

МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

УДК. 551.1./4+552.1+550.4

С. Шнюков, д-р геол. наук, доц.
E-mail: shnyukov@mail.univ.kiev.ua,І. Лазарева, канд. геол. наук, доц.
E-mail: lazareva@mail.univ.kiev.ua,Ю. Никанорова, асп.
E-mail: juliyaasos@ukr.net,В. Морозенко, канд. геол. наук, старш. наук. співроб.
E-mail: morozenko@mail.univ.kiev.uaКиївський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, УкраїнаПОДІБНІСТЬ І ВІДМІННОСТІ ОРЕОЛІВ ФЕНІТИЗАЦІЇ ПЕНЧЕНГІНСЬКОГО
ТА ЧЕРНІГІВСЬКОГО КАРБОНАТИТОВИХ МАСИВІВ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінерал. наук, проф. В. М. Загнітком)

Досліджено мінералого-петрографічні й геохімічні особливості карбонатитів та ореолів фенітизації двох карбонатитових масивів лінійного структурно-морфологічного типу: Пенченгінського (Єнісейський кряж) та Чернігівського (Приазов'я). Мета роботи полягала у виявленні та подальшому зіставленні закономірностей змінення мінеральних асоціацій та поведінки петрогенних і мікроелементів у процесі розвитку ореолу фенітизації по різноманітних породах (силікатних і карбонатних). Для досягнення мети проведено такі види робіт: петрографічні дослідження в прозорих шліфах з визначенням мінерального складу та структурно-текстурних особливостей порід, рентгено-флуоресцентний аналіз з визначенням головних петрогенних і мікроелементів, інтерпретацію одержаних фактичних даних. У результаті: (1) виявлено подібність напрямку зміни мінеральних асоціацій у процесі фенітизації вихідних порід різного складу (силікатних і карбонатних) для обох досліджуваних масивів (повне зникнення таких реліктових мінералів, як кварц, біотит і рогова обманка і поява новоутвореного парагенезису: лужні амфіболи, флогопіт, кальцит; підвищення вмісту апатиту й піротину, а також поява пірохлору і сфену); (2) встановлено, що в обох випадках головним напрямом зміни контрастних типів вихідних порід у ході фенітизації є конергентність їхніх мінеральних і хімічних композицій; (3) за характером поведінки головних і мікроелементів у процесі фенітизації для кожного з масивів виділено три групи елементів, а саме: елементи привнесення, виносу та перерозподілу; (4) склад відповідних груп відображає деяку відмінність у геохімічній спеціалізації масивів, яка підкреслюється й відсутністю нефелінових порід у Пенченгінському масиві на відміну від Чернігівського; (5) уперше виявлено спільні риси та відмінності Пенченгінського та Чернігівського карбонатитових масивів і запропоновано єдиний для обох масивів мультиплікативний геохімічний показник зональності, який об'єктивно відображає зростання ступеня перетворення контрастних за композицією вмісних порід. Застосування такого показника сприяє значному збільшенню розмірів пошукової мішені за межі, які дозволяють зафіксувати прямі петрографічні дослідження.

Ключові слова: карбонатитові масиви, фенітизація, Приазов'я, Український щит, Єнісейський кряж.

Вступ. Карбонатитові масиви порівняно рідкісного лінійного структурно-морфологічного типу є важливим потенційним джерелом фосфатної сировини і широкої гами рідкісних металів (Nb, Ta, LREE, Sr). Як окрема субформація [2], а потім і формаційний тип [3, 7, 10, 12, 14, 16], лінійні карбонатитові масиви, які суттєво відрізняються за багатьма параметрами від класичних комплексів центрального типу [4], виділені в другій половині ХХ ст. Типовими представниками цього формаційного типу є масиви: Чернігівський (Приазов'я) [3, 7, 10, 12, 14–20], Пенченгінський (Єнісейський кряж) [2–4, 11, 13, 15–16], Дубравинський (КМА) [1, 3–4, 8], Ільмено-Вишневогірський (Урал) [2, 4, 12–14, 16], Сілінярві (Фінляндія) [2, 4, 22], Лонні (Канада) [23–24], Сангу-Ікола (Танзанія) [25].

Ефективність пошукових робіт багато в чому залежить від вирішення багатьох теоретичних питань, пов'язаних з особливостями речовинного складу та генезисом цих утворень. Не останнє місце в низці нерозв'язаних на сьогодні проблем посідає проблема походження рудного навантаження карбонатитів [5–7, 10, 11, 13, 19, 23, 25]. Важливими методами, які застосовуються при геологорозвідувальних роботах, направлених на пошуки подібних об'єктів, є мінералого-петрографічні та геохімічні, які використовують широкі ореоли розсіювання, що в першому наближенні збігаються з фенітовими ореолами масивів і за розмірами значно перевищують розміри власне карбонатитових тіл. Тому дослідження мінералого-петрографічних і геохімічних особливостей карбонатитів та ореолів фенітизації сприяють збільшенню пошукової мішені, що зумовлює актуальність роботи.

