

МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

УДК 551.1/.4+550.4

С. Шнюков, д-р геол. наук, доц.
E-mail: shnyukov@mail.univ.kiev.ua;І. Лазарєва, канд. геол. наук, доц.
E-mail: lazareva@mail.univ.kiev.ua;Ю. Никанорова, інж.
E-mail: juliyaos@ukr.netКиївський національний університет імені Тараса Шевченка,
ІНІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна**ФЕНІТОВІ ОРЕОЛИ ЛІНІЙНИХ КАРБОНАТИТОВИХ МАСИВІВ:
МІНЕРАЛО-ГЕОХІМІЧНІ КРИТЕРІЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
ТА ВСТАНОВЛЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ***(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. О.В. Митрохіним)*

Проведено порівняння морфологічних особливостей ореолів фенітизації карбонатитових масивів двох контрастних структурно-морфологічних типів: лінійного – Чернігівський, Дубравинський, Пенченгінський (Український щит, Воронезький кристалічний масив, Єнісейський кряж відповідно) та центрального – Ально, Турій мис (Балтійський щит). Встановлено, що на противагу ізометричним фенітовим ореолам масивів центрального типу, ореоли фенітизації лінійних масивів зазвичай характеризуються нерівномірною потужністю (аж до фрагментарності проявлення) та морфологічною асиметрією, яка найкраще виражена у випадку пологого падіння карбонатитових тіл. Досліджено геохімічні особливості наскрізних акцесорних мінералів (циркон, апатит, сфен) із зональних фенітових ореолів масивів лінійного типу. Встановлені закономірності розподілу елементів-домішок у акцесорних цирконах з утворень фенітового ореолу Чернігівського карбонатитового масиву можуть розглядатися як критерій для віднесення досліджуваних метасоматитів до фенітової групи. Особливості розподілу елементів-домішок в апатитах та сфенах з порід фенітових ореолів дозволяють ідентифікувати типи контрастних за складом вихідних порід, оцінити ступінь їхнього перетворення, а також чітко ілюструють конвергенцію композицій новоутворених акцесорних мінералів. Одержані результати підтверджують доцільність використання даних мікроелементного складу найбільш розповсюджених акцесорних мінералів фенітових ореолів у складі комплексу прогностико-пошукових критеріїв, що дає можливість: уточнення їх морфології, встановлення та картування зональності, оптимізації номенклатури фенітів.

Ключові слова: карбонатити, фенітизація, елементи-домішки, акцесорні мінерали, циркон, апатит, сфен, Український щит, Балтійський щит, Єнісейський кряж, Воронезький кристалічний масив.

Вступ. Карбонатитові масиви складають групу своєрідних ендегенних утворень, з якими пов'язані родовища та прояви широкого переліку рідкісних елементів та іншої сировини (Nb, Ta, REE, Zr, Sr, Ba, Fe, P, флогопіту тощо). З-поміж них виділяють масиви 2-х структурно-морфологічних типів [1, 11], центрального та лінійного, причому до представників останнього відносять дуже незначну їх кількість. Головними відмінностями лінійних карбонатитів є [1, 11]: локалізація у зонах трансрегіональних глибинних розломів у консолідованих ділянках земної кори; більша глибинність формування; лінійна морфологія тіл як карбонатитів, так і споріднених з ними силікатних порід; скорочена асоціація останніх; неповний набір мінеральних типів карбонатитів та відсутність чіткої послідовності їхнього формування. Характерним є більш широкий прояв метасоматичних процесів у формуванні як саме карбонатитів, так і супутніх їм силікатних порід. Спільною ознакою масивів обох типів є наявність екзоконтактних ореолів фенітизації (метасоматичної переробки вміщуючих порід), що завжди супроводжують формування порід (власне карбонатитів і супутніх їм утворень) та мають значну площу розвитку. Такі ореоли зазвичай використовують при пошуках родовищ, пов'язаних з карбонатитовими масивами, у складі комплексу прогностико-пошукових критеріїв. Однак під час ідентифікації приналежності метасоматичних змін до фенітового типу зазвичай застосовують лише петрографічні засоби, що на практиці часто призводить до дискусійності висновків. Залучення даних щодо структурно-геологічних та композиційних (зокрема, геохімічних) особливостей фенітових ореолів дозволить значно збільшити розміри пошукової мішені. Значну перевагу дає застосування даних мікроелементного складу найбільш розповсюджених акцесорних мінералів фенітів, яка полягає у можливості більш однозначної ідентифікації пов'язаних з фенітовими

ореолами геохімічних аномалій, які вказують на наявність карбонатитових масивів, навіть за умови використання розрідженої та нерегулярної сітки точок спостереження (відслонень, свердловин) у межах закритих територій, до яких, наприклад, належить більша частина Українського щита.

Мета даної роботи полягає у: (1) порівнянні морфологічних особливостей фенітових ореолів карбонатитових масивів лінійного та центрального структурно-морфологічних типів; (2) встановленні мінерало-геохімічних критеріїв ідентифікації фенітових ореолів та дослідженні їхніх морфології та внутрішньої будови.

