lunev_00@ukr.net
[2] V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of RAS
3, Acad. Koptyug Av., Novosibirsk, Russia, 630090
[3] Novosibirsk State University
1, Pirogov St., Novosibirsk, Russia, 630090
E-mail: sharygin@igm.nsc.ru

NEPHELINE SYENITES FROM POKROVO-KYRIYIVO MASSIF (AZOV AREA, UKRAINE)

Devonian Pokrovo-Kyriyivo massif is located at the junction of Azov megablock of the Ukrainian Shield and the folded structure of Donbas. This massif is composed of subalkaline and alkaline rocks: pyroxenites, wehrlites, gabbroids, malignites, nepheline and pseudoleusite syenites and their dike analogues. Despite the fairly satisfactory knowledge of different rock types from the massif in the second half of the 20th century, the mineral composition of nepheline rocks — nepheline syenites (juvites) and malignites requires a more detailed study. We have published a series of articles, which present the results of mineralogical and petrological study of malignites from the Pokrovo-Kyriyivo massif. The object of the study in this article is the mineral and chemical composition of nepheline syenites (juvites) of the Pokrovo-Kyriyivo massif. The goal is the publication of new results of a detailed study of nepheline syenites of the Pokrovo-Kyriyivo massif and interpretation of the data. Research methods — chemical composition of minerals of nepheline syenites determined by the microprobe analysis using: X-ray microanalyzer JXA-733 (JEOL, Japan), the *M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and*

Ore Formation (IGMOF) of the NAS of Ukraine and scanning electron microscope MIRA 3 LMU (Tescan Ltd), equipped with a microanalysis system INCA Energy 450 XMax-80 (Oxford Instruments Ltd), the *V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of RAS. Material* composition of rocks is defined by silicate analysis in the *Chemical Laboratory IGMOF of the NAS of Ukraine*. We have also involved previously published geochemical data obtained by ICP-MS. *Conclusions*. Nepheline syenites from Pokrovo-Kyriyivo massif belong to juvites by their chemical features and the mineral composition. A set of rock forming minerals from juvites are corresponds to malignites. Amphiboles are the exception because they have not been revealed in juvites. The main features of malignite minerals are manifested to a greater or lesser extent in juvites. However, ferromagnesian minerals in juvites are more alkaline and enriched with iron in comparison with similar minerals from malignites. This, and high total mineral enrichment with iron in juvites, shows a greater degree of differentiation compared to malignites. Pyroxene, which is more enriched with iron, is presented by zonal phenocrysts, its core in them consists of aegirine-sahlite and the shell consists of aegirine and fiber-entangled units. The complex structure and diversity of pyroxene generations evidence for the change of conditions (temperature, fluid regime) in the process of juvite formation. That similarity is observed in malignites from the Pokrovo-Kyriyivo massif. The enrichment with Mn is typical of ferromagnesian minerals from alkaline complexes. The mica is the most enriched with MnO silicate from juvites. The composition of mica from juvites is formally corresponds to tetraferriannite, but they, like mica from malignites do not have the reverse absorption scheme. The high content of such incompatible elements as: Y, Nb, Zr, Ba, Sr, Rb, REE is typical of juvites. However the content of these elements in juvites is lesser, then in malignites that is not quite clear, taking into count that the former are more differentiated species compared with the latter. The REE Eu-anomaly is inconsiderable in chondrite-normalized spectra.

Keywords: Pokrovo-Kyriyivo massif, Azov Area, nepheline syenite, juvite, aegirine, tetraferriannite, Ca-rinkite.