Мета цієї роботи – виявлення і подальше зіставлення закономірностей змінення мінеральних асоціацій та по-

ведінки петрогенних і мікроелементів у процесі розвитку ореолу фенітизації по різноманітних (силікатних і карбонатних) вихідних породах для двох типів карбонатитових масивів лінійного структурно-морфологічного типу: Пенченгінського (ПКМ) та Чернігівського (ЧКМ). При цьому розв'язувалися такі задачі: (1) дослідження зміни мінеральних асоціацій зональних фенітових ореолів ПКМ та ЧКМ, а також вивчення композиції карбонатитів ПКМ із зіставленням одержаних даних з наявними [10, 17–19] для ЧКМ; (2) дослідження поведінки петрогенних та мікроелементів у процесі фенітизації різноманітних порід рами ПКМ (карбонатні, силікатні) та ЧКМ (основні, середні та кислі); (3) розробка уніфікованого геохімічного коефіцієнта зональності фенітових ореолів.

Геологічна характеристика Пенченгінського та Чернігівського карбонатитових масивів. ПКМ та ЧКМ розташовані, відповідно, у межах Центрально-Ангарського терейну Єнісейського кряжу та Приазовського мегаблоку Українського щита. Обидва масиви приурочені до зон глибинних розломів субмеридіонального простягання (Татарського та Чернігівського відповідно), залягають субзгідно до вмісних товщ у вигляді серій крутопадаючих тіл карбонатитів різноманітної морфології, супроводжуються потужними екзоконтактовими ореолами лужних метасоматитів (фенітів), мають досить великі лінійні розміри (простежені по простяганню на 25–30 км) та розбиті на низку блоків сіткою поперечних і діагональних розломів більш високих порядків [5–7, 9–11, 16, 19]. Характерною є однотипова (апатит-рідкіснометалічна) рудна спеціалізація масивів та їхній досить високий промисловий потенціал. Сучасні оцінки віку формування ПКМ і ЧКМ становлять (млрд р.): 0,672±0,093 (Sm-Nd метод [6]) та ~2,09±0,015 (ізохрона по цирконах [21]) відповідно.

Породи рами ПКМ представлені нижньо- та верхньопротерозойськими метаморфітами пенченгінської (кальцитові мармури з прошарками доломітових мармурів) та кординської (кварц-серицитові та кварц-мусковіт-біотитові сланці) світ, а також згідними пластовими тілами верхньопротерозойських метабазитів (амфіболітів). ЧКМ оточений різною мірою мігматизованими архейськими метаморфітами (амфіболітова та гранулітова фації) західно-приазовької серії: амфіболітами, піроксен-амфіболовими кристалосланцями, плагіо- та плагіоклаз-калішпатовими гнейсами піроксен-амфібол-біотитового, амфібол-біотитового та біотитового складу. Загалом переважають піроксен-амфібол-біотитові та амфібол-біотитові гнейси, а амфіболіти та кристалосланці утворюють малопотужні пачки. Жильна складова мігматитів ЧКМ (граніт-апліти та апліто-пегматоїдні граніти), займаючи до 50 % об'єму, наближує середню композицію цієї строкатої товщі до гранітоїдної.

Найбільш контрастною відмінністю є відсутність мармурів у складі рами Чернігівського масиву, що значною мірою впливає на характер продуктів фенітизації (представлені метасоматити апогранітового, апогнейсового, апоамфіболітового та апометаультрабазитового рядів) [19].

Мінералого-петрографічна характеристика провідних типів порід. Петрографічно в межах цієї роботи досліджено лише породи ПКМ. Для ЧКМ переважно використано дані з робіт [7, 10, 17–18].

У процесі фенітизації силікатної складової порід рами ПКМ спостерігається поступова зміна парагенезисів, яка полягає в повному зникненні таких реліктових мінералів, як кварц, біотит та рогова обманка і появи новоутвореного парагенезису: лужні амфіболи (арфведсоніт, рихтерит), флогопіт, кальцит (рис. 1 а, б). Асоціація акцесорних мінералів змінюється в напрямку підвищення вмісту апатиту і піротину, що супроводжується по-

явою пірохлору, сфену, титаномagnetиту та ільменіту. Концентрації акцесорних циркону та магнетиту не змінюються. У процесі перетворень карбонатної складової від мармурів різного складу до апокарбонатних фенітів (рис. 1 в, г) набір новоутворених мінералів повністю відповідає новоутвореному парагенезису апосилікатних порід: лужні амфіболи (арфведсоніт, рихтерит), флогопіт, кальцит. Те саме стосується й акцесорних мінералів [11]: зростає вміст апатиту і піротину, з'являється пірохлор, сфен. Відмінність полягає лише в тому, що замість ільменіту в апокарбонатних фенітах присутній ільменорутит. Отже, у процесі фенітизації спостерігається зближення композицій новоутворених (апосилікатних і апокарбонатних) порід, про що свідчить загальна подібність їхніх мінеральних парагенезисів.

