

## МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

УДК 549.06+549.08+550.4

І. Лазарєва, канд. геол. наук, доц.  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна,  
E-mail: lazareva@mail.univ.kiev.ua

### ІНФОРМАТИВНІСТЬ ТИПІЗАЦІЇ ЦИРКОНІВ З МЕТАСОМАТИТІВ ЗА ДЕЯКИМИ ФІЗИЧНИМИ, МОРФОЛОГІЧНИМИ ТА ГЕОХІМІЧНИМИ ОЗНАКАМИ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

Типоморфні особливості циркону активно застосовуються для визначення формаційної приналежності інтрузивних комплексів, метаморфічних та метасоматичних утворень, петрофондових реконструкцій областей живлення осадових басейнів. Існують два підходи до реалізації названих можливостей: застосування методики еволюційного кристаломорфологічного аналізу та використання індикаторних геохімічних особливостей. Але достовірність одержаних у результаті оцінок, імовірно, є різною. Метою роботи було з'ясування ступеня інформативності геохімічних, морфологічних та деяких фізичних ознак, що легко фіксуються візуально та часто використовуються при масових рутинних дослідженнях, на прикладі великого блоку даних щодо мікроелементного складу, морфології, кольору та прозорості зерен циркону, вилучених з різноманітних метасоматитів Суцано-Пержанської зони (СПЗ) та гранітоїдів Коростенського плутону (КП) (Український щит), з яким вони просторово асоціюють та генетично пов'язані. При цьому розв'язувались такі задачі: (1) типізація зерен циркону за геохімічними ознаками; (2) типізація зерен циркону за морфологічними ознаками; (3) типізація зерен циркону за кольором та прозорістю; (4) геохімічне моделювання мікроелементного складу циркону з метою підтвердження результатів проведеної геохімічної типізації; (5) з'ясування ступеня інформативності геохімічних, морфологічних та фізичних ознак. У результаті встановлено геохімічні типи мінералу, які відображають поліетапність формування метасоматитів СПЗ, та виокремлено (за співвідношенням мікроелементів та оцінками віку) тип, що відповідає головному етапу формування метасоматитів. Результати геохімічної типізації підтверджено шляхом геохімічного моделювання мікроелементного складу циркону, що генетично пов'язаний з магматогенно-гідротермальною системою КП. Спроба кореляції візуально спостережених ознак із результатами геохімічної типізації зерен не дала бажаних результатів. Типізація зерен, в першу чергу, за морфологією та, можливо, кольором може бути застосована на підготовчих стадіях вивчення метасоматитів, оскільки на статистичному рівні кореляція спостерігається.

**Ключові слова:** циркон, геохімічний тип, метасоматити, кристаломорфологія, індикаторні ознаки.

**Вступ.** Добре відомою є залежність складу, структури та інших властивостей мінералів від умов їхнього утворення. Використання таких індикаторних ознак дозволяє вирішувати цілу низку як генетичних, так і пошукових завдань, серед яких найголовнішими є: реставрація умов утворення та оцінка параметрів мінералоутворюючого середовища; встановлення формаційної приналежності порід різних магматичних комплексів та, звідси, їхньої потенційної рудоносності; розчленування метаморфічних порід за ступенем перетворення; визначення різних етапів і стадій процесу мінерало- та рудоутворення тощо. Надійність результатів при вирішенні подібних та багатьох інших завдань залежить від коректності вибору застосованого набору індикаторних ознак, який, у свою чергу, залежить від інформативності останніх.

Особливе місце серед усього розмаїття мінералів, індикаторні властивості яких успішно використовуються для розв'язання названих задач, обіймає циркон – наскрізний акцесорний мінерал, що характеризується: стійкістю в широких діапазонах фізико-хімічних умов, міцністю кристалічної структури, чутливою реакцією на зміни з утворенням нових генерацій та широкими межами ізоморфного входження різноманітних за властивостями елементів-домішок [9, 15 та ін.]. Завдяки методам ізотопної геохронології, циркон успішно використовується для визначення віку геологічних утворень [16]. Цей унікальний мінерал здатний слугувати, крім того, індикатором кислотно-лужного [22, 11] та окислювально-відновлювального режимів мінералоутворюючого середовища [11 та ін.], температур мінералоутворення [22-23, 20 та ін.]. Типоморфні особливості циркону активно застосовуються для визначення формаційної приналежності інтрузивних комплексів, метаморфічних та метасоматичних утворень [2, 4, 18, 10-11, 15, 17], петрофондових реконструкцій областей живлення осадових басейнів [6, 10, 15, 21]. Існують два підходи до реалізації названих можливостей: застосування методики еволюційного кристаломорфологічного аналізу

[2, 6, 19, 22] та використання індикаторних геохімічних особливостей (співвідношення концентрацій мікроелементів: Hf, Sr, Y, TR, Th, U, Pb, Nb, Ta та ін.) [3-4, 9-11, 13, 15 та ін.]. І хоча кожний з цих підходів досить успішно застосовується багатьма дослідниками, проблемою залишається оцінка достовірності одержаних результатів, яка, імовірно, є різною [5, 8, 13].

Метою даної роботи було з'ясування ступеня інформативності геохімічних, морфологічних та деяких фізичних ознак, що легко фіксуються візуально та часто використовуються при масових рутинних дослідженнях, на прикладі великого блоку даних щодо мікроелементного складу, морфології, кольору та прозорості зерен циркону, вилучених з різноманітних метасоматитів Суцано-Пержанської зони (СПЗ) та гранітоїдів Коростенського плутону (КП) Українського щита, з яким вони просторово асоціюють та генетично пов'язані [4, 14].