Для досягнення першої частини мети як об'єкти дослідження для характеристики морфологічних особливостей фенітових ореолів обрано типові карбонатитові масиви лінійного (Чернігівський, Дубравинський, Пенченгінський) та центрального (Ально, Тур'єго мису) структурно-морфологічних типів. Виходячи з другого пункту поставленої мети та враховуючи вкрай обмежений у кількісному та якісному відношенні об'єм наявної інформації, зокрема щодо складу акцесорних мінералів з порід фенітових ореолів, розподіл елементів-домішок у акцесорних мінералах досліджено для Чернігівського (циркон, апатит, сфен) та Пенченгінського (apatит) масивів. Методика дослідження включала: загальне мінералогічне вивчення порід; виділення мономінеральних фракцій акцесорних мінералів та їхню типізацію; рентгенофлюоресцентний аналіз з кількісним визначенням концентрацій індикаторних елементів-домішок (Hf, Y, Sr, Th, U, Pb та ін.) у виділених типах. Загальна кількість аналізів становить приблизно 3880 [8, 15-17]. Частина аналізів апатитів та цирконів з альбітітів запозичена з роботи [13].

Геологічна позиція та загальна характеристика досліджених об'єктів. Чернігівський (ЧКМ), Пенченгінський (ПКМ) та Дубравинський (ДКМ) карбонатитові

масиви належать до лінійного структурно-морфологічного типу [1-6, 9, 14-15, 18-19]. Розташовані, відповідно, у межах Приазовського мегаблоку Українського щита, Центрально-Ангарського террейну Єнісейського крижу та докембрійського мегаблоку КМА (Курська магнітна аномалія) Воронежського кристалічного масиву. Складені масиви серіями крутопадаючих тіл різноманітної морфології, що приурочені до зон глибинних розломів. На відміну від ЧКМ та ПКМ, лінійно витягнутих у плані, ДКМ має серпоподібну форму, в чому деякі дослідники вбачають схожість з класичними карбонатитовими комплексами центрального типу [6]. Масиви супроводжуються потужними екзоконтактовими ореолами лужних метасоматитів (фенітів), що розвиваються по різних за складом вихідних породах, які представлені: для ЧКМ – мігматизованими архейськими метаморфітами (амфіболіти, кристалосланці, гнейси), жильними граніт-аплітами та апліто-пегматоїдними гранітами; для ПКМ – протерозойськими породами силікатного (сланці, амфіболіти) та карбонатного (мармури) складу; для ДКМ – мігматизованими архейськими гнейсами та гранітоїдами. Сучасні оцінки віку формування утворень ДКМ та ЧКМ дуже близькі – $\sim 1,9-2,1$ (Pb-Pb метод, по сфенах, цирконах [2]) та $\sim 2,09 \pm 0,015$ млрд р (U-Pb метод, ізохрона по цирконах [19]) відповідно. Більш пізній час формування встановлено для порід Пенченгінського масиву – $0,672 \pm 0,093$ млрд р (Sm-Nd метод, ізохрона по пірохлору, апатиту, амфіболу, валовій пробі карбонатиту [4]).

Карбонатитовий комплекс Альньо – класичний приклад комплексів центрального типу, один з його найбільших за розміром представників (діаметр ~ 5 км). Приурочений до рифтової зони Свекофенського сегменту Балтійського щита. Характеризується кільцевою структурою, формування якої пов'язують з утворенням кальдери колишнього вулкану [20]. Порооди масиву складають штоки, кільцеві дайки, пластові інтрузії та численні маленькі тіла різної морфології. Вміщуючі породи представлені докембрійськими утвореннями фундаменту Балтійського щита – мігматизованими орто- та парагнейсами відносно сталого мінерального складу. В екзоконтактах комплексу вони інтенсивно фенітизовані [23]. Сучасні оцінки віку формування масиву Альньо – 584 ± 13 млн р (Pb-Pb ізохрона по валовій пробі) [24]. До центрального типу належать і масиви Тур'єго мису, які приурочені до підняття у межах Кандалакшського грабену (південний захід Кольського півострова). Три масиви цієї групи мають зональну будову та супроводжуються невеликими сателітами, а також системою дайок та жил. Тіла порід мають штокоподібну форму. Вміщуючі породи – протерозойські гранітоїди та рифейські пісковики, по яких формується фенітовий ореол [7; 21]. Вік формування – $373,1 \pm 5,6$ млн р (ізохрона по валовій пробі) [21].

Морфологія фенітових ореолів. Наявність екзоконтактових ореолів метасоматичного перетворення вміщуючих порід (фенітових ореолів) – характерна ознака карбонатитових масивів як лінійного, так і центрального структурно-морфологічних типів.

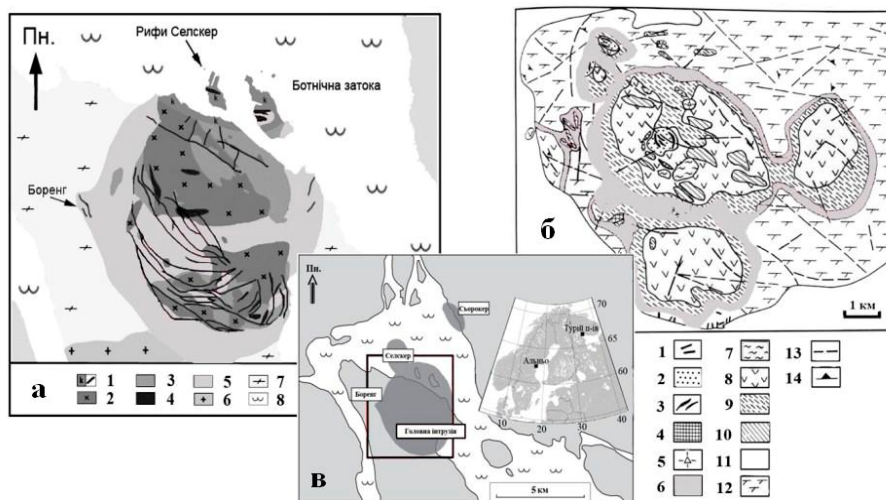


Рис. 1. Схема геологічної будови масивів Альньо (а) та Тур'єго мису (б); в – інтрузії масиву Альньо

