

Рис. 2. Зіставлення графіків зміни величин геохімічних коефіцієнтів гранітоїдів ряду гранодіорити (1), плагіограніти (2), двопольовошпатіві граніти (3), пегматоїдні граніти (4) південно-східної частини Росинсько-Тікицького мегаблоку (I), Тилігульського блоку (II), Синицівсько-Савранської підзони (III) та Янишівського масиву (IV)

Висновки. Отриманий досвід з використання поточних та ретроспективних матеріалів геохімічного вивчення порід докембрійського фундаменту для їх типізації, розчленування, кореляції та визначення потенційної рудоносності показує, що системний аналіз розподілу макро- та мікрокомпонентів у метаморфічних та ультраметаморфічних утвореннях дозволяє розв'язувати ці питання більш успішно.

1. *Войновський А.С., Жужома В.М., Калініна Г.В.* Про можливість використання петро- та геохімічної інформації для розчленування та кореляції докембрійських комплексів Українського щита при геологічному картуванні // Сучасний стан і задачі розвитку регіональних геологічних досліджень (матеріали III науково-виробничої наради геологів-зйомщиків України). – К., 2005. – С. 65-69. 2. *Войновський А.С., Гейченко М.В., Жужома В.М.* та ін. Геохімічна характеристика метаморфічних та ультраметаморфічних порід докембрію північної частини Дністровсько-Бузького мегаблоку Українського щита // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2006. – №2. – С. 16-31. 3. *Войновський А.С., Гейченко М.В.* Поведінка хімічних елементів при процесах гранітизації гірських порід (на прикладі

Дністровсько-Бузького та Росинсько-Тікицького мегаблоків Українського щита) // Геологія та питання геологічного картування і вивчення докембрійських утворень Українського щита: Матер. IV науково-виробничої наради геологів-зйомщиків України. – Дніпропетровськ, 2007. – С. 118-119. 4. *Войновський А.С., Жужома В.М.* Геохімічна характеристика плагіогранітоїдних порід докембрію Росинсько-Тікицького мегаблоку Українського щита // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2008. – №1. – С. 25-37. 5. *Войновський А.С., Жужома В.М., Зюльцле В.В., Чурубров С.С.* Петро-та геохімічні особливості чарнокітоїдів Дністровсько-Бузького мегаблоку Українського щита // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2008. – №4. – С. 33-49. 6. *Войновський А.С., Шварц Г.А., Безвинний В.П.* та ін. Речовинний склад гранітоїдів докембрію Синицівсько-Савранської підзони (Середнє та Південне Побужжя) // Мінеральні ресурси України. – 2009. – №1. – С. 24-29. 7. *Кулиш Е.А., Горлицкий Б.А.* Петрохимия докембрійських комплексів Украинского и Алданского щитов. Киев, 1989. 8. Методичні рекомендації для складання геохімічних карт (геохімічної спеціалізації геологічних утворень докембрійського фундаменту та прогнозно-геохімічної) масштабів 1:200 000 та 1 :50 000 стосовно умов Українського щита // А.С.Войновський, В.М.Жужома, Г.В. Калініна та ін. Київ, УкрДГРІ, 2006. – 96 с. 9. *Миловский А. В., Матвеева С. С., Леоненко Е. И.* Гранитизация горных пород. М., 1985.

Надійшла до редколегії 25.05.09

УДК 550.4

С. Шнюков, д-р геол. наук, І. Лазарева, канд. геол. наук, О. Хлонь, інж., О. Митрохин, канд. геол. наук, Ю. Гасанов, пров. інж., В. Морозенко, канд. геол. наук

ГЕОХІМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАГМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ВУЛКАНІЧНОГО ОСТРОВА ДЕСЕПШЕН (ЗАХІДНА АНТАРКТИДА): ПРИНЦИПИ ТА ЗАДАЧІ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.І.Толстим)

Сформовано новий об'єднаний банк аналітичних даних (n=204), що репрезентує головні різновиди до- та пост-кальдерного етапів розвитку вулканічного комплексу острова Десеппшен (Західна Антарктида). Розроблено та попередньо апробовано принципову методику моделювання відповідних магматичної та магматогенно-гідротермальної систем. Попередньо оцінено P-T умови та флюїдний (H₂O) режим еволюції вулканічного комплексу.

