

ТИПИ ЛУЖНИХ МЕТАСОМАТИТІВ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА ТА ФАЦІЇ ЇХ ГЛИБИННОСТІ

С.Г. Кривдік, В.Г. Моргун, О.В. Дубина

*Інститут геохімії мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, просп. Палладіна, 34, Київ, Україна*

Український щит є одним із найбагатших на лужні метасоматити регіонів. Виділяються такі типи лужних метасоматитів: 1) феніти, пов'язані з масивами і окремими інтрузивними тілами лужно-ультраосновної (карбонатитової) формації; 2) ураноносні метасоматити калій-уранової та натрій-уранової формації; 3) аподжеспілітові лужні метасоматити. У Східному Приазов'ї наявні апогранітоїдні (найбільш поширені), апокварцитові і апобазитові феніти. Виявлено вертикальну і латеральну зональність лужних метасоматитів, проявлену у зростанні вмісту Са в лужних амфіболах і піроксенах з глибиною формування цих порід. З фенітами пов'язана мінералізація TR, Nb і Zr. Рудоносні лужні метасоматити мають глибинну природу (за даними ізотопного складу С, О і Sr).

Вступ. Лужні метасоматити протерозойського віку є широко розповсюдженими утвореннями в межах Українського щита (УЩ). Найбільш відомі з них – ураноносні альбітити (Кіровоградський мегаблок) [1] і рибекіт-альбітові та егірин-альбітові метасоматити, приурочені до залізистих кварцитів. Менш відомі тріщинні метасоматити Приазов'я [4]. Починаючи з 80-х років ХХ ст. з'являються повідомлення про феніти – екзоконтактові апогранітоїдні метасоматити Чернігівського карбонатитового (лужно-ультраосновного) масиву [2]. Пізніше феніти були описані в Дністровсько-Бузькому та Північно-Західному районах УЩ в зв'язку з масивами і невеликими інтрузіями лужно-ультраосновної формації. Схоже на те, що на даний час УЩ є найбагатшим (або одним з найбагатших) на докембрійські лужні метасоматити серед з іншими докембрійських щитів.

Переважає більшість названих метасоматитів розвиваються по різних породах гранітоїдного складу (граніти, гнейси, мігматити), позаяк ці породи найбільш поширені на докембрійських щитах. Значна частина їх розвивається по залізи-

стих кварцитах (джеспілітах залізисто-кременистої формації). Рідше лужного метасоматозу зазнають породи основного складу (амфіболіти, дайки основних порід), а в поодиноких випадках майже чисто кварцові кварцити. В інших докембрійських щитах (наприклад Балтійському) і платформах (Сибірська платформа, Маймеча-Котуйська карбонатитова провінція) феніти-зуються пісковики, кварцито-пісковики, аргіліти.

З лужними метасоматитами пов'язана мінералізація (нерідко до рудних концентрацій) U, TR, Y, Sc, Nb, Ta, Zr, а також флюориту, яка в кожному конкретному випадку приурочена до певного формаційного типу лужних метасоматитів.

На даний час можна виділити такі головні формаційні типи лужних метасоматитів УЩ: 1) феніти, пов'язані з масивами і окремими інтрузивними тілами лужно-ультраосновної (карбонатитової) формації; 2) ураноносні альбітити та метасоматити калій-уранової формації [1]; 3) аподжеспілітові лужні метасоматити. Така формаційна класифікація є досить умовною, оскільки ураноносні альбітити та лужні метасоматити з егірином і рибекітом утворюються як по гранітоїдах, так і по залізисто-кременистих породах (останні представлені смугастими джеспілітами, в яких

перемежуються різної потужності суттєво кварцові, гематитові, гематит-магнетитові або магнетитові та сланцеві прошарки). Водночас феніти можуть утворюватися по гранітоїдах, кварцитах, пісковиках, по основних магматичних і метаморфічних породах. Виходячи з таких міркувань, можна було б виділити тільки два головні формаційні типи лужних метасоматитів – феніти та ураноносні метасоматити, розрізняючи їх за типом заміщуваних порід – апогранітоїдні, апокварцитові, апобазитові, апосланцеві тощо. Проте і така класифікація не може бути вичерпною. Вона не охоплює, наприклад, метасоматитів, пов'язаних з лужними гранітами, як це частково проявляється у Суцано-Пержанській зоні УЩ.

