

МЕЛАНОКРАТОВА ПОРОДА СІЄНІТ-ТВЕЙТОЗИТОВОЇ СЕРІЇ ЧЕРНІГІВСЬКОГО КАРБОНАТИТОВОГО МАСИВУ (ПРИАЗОВ'Я)

О.В. Дубина^{1,2}

dubyna_a@ukr.net; <http://orcid.org/0000-0002-6003-4873>

С.Г. Кривдік¹

kryvdik@ukr.net; <http://orcid.org/0000-0002-8356-1115>

О.А. Вишневський¹

vyshnevskyy@i.ua; <https://orcid.org/0000-0002-7206-2185>

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна, 03142

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Навчально-науковий інститут «Інститут геології»
вул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022

Представлені результати мінералогічних досліджень меланократових альбіт-піроксенових збагачених апатитом порід Чернігівського карбонатитового масиву. Досліджувана порода була розкрита буровою свердловиною серед лужних сієнітів і представлена малопотужною жилою (до 30—50 см). Головними мінералами є егірин-діопсид, альбіт, підпорядковане значення мають залізистий флогопіт, амфібол (еденіт-катофоритової серії) та апатит (до 20 %), іноді фіксується аланіт, кальцит і пірит. Досліджувана порода подібна за мінеральним складом і високим вмістом апатиту до твейтозитів і твейтозит-піроксенітів масиву, які відомі у північній та центральній його частинах, але відрізняється від них за складом флогопіту й амфіболу. Останній не властивий типовим твейтозитам і твейтозит-піроксенітам цього масиву. Отримані дані дають підстави лише для гіпотетичних міркувань, згідно з якими досліджувана меланократова порода могла утворитись у результаті відділення від первинної карбонатитової магми лужного, суттєво водного, флюїду з його міграцією у лужні сієніти. Реакція флюїдів із останніми призводила до перекристалізації польового шпату з утворенням альбіту, та появи реакційного кальциту, флогопіту, амфіболу та апатиту. Водночас, твейтозити та твейтозит-піроксеніти масиву могли утворитись як результат диференціації (кумуляції) сієнітового розплаву, позаяк вони складені такими ж мінералами, як і вмісні сієніти, відрізняючись від останніх лише значним вмістом піроксену.

Ключові слова: твейтозит, егірин-діопсид, амфібол еденіт-катофоритової серії, карбонатити.

Вступ. Чернігівський масив є найбільшим відомим проявом карбонатитового магматизму в Україні (с. Новополтавка, Запорізької обл.). Перші згадки про цей масив з'явилися ще 1973 р. [3]. Відкриття його було пов'язане із радіоактивним аномаліями, а згодом його розвідували у зв'язку із апатитовою та рідкіснометалевою мінералізацією. Детально масив досліджували геологи ПГО «Кіровгеологія» і Білозерської геоло-

гічної експедиції. У результаті інтенсивного буріння вдалось виявити не лише карбонатити, але й споріднену з ними серію силікатних лужних магматичних (лужні піроксеніти, ійоліт-мельтейгіти, нефелінові сієніти) порід і генетично пов'язаних із ними метасоматитів (фенітів) по вмісних породах. Практичним результатом геологічних досліджень стала розвідка Новополтавського родовища комплексних апатит-рідкісноме-

талевиx руд, пов'язаних із карбонатитами масиву. Різні аспекти геологічної будови, мінералогії та петрохімії детально викладені в ряді праць [1, 4, 8–10], тому торкатись цих питань у нашій роботі ми не будемо.

Мета роботи. Визначення хімічного складу мінералів (мікрозондові дослідження) дещо відмінної від типових твейтозитів меланократової породи з південної частини лінійно витягнутого Чернігівського карбонатитового масиву та петрогенетична інтерпретація отриманих результатів. Попри різноманітність силікатних порід і карбонатитів у Чернігівському масиві, всі вони різною мірою охарактеризовані як мінералогічно, так і геохімічно, що зумовлює труднощі інтерпретації їхнього генезису. Одним із представників таких порід є меланократові силікатні (суттєво піроксенові) породи, які залягають серед сієнітів і фенітів південної частини Чернігівського масиву. Тут викладено перші результати дослідження мінералогічних особливостей цих порід та їх порівняння із найближчими аналогами — твейтозитами північної і центральної частини масиву.

Методами досліджень були петрографічні спостереження та мікрозондові дослідження з допомогою електронного мікроскопа *JSH-6700F* (аналітик О.А. Вишневський). Умови отримання СЕМ-знімків і виконання аналізів: прискорювальна напруга 20 кВ, струм зонда 1,0 нА, діаметр зонда 2 мкм, час набору рентгенівського спектра в одній точці — 90 с. Як стандарти використано чисті метали, синтетичні та природні мінерали. Внесення поправок у результати вимірів і розрахунок концентрацій елементів здійснювали методом *ZAF*-корекції. Час набору імпульсів, с: пік — 20 (Ca, K, Ti), 30 (Si, Al, Fe, Mg, Mn), 45 (Na), фон — по 5 з кожної сторони. Для калібрування використано набір штучних і природних стандартів, розрахунок концентрацій елементів виконано за допомогою програми *CAMECA PAP*.