A new representative geochemical data set (n=204) for pre- and post-caldera rocks of the Deception Island volcano (Western Antarctica) was formed. Pilot version of procedure for geochemical modeling of magmatic system as well as corresponding magmatic-hydrothermal one was realized. Obtained results permit to preliminary evaluate the P-T-fluid (H₂O) regime of volcanic evolution.

Вступ. Серед ендегенних рудоутворюючих систем найважливіше значення мають магматичні та спряжені з ними магматогенно-гідротермальні. Геохімічне моделювання процесу їх виникнення та подальшого розвитку

(магматичної еволюції) має велике значення для розв'язання задач різного масштабу. Типовим їх переліком у дещо скороченому варіанті відносно [5, 6, 7] є: (1) визначення механізму утворення серій магматичних

гірських порід (фракційна кристалізація, часткове плавлення тощо); (2) встановлення поведінки мікроелементів у процесі магматичної еволюції; (3) оцінка фізико-хімічних умов формування та функціонування магматичних систем; (4) оцінка їх спроможності до генерації рудоносних флюїдів та формування відповідних рудних родовищ (пегматитового, грейзенового, гідротермального та інших типів як у [5, 6, 7], або малокоонтрастних геохімічних аномалій згідно з випадком, який розглядається нижче); (5) незалежна контрольна перевірка результатів моделювання, яка полягає у співставленні "моделних" (розрахованих) концентрацій елементів з їх "модальним" (спостереженим) вмістом у рудних (геохімічно збагачених) зонах. Критерієм валідності результатів моделювання є узгодженість результатів контрольної перевірки.

Вулканічний комплекс острова Десепшен (Західна Антарктида) та гідротермально змінені вулканогенні осади його кальдери (фактично закрыта система), що несуть досить слабкі, у порівнянні з "рудним" випадком [7], але реальні геохімічні аномалії, які у достатньо контрастному вигляді для порівняння згідно з п. (5) можуть бути одержані за спеціальною технологією [8], є майже ідеальним прикладом для апробації та розвитку запропонованої в [5, 6, 7] методології геохімічного моделювання. Це й зумовлює актуальність досліджень цієї роботи.

Мета та задачі роботи. Загальною метою роботи є створення геохімічної моделі магматичної та відповідної магматогенно-гідротермальної систем острова Десепшен для з'ясування умов її функціонування. Досягнення цієї мети потребує розв'язання таких задач: (1) одержання та систематизація вихідної петрогеохімічних інформації (створення банку геохімічних даних); (2) оцінка якості вихідних даних (якості визначення концентрацій елементів в петротипах); (3) оцінка репрезентативності даних створеного геохімічного банку; (4) розробка конкретної (адаптованої) методики геохімічного моделювання магматичної та магматогенно-гідротермальної систем о-ва Десепшен відповідно до викладених у вступі загальних задач та посилань; (5.) апробація розробленої методики моделювання, в тому числі запропонованих критеріїв валідності його результатів. У цій роботі, яка є першою в серії, що передбачається, декларовані задачі розв'язуються, звичайно, лише частково.

Геологічна позиція, загальний склад та будова вулканічного комплексу Десепшен. Острів Десепшен розташований в північно-західній частині протоки Брендсфільд – задугового крайового басейну, що активно розширюється. Протока закладена між Антарктичним півостровом і архіпелагом Південно-Шетландських островів. Її утворення та появу в її осьовій частині активних вулканів пов'язують з початковою стадією рифтингу в тилу Південно-Шетландської островної дуги [21]. Острів має вигляд скелястої дуги з максимальними висотами понад 500 м. Наземна частина сформована складною вулканогенною серією, що включає лави і пірокласти до та післякальдерного етапів розвитку [18, 19]. Структура кальдери поблизу поверхні вивчена за допомогою сейсмічних даних. Геологічні і геофізичні дослідження демонструють, що до формування протоки Брендсфільд Південно-Шетландські острови склали єдине ціле з Антарктичним півостровом [2]. Час розкриття протоки є дискусійним, але палеомагнітні дані вказують на те, що басейн сформувався менше ніж 4 млн р тому [10].