Окрім такої загальної класифікації лужних метасоматитів, виходячи з очевидних (як це показано для типових фенітів) або здогадних (ураноносні альбітити) джерел флюїдів метасоматизації, слід зважати також на їхню латеральну і вертикальну зональність. Так, наприклад, в багатьох карбонатитових комплексах Африки в залежності від глибини ерозійного зрізу наявні калієві (гіпабісальні) або натрієві (більш еродовані) феніти [5]. Серед апогранітоїдних ураноносних альбітитів останнім часом виділяють [1, 14] гранат-діопсидові (салітові) різновиди, що їх вважають більш високотемпературними і, можливо, більш глибинними, ніж рибекіт-егіринові. Виявлено, що Са (Са / (Са + Na)) в амфіболах ураноносних альбітитів прямо залежить від глибини їх залягання [14]. Подібна направленість у зміні складу амфіболів і піроксенів фрагментарно простежується у фенітах детально вивчених лужно-ультраосновних комплексів УЩ та в аподжеспілітових лужних метасоматитах. Раніше було виявлено особливості типохімізму мінералів у магматичних породах лужно-ультраосновних масивів залежно від рівня ерозійного зрізу [7]. Є деякі підстави вважати, що рудна мінералізація в лужних метасоматитах також має вертикальну зональність (принаймні, це встановлено у фенітах).

Особливості структурно-текстурних перетворень вихідних порід та новоутворення мінералів у процесі фенітизації. Із лужних метасоматитів УЩ нами най докладніше вивчено типові феніти (Чернігівський, Проскурівський, Антонівський та Малотерсянський масиви) або такі метасоматити, які ми вважаємо фенітами, пов'язаними з нерозкритими карбонатитовими комплексами (низка проявів у Східному Приазов'ї, Березова Гать у Житомирській обл.). Зважаючи на подібність

мінерального складу ураноносних та аподжеспілітових метасоматитів до таких фенітів, можна припустити, що всі ці породи формувалися за подібним петрогенетичним механізмом.

Результати досліджень лужних метасоматитів УЩ та аналіз однойменних порід в інших регіонах дозволяє зробити висновок про те, що найбільш "вразливими" до лужного метасоматозу (фенітизації) є кварцвмісні породи, серед яких найпоширеніші гранітоїди та кварцити. Безкварцові породи основного (габроїди, амфіболіти, кристалосланці) та ультраосновного складу, а також кальцифіри та мергелі слабо піддаються процесу облугування (фенітизації). У деяких випадках (наприклад, в екзоконтактах карбонатитових жил в Хлібодарівському кар'єрі, Приазов'я) спостережено таке: карбонатитова жила, яка залягає серед ендербітів, супроводжується екзоконтактовим фенітовим ореолом, потужність якого приблизно така ж, як і жили (до 30 см). Якщо ж ця жила перетинає ксеноліт двопіроксенового кристалосланцю (які є характерними для багатьох чарнокітоїдів), то на контакт цих порід простежується тільки тоненька (1–2 мм) смужка вторинних мінералів (слюди, амфіболи, альбіт). Перетнувши ксеноліт і перейшовши в ендербіт, карбонатитова жила знову супроводжується фенітовим ореолом, який складається зі змінної кількості альбіту, мікрокліну, егірину, лужного амфіболу рибекіт-арфведсонітового ряду. Подібне явище більше поширене і встановлено в екзоконтактових ореолах Чернігівського карбонатитового комплексу, де амфіболіти дуже слабо (порівняно з гранітоїдами) піддаються процесу фенітизації [2]. Інколи базити в процесі фенітизації перетворюються на істотно біотитові породи (з альбітом, калішпатом, сфеном) з підвищеним вмістом циркону [8, 9].

Переважаюча приуроченість лужних метасоматитів до кварцвмісних порід пояснюється з точки зору балансу речовини тим, що у процесі облугування гранітоїдів для утворення альбіту та мікрокліну необхідна додаткова кількість SiO_2 , щоб вони замінили плагіоклаз та біотит, як це зазвичай спостерігається у шліфах. Новоутворення лужних піроксенів та амфіболів за рахунок біотиту, рогової обманки або інколи гранату вихідних порід також потребує додаткової кількості SiO_2 .

Схематичні реакції процесу фенітизації:

1. Біотит + Na_2O + SiO_2 + CaO = КПШ + егірин (клінопіроксен)

$\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{O} + 6\text{SiO}_2 + \text{CaO} = \text{KAlSi}_3\text{O}_8 + 3(\text{Na,Ca})(\text{Fe,Mg})\text{Si}_2\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O}$

2. Плагіоклаз + Na_2O + SiO_2 = Альбіт + CaO
 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + \text{Na}_2\text{O} + 4\text{SiO}_2 = 2\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + \text{CaO}$, де $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ – анортитовий мінал плагіоклазу; $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ – альбіт, а CaO – входить до складу піроксену або амфіболу.

Як видно з цих схем реакцій, для утворення мінералів фенітів (альбіт, лужні піроксени та амфіболи) потрібна значна кількість SiO_2 , яка вилучається з кварцу фенітизованих порід. У помірно насичених SiO_2 породах типу кварцових діоритів, плагіогнейсів, кварцвмісних кристалосланців (з вмістом 58–65 % SiO_2) кремнезем може повністю реалізуватися (за рахунок кварцу) в новоутвореному феніті сієнітового і кварц-сієнітового складу.