Напрямок зміни мінеральних парагенезисів в утвореннях ЧКМ подібний до напрямку змін, що простежений для ПКМ: повне зникнення кварцу, реліктового клінопіроксену та майже повне рогової обманки і середніх плагіоклазів, крім того, поява новоутворених альбіту, мікрокліну, егірину та лужних амфіболів (рихтерит, еденіт, гастінгсит). Щодо акцесоріїв, то для новоутвореного парагенезису характерні сфен, апатит, ортит і магнетит [7, 10].

Серед карбонатитів ПКМ за структурними ознаками виділяються два типи: пегматоїдні (анхімономінеральні) і трахітоїдні. Переважають кальцит-доломітові різновиди, але зустрічаються і суттєво доломітові [6, 11]. Обидва типи відрізняються лише вмістом, а не композицією силікатної складової (5–10 об. % і 30–40 об. % відповідно), яка представлена мінералами: флогопітом (7 об. %), арфведсонітом або рихтеритом у рівних співвідношеннях (до 30 об. %). Карбонатити збагачені апатитом (до 5–15 %). Серед рудних мінералів переважають пірохлор і піротин, крім того, зустрічаються колумбіт, ферсміт, ільменорутит, молібденіт і халькопірит [11].

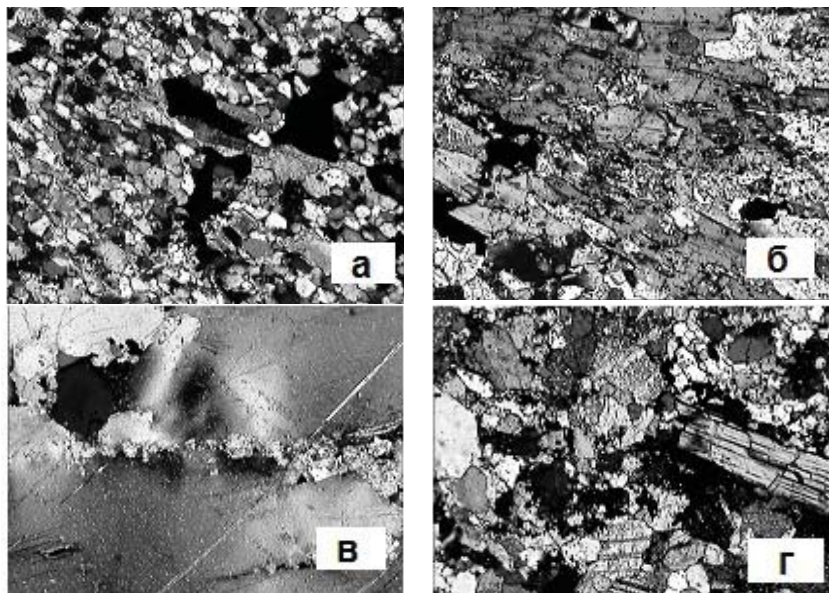


Рис. 1. Мікрофотографії шліфів, що ілюструють перетворення в процесі фенітизації вмісних порід ПКМ (а, б) силікатної (кристалосланці) та (в, г) карбонатної (мармури) композиції
Збільшення: а, в, г – 4 х; б – 10 х; ніколи +

Карбонатити ЧКМ [7, 10, 20] представлені різновидами: суттєво кальцитовими (сьовіти, альвікіти), кальцит-доломітовими та суттєво доломітовими (бефорсити) зі значним переважанням останніх. Вміст силікатної складової в них коливається від 5 до 30 %. Серед севітів, залежно від асоціації силікатних мінералів, виділяють різновиди: клінопіроксенові (з біотитом та амфіболом); амфібол-біотитові та біотит-амфіболові; біотитові.

Вміст апатиту в севітах становить 5–7 %. Акцесорні та рудні мінерали представлені пірохлор-гачетолітом, колумбітом, цирконом, сфеном, монацитом, ортитом, магнетитом і сульфідами. Асоціація породоутворювальних мінералів альвікітів включає: кальцит, флогопіт, олівін, діопсид (або егірін-діопсид), амфібол, апатит і магнетит. Вміст апатиту – до 12–15 %. Серед акцесорних і рудних мінералів: циркон, ільменіт, сульфід, рід-

ше – анатаз, пірохлор-гатчетоліт, колумбіт, монацит. Бефорсити, домінуючий різновид карбонатитів масиву, складені такими мінералами: карбонати (переважний доломіт, кальцит), олівін, флогопіт, апатит, магнетит. Можуть зустрічатися анхімономінеральні різновиди. Вміст апатиту сягає 10 %. Асоціація акцесорних мінералів включає: колумбіт, фергюсоніт, пірохлор-гатчетоліт, бадделеїт, циркон, монацит, сульфід.