Геологічна характеристика. Потужні екзоконтактові ореоли метасоматичних порід навколо інтрузій лужно-карбонатитових комплексів є специфічною особливістю реакційної взаємодії високолужних первинних розплавів (силікатних і карбонатних) із

породами, які їх оточують, особливо кварцвмісними.

Феніти, як і лужні сієніти, та, ймовірно, генетично пов'язані з ними жильні породи (твейтозити і нордмаркіти) Чернігівського масиву, мають подібний мінеральний склад і є найпоширенішими (за площею) породами. Феніти відділяють карбонатити масиву від інших навколишніх вмісних порід, а також спостерігаються як ксеноліти в них. Максимальної потужності (150–200 м) ореол фенітизації досягає в центральній частині масиву, а в областях його виклинювання переважають жильні сієніти і нордмаркіти, із підпорядкованим поширенням фенітів. Знахідки ксенолітів фенітизованих порід у карбонатитах свідчать, що міграція лужних флюїдів (можливо, з ранніми порціями карбонатитового розплаву) передувала проникненню основної частини лужно-карбонатитового розплаву.

Ділянками в екзоконтактових ореолах карбонатитових тіл феніти переходять у малопотужні (до перших метрів) суттєво альбітові породи, згадані [1] як апофенітові альбітити.

Породи сієнітового, граносієнітового, нордмаркітового і твейтозитового складу у внутрішній частині і, менше, на флангах масиву утворюють жильні тіла дискусійного генезису, оскільки їх можна розглядати як диференціати первинного лужно-силікатного розплаву, або як реоморфічні феніти.

Дослідження [5] показали, що інтенсивній фенітизації підлягали як лейкокатові (ендербіти, чарнокіти), так і меланократові (основні кристалосланці, гнейси, піроксеніти) вмісні породи Бегім-Чокрацького блоку, південного продовження Чернігівського масиву, де їх спостережено серед карбонатитів, переважно як прошарки, лінзи і ксеноліти потужністю від 1–3 см до 4–5 м.

Серед фенітів і сієнітів масиву доволі часто помітні (у керні свердловин) меланократові породи незначної потужності (15–50 см), зразок однієї з них і є предметом цього дослідження. Такі породи представлені суттєво клінопіроксеновими малопотужними меланократовими прожилками (до 30–50 см), які часто збагачені (до 20 %)

апатитом і аланітом, що можуть траплятись окремо або разом.

Досліджувану меланократову породу було розкрито похилою свердловиною № 815 (глибина 522,5 м) у південній частині (профіль XII-250) масиву на глибині 109 м. Головними типами порід, розкритими свердловиною, є сієніти (до гл. 193 м і глибше 472,2 м), між якими зафіксовано карбонатити. У верхній частині розрізу серед сієнітів також трапляються дайкоподібні тіла карбонатитів різної видимої потужності (2–7 м). Досліджувана меланократова порода знаходиться поза межами основного інтервалу карбонатитів, тобто не представляє реакційних контактів між карбонатитами і силікатними породами, що також іноді помітні. Потужність її невідома, оскільки контакти із вмісними сієнітами не збереглись. Зважаючи на згаданий геологічний розріз свердловини, ми схильні розглядати цю породу як апофіз, утворення якого пов'язано із укоріненням дайкоподібного тіла карбонатитів, розташованого нижче за розрізом (116,3–128,5 м).

Мінеральний склад досліджуваних порід доречно розглянути у порівнянні із фенітизованими вмісними і генетично пов'язаними із ними породами.

Мінеральний склад фенітів може суттєво змінюватись залежно від типу порід за рахунок яких вони розвиваються, а також інтенсивності метасоматичної переробки. Найбільш змінені процесами фенітизації вмісні породи за складом наближаються до лужних сієнітів [1, 8]. У таких різновидах головними мінералами є лужний польовий шпат (10–70 %), альбіт (35–60) та акмітвмісний піроксен (5–15 %). Другорядні і акцесорні мінерали представлені кальцитом, апатитом, реліктами амфіболу, біотиту і кварцу, сульфідами, магнетитом, цирконом і титанітом.

