

ГОЛОВНІ РЯДИ ЗОНАЛЬНОСТІ ГІДРОТЕРМАЛЬНИХ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Микола Павлунь, Олег Гайовський

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005
e-mail: mykola.pavlun@lnu.edu.ua; oleh.hayovskyy@lnu.edu.ua*

У статті розглядаються головні ряди зональності гідротермальних родовищ. До таких треба зачислити стійкі ряди зональності рудних елементів, які відображають послідовне чергування максимумів концентрації елементів у певному напрямку, просторову орієнтацію рядів зональності та послідовність розвитку рядів зональності в часі (або її спрямованість). Ряди зональності будують за елементами, мінералами і парагенезисами, за кількісними співвідношеннями головних елементів, елементами-домішками, метасоматитами, фізико-хімічними умовами формування. Окрім того, потрібно ще вивчити елементи симетрії зональності – симетрію жил, розломів, дайок, контактів інтрузивів, літологічно сприятливих зон, осьових ліній (трубок вибуху), визначити вектори (тренди) зміни мінералізації (згідні, січні, проміжні (контактові)) родовища. За орієнтацією вектора (зональність ряду) стосовно елементів симетрії вирізняють родовища із зональністю білатерального виду (розходження та сходження) та із зональністю центрального виду (доцентровою та відцентровою).

Послідовність (спрямованість) розвитку рядів зональності в часі і є притаманною тільки поліасцендентній зональності та за змістом є прогресивною і регресивною.

Геохімічні ряди зональності дали змогу розділити всі родовища на сім груп і 22 підгрупи, а саме: сидерофільних елементів із двома підгрупами, сидеро-халькофільних із трьома підгрупами, халькофільних із чотирма підгрупами, літо-халькофільних із п'ятьма підгрупами, літофільних із п'ятьма підгрупами, сидеро-літофільних з однією підгрупою та літо-сидеро-халькофільних із двома підгрупами. Як наслідок вирізнені три «резюмуючі» ряди зональності (А, Б, В), що мають спільну зміну рядів зональності. Зональність зруденіння гідротермальних родовищ дає змогу вирізнити, прогнозувати, розробляти та вдосконалювати геолого-генетичну класифікацію родовищ, удосконалювати раціональну систему розвідки родовищ і вирішувати питання ерозійного зрізу.

Ключові слова: геологія, зональність зруденіння, ряди зональності рудних елементів, вектор і тренд зональності, геохімічний ряд елементів.

Постановка проблеми. Мінливі геологічні, геохімічні та фізико-хімічні умови утворення гідротермальних родовищ відображаються в зональному (закономірному) поширенні та визначеній просторово-часовій позиції мінеральних продуктів цих процесів. Окремі зони можуть відрізнитися за мінеральними видами, типами металів, вмістом тих чи інших елементів і навіть за ледь відчутними змінами співвідношень між ними. Які б характеристики не використовувалися для з'ясування і вирізнення самостійних зон, зональність і парагенезис будуть поняттями генетичними, оскільки вони – суто два аспекти того самого явища. Через це ми й розглянули головні риси зональності гідротермальних родовищ.

Аналіз досліджень. Під час вивчення зональності родовищ корисних копалин (далі – РКК) потрібно розрізнити дві групи її характеристик – головні, що усталено зберігаються в РКК одного типу, і другорядні, які відображають індивідуальні особливості, що залежать від геолого-структурної позиції конкретного родовища.

До головних характеристичних рис зональності треба зачислити (Рундквіст, Неженський, 1985) стійкі ряди зональності рудних елементів, які відображають послідовне чергування максимумів концентрації елементів у заданому напрямку; просторову орієнтацію рядів зональності; послідовність розвитку рядів зональності в часі (або її спрямованість).