Тому перші ознаки фенітизації проявляються навколо зерен кварцу, які на контакті з плагіоклазом оточує альбіт, а на контакті з біотитом – складні зональні облямівки – до зерен кварцу прилягають дрібні зерна зеленого (егрінвмісного) піроксену, а між цією піроксеновою зоною і заміщуваним біотитом утворюється облямівка мікрокліну (або мікрокліну та альбіту), часто з поперечно орієнтованих дрібних видовжених зерен [12]). Пізніше ці метасоматичні зони розростаються, нерідко можна бачити кварц, повністю оточений піроксеном, що може також утворювати окремі прожилки у породі.

На контакті кварцу і рогової обманки вихідних гранітоїдів може утворюватися облямівка (навколо кварцу) сублужного зеленувато-синюватого амфіболу та альбіту і мікрокліну (які прилягають до рогової обманки). Під час більш інтенсивної фенітизації кварц, біотит і плагіоклаз повністю заміщується на лужні піроксени та амфіболи, альбіт та мікроклін. Такий метасоматит набуває складу сієніту, рідше альбітиту або мікроклініту. Простежити заміщення вихідних калішпатів або калішпат-пертитів у ході фенітизації нам не вдалося. Можна вважати, що ці мінерали перекристалізувалися, а на місці мікроклін-пертиту утворювалися самостійні зерна мікрокліну та альбіту.

Вказана зональність новоутворених мінералів фенітів навколо кварцу та в його приконтактовій зоні з плагіоклазом і біотитом (роговою обманкою) пояснюється різною міграційною здатністю петрогенних елементів у процесі лужного метасоматозу. Оскільки алюміній (як амфотерний елемент) є мало рухливим у лужному середовищі, то новоутворені мінерали, до складу яких він входить (альбіт, мікроклін), формувалися безпосередньо на місці плагіоклазу, біотиту або рогової

обманки. Лужні піроксени та амфіболи приурочені до зерен кварцу або утворюються як прожилки за його межами, до їхнього складу входить натрій, частково калій, кальцій, залізо, магній, кремнезем, рухливі в лужному середовищі. При цьому кремнезем перерозподіляється в фенітизованій породі (формування альбіту та мікрокліну замість біотиту та плагіоклазу), або частково (можливо навіть більша його частина) виноситься за межі фенітового ореолу. Так, в Приазов'ї інколи трапляються істотно халцедон-кварцові породи з карбонатами, флюоритом, рідкісноземельними мінералами, а також з домішкою егірину та лужного амфіболу (с. Набережне на р. Кальміус).

Якщо процес фенітизації охоплює істотно кварцові породи (наприклад, Приазов'я, балка Тунікова, південніше с. Краснівка), то можна спостерігати структуру заміщення мінералів, подібну до такої у гранітоїдах. Насправді ж вона є наче "негативним" відбитком останньої. У таких кварцитах рідкісні лусочки біотиту в кварцовій масі заміщуються поступово від центру до периферії (до зерен кварцу) мікрокліном, лужним амфіболом та егірином [12]. Ця зональність відбиває ступінь рухливості петрогенних компонентів у процесі лужного метасоматозу (алюміній, як найменш рухливий компонент, входить до складу мікрокліну, що утворюється замість біотиту). При цьому піроксени й амфіболи, наявні у всій масі фенітизованого кварциту, навіть інколи утворюють досить потужні (до 10 см) прожилки. В апогранітоїдних фенітах прожилки егірину і амфіболу бувають як майже мономінеральними або зональними (частіше з лужним амфіболом посередині та егірином обабіч).

У залізистих кварцитах відбуваються подібні процеси утворення лужних піроксенів та амфіболів. Останні утворюються також під час заміщення кумінгтоніту, який є характерним для залізистих сланців джеспілітів. Деякі дослідники вважають, що егірін і рибекіт можуть утворюватися у ході метаморфізму цих порід. Дійсно, в залізистих кварцитах всіх докембійських щитів (в тому числі і УЩ) практично завжди в тій чи іншій кількості відмічаються вкраплені егірін і рибекіт. Інколи трапляються смугасті кварцити з прошарків магнетиту, гематиту, кварцу, егірину (з рибекітом). Можливо такі породи утворені з первинно збагачених фумарольними розсолами (переважно натрієвими) осадків. Проте в системі Fe_2O_3 і SiO_2 , представлений у джеспілітах гематитом і кварцом, за найменшої кількості Na_2O можуть утворюва-

тись егірин та (або) рибекіт під час метаморфізму навіть за умов зеленосланцевої фації. Потужні зони істотно егіринового (кварц-егіринового) складу, часто січні до верстуватості джеспілітів, утворюються, зазвичай, завдяки привнесенню лугів, тобто лужному метасоматозу. З такими лужними метасоматитами пов'язана уранова, інколи V-Sc мінералізація [15].