Альньо [20]: 1 – карбонатити; 2 – йоліти; 3 – нефелінові сієніти; 4 – піроксеніти; 5 – феніти; 6 – граніти; 7 – мігматити; 8 – Ботнічна затока. Тур'єго мис [21]: 1 – олівінові меланефелініти, меланефелініти, нефелініти й мелілітати; 2 – карбонатити; 3 – фоскорити; 4 – олівін-мельтейгітові порфіри; 5 – еруптивна брекчія; 6 – феніти; 7 – гранат-діопсидові везувіаніти та діопсид-гастінгситові породи; 8 – мелілітові породи; 9 – йоліт-мельтейгіти; 10 – піроксеніти та нефелінові піроксеніти; 11 – Біле море; 12 – вміщуючі породи; 13 – розломи; 14 – падіння та простягання шаруватості

Однак, морфологічні особливості ореолів масивів кожного з типів дещо відрізняються. У сучасному ерозійному зрізі обриси карбонатитових масивів центрального типу у плані, при усій складності контуру їх контактів з вміщуючими породами, наближені до ізометричних або еліпсоподібних. Для порід, якими складені масиви, у більшості випадків характерне зонально-кільцеве розташування та специфічна форма тіл – кільцеві дайки, трубки, штоки. Падіння тіл лужних порід та карбонатитів наближується до вертикального або крутого центриклінального, що простежуються за геофізичними даними на значну глибину (на кілька кілометрів) [7]. Фенітові ореоли таких масивів, відповідно, мають ізометричні обриси та досить витриману потужність, що можна про-

стежити на прикладі типових масивів центрального типу: Альньо (рис. 1а), утворень Тур'єго мису (рис. 1б), а також ряду інших [21]. У окремих випадках фенітові ореоли центральних масивів можуть мати деяку локальну асиметричність, що зазвичай пов'язують [7, 12, 22], перш за все, з особливостями будови головної інтрузії. Так, тіло останньої може супроводжуватися апофізами або сателітами, які будуть розташовані на певній відстані від центру головної інтрузії та оточені власним ореолом фенітизації (наприклад, інтрузії Боренг та Сьорокер масиву Альньо (рис. 1в), або ряд сателітів, пов'язаних з масивами Тур'єго мису (рис. 1б)). Однак такі окремі випадки загалом не порушують ізометричну форму фенітового ореолу.

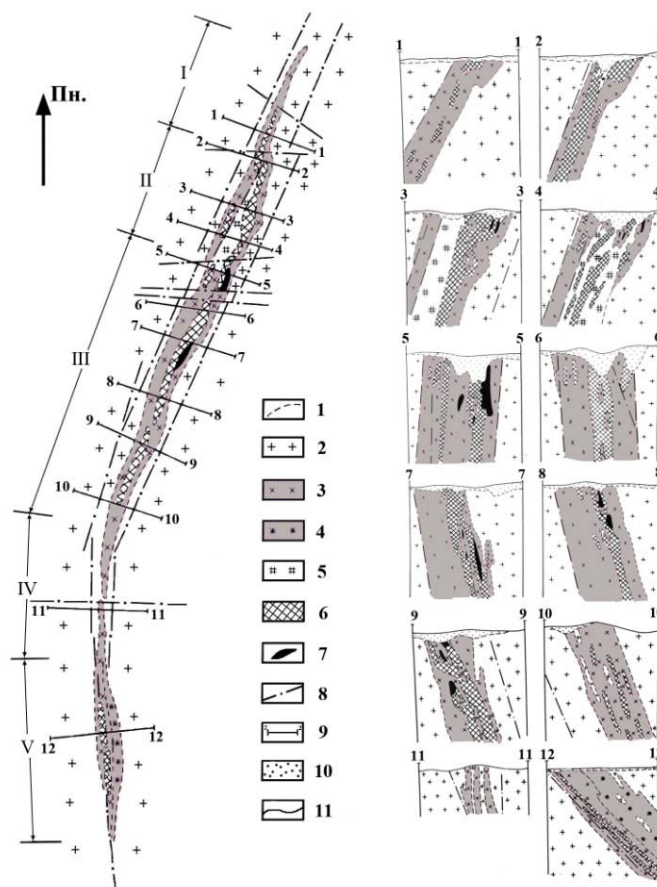


Рис. 2. Схема геологічної будови Чернігівського масиву [15]:

- 1 – границі геологічних тіл; 2 – вміщуючі породи; 3 – фенітизовані вміщуючі породи та сієніт-феніти; 4 – діафорит-феніти;
5 – нефелінові сієніти; 6 – карбонатити; 7 – меланократові породи (піроксеніти); 8 – розривні порушення;
9 – лінії геологічних розрізів та їх номери; 10 – кора вивітрювання; 11 – границя поверхні докембрійського фундаменту

На відміну від масивів центрального типу, лінійні карбонатитові масиви характеризуються значною видовженістю при незначній їх потужності. Тіла порід представлені дайками, жилами, пластовидними утвореннями, орієнтованими вздовж осі масиву, що співпадає з напрямком контролюючої його розташування розломної зони. Особливості тектонічних умов формування лінійних масивів загалом та специфічність будови кожного з них зокрема зумовлюють певну неоднорідність розвитку їхніх фенітових ореолів.