Отже, для карбонатитів обох масивів характерним є переважання кальцит-доломітових або суттєво доломітових різновидів порід; вміст силікатних мінералів не перевищує 30–40 %, притаманний підвищений вміст апатиту; подібною є й композиція акцесорних мінералів. Відрізняє ЧКМ лише присутність невеликої кількості піроксену та олівіну (напевно, більш високотемпературні умови утворення) та менша поширеність амфіболу (гастінгситу).

Поведінка петрогенних і мікроелементів у процесі фенітизації порід рами різного складу. Установлені закономірності поведінки хімічних елементів у процесі фенітизації різноманітних за складом порід рами відображають особливості процесу перетворення. Так, за співвідношенням сумарного вмісту Na і K та кремнезему серед порід обох масивів виділяються контрастні типи, що відповідають: карбонатним і силікатним для Пенченгінського; основним, середнім і кислим для Чернігівського масиву. З підвищенням ступеня фенітизації різних і навіть контрастних за складом порід спостерігається закономірне зближення композицій новоутворених фенітів (рис. 2 а, б). Це також помітно і при зіставленні складу порід і головних новоутворених мінеральних фаз (рис. 2 в, г).

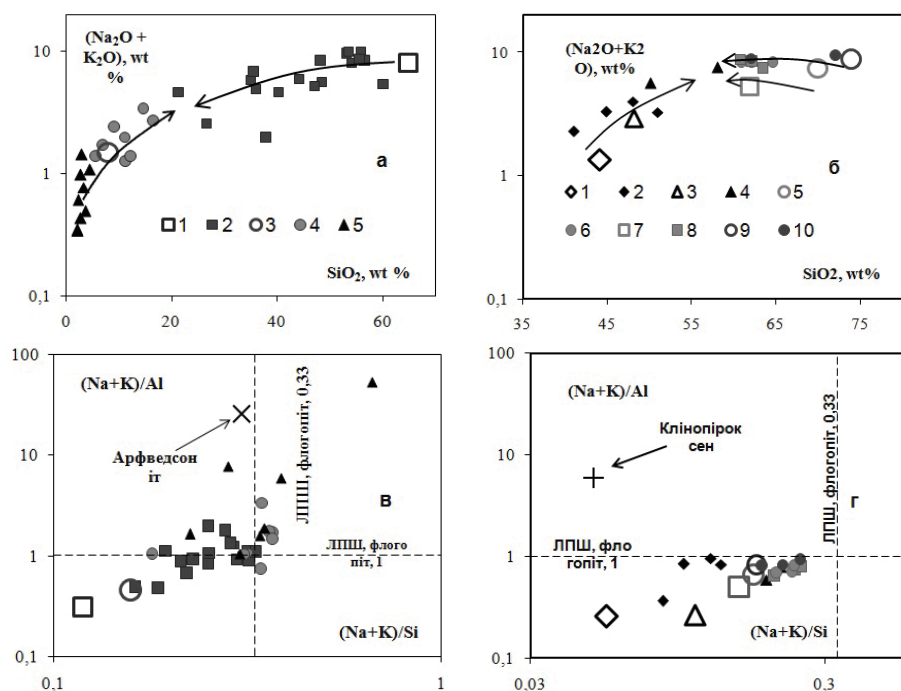


Рис. 2. Залежність сумарного вмісту Na та K від вмісту кремнезему в породах Пенченгінського (а) та Чернігівського (б) карбонатитових масивів. Зіставлення складу (атомні кількості) порід і новоутворених мінеральних фаз (пунктирні лінії) ПКМ (в) та ЧКМ (г).

Умовні позначення (а, в): 1, 2 – майже незмінені (1) та фенітизовані (2) силікатні породи рами; 3, 4 – майже незмінені (3) та фенітизовані (4) мармури; 5 – карбонатити (дані роботи [6]). Умовні позначення (б, г): 1, 2, 3, 4 – фенітизовані (2, 4) та майже незмінені (1, 3) породи рами основного складу; 5, 6, 7, 8 – фенітизовані (6, 8) та майже незмінені (5, 7) породи рами середнього складу; 9, 10 – фенітизовані (10) та майже незмінені (9) породи рами кислого складу

За характером поведінки головних і мікроелементів у процесі фенітизації для кожного з масивів виділено три групи елементів, а саме: привнесення, виносу та перерозподілу (табл. 1).