Таким чином, під час утворення лужних метасоматитів відбувається заміщення тих мінералів вихідних порід, в яких відношення $(Na + K) / Al < 1$ (Ка). В результаті утворюються перенасичені лугами (Ка > 1) породи сієнітового або суттєво альбітового складу. Схоже на те, що в таких глибоко еродованих лужно-ультраосновних комплексах, як Чернігівка, Проскурівка, частково Антонівка паралельно з фенітизацією відбувається локальне плавлення (анатексис) фенітів з утворенням жильних (нерідко пегматоїдних) порід сієнітового, кварц-сієнітового та нордмаркітового складу.

Інколи в лужних метасоматитах утворюються астрофіліт, куплетськіт, евдіаліт, що характерно для апаїтових фельшпатоїдних сієнітів. Тобто привнесення лугів (переважно натрію) призводить до перенасичення ними метасоматитів ореолів фенітизації та тріщинних зон. Цікаво, що слабо перенасичені лугами феніти можуть утворюватися і навколо лужних порід міаскітового складу (міаскітів, йюліт-мельтейгітів, карбонатитів).

Формування лужних метасоматитів – апогранітоїдних фенітів та ураноносних альбітитів нерідко завершується карбонатними або флюорит-карбонатними жильними утвореннями з рідкісноземельною (типу Петрово-Гнутово) або промисловою урановою мінералізацією [1]. Для апогранітових альбітитів Чернігівського масиву, Дмитрівського кар'єру та б. Тунікова характерна багата цирконієва та ніобієва (пірохлор, колумбіт) мінералізація. У фенітах Чернігівського масиву подеколи на контакті з карбонатитами розвиваються істотно альбітові породи, названі апофенітовими альбітитами [2]. У ході утворення таких альбітитів відбувається заміщення клінопіроксену на біотит (симплектитоподібні агрегати), а калінатрієвих пертитових польових шпатів – на гранобластові агрегати окремих зерен альбіту та мікрокліну. Паралельно з цим відбувається утворення амфіболу еденіт-гастингситового ряду, кальциту, циркону, пірохлору, колумбіту [2]. Подібні збагачені Zr і Nb альбітити (проте з егірином) спостерігаються як жильні утворення серед

фенітів Дмитрівського кар'єру та б. Тунікова (Приазов'я) [8, 9].

Вертикальна і латеральна зональність лужних метасоматитів. Хоча фенітам властива локальна зональність (мономінеральні облямівки навколо кварцу, зональні прожилки егірину та лужного амфіболу), у них не встановлено потужних мономінеральних зон, як це, наприклад, характерно для деяких скарнів. Відмічено лише меланократові альбіт-егіринові ділянки потужністю до перших метрів у фенітах Березової Гаті [10]. Можливо, це пояснюється інертністю алюмінію в процесі утворення різноманітних лужних метасоматитів і фенітів. При цьому на місці заміщуваних польових шпатів (плагіоклаз, калішпат) вихідних гранітів утворюються мікроклін та альбіт.

Виявлено деякі фрагменти вертикальної зональності лужних метасоматитів різного типу. Вважається, що суттєво натрієві феніти властиві для абісальних карбонатитових комплексів, а калієві – для приповерхневих [5]. Подібна зональність спостерігається в Чернігівському масиві, де на південному і північному виклинюваннях феніти і лужні сієніти стають більш калієвими [2]. Зафіксовано також відмінності у складі фемічних мінералів для різноманітних метасоматитів. Так, у фенітах глибоко еродованих лужно-ультраосновних комплексів (Чернігівський, Проскурівський, Антонівський та частково Малотерсянський) від-

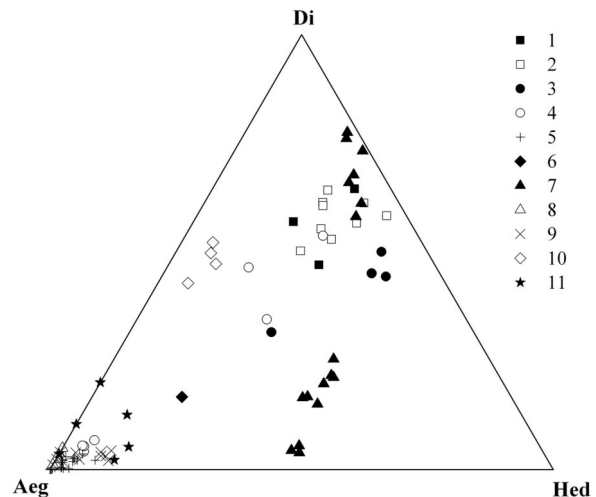


Рис. 1. Мінальний склад піроксенів Aeg – Di – Hed з лужних метасоматитів. Масиви і прояви, з яких аналізувались піроксени фенітів і лужних метасоматитів: 1 – Чернігівський; 2 – Проскурівський і Антонівський; 3 – Малотерсянський; 4 – Березова Гать; 5 – Дмитрівка; 6 – Хлібодарівка; 7 – ураноносні альбітити; 8 – альбітити із V-Sc мінералізацією; 9 – залісті кварцити Кривого Рогу; 10 – кварцити Правобережного району; 11 – грорудити Приазов'я