Так, у структурі Чернігівського масиву виділяються [5] два окремі блоки (північний – Новополтавський та південний – Бегім-Чокракський), які, у свою чергу, можуть бути розділені [15] на ряд дрібніших ділянок (рис. 2). Між північним та південним блоками масиву виділяється перехідна зона (рис. 2, ділянка IV), складена лише вузькою (перші десятки метрів) смугою відмінних за складом (суттєво калієвих) фенітів [14, 18]. Структурна та речовинна особливість цієї зони пояснюється [15] її формуванням в умовах тектонічного режиму стиснення. Максимальна ширина смуги, яка складена утвореннями ЧКМ, спостерігається у північному блоці і сягає 1 км (рис. 2, ділянка II), поступово зменшуючись у північному та південному напрямках (рис. 2, ділянки I, III). Відповідним чином тут змінюється й потужність фенітового ореолу – максимальна (перші сотні метрів) характерна для центральної частини комплексу, а у напрямку на північ та південь поступово знижується до 100-50 м і менше. Крім того, варіації потужності зони фенітизованих порід (аж до фрагментарності її розвитку) спостерігаються у межах окремих ділянок (див. розрізи на рис. 2). Падіння порід Чернігівського масиву змінюється від західного (на півночі) до вертикального (у центрі) та східного (на півдні) (рис. 2), що пов'язано із

субзгідним заляганням утворень масиву відносно крил антиклінальної складки [15]. Кути падіння тіл варіюють від 60-90° (на півночі та у центрі) до 45° (на півдні), причому простежена у розрізі асиметрія розвитку фенітового ореолу проявлена у зростанні його потужності у висячому боці тіл, особливо у випадку більш пологого їх падіння (рис. 2, ділянка V) [15].

Тіла піроксенітів та карбонатитів Дубравинського масиву приурочені до зони зчленування граніто-гнейсів архею та нижньопротерозойських гранітоїдів атаманського комплексу. У північній частині дуги масиву породи мають круте (75-80°) південно-східне падіння (рис. 3а). Західна частина дуги дещо виположується (до 50-60°) у тому ж напрямку [3]. Як і у випадку з Чернігівським масивом, ореол фенітизації, що розвивається по вміщуючих граніто-гнейсах, характеризується досить перемінною потужністю (від 80 до 200 м) та невтриманістю у плані, а у розрізі спостерігається явно виражена асиметрія зі зростанням потужності у висячому боці тіл (рис. 3а).

Породи Пенченгінського масиву, залягаючи субзгідно з вміщуючими товщами, мають круте східне падіння. У плані на сучасному рівні ерозійного зрізу потужність фенітового ореолу можна вважати витриманою (рис. 3б), але недоступність розрізів та очевидні проблеми з картуванням зовнішньої границі фенітового ореолу (що також має місце на всіх інших комплексах) примушують вважати цей висновок умовним.

Таким чином, порівняння структурно-морфологічних особливостей фенітових ореолів масивів обох типів підтверджує, що у лінійних карбонатитових масивах, на відміну від масивів центрального типу, ореоли фенітизації зазвичай характеризуються нерівномірною потужністю (аж до фрагментарності їхнього проявлення) та морфологічною асиметрією, яка найкраще виражена у

випадку пологого падіння порід комплексу. Враховуючи деякі проблеми, пов'язані з недоступністю чи відсутністю розрізів або недостатньою надійністю картування зовнішньої границі фенітових ореолів, необхідним та доцільним має бути використання комплексу методів, в якому помітне місце займають геохімічні дослідження породного [10] та мінерального рівнів. При цьому, беручи до уваги високу чутливість акцесорних мінералів до зміни складу фенітизуючого флюїду, особливості саме

їхнього домішкового складу можуть надавати додаткову інформацію щодо надійної ідентифікації фенітового типу метасоматитів, уточнення морфології ореолів, встановлення та картування зональності, а також сприяти оптимізації номенклатури фенітів, що зазвичай ускладнено "мозаїчною" будовою зон фенітизації, неоднорідністю складу вихідних порід та вибірковістю метасоматичного перетворення останніх [5, 14-17].

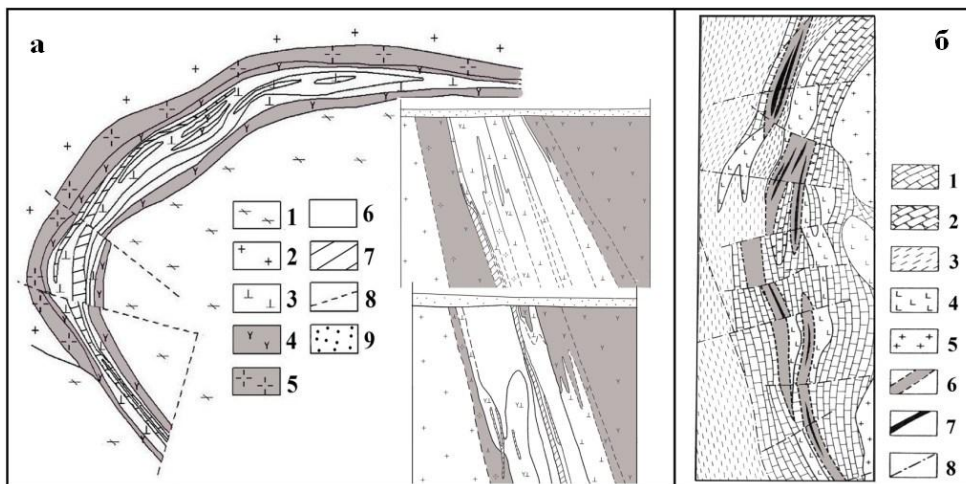


Рис. 3. Схема геологічної будови Дубравинського (а) та Пенченгінського (б) карбонатитових масивів