Згідно з сучасними уявленнями, острів Десепшен являє собою складний багатофазний стратовулкан з центральною депресією кальдерного типу, що утворилася в результаті обвалення по системі дугових розломів [18, 19]. Острів має форму неправильного кола діамет-

ром 13-15 км з внутрішнім басейном глибиною 50-180 м, що виповнює кальдерну западину. Пухкі неконсолідовані і погано консолідовані осади, які містять значні об'єми лав і туфів, на глибині 0.6-1.4 км підстиляються консолідованими осадовими породами і лавами [12]. У глибинній будові земної кори, що підстилає вулканічну структуру острова, встановлено вертикальну і латеральну неоднорідність [12]. За даними різних дослідників виділяються три етапи розвитку вулканічної структури: докальдерний, синкальдерний та посткальдерний [18, 21].

Склад лав вулканічного комплексу змінюється від олівінових базальтів, андезибазальтів і андезитів до дацитів і ріодацитів [21]. Переважають базальти та андезибазальти, вулканіти середнього і кислого складів мають обмежене розповсюдження. *Базальти* збагачені плагіоклазом і звичайно містять 5-10 % фенокрістових вкрапленників, але зустрічаються й ефірові різновиди. Зональні фенокрісти основного плагіоклазу (An₆₆₋₈₃) переважають над олівіном (Fo₇₀₋₈₃) і авгітом, ортопіроксен відсутній. Для базальтів характерною є інтергранулярна або інтерсерціальна структура основної маси, складеної плагіоклазом (An₄₄), клинопіроксеном (авгітом або піжонітом), олівіном і титаномagnetитом. *Андезибазальти* містять фенокрістали андезину (An₄₂₋₃₅), авгіту (Wo₄₁En₄₀Fs₁₉) і, в меншій кількості, піроксену. Олівін звичайно відсутній. *Андезити і дацити* характеризуються незначним вмістом фенокрістових вкрапленників в інтерсерціальній або інтергранулярній основній масі. Фенокрісти представлені олігоклазом (An₁₉₋₂₈), авгітом (Wo₄₀En₃₆Fs₂₄), а також рідкісними олівіном (Fo₃₆₋₃₇) та гіперстеном (En₅₂). *Ріодацити* містять до 20 % вкрапленників. У складі фенокрістів переважає олігоклаз, однак звичайно присутні гіперстен, авгіт, фаяліт і рудні мінерали. Основна маса має трахітову або гіалінову структуру [21]. Пірокластичні утворення комплексу представлені несцементованою та слабкосцементованою тефрою – лапілями та вулканічним попелом у найбільш молодих формаціях, а також літифікованими попеловими, лапілевими та бриловими туфами, гіалокластовими брекчіями і аглютинитами – в більш древніх формаціях. Петрографічний склад незмінених пірокластів загалом відповідає лавам, що пов'язані з ними. В докальдерних пірокластичних породах широко проявлене явище палагонізації з утворенням вторинних мінералів – смектитів, оксидів заліза, цеолітів тощо [15].

Осади кальдери (Порт Фостер) загалом збагачені легкими рідкісноземельними елементами та представлені двома групами, які утворені за рахунок [17]: (1) руйнування посткальдерних утворень; (2) докальдерних вулканітів. Перша група характеризується високим вмістом Na₂O, K₂O, P₂O₅, Li, Rb, Ba, Y та As, а також високим відношенням Sr/Ca. У межах цієї групи виділяються три підгрупи: з підвищеними концентраціями Cr, Co та V; з підвищеними концентраціями Y, Pb, і Zn; проміжна між двома першими. Для другої групи характерними є підвищені вмісти Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, TiO₂, Sr, Sc, Cr, Ni, Co, Cu, V та W, а також низьке відношення Sr/Ca. В її межах також виділяються дві геохімічні підгрупи.

Розподіл елементів у осадах значною мірою ускладнений за рахунок діяльності магматогенно-гідротермальної системи комплексу Десепшен, аж до формування геохімічних аномалій, які просторово співпадають з проявами сучасної фумарольної активності [17].

Первинний фактичний матеріал та оцінка його якості. Для створення геохімічної моделі магматичної та магматогенно-гідротермальної системи острова Десепшен і з'ясування умов її функціонування сформовано об'єднаний банк аналітичних даних (n=204), представлений

двома блоками, що репрезентують головні породні різновиди всіх етапів розвитку вулканічного комплексу:

1. Літературні дані – результати досліджень Британської Антарктичної служби [11, 21], аргентинських [9] та іспанських [17] дослідників. Цими дослідженнями, тією чи іншою мірою, охоплено більшість породних різновидів досліджуваного комплексу. Але обсяг та репрезентативність цих даних не є достатніми для моделювання.