При цьому розв'язувались такі задачі: (1) типізація зерен циркону за геохімічними ознаками; (2) типізація зерен циркону за морфологічними ознаками; (3) типізація зерен циркону за кольором та прозорістю; (4) геохімічне моделювання мікроелементного складу циркону з метасоматитів, спрямоване на підтвердження результатів проведеної геохімічної типізації; (5) з'ясування ступеня інформативності геохімічних, морфологічних та фізичних ознак.

**Методика досліджень.** У роботі застосовано комплекс взаємоузгоджених методів і методик одержання первинних мінералогічних та мінерало-геохімічних даних, який включав:

1. Методики підготовки та вивчення репрезентативних мінерало-геохімічних проб, які, за рахунок застосування магнітогідростатичної та фотолюмінесцентної сепарації, а також сучасних інструментальних діагностичних засобів (електронно-зондовий мікроаналіз, люмінесцентна мікроскопія, рентгено-флуоресцентний (XRF) та рентгеноструктурний (XRD) аналізи), забезпечили: мінімальні втрати при виділенні мономінеральних фракцій акцесорних мінералів, надійну діагностику фаз,

типизацію індивідів за морфологічними та фізичними ознаками, відбір репрезентативних статистичних вибірок зерен та мінімізацію зараження їх домішками, що заважають елементному аналізу; 2. Методи дослідження елементного складу акцесорних мінералів. Кількісне визначення концентрацій головних індикаторних елементів-домішок (циркон — Y, Hf, U, Th, Pb; монацит — Y, Sr, U, Th, Pb, LREE) у поодиноких зернах циркону (n=554) та монациту (n=649) проводилось за допомогою спеціалізованого варіанту енергодисперсійного рентгено-флуоресцентного методу [12] (milliprobe/single grain X-ray fluorescence analysis: XRF-MP/SG), який, крім того, дозволив інструментально визначити масу кожного з проаналізованих зерен.

**Геохімічна типізація цирконів.** Циркон у складі метасоматично змінених порід СПЗ розповсюджений досить широко. Цей мінерал спостерігається в кожному з розглянутих мінеральних типів метасоматитів СПЗ переважно у досить значних концентраціях ("пержанські граніти" — 622, "пержанські граніти" з накладеними змінами — 2252, "пержанські граніти" зі зливним кварцом — 10145, кварц-польовошпатові метасоматити — 1328, альбітити — 69, сидерофіліт-польовошпатові метасоматити — 3250, сидерофілітові метасоматити — 20996 ppm). Винятком є лише не зовсім типові за багатьма ознаками, в тому числі й за мінеральним складом, альбітити, віднесені автором роботи до окремого ряду. Але цей факт не змінює статусу циркону як одного з головних наскрізних акцесорних мінералів метасоматитів СПЗ. Первинну геохімічну типізацію вилучених з кожного мінерального типу метасоматитів зерен циркону здійснено в найбільш інформативних [10] координатах Hf-Y, що привело до виділення трьох дискретних композиційних груп. Ці групи зерен витримують свою комплектацію й у інших розглянутих координатах — U-Y, Th-Y (рис. 1, а-г), що дає підставу розглядати їх як *геохімічні типи* (I, II та III відповідно) циркону.

Узагальнена типізація всіх досліджених цирконів у координатах U-Y та Th-Y наведена на рис. 1, д, е. Склад зерен циркону першого геохімічного типу повністю відповідає складу мінералу, вилученого з гранітоїдів КП (вмісні для метасоматитів), що дає можливість обґрунтовано припускати їхню успадковану, реліктову природу. Композиції мінералів, віднесених до другого й третього типів, як бачимо, істотно відрізняються як один від одного, так і від складу цирконів типу I.

Паралельно із дослідженнями зерен циркону, проводились аналогічні дослідження зерен монациту, вилучених з тих самих мінеральних типів метасоматитів. Аналогічно цирконам, було проведено геохімічну типізацію зерен цього мінералу, яка теж привела до виділення трьох геохімічних типів. Для кожного з виділених типів монациту методом "загального свинцю" [1] одержано орієнтовні оцінки віку. Вони підтвердили результати геохімічної типізації та складають: I геохімічний тип — 1850±80 та 2000±60 млн р (реліктові); II — 1675±20 та 1660±60 млн р (відповідає віку утворення СПЗ [16]); III — 1540±20 млн р ("пержанські граніти" із накладеними змінами, в яких можна припустити додатковий етап — 670±50? млн р) [4]. Достатня для виконання геохімічної типізації зерен коректність оцінок віку підтверджується відповідністю оцінки даних, одержаних для монациту, вилученого з гранітоїдів КП тим самим методом (1770±30 млн р), даним ізотопного датування (1770±15 млн р) [16].