За кількісним співвідношенням лужного польового шпату (мезопертити анортоклазового складу) і клінопіроксену (егірин-діопсид-саліти) виділено [1, 8] сієніт-твейтозитову серію порід: лейкократовий сієніт — мезократовий сієніт — твейтозит (із майже однаковим вмістом польового шпату і піроксену) — твейтозит-піроксеніт (до 80 % піроксену, з апатитом і аланітом). Ці дослід-

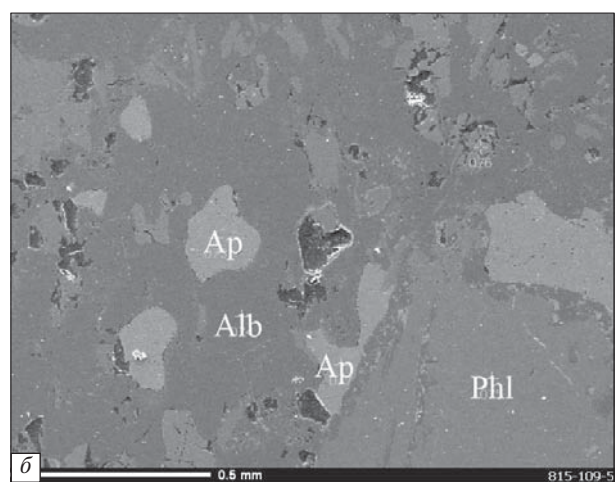
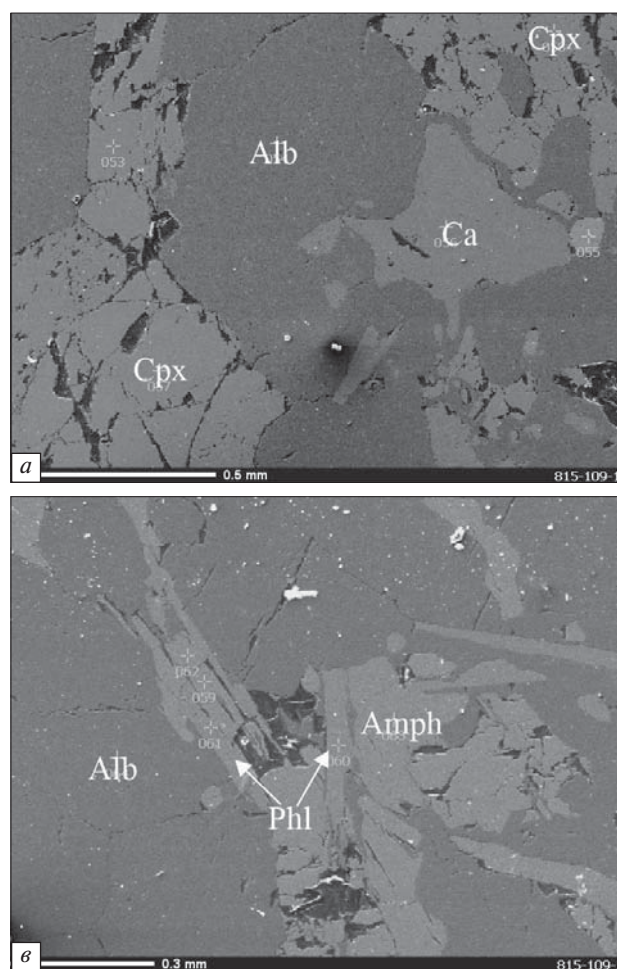
ники вказували на відмінність твейтозит-піроксенітів від лужних піроксенітів Чернігівського масиву. Крайньо меланократові тейтозит-піроксеніти за мінеральним складом подібні до лужних піроксенітів масиву, але відрізняються від них такими мінералогічними та геохімічними особливостями: 1) лужним піроксенітам у значній кількості (до 10–30 %) властиві ільменіт і магнетит, які можуть бути тільки акцесорними мінералами в твейтозит-піроксенітах; 2) лужні піроксеніти, а також магнетит у них мають підвищений вміст Cr, який майже повністю відсутній у твейтозит-піроксенітах [1, 8].

Досліджувана меланократова порода має середньо-, подеколи дрібнозернисту структуру і масивну текстуру і, як згадані вище породи, складається переважно із зеленого клінопіроксену (егірин-діопсиду), альбіту, залізного флогопіту, амфіболу¹ та апатиту, іноді фіксується кальцит і пірит (рисунок, а). Піроксен і альбіт у породі розподілені нерівномірно і становлять ділянками до 20–30 %, постійно відмічається високий вміст апатиту (10–20 %), а біотит та амфібол є локальними (схоже на те, що ці два мінерали є вторинними і, можливо, заміщують первинний піроксен). Флогопіт заміщується мусковітом. У сієнітах і твейтозитах масиву польові шпати представлені мезопертитами анортоклазового складу ($Ab > Or$), а у досліджуваній породі вони відрізняються альбітовим складом (Ab_{92-98}). Можливо, альбіт заміщує K-Na-пертитовий первинний польовий шпат, релікти якого фіксуються у інтерстиційному просторі.

На відміну від типових твейтозит-піроксенітів масиву, в яких апатит переважно ідіоморфний (включення в піроксенах), у досліджуваній породі цей мінерал частіше утворює зерна неправильної (без чітких граней кристалів) форми, розміром від 0,1–0,2 до 1 см (рисунок, б).