2. Репрезентативна вибірка з 49 зразків гірських порід до- та посткальдерного етапів розвитку вулканічного комплексу, яка одержана співробітниками геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка в ході експедиції 2004-2005 рр. Обидва блоки суттєво доповнюють один одного.

Критеріями оцінки якості літературних даних слугували:

Достатня геологічна обґрунтованість точок відбору проб, їх, принаймні, геологічна репрезентативність та достатньо високий рівень петрографічного дослідження петротипів, що опробувались.

Визначення в пробах усіх петрогенних та максимально широкого комплексу мікроелементів з різними коефіцієнтами розподілу мінерал/розплав.

Виконання аналітичних та всіх інших досліджень сучасними методами в провідних наукових установах. При одержанні доповнюючих оригінальних даних, звичайно, виконувались усі перелічені три умови. Додамо лише, що аналітичні дослідження базувались на сучасному кількісному XRF, а якість визначення концентрацій постійно контролювалась за допомогою використання комплексу незалежних стандартних зразків, що забезпечило об'єктивний поточний контроль випадкової та систематичної похибок аналізу.

Станом на сьогодні, сформований об'єднаний банк аналітичних даних (n=204) за повнотою та якістю є найбільш репрезентативним і мінімально достатнім для реалізації подальшої багатетапної процедури геохімічного моделювання (рис. 1, а).

Принципова методика геохімічного моделювання та її попередня реалізація. Методика моделювання магматичної та магматогенно-гідротермальної системи острова Десеппен базується на принципах, викладених у роботах [5, 6, 7]. (У цих роботах розміщені й необхідні додаткові посилання). Вона адаптована до умов об'єкту та реалізована як приклад (демонстративна версія) в розрахунку на спрощений варіант банку даних [21] з можливістю подальшого розвитку. Охарактеризуємо етапи моделювання та їх принципові положення:

На *першому етапі* здійснено вибір механізму магматичної еволюції. Як реперні обрано мікроелементи з найбільш контрастною та монотонною поведінкою – несумісний цирконій та сумісний стронцій (рис. 1, б). Як провідний фактор магматичної еволюції для магматичної серії о-ва Десеппен обрано механізм фракційної кристалізації, який для випадку поведінки мікроелементів з постійними комбінованими коефіцієнтами розподілу описується рівнянням Релея:

$$C = C_0 \cdot f^{D-1}, \quad (1)$$

де C – концентрація елемента в розплаві (рідкій фазі системи), C_0 – початкова концентрація елемента у вихідному розплаві, D – комбінований коефіцієнт розподілу елемента, f – масова частка рідкої фази (розплаву) в системі.

Вибір фракційної кристалізації як провідного механізму магматичної еволюції вулканічного комплексу Десеппен підтверджується відомим [4] тестом – лінійною кореляцією логарифмів концентрацій елементів з типовою монотонно-протилежною поведінкою в процесі кристалізації розплаву. Треба зауважити, що параметри рівнянь, які апроксимують ці залежності, відповідають моделі

фракційної кристалізації, добре узгоджуються з прийнятим значенням $D_{Sr} = 2.0$ $D_{Zr} = 0,1$ [1, 4]. Це підтверджує вірність вибору "реперних" елементів та відносну сталість їх ефективних комбінованих коефіцієнтів розподілу.

На *другому етапі* побудовано модель поведінки петрогенних та мікрокомпонентів у ході магматичної еволюції (кристалізації первинного розплаву в магматичній камері). Значення f (масової частки розплаву в системі) на момент відокремлення кожної гіпотетичної порції залишкового розплаву, якій відповідає конкретний тип порід, були розраховані за концентраціями несумісного Zr в породах (C_{Zr}) з використанням рівняння (1) у такий спосіб:

$$f = (C/C_0)^{1/(D-1)} = (144/C_{Zr})^2 \quad (2)$$

При цьому були прийняті: $D_{Zr} = 0.1$ та $C_0^{Zr} = 144$ ppm (мінімальний рівень концентрації Zr в серії порід, що досліджувалася).

У результаті, для мікроелементів одержано набір рівнянь типу $y = ax^b$, де, відповідно до рівняння (1), $a = C_0$, $b = D-1$. Для головних компонентів розплаву залежності апроксимовано поліноміальними рівняннями. Таким чином, ця система рівнянь (графічні приклади див. на рис. 1, в, г) містить всю необхідну інформацію про склад первинного розплаву та його геохімічну еволюцію в процесі розвитку магматичної системи.