Оцінки віку зерен цирконів кожного геохімічного типу методом "загального свинцю" не є однозначними внаслідок високого ступеня порушеності їх Th-U-Pb систем — спостерігається значний "розмив" максимумів на гістограмах розподілу значень оціночного віку (рис. 2), що унеможливорює побудову ізохрон. Порушеність Th-

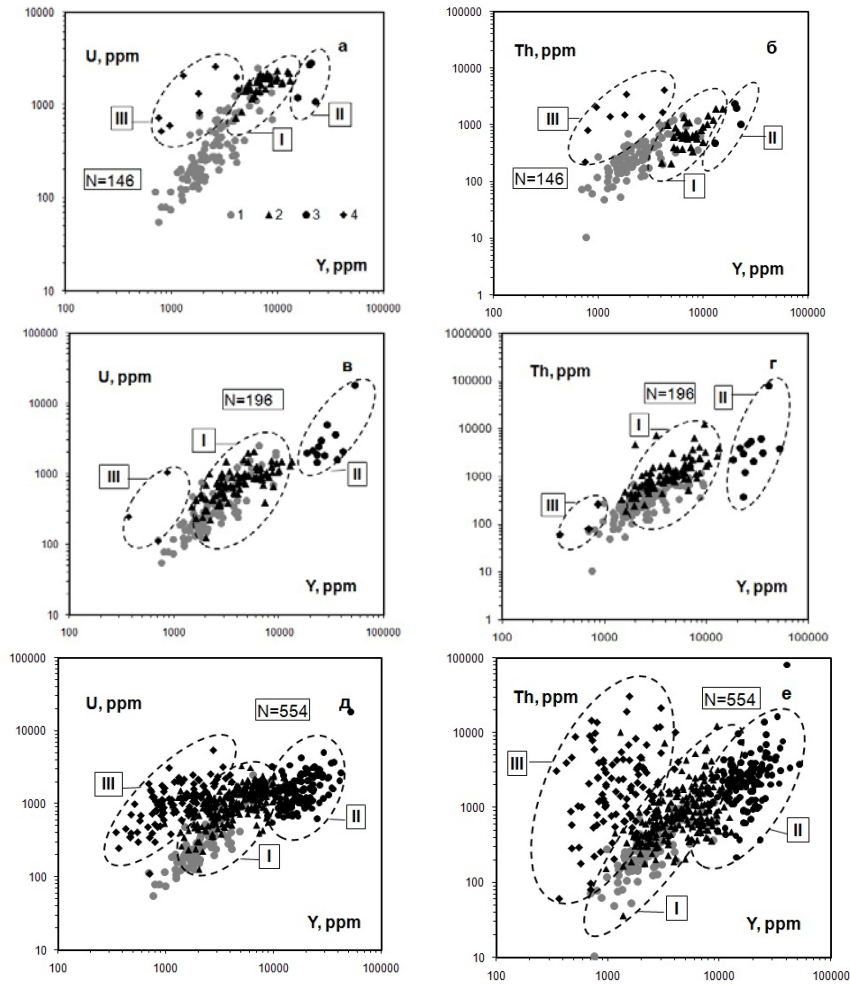
U-Pb систем цирконів з метасоматитів СПЗ підтверджується й високим ступенем їх метамікстості, яка діагностується за повною відсутністю фотолюмінісценції [7], на відміну від цирконів з коростенських гранітів, більшість з яких таку властивість виявляє. Однак, спостерігається закономірне зниження вікових оцінок у ряду I-II-III тип (рис. 2).

Таким чином, можна вважати, що *виділені геохімічні типи монациту та циркону корелюють між собою та відповідають різним етапам мінералоутворення*. При цьому циркони та монацити II геохімічного типу можна вважати синпетрогенними по відношенню до метасоматитів. Але, якщо композиційні поля цирконів II і III типів є витриманими в усіх випадках, то серед цирконів, віднесених до першого геохімічного типу, спостерігається неоднорідність. Так, зерна цього типу з "пержанських гранітів" обох підтипів, "пержанських гранітів" зі зливним кварцом та сидерофілітових метасоматитів за складом повністю відповідають цирконам з гранітоїдів КП, а відповідні циркони з інших мінеральних типів метасоматитів демонструють наявність зерен з відносно підвищеним вмістом Hf та U. Зауважимо, що в межах однієї проби можуть бути присутні як зерна, що відповідають складу цирконів КП, так і відмінні від них (кварц-польовошпатові метасоматити, альбітити-II та сидерофіліт-польовошпатові метасоматити). Все це дає підставу виокремити серед цирконів I геохімічного типу (безперечно реліктових), як мінімум, два підтипи: (1) подібні до цирконів з гранітоїдів КП та (2) залучені, вірогідно, з інших типів вміщуючих СПЗ порід. Результати додаткової типізації цирконів I геохімічного типу за оцінками віку наведено на рис. 2, а, б.