Під рядом зональності розуміють вектор (тренд) спрямованої зміни типу й інтенсивності мінералізації у просторі. Ряд зональності складається із членів ряду ($1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow \dots \rightarrow n$), що відображає зони максимальної концентрації хімічних елементів із віддаленням від рудного джерела. Для розуміння, наприклад, це ряд зниження температури виділення з розчину мінералів від ранніх до пізніх генерацій, парагенезисів тощо. Отже, елементи групуються, формуючи ряди: $1, 2 \rightarrow 2, 3 \rightarrow 3, 4 \rightarrow \dots 9, n$ (n – число аналізованих хімічних елементів). Це зумовлено складністю елементного складу мінералів (Na, Ce, Ca) (Nb, Ti) O_3 , складністю елементного складу мінерального парагенезису ($MoS_2 + (Fe, Mn) [WO_4], PbS + ZnS$). Усередині складних груп вирізняють кількість головних (1) і другорядних (3) елементів, наприклад, $1, 2, (3) \rightarrow (1), 2, 3$. Цим підкреслюється успадкованість, генетична спільність зон поширення елементів. Реальними прикладами такої зональності можуть бути родовища Корнуолл: Sn, Fe \rightarrow Sn, W, (As) \rightarrow Sn, W, As, (Cu) \rightarrow (W, As), Cu, (Zn) \rightarrow U, Co, Ni, (Bi, Pd, Ag) \rightarrow Fe, Sb, Ag \rightarrow безрудна зона [1]; Чойрух-Дайрон: W \rightarrow (W), Mo \rightarrow Cu \rightarrow Zn, Pb (Корольова, 1972); Підмонт Fe, Au \rightarrow Fe, Cu \rightarrow Zn, Pb \rightarrow Ba [2]; Тирни-Ауз: W, Mo \rightarrow Mo, W \rightarrow (Zn, Pb) \rightarrow (Au, Ag) за межами рудного тіла (Кононов, Граненицький, 1972).

Щодо типів рядів зональності, то їх будують і розрізняють залежно від досліджуваного показника зональності, а саме: за елементами (елементна зональність у вигляді ізоконцентрат); за мінералами та їхніми парагенезисами (мінералогічна зональність); за кількісними співвідношеннями головних елементів – геохімічна зональність (Cu/Ni, Pb/Zn, Au/Ag, Mo/W, Ta/Nb тощо); за елементами-домішками для однокомпонентних руд (Fe/Mg і Cr_2O_3/FeO – для хромітових родовищ, In у сфалериті – для оловорудних, Ві в галеніті – для поліметалевих родовищ тощо); за метасоматитами (метасоматична зональність) – для Sn – W грейзенових рідкіснометалевих апогранітних родовищ; за фізико-хімічними умовами формування – температура, хімічний склад, сольова концентрація (температурна, гідрохімічна, іонометрична, концентраційна, газохімічна, термобарогеохімічна зональність) (Ляхов, Павлунь, Попівняк, 1995).

Окрім того, потрібно встановити орієнтацію рядів зональності у просторі та розглянути елементи її симетрії – симетрії жил, рудоконтрольованих розломів, дайок і їхніх поясів, контактів інтрузивів, літологічно сприятливих зон, водоносних горизонтів, геохімічних бар'єрів (зміни pH, Eh), осьових ліній (трубок вибуху – діатрем, вулканічних апаратів).

Мета. Через зональність зруденіння можна коректно діагностувати рудні формації як структурно-речовинні утворення, обґрунтовано обирати раціонально-оптимальну систему розшуків і розвідки родовищ та здійснювати прогнозно-перспективну оцінку поширення зруденіння із глибиною і на флангах родовищ.

Виклад основного матеріалу. Важливою ознакою зональності є орієнтація векторів зміни мінералізації. Вона залежить від структурно-морфологічного типу родовища. Зокрема, для трубоподібних тіл характерна зональність уздовж вертикальної осі та по радіусах (рис. 1-а), у пластових тілах зональність фіксується вхрест простягання покладу (рис. 1-б), а в мінералізованих зонах – перпендикулярно до покладу (рис. 1-в).