Хімізм мінералів. *Клінопіроксен* є головним і, вочевидь, первинним фемічним мінералом, який у прохідному світлі має зелене однорідне забарвлення. За узагальненими

¹ На жаль, ми не мали можливості зробити хімічний аналіз породи, а за спостереженнями в шліфах ця меланократова порода трактується як змінений твейтозит.



Розподіл головних породоутворювальних мінералів у досліджуваній породі: *a* — клінопіроксен-альбітова матриця із ксеноморфними зернами кальциту; *б* — дрібні гіпідіоморфні зерна апатиту у альбіті; *в* — скупчення флогопіту і амфіболу серед альбіту: Amph — амфібол, Alb — альбіт, Ap — апатит, Cpx — клінопіроксен, Ca — кальцит, Phl — флогопіт

даними п'яти замірів, його хімічний склад відповідає проміжному між діопсидом та егірином різновиду (егірин-діопсид), в якому вміст акмітового міналу (разом з жадеїтовим?) становить 20—24 % (0,20—0,24 Na на р. ф. у.) (табл. 1). Від піроксенів у типових твейтозитах і твейтозит-піроксенітах північної частини Чернігівського масиву [1, 8], він відрізняється підвищеною магнезіальністю.

Амфіболи мають підпорядковане значення і, схоже, що розвиваються локально разом із флогопітом (рис. 1, *в*), замішуючи первинний піроксен, а можливо, і К-Na-польовий шпат. У типових твейтозитах і сієнітах Чернігівського масиву амфіболу в шліфах не помічено, проте в альбітизованих фенітах цей мінерал трапляється часто. Первинний амфібол фенітів має склад Fe-рихтериту [6], а в альбітизованих фенітах — амфібол проміжного складу між еденітом і гастінгситом. У дослідженій породі Ca-Na-Al-амфібол (табл.

2) подібний до амфіболу із альбітизованих фенітів, з деякими відмінностями. За трьома замірами, цей амфібол має проміжний склад між еденітом і катопоритом і, як піроксен, трохи більш магнезіальний за амфібол із альбітизованих фенітів [6]. Зауважимо: Чернігівському масиву властиво що, піроксени і амфіболи належать до Na-Ca, а не, власне, лужних різновидів.

Слюди, як зазначено вище, разом з амфіболами є вторинними мінералами. За результатами мікрозондового дослідження (6 замірів) слюди належать до флогопітів (Mg# 0,73—0,80) з варіабельною глиноземистістю (11,9—25,5 % Al_2O_3) та низьким TiO_2 . Подеколи флогопіт заміщений мусковітом, %: SiO_2 39,9—40,3; Al_2O_3 48,0—48,4; K_2O 8,5—8,8; Na_2O 2,3 і FeO 0,3—0,5.

Принагідно зауважимо, що слюди флогопіт-біотитової серії загалом не властиві сієнітам і твейтозитах Чернігівського масиву. Зрідка у шліфах помітні вторинні біотити.

Вочевидь, такого ж походження і слюди досліджуваних порід.

Апатит — характерний мінерал досліджуваних меланократових порід, вміст його досягає 10—20 %. Судячи з результатів мікрозондового дослідження, мінерал є флюор-апатитом, в якому фіксується понижена концентрація SrO (до 0,25 %), що нижче, ніж у рядових апатитах масиву, і значно нижче, ніж у REE-апатитах із гібридних силікатно-карбонатних порід (ринітів), але із підвищеною концентрацією LREE ($\text{La}_2\text{O}_3 + \text{Ce}_2\text{O}_3$ до 2 %).

Альбіт у досліджуваній породі розглядається як мінерал, що утворився по первинному лужному польовому шпату (зазвичай мезопертитовому). Останній є характерним для типових твейтозитів [8]. В альбіті низький вміст K_2O і CaO. Максимальний вміст

останнього 1,41 %, що відповідає 6 % анократитового міналу.

Міркування щодо генезису породи. Досліджувана порода загалом за мінеральним складом і високим вмістом апатиту подібна до твейтозитів і твейтозит-піроксенітів масиву, які характерні для північної та центральної його частин, хоча мають деякі відмінності. Виявлений у породі флогопіт і Na-Ca-Al-амфібол проміжного складу між еденітом і катофоритом не властиві типовим твейтозитам і твейтозит-піроксенітам цього масиву.