Очевидно, що групи привнесення і перерозподілу багато в чому подібні. Але склад відповідних груп відображає деяку відмінність у геохімічній спеціалізації масивів. У першу чергу, це стосується Na, який потрапляє до групи привнесення в ЧКМ і, навпаки, до групи виносу в ПКМ та K, що поводить себе майже протилежно. Так само до групи привнесення ПКМ потрапили Fe і Mn, хоч для порід ЧКМ характерний перерозподіл цих елемен-

тів. Такі розбіжності знаходять своє відображення і в композиціях новоутворених мінералів.

Зіставлення простеження особливостей розподілу хімічних елементів у породах обох карбонатитових масивів і характер їхньої поведінки в ході метасоматичних перетворень дозволяє запропонувати уніфікований мультиплікативний геохімічний показник зональності ореолів фенітизації (K_g), в якому застосовані лише типові елементи групи привнесення: $K_g = La \times Ce \times Sr \times Zn$. Як видно з рис. 3, значення K_g закономірно зростає на декілька порядків з підвищенням ступеня фенітизації.

Таблиця 1

Виділені групи головних і мікроелементів за характером поведінки в процесі фенітизації		
Група	Пенченгінський масив	Чернігівський масив
перерозподілу	Si, Al, Ti, Ca, Mg, C	Si, Al, Ti, C, Ca, Mg, K, Fe, Mn
привнесення	K, Fe, Mn, F, P, Nb, Sr, La, Ce, Zn	Na, Sr, Nb, P, La, Ce, Zn
виносу	Na(?), Ba	V(?)

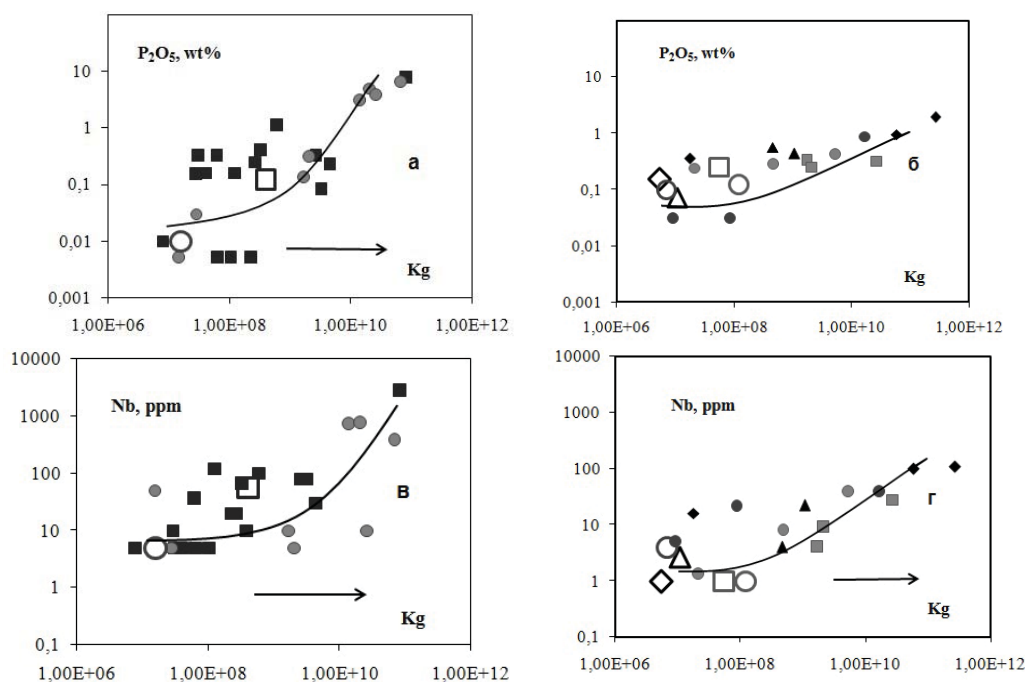


Рис. 3. Поведінка головних рудних компонентів P_2O_5 і Nb залежно від геохімічного показника зональності для порід ПКМ (а, в) і ЧКМ (б, г)
Умовні позначення див. на рис. 2. Стрілка вказує напрямок фенітизації порід

Висновки

Для ПКМ виділено два ряди метасоматитів (фенітів), які розвинені по первиннокарбонатних і первинносілікатних породах. Для цих рядів характерною є зміна мінеральних асоціацій (повне зникнення таких реліктових мінералів, як кварц, біотит і рогова обманка і поява новоутвореного парагенезису: лужні амфіболи, флогопіт, кальцит; підвищення вмісту апатиту і піротину, а також поява пірохлору і сфену), що принципово збігається з рядами, які виділяються для ЧКМ, хоч останні характеризуються менш контрастним набором вихідних порід рами.