На *третьому етапі* здійснено оцінку температурних умов магматичної еволюції. Для цього залучено рівняння розчинності апатиту в силікатних розплавах [20]:

$$\ln D_P^{Apt/L} = [-3.1 - 12.4 \cdot (SiO_2 - 0.5)] + [8400 + 26400 \cdot (SiO_2 - 0.5)] \cdot T^{-1}, \quad (3)$$

де $D_P^{Apt/L} = P^{Apt}/P^L$, P^{Apt} , P^L – концентрації P (ppm, wt%) у стехіометричному апатиті та розплаві відповідно, SiO_2 – масова частка кремнезему в розплаві, T – абсолютна температура (K).

Монотонне зниження концентрації фосфору, яке вказує на появу у складі кристалізату нової мінеральної фази – апатиту, встановлено лише для діапазону $f = 0.277 - 0.172$ (рис. 1, в), тобто на заключній стадії магматичної еволюції. Тому, користуючись рівнянням (3), розраховано температурний режим для цього діапазону, а потім, шляхом екстраполяції, визначено температуру початкового розплаву (рис. 1, д). Одержане рівняння описує температурний режим глибинної магматичної системи о-ва Десеппен і надає можливість розраховувати температуру для будь-якого значення f . Отже, модельна температура початку кристалізації (T_{model}) становить приблизно 1200 °C, а температура для значення $f = 0,192$, що відповідає моменту зміни апатиту на монацит (точка інверсії рідкісних земель), складає приблизно 900 °C.

На *четвертому етапі* проведено оцінку вмісту води в залишковому розплаві (C_{H_2O}) для значення $f = 0,192$, що відповідає моменту зміни апатиту на монацит, користуючись рівнянням розчинності монациту в силікатних розплавах [16]:

$$\ln REE^L = 9.50 + 2.34 \cdot D + 0.3879 \cdot (H_2O)^{0.5} - 13318 \cdot T^{-1}, \quad (4)$$

де REE^L – LREE [сума концентрацій у розплаві "легких" рідкісноземельних елементів (La – Gd, за виключенням Eu), нормованих на їх атомні маси],

$$D = \frac{Na+K+Li+2Ca}{Al \cdot (Al+Si)} \quad (\text{катіонне відношення в розплаві}),$$

H_2O – вміст води в розплаві (wt%), T – абсолютна температура (K).

Рівняння (2), при відомих значеннях $C_{H_2O} = 12,33$ wt%, $f = 0,192$ та $D_{H_2O} = 0.1$, надає можливість розраховувати

концентрацію води у первинному розплаві, яка складає, згідно з проведеними розрахунками, $C_0^{H_2O} = 2,79 \text{ wt\%}$.

Використовуючи рівняння (1), побудовано модельну криву зміни вмісту води в ході магматичної еволюції (рис. 1, е). Точка її перетину з рівнем розчинності води в гранітному розплаві [14] за даних P-T умов ($T_{\text{model}} \sim 950 \text{ }^\circ\text{C}$ при $f \sim 0,17$ та $P_S \sim 9\text{-}10$ кбар, див. нижче) відповідає насиченню останнього цим головним флюїдним компонентом та початку відокремлення мінералізованого водного флюїду, вплив якого при подальших дослідженнях буде розглядатися як головна причина виникнення мало-контрастних геохімічних аномалій в осадах кальдери.

Додамо, що літостатичний тиск (P_S) на рівні магматичної камери вулканічного комплексу Десепшен обчислений згідно з результатами моделювання ($T_{\text{model}} \sim 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ при $f = 1$, $C_0^{H_2O} = 2,79 \text{ wt\%}$) та існуючими експериментальними даними [3]. Одержане попереднє значення ($P_S = 9\text{-}10$ кбар) відповідає положенню магматичної камери на глибині близько 30 км, тобто верхньомантийному рівню при потужності кори 5-15 км.

Висновки та коротке обговорення результатів досліджень. Таким чином, у роботі сформульовано цілі та задачі дослідження вулканічного комплексу о-ва Де-

сепшен, запропоновано та апробовано принципові рішення геохімічного моделювання відповідних магматичної та магматогенно-гідротермальної систем з оцінкою адекватності результатів. Одержано перші дані щодо глибинних P-T умов та флюїдного (H_2O) режиму еволюції вулканічного комплексу.