У зв'язку із цим за співвідношенням із вмісними породами виділяють три-чотири групи родовищ і рудних тіл (рис. 2): *згідних* (головно первинно горизонтальні пластові тіла серед осадових і вулканогенно-осадових порід, розшарованих інтрузивів), *січних* (жильні,

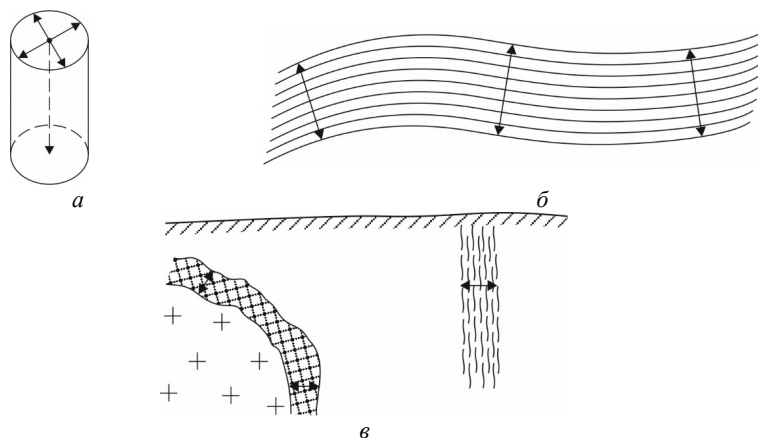


Рис. 1. Зональність за вертикальною віссю і по радіусах (а), вхрест простягання покладу (б) та перпендикулярно до покладу (в)

трубоподібні) і проміжних (або контактних) у зонах ендо- й екзоконтакту інтрузивних масивів, які або згідні з контактом інтрузиву чи межею контактово-метасоматичних порід, однак незгідні з падінням вмісних порід.

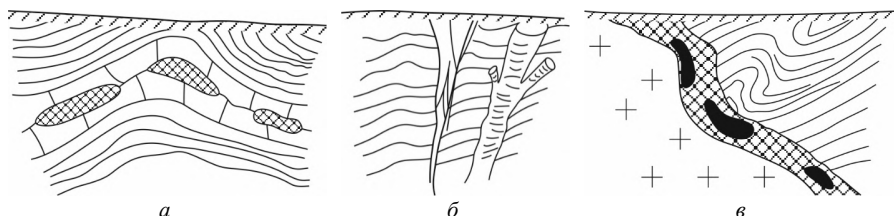


Рис. 2. Згідні (а), січні (б) і проміжні (контактні), однак незгідні з падінням вмісних порід (в) рудні тіла

У згідних родовищах зональність характеризується вектором вхрест напластування (вулканогенно-осадові породи і розшаровані інтрузії), рис. 3-а та контрастністю за вертикаллю (зміна в межах $n \times 1$ км) і неконтрастністю за простяганням (зміна $n \times 1$ км), тобто вертикальний градієнт становить 1 000 до $n \times 1$ 000 разів. Зональність несиметрична, односпрямована, висхідна і низхідна (рис. 3-б).

У згідних родовищах зональність вхрест нашарування (вулканогенно-осадові товщі) і розшарування (пластові інтрузії).

Типові родовища: мідно-колчеданні у спіліт-кератофірах; колчеданно-поліметалеві в порфіритах; сфалеритові (байкальський тип); свинцево-цинкові телетермальні в карбонатних породах; уран-ванадієві інфільтраційні на геохімічних бар'єрах; мідно-нікелеві в розшарованих інтрузивах; залізо-мартитові в теригенно-хемогенних осадках.

У січних родовищах, які контролюються зонами тектонічних порушень і брекчій, схема розташування зруденіння протилежна такій на згідних родовищах. Там зональність контрастна (горизонтальний вектор) вхрест порушень і неконтрастна (розтягнута) за вертикаллю (за падінням), проте водночас симетрична в горизонтальній площині (рис. 4).