Підвищена магнезійність піроксену в досліджуваній породі, порівняно з піроксеном північної та центральної частини Чернігівського масиву, загалом узгоджується із виявленими раніше мінералогічними та петро-

Таблиця 1. Хімічний склад клінопіроксенів із твейтозитів Чернігівського карбонатитового масиву (Приазов'я)

Компонент	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	54,77	54,60	54,81	54,71	54,72	51,35	51,40
TiO_2	0,12	0,0	0,27	0,42	0,24	0,18	0,08
Al_2O_3	1,74	2,25	2,36	2,53	1,87	1,34	1,15
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	8,76	3,53
FeO	8,21	8,74	8,42	8,07	8,49	7,78	11,0
Cr_2O_3	0,26	0,03	—	0,10	0,03	—	—
MnO	0,30	—	0,45	0,55	0,34	0,71	0,92
MgO	14,34	13,61	13,32	13,29	13,44	9,18	9,00
CaO	17,30	17,51	16,82	17,25	17,64	17,24	21,10
Na_2O	2,76	3,14	3,41	3,09	3,17	3,40	1,60
K_2O	0,22	0,12	0,12	0,0	0,04	0,08	0,01
H_2O^-	—	—	—	—	—	0,22	0,01
Σ	100,02	100,0	99,98	100,0	99,98	100,31	99,95
<i>Кристалохімічна формула розрахована на 4 катіони</i>							
Si	2,00	1,99	2,00	2,00	2,00	1,95	1,97
Al	0,08	0,10	0,10	0,11	0,08	0,06	0,05
Ti	—	—	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr	0,01	—	—	—	—	—	—
Fe^{2+}	0,25	0,27	0,26	0,25	0,26	0,25	0,35
Fe^{3+}	—	—	—	—	—	0,25	0,10
Mn	0,01	—	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03
Mg	0,78	0,74	0,72	0,72	0,73	0,52	0,51
Ca	0,68	0,68	0,66	0,67	0,69	0,70	0,86
Na	0,20	0,22	0,24	0,22	0,23	0,25	0,12
Mg#	0,76	0,74	0,74	0,75	0,74	0,50	0,51

Примітка: 1—5 — піроксени (мікрозондовий аналіз, св. 815, гл. 109 м), дані авт.; 6, 7 — клінопіроксени зі збагачених апатитом твейтозитів з північної частини лінійно-втягнутого масиву (хімічний аналіз, св. 953, гл. 185,5 м (ан. 6); св. 751, гл. 292—233 м (ан. 7)) [8].

Таблиця 2. Хімічний склад амфіболів із альбітизованого твейтозиту й апофенітових альбітів Чернігівського карбонатитового масиву (Приазов'я)

Компонент	1	2	3	4	5
SiO ₂	50,11	49,45	49,33	43,26	42,54
TiO ₂	0,81	1,54	1,14	0,35	0,34
Al ₂ O ₃	7,23	7,17	7,54	7,77	8,94
Fe ₂ O ₃	—	—	—	6,98	5,14
FeO	10,41	10,32	11,33	16,38	15,84
Cr ₂ O ₃	0,16	0,14	—	—	—
MnO	0,59	0,17	0,11	0,43	0,26
MgO	17,05	17,32	16,98	8,90	10,12
CaO	8,34	8,63	8,42	10,12	10,53
Na ₂ O	4,19	4,30	4,22	2,84	2,40
K ₂ O	1,11	0,96	0,94	1,15	1,32
F	—	—	—	0,90	0,57
H ₂ O ⁻	—	—	—	0,08	0,10
LOI	—	—	—	1,96	2,11
Σ	100	100	100	99,97	100,21
<i>Кристалохімічна формула розрахована на 13 катіонів</i>					
Si	6,93	6,86	6,83	6,59	6,48
Al	1,18	1,17	1,23	1,39	1,60
Ti	0,08	0,16	0,12	0,05	0,05
Cr	0,02	0,02	—	—	—
Fe ³⁺	—	—	—	0,81	0,59
Fe ²⁺	1,20	1,20	1,31	2,09	1,95
Mn	0,07	0,02	0,01	0,05	0,04
Mg	3,51	3,58	3,50	2,02	2,30
Ca	1,24	1,28	1,25	1,65	1,72
Na	1,12	1,16	1,13	0,84	0,71
K	0,20	0,17	0,17	0,23	0,26
Mg#	0,74	0,75	0,73	0,41	0,46

Примітка: 1—3 — амфіболи з досліджуваного альбітизованого твейтозиту; 4, 5 — амфіболи з апофенітових альбітитів північної частини лінійно витягнутого карбонатитового масиву (св. 784, гл. 205,0—205,5 м (ан. 4); св. 784, гл. 230,5—231,0 м (ан. 5)).

логічними особливостями. В ньому з півночі на південь направлено збільшується магнєзальність карбонатитів і фемічних мінералів у них. Паралельно з цим змінюється також ізотопний склад кисню ($\delta^{18}\text{O}$) [7]. Ці особливості раніше пояснювали зменшенням глибини ерозійного зрізу масиву з півночі на південь і, відповідно, підвищенням фугітивності кисню, що призвело до окисненості карбонатитів (збільшенням кількості магнетиту), зниженням вмісту FeO в карбонатах і підвищенням магнєзальності піроксенів у

карбонатитах та йоліт-мельтейгітах. Ймовірно, подібні зміни відбувались і в інших силікатних породах (зокрема, досліджених), хоча не так виразно, як в карбонатитах та йоліт-мельтейгітах [1, 8].