ДКМ (за даними Белгородської ГРЕ (В.С. Котельников, В.В. Двойнин, В.І. Белих) та [6], з доповненнями): 1 – вміщуючі гнейси; 2 – граніти; 3 – лужні піроксеніти; 4, 5 – феніти (4 – алогнейсові, 5 – апогранітові); 6 – апатит-карбонатно-силікатні породи; 7 – карбонатити; 8 – розривні порушення; 9 – осадовий чохол.

ПКМ [9]: 1-5 – вміщуючі породи (1 – мармури, 2 – кварцитоподібні пісковики, 3 – слюдяні сланці; 4 – амфіболіти, 5 – граніти); 6 – лужні метасоматити (феніти); 7 – карбонатити; 8 – розривні порушення

Елементи-домішки акцесорних мінералів. У ряді попередніх робіт [8, 15-17] було проаналізовано геохімічну інформативність домішкового складу найбільш розповсюджених акцесорних мінералів та запропоновано індикаторні пари ізоморфних елементів-домішок (Hf-Y для цирконів, Sr-Y для апатитів та сфенів), що найбільш доцільно використовувати для геохімічної класифікації цирконів, апатитів та сфенів з провідних типів ендегенних порід та руд.

Апатит та сфен. Варіації складу акцесорних апатиту (ЧКМ, ПКМ) та сфену (ЧКМ) з вміщуючих порід та порід фенітового ореолу добре ілюструються за запропонованою [15-17] індикаторною парою Sr-Y (провідні елементи-домішки цих мінералів) (рис. 4 а, б). Як для апатиту, так і для сфену з контрастних за складом вихідних порід та порід фенітових ореолів спостерігається геохімічна зональність мінерального рівня, виражена у поступовій зміні мікроелементного складу їх новоутворених різновидів згідно із зонами метасоматичної колонки. Існуючі дискримінантні діаграми [15-17] дозволяють ідентифікувати типи контрастних за складом вихідних порід та оцінити ступінь їх перетворення. При цьому чітко спостерігається конвергенція композицій новоутворених акцесорних апатитів та сфенів.

Циркон. Циркон є одним з найбільш розповсюджених акцесорних мінералів ендегенних гірських порід різноманітного складу, зокрема, метасоматитів різних типів. Застосування запропонованої індикаторної пари (Hf-Y) ілюструє особливості домішкового складу цирконів, дозволяючи диференціювати їх на окремі групи, що відповідають вміщуючим циркони породам (рис. 4 в). Це дає можливість чітко відрізняти феніти (принаймні, Чернігівського карбонатитового масиву) від деяких інших метасоматичних утворень з типових районів їхньої локалізації у межах Українського щита, зокрема, від ураноносних альбітітів і метасоматитів, подібних до розвинених у

межах Суцано-Пержанської зони. Виявлені особливості можна розглядати як потенційно надійний мінерало-геохімічний критерій відмінності метасоматитів різної формальної належності та рудної спеціалізації.

Висновки:

1. Порівняння морфологічних особливостей фенітових ореолів карбонатитових масивів лінійного та центрального структурно-морфологічних типів дало можливість встановити, що у лінійних масивах, на відміну від центральних, ореоли фенітизації зазвичай характеризуються нерівномірною потужністю (аж до фрагментарності їх проявлення) та морфологічною асиметрією, яка найкраще виражена у випадку пологого падіння порід комплексу.

2. Дані про домішковий склад акцесорних апатитів та сфенів можуть бути використані для ідентифікації контрастних типів вихідних порід, по яких формується фенітовий ореол, а також для оцінки ступеня їх перетворення та картування зональності ореолу фенітизації.

3. Встановлені закономірності розподілу елементів-домішок у акцесорних цирконах з утворень фенітового ореолу Чернігівського карбонатитового масиву можуть розглядатися як критерій для віднесення досліджуваних метасоматитів до фенітової групи.

Таким чином, одержані дані підтверджують перспективність дослідження домішкового складу найбільш розповсюджених акцесорних мінералів із зональних фенітових ореолів карбонатитових масивів, що полягає у можливості використання їх як мінерало-геохімічного критерію для розмежування та діагностики цих метасоматичних утворень. На думку авторів, актуальним завданням подальших досліджень було би вивчення подібних особливостей для типових лінійних та центральних масивів, що, імовірно, допомогло би не лише ідентифікувати фенітовий тип метасоматитів, а й диференціювати масиви обох типів при виконанні прогнозно-пошукових робіт.