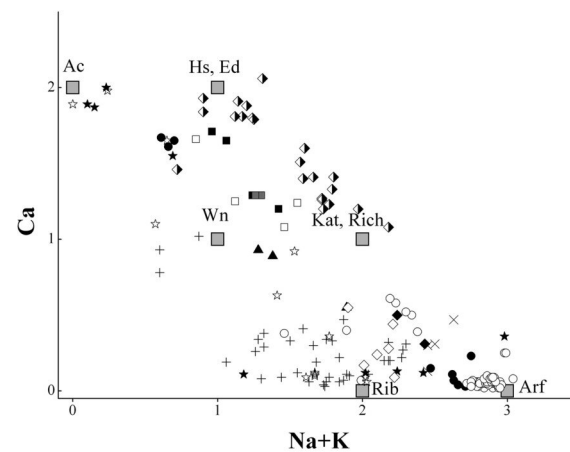
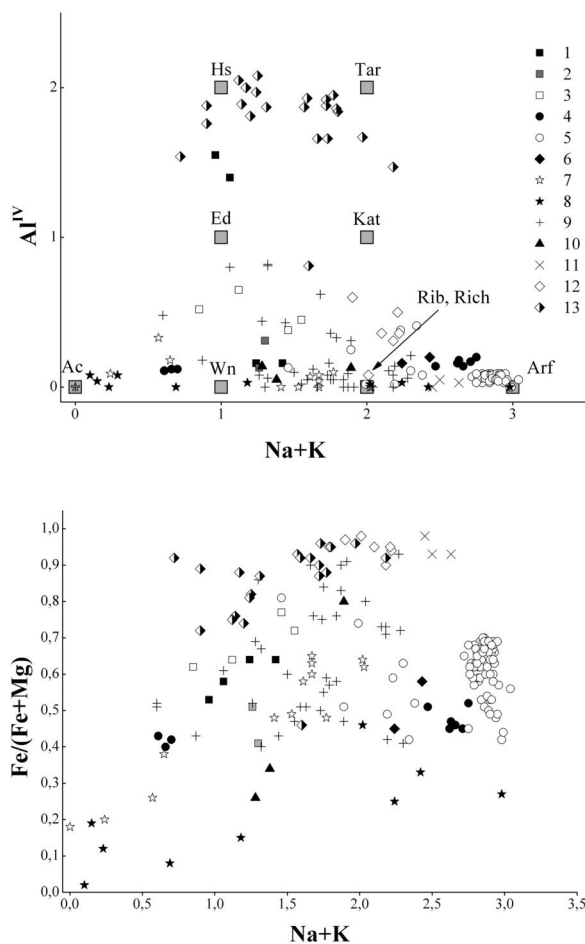


Рис. 2. Співвідношення формульної кількості катіонів та залізистості в амфіболах з фенітів та лужних метасоматитів. *Мінерали:* Ac – актиноліт, Hs – гастингісит, Tar – тараміт, Ed – еденіт, Kat – катофорит, Wn – вінцит, Rich – рихтерит, Rib – рибекіт, Arf – арфедсоніт. *Масиви і прояви, з яких аналізувались амфіболи фенітів і лужних метасоматитів:* 1 – Чернігівський; 2 – Проскурівський і Антонівський; 3 – Малотерсянський; 4 – Березова Гать; 5 – Дмитрівка; 6 – Хлібодарівка; 7 – ураноносні альбітити; 8 – альбітити із V-Sc мінералізацією; 9 – залізисті кварцити Кривого Рогу; 10 – кварцити Правобережного району; 11 – грорудити Приазов'я; 12 – Ястребецький; 13 – Октябрський

сутні власне лужні піроксени й амфіболи. В піроксенах вміст егіринового міналу не перевищує 30–33 % (егірин-саліти, егірин-феросаліти) (рис. 1), а найбільш лужні амфіболи представлені рихтеритами чи проміжними між рихтеритом та катофоритом або еденітом і між едененітом та вінцитом різновидами (рис. 2).

Подібне описано [14] в ураноносних альбітигах, де з глибиною в лужних амфіболах та піроксенах збільшувався вміст кальцію (тобто амфібол наближався до рихтериту, а піроксен – до егірин-саліту) (рис. 2).

По залізистих кварцитах Правобережного району (дещо більш метаморфізовані (в них є ортопіроксен) і, ймовірно, більш еродовані, ніж у Кривому Розі) утворились лужні метасоматити, клінопіроксени в яких також мають проміжний між егірином і салітом склад (т. з. егірин-авгіти), а амфіболи – близькі до рихтериту [13] (рис. 1, 2). Відзначимо ще один цікавий факт: у довіднику У.А. Дира зі співавторами [3, с. 33, 300] наводяться аналізи магнезіорибекіту з досить високим вмістом CaO (4,85 %) та егірин-авгіту (9,56 CaO і

7,25 % Na₂O) із "егіринового грануліту" (тобто ці породи подібні до кварцитів Правобережного району).