Наявність альбіту, біотиту та мусковіту дає підстави припускати, що досліджувана порода утворилась унаслідок реакційної взаємодії лужних флюїдів із сієнітами. На реакційну природу досліджуваної породи, як і, можливо, твейтозит-піроксенітів, може вказувати підвищений або високий вміст апатиту, масова кристалізація якого спостерігається через нейтралізацію лужних флюїдів на контакті із вмісними породами, як, наприклад, навколо карбонатитових жил у ендербітах Хлібодарівського кар'єру. Подібні меланократові породи з підвищеним вмістом апатиту наявні у Проскурівському лужно-ультраосновному масиві в Побужжі [2, 8].

З огляду на просторову (у свердловині) зближеність меланократової породи із карбонатитовими тілами, видається імовірнішим, що лужні флюїди, які спричинили такі реакційні перетворення, відділялись від карбонатитового розплаву. Відомо, що карбонатитові розплави можуть містити значну кількість Na, K, P, води та інших летких компонентів, які відділяються від продуктів кристалізації, мігруючи у вмісні породи і забезпечуючи їх фенітизацію. Як показують експериментальні дані [15] і польові спостереження в карбонатитових комплексах [11—14], першими відділяються натрієві флюїди, що спричинюють фенітизацію, імовірно у результаті першого кипіння магми через декомпресію в глибинних умовах. Натрієва специфіка як досліджуваної породи, так і альбітитів, твейтозитів і твейтозит-піроксенітів Чернігівського масиву, узгоджується із цими даними та вказує на абісальні умови виникнення порід за підвищених значень температури ($>600\text{ }^{\circ}\text{C}$), сингенетично із кристалізацією карбонатитів. Як вказано у попередніх роботах одного зі співавторів [1, 7, 8], калій-натрієві та суттєво натрієві феніти властиві абісальним карбонатитовим масивам (до яких належить і Чернігівський), тоді як у приповерхневих масивах форму-

ються переважно калієві феніти. Реакційний механізм утворення суттєво альбітових або альбіт-піроксенових порід може реалізуватись за умови міграції флюїдної фази не у незмінні (особливо кварцвмісні) породи оточення, а у вже суттєво фенітизовані (безкварцові) породи, або, як у досліджуваному випадку, у лужні сієніти. За таких умов головним мінералом, який реагує із лужним флюїдом, є мезопертитовий польовий шпат породи, тоді як піроксен зберігатиме кальцієвий склад за рахунок вивільненого із польового шпату CaO . Як зазначено багатьма дослідниками, видалення або деплетація Ca є другою найпомітнішою хімічною зміною в процесах фенітизації первинних порід після видалення кремнезему. Калій, який вивільняється після заміщення альбітом лужного (K-Na) первинного польового шпату, збагачує флюїдну фазу, або концентрується у флогопіті (частково в амфіболі, див. табл. 2), наявних як агрегати у досліджуваній породі.

З огляду на незначне поширення кальциту, ймовірно, що первинні флюїди характеризувались низьким відношенням $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$. Флюїди, отримані із карбонатитового розплаву можуть мати дуже різні співвідношення $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, до того ж CO_2 не завжди домінує [11]. Тому деякі кристали кальциту у меланократовій породі можуть утворюватись у результаті гіпотетичної реакції заміщення польових шпатів незмінених твейтозитів альбітом і кальцитом.

Гіпотетичні реакції заміщення польових шпатів (з K , Ca , Na) альбітом і кальцитом: 1) $2\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (анортитовий мінал заміщеного польового шпату) + $\text{Na}_2\text{O} + 2\text{SiO}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + 2\text{CaCO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$; 2) $2\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ (ортоклазовий мінал польового шпату) + $\text{Na}_2\text{O} = 2\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + \text{K}_2\text{O}$. Частина CaO , вивільненого за такої реакції, як і $LREE$, зв'язувалась із розчиненим у флюїдній фазі PO_4^{3-} із утворенням апатиту, хоча більша частина $LREE$ може концентруватись у реакційному аланіті, помітному у поляризованому світлі. Al_2O_3 (у реакції № 1) і K_2O (у реакції № 2) можуть входити в новоутворені слюди (флогопіт, мусковіт). Невідомою за-

лишається поведінка піроксену під час таких реакцій, оскільки ні реакційних контактів, ні зональності не виявлено.

Водночас не виключена можливість утворення твейтозитів і твейтозит-піроксенітів як кумулятивних сегрегацій у сієнітовому розплаві, як це припущено в попередніх публікаціях [1, 8]. Для остаточного визначення генезису описаних порід необхідні додаткові дослідження, передусім діагностика включень у мінералах.