Подальше моделювання передбачає розрахунок концентрацій мікроелементів у мінералізованому флюїді та відповідних продуктах гідротермальної переробки осади кальдери. Як визначено вище, важливим критерієм оцінки адекватності побудованої моделі природному об'єкту буде узгодженість модельних концентрацій мікроелементів з їх модальними аналогами. Враховуючи невисокі реальні концентрації елементів у зафіксованих аномаліях, реалізація цього критерію вимагає застосування спеціальної методики для виокремлення "гідротермального" внеску в мікроелементний склад осади кальдери. Можливий інструмент розв'язання цієї проблеми – застосування методик прецизійного урахування геохімічного фону [8].

Але зауважимо [5], що остаточна перевірка результатів подібних досліджень можлива лише шляхом комплексного геохімічного моделювання еволюції магматичних систем та земної кори відповідних регіонів.

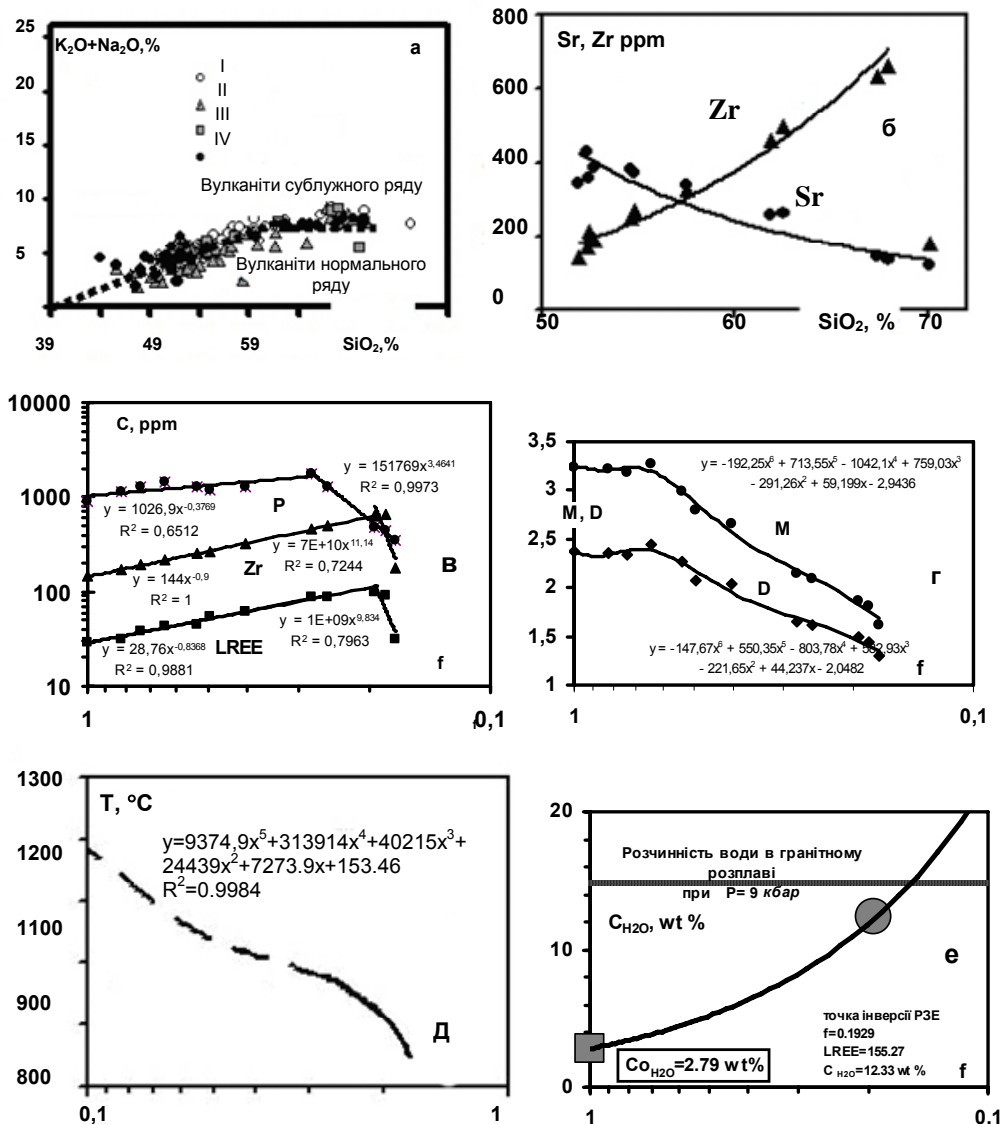


Рис. 1. Графічне відображення вихідних даних та одержаних результатів моделювання. Додаткові пояснення див. у тексті. а) I – Baker et al, 1975; II – Aparicio, 1997; III – Weaver et al, 1979; IV – КНУТШ, 2005