Рис. 3. Зональність вхрест напластування (а) та контрастна за вертикаллю, несиметрична односпрямована низхідна і висхідна (б)

Пряма	↑	Pb (4) пізній
вертикальна		Zn (3)
(висхідна)		Cu (2)
		Fe (1) ранній
Зворотна	↓	Zr (1) ранній
вертикальна		Nb (2)
(низхідна)		TR (3) пізній

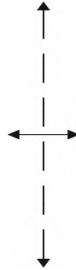


Рис. 4. Контрастна зональність вхрест порушень і неконтрастна за вертикаллю

У разі жильних родовищ вона білатеральна симетрична (рис. 5-а), натомість у трубоподібних, лійкоподібних і штокверкових родовищах має центральну симетрію (рис. 5-б). Однак у двох випадках вісь симетрії одна.

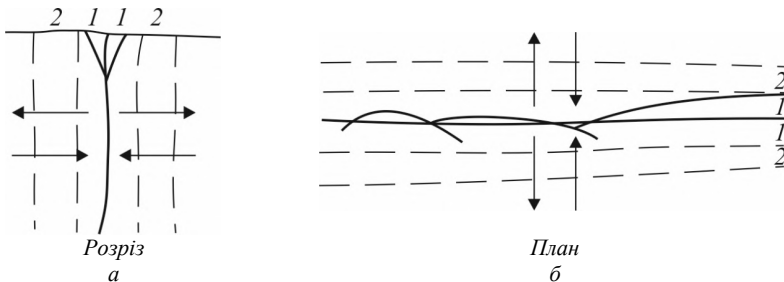


Рис. 5. Білатеральна симетрична зональність жильних тіл на золоторудному родовищі Балеї

Білатеральна симетрія зональності (зональність лінійна і площинна) властива більшості жильних родовищ Au, W, Mo, Cu, Pb – Zn, Co – Ni, рідкіснометалевих пегматитів (рис. 6). Центральна симетрія (зональність концентрична, складноконцентрична, ексцентрична, див. рис. 6) характерна для штокверків (Cu – Mo, Mo – W, Au – Ag, Sn – Bi, As – Hg), карбонатитів (Th, флогопітоносних, апатитоносних, залізородних), штокверкоподібних Pb – Zn, жильно-пучкових родовищ, пов'язаних із малими інтрузіями (Au, Дарасун).

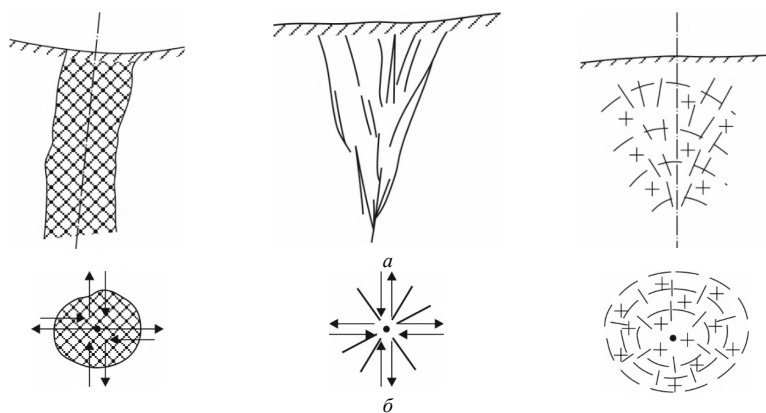


Рис. 6. Білатеральна зональність трубно-, воронкоподібних і штокверкових рудних тіл у розрізі (а) й у плані (б)

За орієнтацією вектора (зональність ряду) стосовно елементів симетрії вирізняють родовища:

- із зональністю білатерального виду – розходження і сходження (рис. 7);
- із зональністю центрального виду – доцентровою та відцентровою (рис. 8).