Висновки. Представлені результати мінералогічних досліджень меланократових альбіт-піроксенових збагачених апатитом порід Чернігівського карбонатитового масиву свідчать, що силікатні меланократові породи масиву можуть мати різний генезис:

1. Гіпотетично, досліджувана меланократова порода могла утворитись у результаті відділення від первинної карбонатитової магми лужного, суттєво водного, флюїду з його міграцією у лужні сієніти. Реакційна взаємодія лужних флюїдів із лужними сієнітами призвела до перекристалізації польового шпату, з утворенням альбіту і появою реакційного кальциту, флогопіту, амфіболу й апатиту. Хоча досліджувана порода подібна за мінеральним складом і високим вмістом апатиту до твейтозитів і твейтозит-піроксенітів масиву, вона відрізняється від них альбітовим складом польового шпату й особливостями флогопіту та амфіболу. Останній не властивий типовим твейтозитам і твейтозит-піроксенітам.

2. Імовірно, твейтозити та твейтозит-піроксеніти могли утворитись і як результат диференціації (кумуляції) сієнітового розплаву, позаяк вони складені такими ж мінералами, як і сієніти, що вміщують їх, відрізняючись лише значним вмістом піроксену.

Разом із фенітами та сієнітами як найпоширенішими породами карбонатитових комплексів подібні меланократові і збагачені апатитом породи можуть бути критерієм пошуків рудоносних карбонатитів. Останні, як кількісно підпорядковані породи, не завжди вдається розкривати буровими свердловинами під час геологічних досліджень.

Література

1. Глевасский Е.Б., Кривдик С.Г. Докембрийский карбонатитовый комплекс Приазовья. Киев: Наук. думка, 1981. 227 с.
2. Дубина О.В. Петрохімічні особливості та умови формування лужних порід Проскурівського масиву (Побужжя). *Геохімія та рудоутворення*. 2008. № 26. С. 46—57.
3. Жуков Г.В., Вархотов В.А., Сахацкий И.И., Горяев Ю.П. Об открытии фосфатной минерализации в Западном Приазовье. *Геол. журн.* 1973. **33**, № 5. С. 150—152.
4. Загнитко В.Н., Луговая И.П. Изотопная геохимия карбонатных и железисто-кремнистых пород Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1989. 316 с.
5. Кравченко Г.Л., Кривдик С.Г., Русаков Н.Ф. Особенности Бегим-Чокракского проявления щелочных ультрабазитов и карбонатитов (Западное Приазовье). *Геохімія та рудоутворення*. 2008. № 26. С. 21—45.
6. Кривдик С.Г. Апофенітові альбітити Українського щита. *Геохімія та рудоутворення*. 2017. № 38. С. 58—69.
7. Кривдик С.Г., Загнитко В.Н., Луговая И.П. Изотопный состав минералов в карбонатитах Черниговского массива как индикатор условий их кристаллизации. *Минерал. журн.* 1997. № 6. С. 28—42.
8. Кривдик С.Г., Ткачук В.И. Петрология щелочных пород Украинского щита. Киев: Наук. думка. 1990. 408 с.
9. Новополтавское (Черниговское) карбонатитовое апатит-редкометалльное месторождение Украинского щита. Под ред. А.Н. Пономаренко. Харьков: ФЛП Мезина В.В., 2019.
10. Шраменко И.Ф., Стадник В.А., Осадчий В.К. Геохимия карбонатитов Украинского щита. Киев: Наук. думка. 1992. 212 с.
11. Druppel K.D., Hoefs J., Ockruch M. Fenitizing Processes Induced by Ferrocarbonatite Magmatism at Swartbooisdrif, NW Namibia. *Journ. of Petrology*. 2005. **46**, No. 2. P. 377—406. <https://doi.org/10.1093/petrology/egh081>
12. Le Bas M.J., 1977. Carbonatite-Nephelinite Volcanism. London: Wiley & Sons. 347 p.
13. Le Bas M.J. Fenites Associated with Carbonatites. *The Canadian Mineralogist*. 2008. **46**. P. 915—932. <https://doi.org/10.3749/canmin.46.4.915>
14. Vartiainen H., Wooley A. R. The petrography, mineralogy and chemistry of the fenites of the Sokli carbonatite intrusion, Finland. *Bulletin de la Commission Géologique de Finlande*. 1976. **280**.
15. Woolley A.R. A discussion of carbonatite evolution and nomenclature, and the generation of sodic and potassic fenites. *Mineral. Mag.* 1982?. **46**. P. 13—17. <https://doi.org/10.1180/minmag.1982.046.338.03>