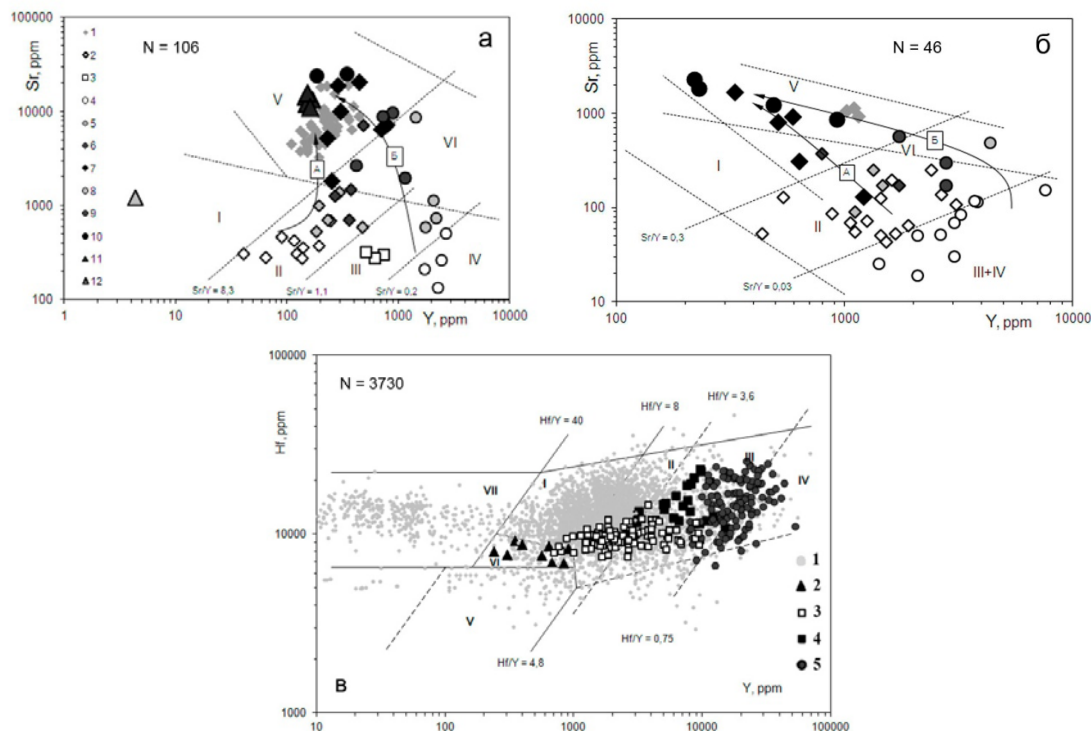


Рис. 4. Варіації складу акцесорних апатитів (а) і сфенів (б) у зональному фенітовому ореолі Чернігівського (а, б) та Пенченгінського (а) масивів та зіставлення домішкового складу акцесорних цирконів з метасоматитів різної формаційної приналежності та вміщуючих їх порід (в)

а, б: 1 – карбонатити ЧКМ; 2-4 – породи вміщуючі ЧКМ гнейсово-мігматитової товщі "базитового" (амфіболіти, кристалосланці, піроксенвміщуючі гнейси) (2) і "гранітоїдного" (біотитові гнейси і апліто-пегматодні граніти, 3 і 4 відповідно) складу; 5-10 – продукти їхнього метасоматичного перетворення (5-7 – слабо-, сильнофенітизовані "базити" й апобазитові феніти; 8-10 – слабо-, сильнофенітизовані "гранітоїди" й апогранітоїдні феніти відповідно). Стрілки – напрямки зміни складу мінералів у апобазитовій (А) і апогранітоїдній (Б) метасоматичних колонках ЧКМ та передбачуваний напрямки зміни в апокарбонатній колонці ПКМ; 11 і 12 – склад апатитів з карбонатитів та мармурів ПКМ відповідно.

Римськими цифрами на дискримінантній діаграмі Sr–Y позначено статистично обґрунтовані поля складу апатитів з: I – метаморфічних карбонатних і силікатно-карбонатних порід; II – порід вапняно-лужного ряду ультраосновного, основного й середнього складу; III – те саме, помірно кременекисли; IV – гранітів підвищеної кременекислотності; V – карбонатитів, лужних порід і асоціюючих з ними метасоматитів (а також лерцолітів мантийних ксенолітів); VI – лужних метасоматитів (включаючи феніти). в: 1 – циркони з метасоматитів різної формаційної приналежності; 2 – циркони з типових фенітів ЧКМ; 3 – циркони з гранітоїдів Коростенського плутону; 4 – циркони з альбітитів центральної частини УЩ (Кіровоградський блок); 5 – циркони з метасоматитів СПЗ (синпетрогенні утворення метасоматитів). Римськими цифрами на дискримінантній діаграмі Hf–Y вказані статистично обумовлені поля складу цирконів з: I – ультраосновних, основних і безкварцових середніх порід; II – кварцвміщуючих порід середнього й помірно кременекислих складу; III – гранітів підвищеної кременекислотності та їх гідротермально змінених різновидів; IV – грейзенів; V – карбонатитів; VI – лужних порід, фенітів і карбонатитів деяких типів; VII – кімберлітів. N – кількість вивчених зразків