1. Антипин В.С., Коваленко В.И., Рябчиков И.Д. Коэффициенты распределения редких элементов в магматических породах. – М., 1984. 2. Бахмутов В.Г. Эволюция и геодинамика основных структур Западной Антарктики в мезо-кайнозое: Современные представления // Украинский Антарктический журнал. – 2006. – № 4-5. – С.52-63. 3. Перчук Л.Л. Система щелочной базальт-вода. II. Поверхность ликвидуса в интервале давлений 1 атм – 20 кбар // Очерки физико-химической петрологии. – М., 1985. – Вып. XIII. – С. 66-80. 4. Рябчиков И.Д. Термодинамика флюидной фазы гранитоидных магм. – М., 1975. 5. Шнюков С.Е. Геохимические модели эволюции магматических систем и земной коры: потенциальный источник петрофизической и рудогенетической информации // Геофиз. журн. – 2002. – № 6. – С. 201-219. 6. Шнюков С.Е. Наскрізни акцесорні мінерали в геохімічному моделюванні магматичних процесів // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2001. – № 1-2. – С. 41-53. 7. Шнюков С.Е., Лазарева І.І. Геохімічне моделювання в дослідженні генетичного зв'язку магматичних комплексів та просторово асоціюючих з ними гідротермально-метасоматичних рудних родовищ // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2002. – № 1-2. – С. 128-143. 8. Шнюков С.Е., Андреев А.В., Заяц О.В., Савенок С.П., Клеценко С.А. Инструментальный учет фоновых условий при геохимическом картировании литологически неоднородных территорий (на примере участка дна Черного моря) // Геохимические проблемы Черного моря. – К., 2001. – С. 165-184. 9. Aparicio A., Risso C., Viramonte J.G., Menegatti N. & Petrinovic, I. El volcanismo de isla Decepcion (Peninsula Antartica) // Bol. Geol. Minero. – 1997. – V. 108. – P. 235-258. 10. Ashcroft W.A. Crustal structure of the South Shetland Islands and the Bransfield Strait // British Antarctic Survey Scientific Reports. – 1972. – V. 66 – P. 1-43. 11. Baker P. E., I. McReath M. R. Harvey, M. J. Roobol, and T. G. Davies, The Geology of the South Shetland Islands: V. Volcanic evolution of Deception Island // British

Antarctic Survey Scientific Reports. – 1975/ – V. 78. 12. Grad M., Guterch A., Sroda P. Upper crustal structure of Deception Island area, Bransfield Strait, West Antarctica // Antarctic Science. – 1993. – N 4 – P. 469-476. 13. Harrison T.M., Watson E.B. The behavior of apatite during crustal anatexis: equilibrium and kinetic considerations // Geochim. et Cosmochim. Acta. – 1984. – V. 48, N 7. – P. 1467-147. 14. Holtz F., Johannes W., Tamic N., Behrens H. Maximum and minimum water content of granitic melts generated in the crust: a reevaluation and implications // Lithos. – 2001. – V.56.–P. 1-14. 15. Marti J., Baraldo A. Pre-caldera pyroclastic deposits of Deception Island (South Shetland Islands). Antarctic Science. – 1990. – V.2. – P. 345-352. 16. Montel J.M. A model for monazite/melt equilibrium and application to the generation of granitic magmas // Chemical Geology. – 1993. – V. 110.–P. 127-145. 17. Samoza L., Martinez-Frias J., Smellie J.L., Rey J., Maestro A. Evidence for hydrothermal venting and sediment volcanism discharged after recent short-lived volcanic eruptions at Deception Island, Bransfield Strait, Antarctica // Marine Geology. – 2004. – V.203. – P. 119-140. 18. Smellie J.L. Recent observations on the volcanic history of Deception Island, South Shetland Islands // British Antarctic Survey Scientific Reports. – 1988. – V. 81 – P. 83-85. 19. Smellie J.L. Lithostratigraphy and volcanic evolution of Deception Island, South Shetland Islands// Antarctic. Sci. – 2001. – V.13. – P.188-209. 20. Watson E.B., Pankhurst R.J., Tamey J. A geochemical study of magmatism associated with the initial stages of back-arc spreading: The Quaternary volcanics of Bransfield Strait, from South Shetland Islands // Contrib. Mineral. Petrol. – 1979. – V. 68. – P. 151-169.