Установлено, що в обох випадках головним напрямком зміни контрастних типів вихідних (вмісних) порід у ході їхньої фенітизації є конвергентність їхніх мінеральних і хімічних композицій. Останнє підтверджується як для петрогенних, так і для мікроелементів.

За характером поведінки головних і мікроелементів у процесі фенітизації для кожного з масивів виділено три групи елементів, а саме: елементи привнесення, виносу та перерозподілу.

Подібність набору елементів груп привнесення обох масивів дозволила запропонувати єдиний мультиплікативний геохімічний показник зональності, який об'єктивно відображає зростання ступеня перетворення вмісних порід і значно розширює розміри пошукової мішені за межі, які дозволяють зафіксувати прямі петрографічні дослідження.

Одержані результати дозволяють вважати, що одним із перспективних напрямів подальших досліджень є дослідження найбільш розповсюджених мінералів-концентраторів рідкісних елементів із зональних фенітових ореолів обох масивів (перш за все апатиту). На думку авторів, це дозволить підтвердити процеси конвергенції композицій з нарощуванням ступеня фенітизації та підвищити ефективність прогнозно-пошукових критеріїв.

Список використаних джерел

1. Багдасаров Ю. А. Особенности геологического положения и радиологический возраст нового проявления карбонатитов в районе КМА / Ю. А. Багдасаров, С. Н. Вороновский, Л. В. Овчинникова // ДАН СССР. – 1985. – 282, 2. – С. 404–408.

Bagdasarov Yu.A., Voronovskiy S.N., Ovchinnikova L.V., (1985). Geological position features and radiological age of the new carbonatites occurrence in the KMA Region. Reports of the USSR Academy of Sciences, 282, 2, 404–408. (In Russian)

2. Багдасаров Ю. А. Линейно-трещинные тела карбонатитов – новая субформация ультраосновных-щелочных карбонатитовых комплексов / Ю. А. Багдасаров // Докл. АН СССР. – 1979. – 248, 2. – С. 412–415.

Bagdasarov Yu.A., (1979). Linear-fractured carbonatite bodies – the new subformation of ultrabasic-alkaline carbonatite complexes. Reports of the USSR Academy of Sciences, 248, 2, 412–415. (In Russian)

3. Багдасаров Ю. А. О главных петро- и геохимических особенностях карбонатитов линейного типа и условиях их образования / Ю. А. Багдасаров // Геохимия. – 1990. – № 8. – С. 1108–1119.

Bagdasarov Yu.A., (1990). About the main geochemical features of linear type carbonatites and their formation conditions. Geochemistry, 8, 1108–1119. (In Russian)

4. Багдасаров Ю. А. О полиформационности карбонатитов и объёме термина "карбонатит" / Ю. А. Багдасаров // ЗВМО. – 1992. – № 2. – С. 110–116.

Bagdasarov Yu.A., (1992). About the carbonatites multiformal and the scope of the term "carbonatite". Notes of the Russian Mineralogical Society, 2, 110–116. (In Russian)

5. Верниковская А. Е. Неопротерозойское анорогенное магматическое событие на Енисейском крае: новые геохимические и изотопно-геохронологические данные / А. Е. Верниковская, В. А. Верниковский, Е. Б. Сальникова и др. // Докл. РАН. – 2005. – 403, 5. – С. 656–660.

Vernikovskaya A.E., Vernikovskiy V.A., Salnikova E.B. et al., (2005). Neoproterozoic anorogenic magmatic event on the Yenisei Ridge: new geochemical and isotopic-geochronological data. Reports of the Russian Academy of Sciences, 403, 5, 656–660. (In Russian)

6. Вещественный состав и возраст пенчугинского линейного комплекса карбонатитов. Енисейский край / В. В. Врублевский, Б. Г. Покровский, Д. З. Журавлев, Г. Н. Аношин // Петрология. – 2003. – 11, 2. – С. 145–163.

Vrublevskiy V.V., Pokrovskiy B.G., Zhuravlev D.Z., Anoshin G.N., (2003). The composition and age of the Penchuga linear carbonatite complex, Yenisei Ridge. Petrology, 11, 2, 145–163. (In Russian)

7. Глевасский Е. Б. Докембрийский карбонатитовый комплекс Приазовья / Е. Б. Глевасский, С. Г. Кривдик. – К.: Наук. думка, 1981. – 227 с.

Glevasskiy E.B., Krivdik S.G., (1981). Precambrian carbonatite complex, Pre-Azov Region. Kiev, The scientific thought, 227 p. (In Russian)

8. Дунаев В. А. Геологическое строение и особенности генезиса Дубравинского массива щелочных пород и карбонатитов (КМА) / В. А. Дунаев // Изв. высш. учеб. заведений. Сер. Геология и разведка. – 2006. – № 5. – С. 30–33.