Список використаних джерел

- Багдасаров Ю.А., (1979). Линейно-трещинные тела карбонатитов – новая субформация ультраосновных-щелочных карбонатитовых комплексов. Докл. АН СССР, 248, 2, 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).
- Багдасаров Ю.А., Вороновский С.Н., Овчинникова Л.В., (1985). Особенности геологического положения и радиологический возраст нового проявления карбонатитов в районе КМА. ДАН СССР, 282, 2, 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).
- Бочаров В.Л., Фролов С.М., (1992). Апатитоносные карбонатиты КМА. Воронеж: Петровский сквер, 123 с.
- Bocharov V.L., Frolov S.M., (1992). Apatite-bearing carbonatites of the KMA region. Voronezh: The Peter's Square, 123 p. (In Russian).
- Врублевский В.В., Покровский Б.Г., Журавлев Д.З., Аношин Г.Н., (2003). Вещественный состав и возраст Пенченгинского линейного комплекса карбонатитов, Енисейский край. Петрология, 11, 2, 145-163.
- Vrublevskiy V.V., Pokrovskiy B.G., Zhuravlev D.Z., Anoshin G.N., (2003). The composition and age of the Penchenga linear carbonatite complex, Yenisei Ridge. Petrology, 11, 2, 145-163 (In Russian).
- Глевасский Е.Б., Кривдик С.Г., (1981). Докембрийский карбонатитовый комплекс Приазовья. К.: Наукова думка, 227 с.
- Glevasskiy E.B., Krivdik S.G., (1981). Precambrian carbonatite complex, Pre-Azov Region. Kiev, The scientific thought, 227 p. (In Russian).
- Дунаев В.А., (2006). Геологическое строение и особенности генезиса Дубравинского массива щелочных пород и карбонатитов (КМА). Изв. высших учебных заведений. Геология и разведка, 5, 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).
- Евдокимов М.Д., (1982). Фениты Турьинского щелочного комплекса Кольского полуострова. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 248 с.
- Evdokimov M.D., (1982). Fenites of the Turly alkaline complex of the Kola peninsula. Leningrad, Publishing House of Leningrad University, 248 p. (In Russian).
- Лазарева И.И., (2006). Геохимия процессов формирования метасоматитов Сушано-Пержанской зоны та їх найбільш розповсюджених акцесорних мінералів (Український щит). Автореф. дис. ... канд. геол. наук. Київ, 22 с.
- Lazareva I.I., (2006). The geochemistry of Suschano-Perzhanska zone metasomatites formation processes and their most common accessory minerals (The Ukrainian Shield). Ph. D. Thesis. Kyiv, 22 p. (In Ukrainian).
- Лапин А.В., Плоско В.В., Малышев А.А., (1987). Карбонатиты зоны Татарского глубинного разлома на Енисейском крае. Геология рудных месторождений, 1, 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).
- Никанорова Ю.Е., Осипенко В.Ю., (2015). Особенности формирования метасоматических ореолов линейных карбонатитовых комплексов Украинского щита, Енисейского края и Воронежского кристаллического массива. Modern Science, 1, 133-141.
- Nykanorova Yu.Ye., Osypenko V.Yu., (2015). Formation features of linear carbonatite massifs metasomatic halos of Ukrainian Shield, Yenisei Ridge and Voronezh crystalline massif. Modern Science, 1, 133-141. (In Russian).
- Самойлов В.С., (1984). Геохимия карбонатитов. М.: Наука, 193 с.
- Samoylov V.S., (1984). The geochemistry of carbonatites. Moscow, The science, 193 p. (In Russian).

12. Сергеев А.С., (1967). Фениты комплекса ультраосновных и щелочных пород. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 164 с.
Sergeev A.S., (1967). Fenites of the ultrabasic and alkaline rocks complex. Leningrad, Publishing House of Leningrad University, 164 p. (In Russian).
13. Ходоровский М.С. Минералого-геохимическая характеристика ураноносных апогранитовых альбититов гранат-диопсидового типа центральной части Украинского щита: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Киев, 1992. – 20 с.
Khodorovskiy M.S., Mineralogical-geochemical characteristic of uranium-bearing garnet-diopside type apogranitic albitites of Ukrainian Shield central part. Ph.D. Thesis. Kiev, 20 p. (In Russian).
14. Шнюков С.Е., (1983). Особенности процесса фенитизации Черниговского карбонатитового комплекса Западного Приазовья. Геологический журнал, 43, 4, 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).
15. Шнюков С.Е., (1988). Апатиты, цирконы и сфены из околоскарбонатитовых фенитов и щелочных метасоматитов зон диафореза Украинского щита как петрогенетические и геохимические индикаторы. Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Львов, 25 с.
Shnyukov S.E., (1988). Apatite, zircon and sphene from fenites associated with carbonatites, and alkaline metasomatic rocks of Ukrainian Shield diaphoresis zones as petrogenetic and geochemical indicators. Ph.D. Thesis. Lvov, 25 p. (In Russian).
16. Шнюков С.Е., (2003). Геохимия элементов-примесей в наиболее распространенных акцессорных минералах. Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Киев, 35 с.
Shnyukov S.E., (2003). The admixture elements geochemistry in the most common accessory minerals. Dr. Sc. Thesis. Kiev, 35 p. (In Russian).
17. Шнюков С.Е., Лазарева И.И., (2003). Элементы-примеси ассоциирующих цирконов, апатитов и сфенов как критерий формационной

принадлежности и зональности метасоматитов. Геологический журнал, 2, 107-112.

Shnyukov S.E., Lazareva I.I., (2003). Admixture elements of associated zircons, apatites, and sphenes as the criteria of the formation type and metasomatic zonation. The geological journal, 2, 107-112 (In Russian).