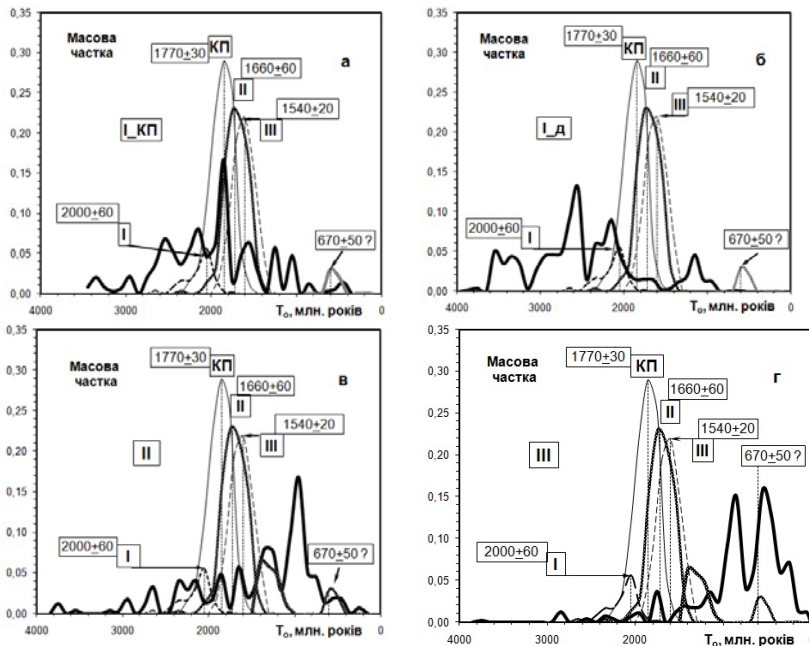
**Модельовання мікроелементного складу циркону.** Вихідні дані для модельовання складу рудоносних гідротермально-метасоматичних утворень надала геохімічна модель формування гранітоїдної серії КП (Український щит) [9, 14], у якій за основний механізм магматичної еволюції прийнято фракційну кристалізацію гранітоїдного розплаву в глибинній магматичній камері. Використано також: (1) дані про розподіл петрогенних і мікроелементів у серії гранітоїдів КП; (2) експериментальні дані щодо розчинності апатиту, циркону й монациту, а також H<sub>2</sub>O у розплавах; (3) температурну залежність [11, 15] розподілу Y між парагенними апатитом і цирконом.

У процесі модельовання оцінено: ефективні комбіновані коефіцієнти розподілу кристалізація/розплав для більшості мікроелементів, температурний та флюїдний (H<sub>2</sub>O) режими магматичної еволюції, умови відокремлення магматогенного флюїду, значення коефіцієнтів розподілу флюїд/розплав ( $K_i^{F/L} = C_i^F / C_i^L$ , де  $C_i^F$  і  $C_i^L$  — концентрації елемента i у флюїді та розплаві відповідно) для мікроелементів [9, 14]. У результаті розраховано повний склад модельного флюїду, а також модельні концентрації мікроелементів у продуктах функціонування магматогенно-гідротермальної системи КП (метасоматитах і акцесорних мінералах). Зіставлення модельних і модальних композицій циркону (рис. 3) дало позитивний результат — до модельного поля потрапили лише зерна його II геохімічного типу, які вважаються синпетрогенними метасоматитами СПЗ. Це свідчить про коректність та ефективність запропонованої процедури геохімічної типізації зерен циркону.

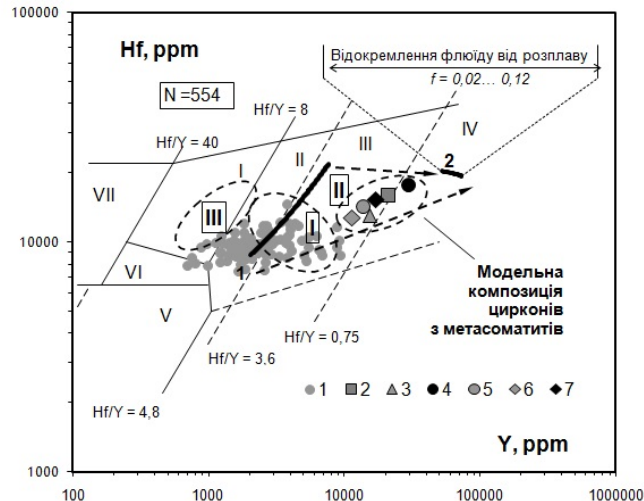
**Типізація зерен циркону за формою, кольором та прозорістю.** Спроба кореляції візуально спостережених ознак із результатами геохімічної типізації зерен, у даному випадку, на жаль, не дала бажаних результатів (рис. 4). Можна лише узагальнити отримані дані у вигляді декількох основних висновків.



**Рис. 1. Геохімічна типізація цирконів з метасоматитів СПЗ у координатах U-Y та Th-Y:**  
 а, б – "пержанські граніти" зі зливним кварцом; в, г – кварц-польовошлатові метасоматити;  
 д, е – повна вибірка всіх вивчених цирконів. Умовні позначки: 1 – циркони з гранітоїдів КП; 2, 3 та 4 – циркони, віднесені до I, II,  
 та III геохімічних типів відповідно. Пунктирними лініями обмежено композиційні поля виділених геохімічних типів



**Рис. 2. Розподіл значень позернових визначень оціночного віку для цирконів із метасоматитів СПЗ, віднесених до виділених геохімічних типів:**  
 а, б – першого (I\_КП – домішковий склад, тотожний цирконам з гранітоїдів КП, I\_д – домішковий склад, дещо відмінний від складу цирконів з гранітоїдів КП); в – другого; г – третього. Суцільна жирна лінія відповідає повній вибірці зерен циркону відповідного типу.  
 Тонкими й пунктирними лініями наведено гістограми віку аналогічних типів монациту з метасоматитів СПЗ (вказано оцінки віку, одержані за побудованими ізохронами)



**Рис. 3.** Зіставлення модальних композицій досліджених цирконів (СПЗ, КП) з розрахованою композицією цього мінералу як продукту функціонування модельної магматогенно-гідротермальної системи КП).