Надійшла 03.09.2024

References

1. Hlevasskiy, E.B., Kryvdik, S.G. (1981). Precambrian carbonatite complex of the Azov region. Nauk. Dumka, Kyiv. 227 p. [in Russian].
2. Dubyna, O.V. (2008). Petrochemical features and chemical formation of meadow rocks of the Proskurivka massif (Bug area). *Geochemistry and Ore Formation*, 26. p. 46-57 [in Ukrainian].
3. Zhukov, G.V., Varkhotov, V.A., Sakhaty, I.I., Goryaev, Yu.P. (1973). On the discovery of phosphate mineralization in Zapadnyam Priazovye. *Geol. Journ.*, **33**, No. 5. p. 150-152 [in Russian].
4. Zagnitko, V.N., Lugovaya, I.P. (1989). Isotope geochemistry of carbonate and ferruginous-siliceous rocks of the Ukrainian Shield. Nauk. Dumka, Kyiv. 316 p. [in Russian].
5. Kravchenko, G.L., Kryvdik, S.G., Rusakov, N.F. (2008). Features of the Begim-Chokrak occurrence of alkaline ultrabasic rocks and carbonatites (Western Azov region). *Geochemistry and Ore Formation*, 26. p. 21-45 [in Russian].
6. Kryvdik, S.H. (2017). Apofenite albitites of the Ukrainian Shield. *Geochemistry and Ore Formation*, 38. p. 58-69 [in Ukrainian].
7. Kryvdik, S.G., Zagnitko, V.N., Lugovaya, I.P. (1997). Isotopic composition of minerals in carbonatites of the Chernigovka massif as an indicator of their crystallization conditions. *Mineral. Journ. (Ukraine)*. No. 6. p. 28-42 [in Russian].
8. Kryvdik, S.G., Tkachuk, V.I. (1990). Petrology of alkaline rocks of the Ukrainian Shield. Nauk. Dumka, Kyiv. 408 p. [in Russian].
9. Novopoltavskoye (Chernigovskoye) carbonatite apatite-rare metal deposit of the Ukrainian Shield. Ed. A.N. Ponomarenko. Kharkov: FLP Mezina V.V., 2019 [in Russian].
10. Shramenko, I.F., Stadnik, V.A., Osadchiy, V.K. (1992). Geochemistry of carbonatites of the Ukrainian shield. Nauk. Dumka, Kyiv. 212 p. [in Russian].
11. Druppel K.D., Hoefs J., Ockruch M. (2005). Fenitizing Processes Induced by Ferrocarbonatite Magmatism at Swartbooisdrif, NW Namibia. *Journ. of Petrol.* **46**, No. 2. P. 377-406. <https://doi.org/10.1093/petrology/egh081>
12. Le Bas, M.J., (1977). Carbonatite-Nephelinite Volcanism. Wiley & Sons, London. 347p.
13. Le Bas, M.J. (2008). Fenites Associated with Carbonatites. *The Canadian Mineralogist*, **46**, P. 915-932. <https://doi.org/10.3749/canmin.46.4.915>
14. Vartiainen, Heikki, Wooley, Alan R. (1976). The petrography, mineralogy and chemistry of the fenites of the Sokli carbonatite intrusion, Finland. *Bulletin de la Commission Géologique de Finlande*. **280**.
15. Woolley, A.R. (1982). A discussion of carbonatite evolution and nomenclature, and the generation of sodic and potassic fenites. *Mineral. Mag.* **46**. P. 13-17. <https://doi.org/10.1180/minmag.1982.046.338.03>

Received 03.09.2024

O.V. Dubyna^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0002-6003-4873>

*S.G. Kryvdik*¹, <https://orcid.org/0000-0002-8356-1115>

*O.A. Vyshnevskiy*¹, <https://orcid.org/0000-0002-7206-2185>

¹ M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

² Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology
90, Vasylykivska Str., Kyiv, Ukraine, 03022

MELANOCRATIC ROCK OF THE SYENITE-TVAITOSITE SERIES OF THE CHERNIHIVKA CARBONATITE MASSIF (AZOV REGION)

The results of mineralogical studies of melanocratic apatite-enriched albite-pyroxene rocks of the Chernihivka carbonatite massif are presented. The studied rock was discovered by drilling among alkaline syenites. This rock is represented by vein-like body (thickness up to 30-50 cm). The rock-forming minerals are aegirine-diopside, albite, ferruginous phlogopite, amphibole (edenite-katophorite series) and apatite (up to 20%); accessory — calcite, allanite and pyrite. The studied rock is similar by mineral composition and high apatite content to tvaitosites and tvaitosite-pyroxenites of the massif, which are more distributed in the northern and central parts. However, it differs from them in the composition of phlogopite and amphibole. The latter is not characteristic for typical tvaitosites and tvaitosite-pyroxenites. The obtained preliminary data make it possible to put forward only hypothetical considerations regarding the genesis of this rock. Quite possible their origin could be related with separation of alkaline essentially aqueous fluids from the primary carbonatite melt with subsequent migration into hosted alkaline syenites. The subsequent reaction of these fluids with hosted rocks could lead to the recrystallization of initial feldspar to albite and appearance of secondary calcite, phlogopite, amphibole, and apatite. At the same time, it is assumed that tvaitosites - tvaitosite-pyroxenites series were formed as result of syenite melt differentiations (pyroxene fractionation), since they are composed of the same minerals as the hosted alkaline syenites and main difference between these rocks is only in proportion of pyroxene.

Key words: *tvaitosite, aegirine-diopside, edenite-katophorite amphibole, carbonatites.*