Зменшення вмісту егіринового міналу в піроксенах і Fe₂O₃ в амфіболах лужних метасоматитів, що залягають глибше, пов'язано, очевидно, зі зниженням фугитивності кисню з глибиною.

Отже, лужні метасоматити з егірин-авгітовим піроксеном та близьким до рихтериту амфіболом належать до абісальної або мезоабісальної фації глибинності.

Встановлено [10], що у згаданих вище глибоко еродованих лужно-ультраосновних масивах відсутні флюорит та первинні рідкісноземельні фторкарбонати, хоча фтор практично повністю заповнює додаткові аніонні позиції в апатиті (фторапатиті) і у підвищеній кількості входить до складу слюд і амфіболів. У фенітах гіпабісальних лужно-ультраосновних масивів Північно-Західного району УЩ (Городниця, Глумча, Болярка) наявні лужні істотно егіринові піроксени й амфіболи рибекіт-арфедсонітового ряду. Егірин та рибекіт-арфедсоніти, а також флюорит та рід-

кісноземельні фторкарбонати, характерні для фенітів Східного Приазов'я [8, 9]. Такі та пов'язані з ними егіринові та рибекіт-арфедсонітові метасоматити належать, на нашу думку, до гіпабісальної фації.

Можливо існує латеральна і вертикальна зональність за характером рудоносності метасоматитів. Апатит і ніобати більш властиві тим фенітам, які безпосередньо контактують з карбонатами або меланократовими лужно-ультраосновними породами. Рідкісноземельна мінералізація (фторкарбонати) та флюорит, очевидно, приурочені до верхньої частини метасоматичної колонки тріщинних метасоматитів (фенітів).

Висновки щодо петрогенезису лужних метасоматитів. Ключовим моментом генезису лужних метасоматитів є походження флюїдів, які зумовили утворення цих порід та пов'язану з ними рудну мінералізацію. Щодо цього питання існують різні погляди. Для фенітів лужно-ультраосновних комплексів такі флюїди мали, безумовно, глибинну природу і пов'язані з підкоровими (мантійними) джерелами, звідки виплавліялися первинні лужні магми типу меланефелінітів. Деякі дослідники вважають, що і карбонатитові розплави можуть виплавліятися безпосередньо з мантійного субстрату. Безперечно, лужні карбонатити типу Олдоліньо-Ленгаї будуть реагувати з навколишніми породами, перетворюючи їх на феніти (такий механізм виклав Г. фон Екерман [16] ще до відкриття лужних карбонатитів Олдоліньо-Ленгаї).

Окремі дослідники розглядають лужні метасоматити Східного Приазов'я як породи, що належать до Октябрського масиву, або споріднені з ними (наприклад, альбітити Дмитрівського кар'єру відносять до маріуполітів). Ми вважаємо, що численні прояви лужних метасоматитів цього району належать до фенітів, пов'язаних з масивами лужно-ультраосновної формації (які не розкриті сучасним ерозійним зрізом). Наші міркування та деякі докази щодо петрогенезису лужних метасоматитів Східного Приазов'я, в т. ч. і тих, що знаходяться поблизу Октябрського масиву, наводилися раніше [8, 9], тому тут зазначимо тільки найголовніші з них:

1. У Хлібодарівському кар'єрі (розташований недалеко і західніше від Октябрського масиву) лужні метасоматити як екзоконтактові утворення супроводжують жили типових кальцитових карбонатитів (з пірохлором та апатитом).

2. Лужні метасоматити в басейні р. Кальміус (значно віддалених від Октябрського масиву) не-

рідко (Петрово-Гнутівський рудопрояв, сс. Кап-лани, Орлівське, Набережне) супроводжуються кальцитовими або флюорит-кальцитовими жилами, в яких $\delta^{13}\text{C}$ має "глибинне" (карбонатитове) значення (рис. 3).

3. Амфіболи лужних метасоматитів (фенітів) Східного Приазов'я мають залізно-магнезійний склад (успадкований від заміщуваних порід) і належать до рибекіт-арфедсонітової серії (подібні за складом також амфіболи із ураноносних альбітитів рис. 2). Водночас у лужних магматичних породах Октябрського масиву власне лужні амфіболи відсутні. Наявні ж мінерали цієї групи відрізняються високою (частіше гранично високою) залізистістю і належать до Ca-Na групи з високим вмістом Al_2O_3 (гастингсит, тараміт, інколи катофорит), як це видно з наведених діаграм (рис. 2). Крім того, амфіболи з магматичних порід Октябрського масиву характеризуються дуже низьким вмістом фтору (незважаючи на наявність флюориту в цих породах), тоді як в амфіболах фенітів с. Дмитрівка завжди фіксується високий вміст фтору (до 3,5%), а балки Тунікова – до 4,2%. Якщо ж у магматичних породах УЩ (Яструбецький сієнітовий масив, грорудити Східного Приазов'я) кристалізуються лужні амфіболи серії рибекіт-арфедсоніт, то вони мають гранично високу залізистість (рис. 2), а інколи (в грорудитах) і з підвищеним вмістом титану [10,