Циркони з: 1 — гранітоїдів КП; 2-7 — відповідно, "пержанських гранітів", кварц-польовошпатових, польовошпатових, слюдисто-польовошпатових та сидерофілітових метасоматитів; лінії 1 та 2 — графіки зміни модельного складу мінералів з високо- та низькотемпературних метасоматитів відповідно, обмежують модельне поле складу цирконів, які генетично пов'язані з магматичною системою КП та є синпетрогенними СПЗ;  $f$  — частка залишкового розплаву в магматичному осередку.

*Римськими цифрами позначено поля складу цирконів [10] з:* I — ультраосновних, основних та безкварцових середніх порід;

II — кварцвміщуючих порід середнього та помірно кремнекислого складу; III — гранітів підвищеної кремнекислотності та їх гідротермально змінених різновидів; IV — грейзенів; V — карбонатитів; VI — лужних порід, фенітів і карбонатитів;

VII — кімберлітів; N — кількість вивчених зразків. Стрілка показує напрямок зниження температури формування метасоматитів. Овалами обмежено композиційні поля цирконів I та III геохімічних типів

По-перше, на відміну від переважно видовженопризматичних (65%) цирконів з гранітоїдів КП (рис. 4, а), утворених магматичним шляхом, циркони з гідротермально-метасоматичних утворень (тип II і III) кристалізуються частіше у вигляді короткопризматичних (35% і 31% відповідно) й ізометричних (26% і 36% відповідно) зерен (рис. 4, ж, к), що добре збігається з класичними поглядами [22].

По-друге, реліктові циркони (тип I) представлені гетерогенною сумішшю (рис. 4, б), що збігається з висновками геохімічної типізації та результатами датування методом "загального свинцю".

По-третє, серед зерен циркону II та III геохімічних типів істотно переважають зерна жовто-бурого та сірого кольорів (рис. 4, з, л) відповідно (64% та 69%). Для цирконів I геохімічного типу загалом та цирконів КП характерними є зерна названих кольорів у рівних кількостях (рис. 4, б, д). Безбарвні зерна практично відсутні серед зерен усіх типів. Що стосується ступеня прозорості цирконів різних типів, то загалом в усіх вибірках переважають напівпрозорі та непрозорі зерна. Лише серед цирконів, вилучених з гранітоїдів КП, присутні 25% прозорих зерен і лише 16% є непрозорими.

**Висновки.** Проведена типізація зерен циркону з метасоматитів СПЗ за геохімічними та морфологічними ознаками, кольором та прозорістю показала:

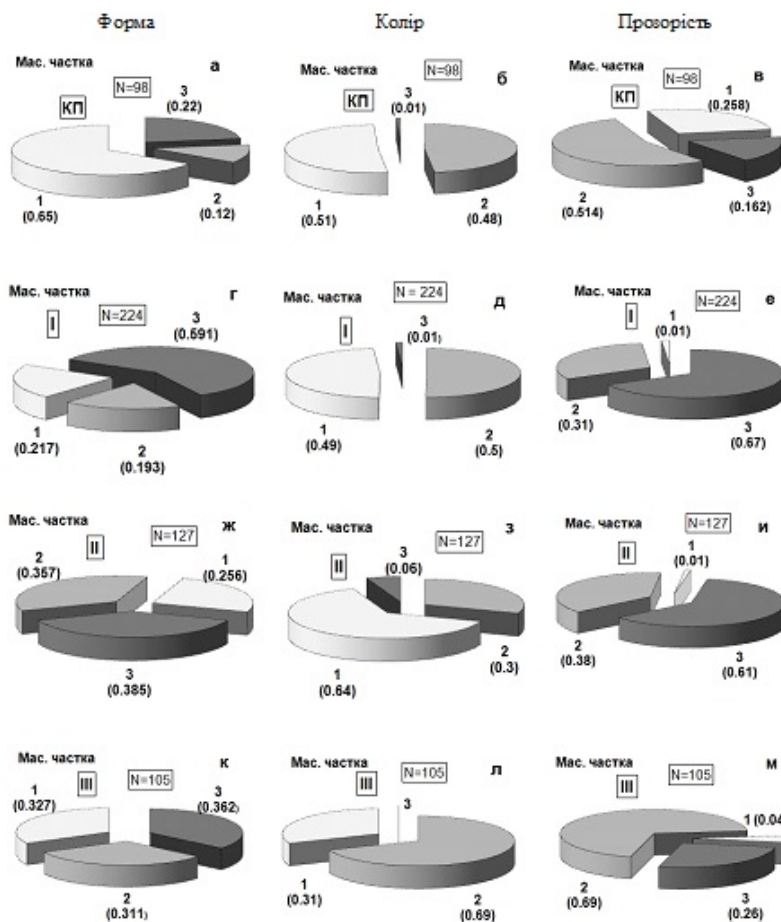
1. Розроблені критерії геохімічної типізації цирконів дозволили встановити геохімічні типи мінералу, які відображають поліетапність формування метасоматитів СПЗ (рис. 1). Виокремлений за співвідношеннями всіх досліджених елементів-домішок другий геохімічний тип циркону за одержаними для синхронно сформованого монациту віковими оцінками (1660±60 млн р.) відповідає існуючим ізотопним оцінкам віку формування СПЗ (1760±5 млн р. [16]), що дозволяє вважати його синпетрогенним, тобто таким, що відповідає головному етапу формування метасоматитів (рис. 2).