18. Шнюков С.Е., Щербина Р.Н., (1984). Десилицированные породы Черниговской зоны. Докл. АН УССР. Серия Б, 2, 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. Щербак Н.П., Загнитко В.Н., Артеменко Г.В., Бартницкий Е.Н., (1995). Геохронология крупных геологических событий в Приазовском блоке УЩ. Геохимия и рудообразование, 21, 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).

20. Andersson M., Malehmir A., Troll V.R., Dehghannejad M., Juhlin C., et al., (2013). Carbonatite ring-complexes explained by caldera-style volcanism. Scientific Reports, 3, 1-9.

21. Kogarko L.N., Kononova V.A., Orlova M.P., Woolley A.R., (1995). Alkaline rocks and carbonatites of the world. Part 2 – Former USSR. London: Chapman & Hall, 226 p.

22. Kresten P., (1976). A magnetometric survey of the Alnö Complex. Geol. Fören. Stockh. Förh., 98, 361-362.

23. Morogan V., (1989). Mass transfer and REE mobility during fenitization at Alnö, Sweden. Contrib. Mineral. Petrol., 103, 25-34.

24. Vuorinen J.H., (2005). The Alnö alkaline and carbonatitic complex, east central Sweden – a petrogenetic study. Dr. Sc. Thesis. Stockholm, University of Stockholm, 130 p.

Надійшла до редколегії 05.01.15

S. Shnyukov, Dr. Sci. (Geol.), Associate Professor

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

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

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

Yu. Nykanorova, Engineer

E-mail: juliyaos@ukr.net

Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv

90 Vasyliivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

FENITE HALOS OF LINEAR CARBONATITE MASSIFS: IDENTIFICATION CRITERIA AND DETERMINATION OF GEOLOGICAL STRUCTURE

In this paper, there have been contrasted the morphological features of fenite halos associated with the two types of carbonatite massifs: linear – Chernigovka, Dubravinka, Penchenga (Ukrainian Shield, Voronezh crystalline massif and Yenisei Ridge, respectively) and central – Alno, cape Turiy (Baltic Shield). It has been found that, in contrast to the isometric fenite halos of the central type massifs, fenite halos of linear massifs generally show irregular thickness (or even rare occurrence) and morphological asymmetry best expressed in the case of the flat-dipping of carbonatite bodies. There have been determined the geochemical features of the most common accessory minerals (zircon, apatite, sphene) from zonal fenite halos of linear type massifs. The identified distribution patterns for trace elements in accessory zircons from the fenite halo rocks of Chernigovka carbonatite massif may be applied as a criterion when classifying metasomatic rocks as fenites. The distribution features of trace elements in apatites and sphenes from fenite halo rocks are the key to identifying the contrast types of host rocks, as well as estimating their transformation level, and they clearly illustrate the composition convergence of the newly formed accessory minerals. The results obtained provide motivation for the use of data on trace elements composition of the most common accessory minerals from fenite halos in a complex of forecasting and prospecting criteria. These data are essential in describing the morphology of the halos, revealing and mapping their zonation, and optimizing the fenite nomenclature.

Keywords: carbonatites, fenitization, trace elements, accessory minerals, zircon, apatite, sphene, Ukrainian Shield, Baltic Shield, Yenisei Ridge, Voronezh crystalline massif.

С. Шнюков, д-р геол. наук, доц.

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

И. Лазарева, канд. геол. наук, доц.

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

Ю. Никанорова, инж.

E-mail: juliyaos@ukr.net

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, УНИ "Институт геологии",

ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ФЕНИТОВЫЕ ОРЕОЛЫ ЛИНЕЙНЫХ КАРБОНАТИТОВЫХ МАССИВОВ: МИНЕРАЛО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ И УСТАНОВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Проведено сравнение морфологических особенностей ореолов фенитизации карбонатитовых массивов двух контрастных структурно-морфологических типов: линейного – Черниговский, Дубравинский, Пенченгинский (Украинский щит, Воронежский кристаллический массив, Енисейский кряж соответственно) и центрального – Альнэ, Турий мыс (Балтийский щит). Установлено, что, в отличие от изометрических фенитовых ореолов массивов центрального типа, ореолы фенитизации линейных массивов обычно характеризуются неравномерной мощностью (вплоть до фрагментарности проявления) и морфологической асимметрией, которая наилучшим образом выражена в случае пологого падения карбонатитовых тел. Исследованы геохимические особенности сквозных акцессорных минералов (циркон, апатит, сфен) из зональных фенитовых ореолов массивов линейного типа. Установленные закономерности распределения элементов-примесей в акцессорных цирконах из образований фенитового ореола Черниговского карбонатитового массива могут рассматриваться в качестве критерия для отнесения исследуемых метасоматитов к фенитовой группе. Особенности распределения элементов-примесей в апатитах и сфенах из пород фенитовых ореолов позволяют идентифицировать типы контрастных по составу исходных пород, оценить степень их преобразования, а также четко иллюстрируют конвергенцию композиций новообразованных акцессорных минералов. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования данных микроэлементного состава наиболее распространенных акцессорных минералов фенитовых ореолов в составе комплекса прогнозно-поисковых критериев, что дает возможность: уточнения их морфологии, выявления и картирования зональности, оптимизации номенклатуры фенитов.

Ключевые слова: карбонатиты, фенитизация, элементы-примеси, акцессорные минералы, циркон, апатит, сфен, Украинский щит, Балтийский щит, Енисейский кряж, Воронежский кристаллический массив.