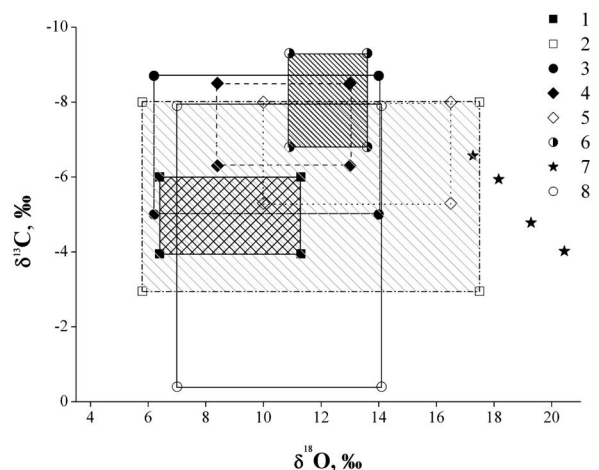


Рис. 3. Ізотопний склад С і О в карбонатах із фенітів, лужних метасоматитів і карбонатитів Приазов'я та інших регіонів. 1 – Ока-Бокс (прийняті значення для типових карбонатитів); 2 – карбонатити Чернігівського масиву; 3 – карбонатні породи Октябрського масиву; 4 – жильні карбонатити Хлібодарівки; 5 – кальцити Петрово-Гнутівського рудопрояву; 6 – феніти Березової Гаті; 7 – метасоматити Східного Приазов'я (додаткові авторські дані [8]); 8 – флогопіт-карбонатні прожилки в ураноносних альбітитах [1]

11], тобто різко відмінні від амфіболів фенітів Східного Приазов'я та інших ділянок УЩ (Березова Гать).

4. Хоча довкола Октябрського масиву лужні метасоматити спостерігаються порівняно часто (сс. Дмитрівка, Лазарівка, Шевченко), окремі інтрузивні тіла цього масиву (дайки, жили, штоки егіринових мікрофойяїтів, фойяїтів, сієнітів, аґпаїтових фенолітів, маріуполітів), що залягають серед оточуючих гранітоїдів, не супроводжуються екзоконтактовими лужними метасоматитами, як це характерно для будь-яких інтрузивних порід лужно-ультраосновної формації.

5. Опубліковані раніше та наявні в нас деякі геохронологічні визначення свідчать, що більшість проявів лужних метасоматитів (фенітів) Східного Приазов'я є древнішими (біля 2,0 млрд років) від Октябрського масиву (1,8 млрд років). Звичайно, при цьому не виключена можливість наявності в Східному Приазов'ї молодших, одновікових з Октябрським масивом [17] проявів лужно-ультраосновної формації (і пов'язаних з ними фенітів).

Підсумувати викладене щодо просторового і вікового співвідношення фенітів Східного Приазов'я і Октябрського масиву можна так: більшість проявів фенітів сформувалася раніше від цього масиву, а інтрузія останнього вкорінилася в одну з

ділянок їх попереднього активного розвитку по тектонічно послабленій зоні глибинних розломів.

Судячи з ізотопного складу вуглецю ($\delta^{13}\text{C}$) лужних метасоматитів Східного Приазов'я (які ми вважаємо фенітами) [9] та карбонатних жил, що супроводжують ураноносні альбітити [1], ці лужні метасоматити також пов'язані з глибинними джерелами (рис. 3). "Глибинні карбонатитові" значення ізотопних характеристик (С, О, Sr) також мають кальцити із фенітів Березової Гаті [6]. Можливо, таку природу мають і лужні метасоматити з ванадієвою та скандієвою мінералізацією [15].

У лужних метасоматитах УЩ різного формаційного типу виявлено підвищення вмісту кальцію в лужних піроксенах та амфіболах зі збільшенням глибини їх формування. У цьому ж напрямі спостерігається фрагментарно більш інтенсивний метаморфізм порід, що зазнають процесів облугування (фенітизації) – від зеленосланцевої до гранулітової фації.

Отже, в межах УЩ поширені апогранітоїдні та апокварцитові лужні метасоматити з різною рудною мінералізацією. Існує вертикальна зональність різноманітних лужних метасоматитів. Автори схильні вважати, що більшість лужних метасоматитів (фенітів, ураноносних альбітитів) пов'язані з глибинними флюїдами.