Dunaev V.A., (2006). Geological structure and genesis features of Dubravinka massif alkaline rocks and carbonatites (KMA). News of higher educational institutions. Geology and exploration, 5, 30–33. (In Russian)

9. Забродин В. Ю. Новый комплекс щелочных-основных пород и карбонатитов в Енисейском крае / В. Ю. Забродин, А. А. Малышев // Докл. АН СССР. – 1975. – 223, 5. – С. 1223–1226.

Zabrodin V.Yu., Malyshev A.A., (1975). The new complex of alkaline-basic rocks and carbonatites in the Yenisei Ridge. Reports of the USSR Academy of Sciences, 223, 5, 1223-1226. (In Russian)

10. Кривдик С. Г. Петрология щелочных пород Украинского щита / С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук. – К. : Наук. думка, 1990. – 408 с.

Krividik S.G., Tkachuk V.I., (1990). The petrology of Ukrainian Shield alkaline rocks. Kiev, The scientific thought, 408 p. (In Russian)

11. Лапин А. Карбонатиты зоны Татарского глубинного разлома на Енисейском кряже / А. В. Лапин, В. В. Плошко, А. А. Малышев // Геология рудных месторождений. – 1987. – № 1. – С. 30–45.

Lapin A.V., Ploshko V.V., Malyshev A.A., (1987). The carbonatites of the Tatarska deep-seated fault zone in the Yenisei Ridge. The geology of ore deposits, 1, 30-45. (In Russian)

12. Левин В. Я. Карбонатиты щелочной провинции Ильменских-Вишневых гор на Урале / В. Я. Левин, Б. М. Роненсон, И. А. Левина // Докл. АН СССР – 1978. – 240, 4. С. 930–933.

Levin V.Ya., Ronenson B.M., Levina I.A., (1978). Carbonatites of the alkaline province of Ilmenskie-Vishnevye mountains (Ural). Reports of the USSR Academy of Sciences, 240, 4, 930-933. (In Russian)

13. Недосекова И. Л. Карбонатиты Ильмено-Вишневогорского комплекса: геохимические и генетические особенности, роль силикатно-карбонатной несмешиваемости и флюидно-гидротермальных процессов в карбонатитообразовании / И. Л. Недосекова, С. В. Прибавкин // Ежегодник-2008. Тр. ИГГ УрО РАН. – 2009. – 156. – С. 166–175.

Nedosekova I.L., Pribavkin S.V., (2009). Carbonatites of Ilmeno-Vishnevogorskiy complex: geochemical and genetical features, the role of the silicate-carbonate immiscibility and fluid-hydrothermal processes in formation of carbonatites. Yearbook-2008. Proceedings of IGG of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, 156, 166-175. (In Russian)

14. Самойлов В. С. Геохимия карбонатитов / В. С. Самойлов. – М. : Наука, 1984. – С. 193.

Samoylov V.S., (1984). The geochemistry of carbonatites. Moscow, The science, 193 p. (In Russian)

15. Собаченко В. Н. Rb – Sr возраст приразломных щелочных метасоматитов и гранитов Татарско-Пенченгинской зоны (Енисейский кряж) / В. Н. Собаченко, Г. С. Плюсин и др. // Докл. РАН. – 1986. – 287, 5. – С. 1220–1223.

Sobachenko V.N., Plyusin G.S. et al., (1986). The Rb – Sr age of near-fault alkaline metasomatic rocks and granites of the Tatarsko-Penchenginska zone (Yenisei Ridge). Reports of the Russian Academy of Sciences, 287, 5, 1220-1223. (In Russian)

16. Собаченко В. Н. Формационный тип приразломных щелочных карбонатно-силикатных метасоматитов и связанных с ними карбонатитов / В. Н. Собаченко, А. Г. Гундобин // Геология и геофизика. – 1993. – № 5. – С. 113–120.

Sobachenko V.N., Gundobin A.G., (1993). The formation type of near-fault alkaline carbonate-silicate metasomatic rocks and associated carbonatites. Geology and Geophysics, 5, 113-120. (In Russian)

17. Шнюков С. Е. Особенности процесса фенитизации Черниговского карбонатитового комплекса Западного Приазовья / С. Е. Шнюков // Геол. журн. – 1983. – 43, 4. – С. 52–61.

Shnyukov S.E., (1983). Fenitization process features of Chernigovka carbonatite complex of the West Pre-Azov Region. The geological journal, 43, 4, 52-61. (In Russian)

18. Шнюков С. Е. Десилицированные породы Черниговской зоны / С. Е. Шнюков, Р. Н. Щербина // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1984. – № 2. – С. 28–30.