Така геохімічна типізація зерен, і, насамперед, виділення типу, що за часом відповідає формуванню метасоматитів СПЗ, дозволила залучити до оцінки її інформативності процедуру геохімічного моделювання мікро-

елементного складу циркону, який генетично пов'язаний з магматогенно-гідротермальною системою КП. Позитивні результати зіставлення модельних і модальних композицій циркону (рис. 3) підтверджують результати геохімічної типізації та конкретизують генетичний зміст виділених за геохімічними ознаками типів мінералу.

2. Спроба кореляції візуально спостережених ознак із результатами геохімічної типізації зерен, у даному випадку, на жаль, не дала бажаних результатів (рис. 4). Застосування методики кристаломорфологічного аналізу по цирконах [22], що розроблений, у першу чергу, для порід магматичного генезису, ускладнене поганою збереженістю зерен у результаті первинної підготовки штучних шліхів (що неминуче). На неоднозначність висновків при застосуванні кристаломорфологічного аналізу по цирконах вказують і деякі дослідники [8, 5]. Але методика може бути обмежено застосована на підготовчих стадіях і при вивченні метасоматично змінених порід, оскільки на статистичному рівні кореляція спостерігається. Результати типізації за кольором і, найголовніше, ступенем прозорості взагалі свідчать про недоцільність використання цих ознак, особливо у випадку досліджень метасоматично змінених порід.

Отже, автор вважає, що при дослідженні метасоматично змінених порід обов'язковим є позернове вивчення елементного складу великих за обсягом статистичних вибірок циркону та інших наскрізних акцесорних мінералів. При цьому, як додатковий засіб може бути застосована типізація за візуально спостереженими ознаками (у першу чергу, морфологією та, можливо, кольором), яка є менш трудомісткою, ніж дослідження домішкового складу, та може бути використана при масових рутинних дослідженнях. Подібні дослідження доцільно провести на прикладі метасоматитів різних типів (феніти, альбітиту тощо). Це дозволить розробити критерії зональності, визначити етапи формування та умови утворення метасоматитів, а також остаточно прояснити питання про ступінь інформативності деяких типоморфних ознак, що спостерігаються візуально.



**Рис. 4.** Зіставлення зерен циркону, що належать до виділених геохімічних типів (КП І, ІІ, ІІІ), за: а, г, ж, к — морфологічними особливостями (1 — видовженопризматичні, 2 — короткопризматичні, 3 — ізометричні); б, д, з, л — особливостями забарвлення (1 — бурувато-жовті, 2 — сірі, 3 — незабарвлені); в, е, и, м — ступенем прозорості (1 — прозорі, 2 — напівпрозорі, 3 — непрозорі). У круглих дужках наведено співвідношення з урахуванням інструментально визначених мас зерен

**Список використаних джерел**

1. Андреев А.В., (1992). Современные возможности метода общего свинца в радиогеохронологических исследованиях. — Геол. журн., 6. — С. 125–130.

Andreev A.V., (1992). Modern opportunities of general lead method in geochronological research. — Geol. zhurn., 6. P. 125–130. (In Russian).

2. Драгомирецький А.В., Узун С.Н., (1999). Кристалломорфологічне особливості циркону Букинського монцитної частини Українського щита. — Мінерал. зб., 49, 2. — С. 135–138.

Dragomiretskiy A.V., Uzun S.N., (1999). Bukinskiy monocyctic Ukrainian shield massive zircons crystalomorphic features. — Mineral. zb., 49, 2. — P. 135–138. (In Russian).

3. Краснобаев А.А., (1986). Циркон как индикатор геологических процессов. — М.: Наука. — 134 с.

Krasnobayev A.A., (1986). Zircon as a geological processes indicator. — Moscow, Nauka. — 134 p. (In Russian).

4. Лазарева І.І., Шнюков С.Є., Андреев О.В., Морозенко В.Р., (2006). Елементи-домішки цирконів, монацитів, флюоритів з метасоматитів Суццано-Пержанської зони (північно-західна частина Українського щита). — Геохімія та рудоутворення, 24. — С. 95-102.

Lazareva I.I., Shnyukov S.E., Andreev O.V., Morozenko V.R., (2006). Metasomatite zircons, monocytes and fluorites trace elements composition of Suschano-Perzhanska zone (north-western part of Ukrainian shield). — Geohimiya ta rudoutvorenyya, 24. — P. 95-102. (In Ukrainian).

5. Мачевариани М.М., Алексеев В.И., (2012). Титан-цирконовая термометрия на примере редкометалльных гранитоидов Дальнего Востока. "Чтения памяти П.Н. Чирвинского". Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: XIII науч. конф., 31 янв.-1 февр. 2012. — Пермь. С. 134-137.

Machevariani M.M., Alekseev V.I., (2012). Titanium-zircon thermometry at the example of rare-metal granites of Far East. "Chteniya pamyati P.N. Chirvinskogo". Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii: XIII nauch. conf. 31 jan.-1 feb. — Perm. — P. 134-137 (In Russian).

6. Соловьев А.В., Рожкова Д.В., Акинин В.В., Хисамутдинова А.И., (2011). Источники сноса терригенного материала эоценовых отложений западной Камчатки по результатам изучения обломочных цирконов. Современное состояние наук о Земле: Матер. междунар. конф., посвящ. памяти В.Е. Хаина. — Москва, 1-4 февр. — С. 1771-1775.