1. Белевцев Я.Н., Коваль В.Б., Бакаржеев А.Х. и др. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. – Киев: Наук. думка, 1995. – 396 с.
2. Глевасский Е.Б., Кривдик С.Г. Докембрийский карбонатитовый комплекс Приазовья. – Киев: Наук. думка, 1981. – 228 с.
3. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. – Т. 2. – М.: Мир, 1965. – 406 с.
4. Елисеев Н.А., Кушнев В.Г., Виноградов Д.П. Протерозойский интрузивный комплекс Восточного Приазовья. – М. – Л.: Наука, 1965. – 204 с.
5. Карбонатиты / Ред. Таттл О., Гиттинс Дж. – М.: Мир., 1969. – 486 с.
6. Кривдік С.Г. Лужний магматизм Українського щита: геохімічні та петрогенетичні аспекти // Мінерал. журн. – 2000. – 22, № 2/3. – С. 48–56.
7. Кривдік С.Г., Дубина О.В. Типохімізм мінералів лужно-ультраосновних комплексів Українського щита як індикатор глибини їх формування // Там же. – 2005. – 27, № 1. – С. 64–76.
8. Кривдік С.Г., Моргун В.Г. Про формаційну приналежність лужних метасоматитів Східного Приазов'я // Геохімія та рудоносність. – 2010. – № 28. – С. 16–25.
9. Кривдик С.Г., Моргун В.Г. Щелочные метасоматиты Приазовского и Ингульского мегаблоков Украинского щита (геология, петрография, геохимия) // 36. наук. праць III Міжнарод. наук.-техн. конф. "Гірнична геологія, геомеханіка і маркшейдерія". – Донецьк, 2011. – № 9, ч. 2. – С. 216–238.
10. Кривдик С.Г., Ткачук В.И. Петрология щелочных пород Украинского щита. – К.: Наук. думка, 1990. – 408 с.
11. Кривдік С.Г., Ткачук В.И. Грорудити Східного Приазов'я // Мінерал. журн. – 1996. – 18, № 3. – С. 67–83.
12. Моргун В.Г. Петрологія лужних метасоматитів балки Тунікова (Східне Приазов'я) // Геохімія та рудоутв. – 2011. – Вип. 29. – С. 65–69.
13. Половко Н.И. Баланс вещества при образовании щелочных метасоматитов Криворожско-Кременчугской зоны. – Киев: Наук. думка, 1970. – 140 с.
14. Синицын А.А., Мельников Б.Ф., Романенко И.М. Химический состав порообразующих минералов апогранитоидных ураноносных альбититов докембрия. – Препринт ИГФМ, 1988. – 49 с.
15. Тарханов А.В., Козырьков В.Д., Мельниченко Б.Ф. и др. Минералогия скандиевых руд Желторечинского месторождения // Изв. Высш. учеб. завед. – 1991. – № 10. – С. 56–70.
16. Eckermann H. von. The alkaline district of Alnö island // Sveriges geol. Undersökning, Se. Ca. – 1948. – № 36. – P. 1–66.

17. *Khomenko V., Stepanyuk L., Kryvdik S., Ponomarenko O.* Crystallochemistry and history of zircons from alkaline and sub-alkaline rocks of Azov area // Conference dedicated to the memory of J.A. Morozewicz "Alkaline Rocks: Petrology, Mineralogy, Geochemistry" (Kyiv, 19–21 Sept. 2010). – Kyiv, 2010. – P. 32–33.

Кривдик С.Г., Моргун В.Г., Дубина А.В. Типы щелочных метасоматитов Украинского щита и фации их глубинности. Украинский щит – один из наиболее богатых щелочными метасоматитами регионов. Выделяются такие типы щелочных метасоматитов: 1) фениты, связанные с массивами и отдельными интрузивными телами щелочно-ультраосновной (карбонатитовой) формации; 2) ураноносные альбититы и метасоматиты калий-урановой формации; 3) апожеспиллитовые щелочные метасоматиты. В Восточном Приазовье имеются апогранитоидные (наиболее распространенные), апокварцитовые и апобазитовые фениты. Выявлена вертикальная и латеральная зональность щелочных метасоматитов, которая проявляется в увеличении содержания Са в щелочных амфиболах и пироксенах с глубиной формирования этих пород. С фенитами связана минерализация TR, Nb и Zr. Рудоносные щелочные метасоматиты имеют глубинную природу (по данным об изотопном составе С, О и Sr).

Kryvdik S.G., Morgun V.G., Dubyna O.V. Types of alkaline metasomatites of the Ukrainian Shield and facies of their depth formation. Ukrainian Shield is the richest region in alkaline metasomatites. Next types of alkaline metasomatites are distinguished: 1) fenites related to massifs or single intrusive bodies of alkaline-ultrabasic (carbonatitic) complexes; 2) uranium-bearing albitites and metasomatites of K-U complexes; 3) apojespilite alkaline metasomatites. Apogranitic (most widespread), apoquarctic and apobasitic fenites are known in the East Azov region. The vertical and lateral zonation of alkaline metasomatites is found. It displays by increasing Ca in alkaline amphiboles and pyroxenes with increase of depth formations of these rocks. TR, Nb and Zr mineralization are connected with fenites. Ore-bearing alkaline metasomatites have a deep source (by isotope data of C, O and Sr).

Надійшла 06.03.2012