Shnyukov S.E., Scherbina R.N., (1984). Desilicated rocks of the Chernigovska zone. Reports of the Ukrainian SSR Academy of Sciences, B series, 2, 28-30. (In Russian)

19. Шнюков С. Е. Апатиты, цирконы и сфены из околокарбонатитовых фенитов и щелочных метасоматитов зон диафтореза Украинского щита как петрогенетические и геохимические индикаторы : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / С. Е. Шнюков. – Львов, 1988. – 25 с.

Shnyukov S.E., (1988). Apatite, zircon and sphene from fenites associated with carbonatites, and alkaline metasomatic rocks of Ukrainian Shield diaphthoresis zones as petrogenetic and geochemical indicators. Ph.D. Thesis. Lviv, Ivan Franko State University, 25 p. (In Russian)

20. Шраменко И. Ф. Геохимия карбонатитов Украинского щита / И. Ф. Шраменко, В. А. Стадник, В. К. Осадчий. – К. : Наук. думка, 1992. – 214 с.

Shramenko I.F., Stadnik V.A., Ocadchii V.K., (1992). The geochemistry of Ukrainian Shield carbonatites. Kiev: The scientific thought, 214 p. (In Russian)

21. Щербак Н. П., Загнитко В. Н., Артеменко Г. В., Бартницкий Е. Н. Геохронология крупных геологических событий в Приазовском блоке УЩ // Геохимия и рудообразование. – 1995. – № 21. – С. 112–129.

Scherbak N.P., Zagnitko V.N., Artemenko G.V., Bartnitskiy E.N., (1995). Geochronology of large geological events in Priazovskiy block of USh. Geochemistry and Ore Formation, 21, 112-129. (In Russian)

22. Puustinen K. Geology of the Siilinjärvi carbonatite complex, Eastern Finland. Otaniemi // Bull. de la Commission Geologique de Finlande. – 1971. – 249. – 44 p.

23. Carbonatites, nepheline syenites, kimberlites and related rocks in British Columbia / by Jennifer Pell. – 1994. – Chapter 2–3.

24. Tribe N. L. Mineral Resource evaluation report on the Lonnie rare earth elements property. Manson Greek – Germanson landing area / N. L. Tribe, P. Eng // Northern B.C. Vancouver, BC Canada, 2011.

25. Peter Van Straaten Geological outline of Tanzania (carbonatites). Rocks for crops. Agrominerals of sub-Saharan Africa. – A, 2009. available at: http://www.uoguelph.ca/~geology/rocks_for_crops/

Надійшла до редколегії 14.10.14

S. Shnyukov, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., Head of Department

E-mail: shnyukov@mail.univ.kiev.ua,

I. Lazareva, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.

E-mail: lazareva@mail.univ.kiev.ua,

Yu. Nykanorova, Postgraduate Student, Engineer

E-mail: juliyasos@ukr.net,

V. Morozenko, Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher

E-mail: morozenko@mail.univ.kiev.ua

Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv

90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

FENITIZATION HALOS IN PENCHENGA AND CHERNIGOVKA CARBONATITE MASSIFS: SIMILARITIES AND DIFFERENCES

Mineralogical, petrographic and geochemical features of carbonatites and fenitization halos of two linear carbonatite massifs, Penchenga (Yenisei Ridge) and Chernigovka (Pre-Azov Region), have been investigated. The purpose of the research was to identify and compare regularities of mineral association changes and major and trace elements behavior during the fenitization halo evolution over different host rocks (silicate and carbonate). To achieve this goal, we carried out three principal components of the laboratory and analytical study: petrographic investigation in thin sections to determine the mineral composition as well as the textural and structural features of rocks; X-ray fluorescence analysis to identify major and trace elements; interpretation of the data obtained.

Our research produced the following results: (1) a similarity has been found in the direction of mineral association changes brought about by fenitization of different host rocks (silicate and carbonate) for both studied massifs (complete disappearance of such relict minerals as quartz, biotite and hornblende, and emergence of newly formed paragenesis: alkaline amphiboles, phlogopite, and calcite; an increase in apatite and pyrrhotite content, and the emergence of pyrochlore and titanite); (2) it has been found that in both cases, the main direction of changes in the contrast type host rocks caused by fenitization is the convergence of their mineral and chemical compositions; (3) according to their behavior during fenitization, the major and trace elements in each massif have been found to fall into three groups: lost, gained and redistributed; (4) the composition of these groups reflects a difference in the geochemical specialization of the massifs, which is also marked by the absence of nepheline rocks in the Penchenga massif in contrast to the Chernigovka massif; (5) similarities and differences in the Penchenga and Chernigovka carbonatite massifs have been revealed for the first time, and a common multiplicative geochemical zonation index has been constructed for both massifs to objectively show an increase in the level of contrast host rocks transformation. Using this index can enhance the efficiency of area selection and target evaluation.

Keywords: carbonatite massifs, fenitization, Pre-Azov Region, Ukrainian Shield, Yenisei Ridge.