Рис. 7. Білатеральна зональність розходження (а) і сходження (б)



Рис. 8. Центральна відцентрова (а) і доцентрова (б) зональність

Загалом зональність сходження (і доцентрова) – це різновид первинної (гіпогенної) зональності, коли ряд упорядкованого розташування рудних елементів (мінералів, парагенезисів) від ранніх (високотемпературних) до пізніх (низькотемпературних) орієнтований від периферії до центру. Зональність розходження (відцентрована), навпаки, орієнтована від центру до периферії (Рундквіст, Неженський, 1975).

До контактних (проміжних) родовищ треба зачислити такі, що локалізовані на контакті з інтрузивом чи поблизу нього: грейзенові Mo, W, Be, альбітинові рідкіснометалеві (Ta, Nb, Zr, Th – U), скарнові Fe, Cu, Mo, W, Pb, Zn. Їхня зональність найскладніша, з рисами згідних і незгідних родовищ водночас. Головний вектор зональності перпендикулярний до контакту інтрузивів, який може бути і згідним, і незгідним (рис. 9). Отже, з виположуванням контакту такі родовища за вектором зональності можуть переходити (рис. 10) від січних до згідних («стратиформних»). Тобто може переважати і горизонтальна зональність (поблизу крутоспадного контакту), і вертикальна – поблизу пологого,

а також спостерігатися взаємні переходи (з наближенням до інтрузиву) від прямої або зворотної вертикальної зональності до зональності розходження (або сходження) горизонтальної (див. рис. 10).

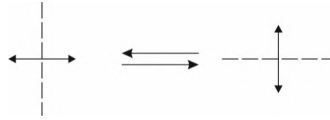


Рис. 9. Вектор зональності перпендикулярний до контакту інтрузиву, згідний і незгідний

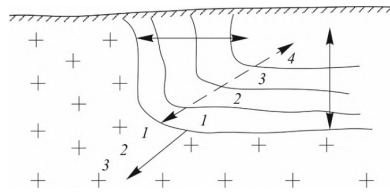


Рис. 10. Варіанти горизонтальної зональності поблизу крутоспадного контакту і вертикальної поблизу пологого

Трапляються випадки, коли рівною мірою відбувається суміщення горизонтальної і вертикальної зональності, що властиво родовищам Au – As, силікатно-каситеритовим, Au – W (золото-сурм'яно-ферберитові), Cu – Mo жильним (рис. 11).

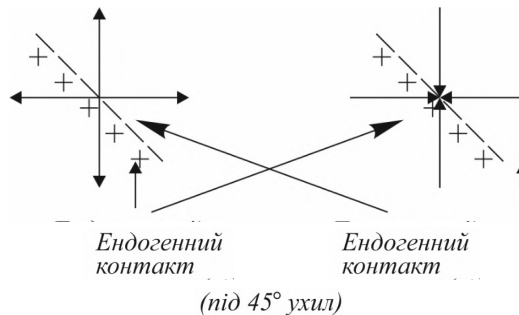


Рис. 11. Суміщення горизонтальної і вертикальної зональності

Отже, розглянуті структурно-морфологічні типи родовищ (згідні, січні, контактні) суттєво розрізняються за морфологічним типом зональності, що пояснюється орієнтацією рудного тіла в полі гравітації:

- \perp перпендикулярно силі тяжіння;
- \parallel паралельно до неї;
- під \angle кутом до неї.

Ця обставина особливо підкреслювалася І. Шафрановським (1968 р.): «Саме орієнтація всіх природних тіл щодо гравітаційного поля Землі визначає найважливіші особливості їхньої морфології та внутрішньої будови» (переклад наш – М. П.; О. Г.).

Від себе додамо: звичайно в поєднанні з динамікою геологічних і фізико-хімічних процесів рудоутворення, що надавали геологічному тілу індивідуальної неповторності, яка має значення лише для конкретного об'єкта (родовища).