Надійшла до редколегії 03.06.09

УДК 550.42:546.4

Э. Жовинский, д-р геол.-минералог. наук,
Н. Крюченко, канд. геол. наук

СОЛЕВЫЕ ОРЕОЛЫ И ИХ ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

(Рекомендовано членом редакционной коллегии д-ром геол.-минералог. наук, проф. М.И.Толстым)

Установлена связь вторичных солевых ореолов рассеяния химических элементов с рудными объектами на территории Украинского щита; рассчитаны основные формы миграции химических элементов и доказано, что при геохимических поисках за подвижными формами химических элементов индикаторными есть катионные и анионные формы, что позволяет наиболее эффективно проводить локальное прогнозирование и поиски полезных ископаемых.

Interrelation of the second salt halos of dispersion of chemical elements with ore objects on territory of the Ukrainian shield (US) is set. The basic forms of migration of chemical elements are calculated. It is proved that at the geochemical exploration by the mobile forms of chemical elements of indicators are cation and anion forms, that allows most effectively to conduct local prognostication and exploration of minerals.

Предисловие. Геохимические методы поисков полезных ископаемых широко применялись на территории Украины в 50-70 годах XX в. В этот период высокая эффективность использования литогеохимических методов поисков по первичным и вторичным механическим ореолам рассеивания подтверждалась открытием большинства месторождений, расположенных вблизи земной поверхности. Но в условиях современной высокой антропогенной нагрузки и перехода к поискам полезных ископаемых глубинного залегания, использование существующих геохимических методов становится малоэффективным, а поиски полезных ископаемых требуют значительного увеличения объемов глубинного геохимического картирования и горных работ, что резко увеличивает стоимость работ.

Изучение условий образования вторичных солевых ореолов рассеяния химических элементов, выявление их связи с рудными телами глубокого залегания и их прогнозная оценка – одна из актуальных проблем поисковой геохимии, решение которой позволит более эффективно и с наименьшими затратами проводить поисковые и геолого-разведочные работы на территории Украины.

Выходные условия. Научные основы геохимических методов поисков были заложены работами выдающихся ученых – В.И. Вернадского, В.М. Гольдшмидта, А.Е. Ферсмана, А.П. Виноградова, Ю.Е. Саета. Первые принципы геохимических методов и понятие "ореол рассеяния" были сформулированы Н.И. Сафроновым (в 1936 г). Эти принципы получили развитие в разрабо-

тке следующих геохимических методов поисков: почвенно-гидрогеохимического (Н.И. Долуханова); частичного фазового (А.Д. Миллер, Г.А. Вострокнутава); сорбционно-солевого (С.П. Абдул); фазового анализа (Л.В. Антропова, Н.А. Разенкова). Эффективность геохимических методов поисков по вторичным солевым ореолам отдельных элементов была показана на примере многих месторождений полезных ископаемых – йода и брома (А.Д. Миллер, 1963), ртути (В.З. Фурсов, 1978), фтора (Э.Я. Жовинский, 1979) и др.

В результате взаимодействия горной породы (минерала) с подземными водами происходит нарушение равновесия твердая фаза – раствор: вокруг рудного тела образуются ореолы разных форм химических элементов, которые при процессах диффузии и фильтрации достигают дневной поверхности и образуют вторичные солевые ореолы. Как было установлено, при литогеохимических поисках наиболее целесообразно использовать не суммарное содержание химических элементов, а определенные индикаторные формы [1], источником которых могут быть непосредственно рудные объекты.

Постановка задачи. Целью исследований была разработка научных основ определения связи вторичных солевых ореолов рассеяния химических элементов с рудными объектами на территории Украинского щита (УЩ), которые позволяют наиболее эффективно и с наименьшими затратами проводить локальное прогнозирование и поиски полезных ископаемых на указанной территории. Достижению этой цели способствовало ре-