Solovev A.V., Rozhkova D.V., Akinin V.V., Hisamutdinova A.I., (2011). Eocene terrigenous material deposits of western Kamchatka drift origins based on results of fragmentary zircons study. *Sovremennoe sostoyanie nauk o Zemle: Mater. mezhdunar. konf., posvyaschennoy pamyati V.E. Haina.* — Moscow, 1-4 febr. — P. 1771-1775. (In Russian).

7. Таращан А.Н., (1978). Люминесценция минералов: Моногр. — К.: Наук. думка. — 296 с.

Taraschan A.N., (1978). Luminescence of minerals: Monography. — Kiev, Nauk. Dumka. — 296 p. (In Ukrainian).

8. Трейвус Е.Б., Полеховский Ю.С., (2011). Новые материалы по кристалломорфологии циркона Вишневых гор Урала и проблемы его типоморфизма. — Вестн. С.-Петерб. ун-та, Сер.7, 1. — С. 32–44.

Treyvus E.B., Polehovsky Yu.S., (2011). New materials about Vishnevyy mountains of Ural zircons crystal morphology and its typomorphism problems. — Vestn. S.-Peterb. un-ta, 7, 1. — P. 32–44. (In Russian).

9. Шнюков С.Є., (2001). Наскрізни акцесорні мінерали в геохімічному моделюванні магматичних процесів. — 36. наук. праць УкрДГРІ, 1-2. — С. 41-53.

Shnyukov S.E., (2001). Accessory through minerals in magmatic processes geochemical modeling. — Zbirnyk naukovykh prats UkrDGRI, 1-2. — P. 41-53. (In Ukrainian).

10. Шнюков С.Є., (2003). Геохимическая классификация цирконов и апатитов из различных типов горных пород и руд: современное состояние, применение и перспективы развития. — Геол. журн., 1. — С. 99-103.

Shnyukov S.E., (2003). Various ores and rocks zircon and apatite geochemical classification: modern stance, application and development perspectives. — Geol. zhurn., 1. — P. 99-103. (In Russian).

11. Шнюков С.Є., Андреев А.В., Чебуркин А.К., (1988). Элементы-примеси в сквозных сосуществующих акцессорных минералах — критерий оценки условий формирования метасоматитов (принципы интерпретации минералого-геохимических данных, метод аналитических исследований). — Киев - Препр. / АН УССР, Ин-т геол.; 88-45. — 50 с.

Shnyukov S.E., Andreev A.V., Cheburkin A.K., (1988). Trace elements in coexisting accessory through minerals — metasomatite formation conditions evaluation criteria (mineralogic-geochemical data interpretation principles, analytical research method). — Kiev, Prepr. / AN USSR, In-t geol.; 88 45. — 50 p. (In Russian).

12. Шнюков С.Є., Андреев А.В., Белоусова Е.А., Савенок С.П., (2002). Рентгено-флуоресцентный анализ микроколичеств вещества в геохимии

акцессорных минералов: исследовательские возможности в сопоставлении с локальными аналитическими методами. – Минерал. журн., 1. – С. 80-95.

Shnyukov S.E., Andreev A.V., Belousova E.A., Savenok S.P., (2002). Microquantity matter XRF analysis in geochemistry of accessory minerals: research opportunities in correlation with local analytical methods. – Mineral. zhurn., 1. – P. 80-95. (In Russian).

13. Шнюков С., Гатар Й., Андреев А., Грегуш Я., Чебуркин А., Савенок С., (1993). Петрологический анализ геохимии акцессорных цирконов и апатитов из гранитоидов Роховецкой интрузии (Словакия). – Геол. журн., 1. – С. 30-41.

Shnyukov S., Gatar Y., Andreev A., Gregush Ya., Cheburkin A., Savenok S., (1993). Accessory zircons and apatites from Rohovecka intrusion (Slovakia) petrological analysis of geochemistry. – Geol. zhurn., 1. – P. 30-41. (In Russian).

14. Шнюков С.Е., Лазарева И.И., (2004). Модельна оцінка мікроелементного складу акцесорних мінералів метасоматитів, пов'язаних з магматичними комплексами. – Зб. наук. праць УкрДГРІ, 2. – С. 116-122.

Shnyukov S.E., Lazareva I.I., (2004). Model evaluation of trace elements composition of metasomatic through accessory minerals connected to magmatic complexes. – Zb. nauk. prats UkrDGRI, 2. – P. 116-122. (In Ukrainian).

15. Шнюков С.Е., Чебуркин А.К., Андреев А.В., (1989). Геохимия "сквозных" сосуществующих акцессорных минералов и ее роль в исследовании эндо- и экзогенных геологических процессов. – Геол. журн., 49, 2. – С. 107-114.

Shnyukov S.E., Cheburkin A.K., Andreev A.V., (1989). Through accessory minerals geochemistry and its role in endo- and exogenous geological processes research. – Geol. zhurn., 49, 2. – P. 107-114. (In Russian).

16. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., (2005). Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. – К.: Наук. думка. – 243 с.

Scherbak N.P., Artemenko G.V., Lesnaya I.M., Ponomarenko A.N., (2005). Early Precambrian Ukrainian shield geochronology. – Kyiv, Nauk. Dumka. – 243 p. (In Russian).

17. Bea F., Fershtater G., Montero P. et al., (2001). Recycling of continental crust into the mantle as revealed by Kytlym dunite zircons, Ural Mts, Russia. Terra nova, 13, 407-412.

18. Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reilly S.Y., Fisher N.I., (2002). Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type. Contrib. – Mineral. Petrol., 143. – P. 602-622.

19. Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reilly S.Y., (2006). Zircon crystal morphology, trace element signatures and Hf isotope composition as a tool for petrogenetic modelling: examples from Eastern Australian granitoids. – Journal of Petrology, 47, 2. – P. 329-353.

20. Ferry J.M., Watson E.B., (2007). New thermodynamic models and revised calibrations for the Ti-in-zircon and Zr-in-rutile thermometers. Contrib. – Mineral. Petrol., 154. – P. 429-437.

21. Hanchar Eds.J.M., Hoskin P.W.O., (2003). Zircon. – Review in Mineralogy and Geochemistry. – 500 p.

22. Pupin J.P., (1980). Zircon and granite petrology. Contrib. – Mineral. and Petrol., 73, 3. – P. 207-220.

23. Watson E.B., Harrison T.M., (1983). Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. – Earth and Planetary Science Letters, VI, 64. – P. 295-304.

Надійшла до редколегії 25.05.15

I. Lazareva, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.  
Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv  
90 Vasylkivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine  
E-mail: lazareva@mail.univ.kiev.ua

## THE INFORMATION CONTENT OF METASOMATIC ZIRCONS BY SOME PHYSICAL, MORPHOLOGICAL AND GEOCHEMICAL PROPERTIES

*Typomorphic properties of zircons are widely applied to identify the formation type of intrusive complexes, metamorphic and metasomatic formations, petrofundal reconstructions of material sources of sedimentary basins. There are two possible ways of implementation of the above mentioned possibilities: application of evolutionary crystalomorphologic analysis method and use of geochemical indicator properties. But information content of the received evaluations probably differs. The purpose of the work was to find out the level of reliability of geochemical, morphological and some physical properties which are easily identified visually and are often applied during mass routine research, in the example of a large block of trace elements data, morphology, colour and transparency of zircon grains extracted from various metasomatites of Suschano-Perzhansk zone (SPZ) and granites of Korosten Pluton (KP) (Ukrainian shield), which is spatially and genetically connected with them. The following tasks have been solved: (1) geochemical typing of zircons; (2) morphological typing of zircons; (3) colour and transparency typing of zircons; (4) trace elements composition of zircons modeling in order to confirm results of previous typing; (5) information content level of geochemical, morphologic and physical properties estimation. As a result, geochemical types of zircons which reflect multiphase formation of SPZ metasomatites were received and the type of zircons which belongs to the main phase of metasomatite formation was identified (by the trace elements ratios and age estimations). Results of geochemical typing were confirmed by geochemical modeling of trace elements composition of zircons which is genetically connected with magmatogenic-hydrothermal system of KP. An attempt of the correlation between visually observed properties and geochemical typing didn't give desirable results. Grain typing primarily by morphology and possibly by colour can be applied at the preparatory stages of metasomatites research as on a statistical level the correlation is observed.*

*Key Words: zircon, geochemical type, metasomatites, morphology of crystals, indicator properties.*

И. Лазарева, канд. геол. наук, доц.  
E-mail: lazareva@mail.univ.kiev.ua,  
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,  
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

## ИНФОРМАТИВНОСТЬ ТИПИЗАЦИИ ЦИРКОНОВ ИЗ МЕТАСОМАТИТОВ ПО НЕКОТОРЫМ ФИЗИЧЕСКИМ, МОРФОЛОГИЧЕСКИМ И ГЕОХИМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

*Типоморфные особенности циркона активно используются для определения формационной принадлежности интрузивных комплексов, метаморфических и метасоматических образований, петрофондовых реконструкций областей питания осадочных бассейнов. Существует два подхода к реализации перечисленных возможностей: использование методики эволюционного кристалломорфологического анализа; использование индикаторных геохимических особенностей. Но достоверность полученных в результате оценок, вероятно, различна. Целью работы было выяснение степени информативности геохимических, морфологических и некоторых физических свойств, которые легко фиксируются визуально и часто используются при массовых рутинных исследованиях, на примере большого блока данных о микроэлементном составе, морфологии, цветовой гамме и прозрачности зерен циркона, извлеченных из разнообразных метасоматитов Сушано-Пержанской зоны (СПЗ) и гранитоидов Коростенского плутона (КП) (Украинский щит), с которыми они пространственно ассоциируют и связаны генетически. При этом решались следующие задачи: (1) типизация зерен циркона по геохимическим признакам; (2) типизация зерен циркона по морфологическим признакам; (3) типизация зерен циркона по цвету и прозрачности; (4) геохимическое моделирование микроэлементного состава циркона с целью подтверждения результатов проведенной геохимической типизации; (5) выяснение степени информативности геохимических, морфологических и физических признаков. В результате выделены геохимические типы минерала, которые отображают полиэтапность формирования метасоматитов СПЗ и выявлен (по соотношению микроэлементов и оценкам возраста) тип, который отвечает главному этапу формирования метасоматитов. Результаты геохимической типизации подтверждены путем геохимического моделирования микроэлементного состава циркона, генетически связанного с магматогенно-гидротермальной системой КП. Попытка корреляции визуально наблюдаемых признаков с результатами геохимической типизации не дала ожидаемых результатов. Типизация зерен, в первую очередь, по морфологическим признакам и, возможно, по цвету может быть применена на подготовительных стадиях изучения метасоматитов, поскольку на статистическом уровне корреляция наблюдается.*

*Ключевые слова: циркон, геохимический тип, метасоматиты, кристалломорфология, индикаторные особенности.*