Послідовність – спрямованість розвитку рядів зональності в часі є третьою важливою характеристикою зональності зруденіння і притаманна тільки багатостадійній зональності (дві попередні характеристики стосувалися одно- і багатостадійної зональності).

Відповідно до температурного режиму постмагматичних процесів рудогенезу розрізняють прогресивну та регресивну зональність. Сам режим постмагматичних процесів у загальному вигляді є таким (Ляхов, Павлунь, Попівняк, 1995) (рис. 12):

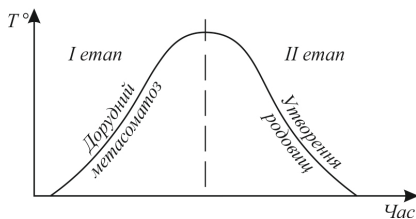


Рис. 12. Режим постмагматичних процесів у загальному вигляді

Прогресивна зональність – це коли низькотемпературні парагенезиси змінюються в часі високотемпературними, а регресивна зональність формується тоді, коли високотемпературні парагенезиси в часі змінюються низькотемпературними (рис. 13).

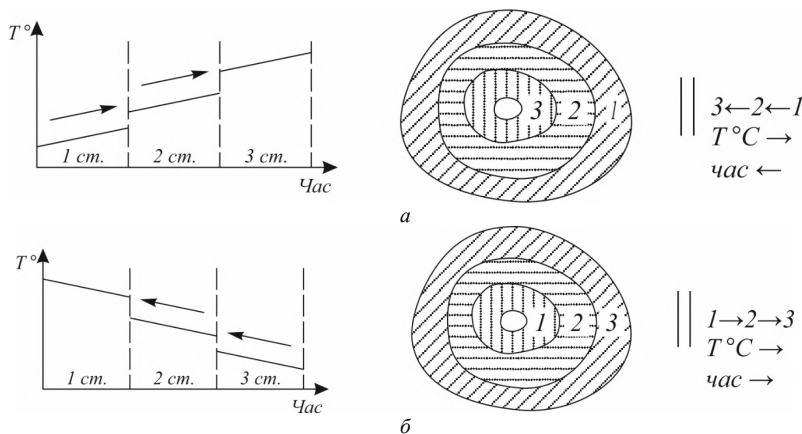


Рис. 13. Прогресивна (а) і регресивна (б) зональність

Тобто у прийнятій умові (рис. 14):

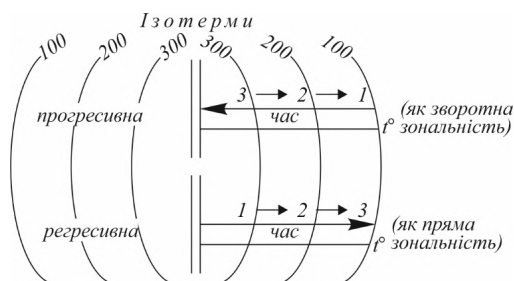


Рис. 14. Прогресивна зворотна і регресивна пряма зональність

Прогресивна зональність характерна для дорудних, регіонально проявлених і метасоматичних змін порід. Наприклад, дорудний етап чіткий для Au – Ag родовищ формації малих глибин вулканогенно-гідротермального класу, кварц-каситеритових, сульфідно-каситеритових, ртутно-сурм'яних родовищ, у яких зовнішні зони складені ранніми середньотемпературними пропілітами (хлорит, CaCO₃, альбіт), внутрішні зони представлені пізніми високотемпературними вторинними кварцитами (рис. 15).

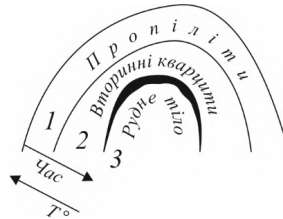


Рис. 15. Ранні пропіліти, пізні вторинні кварцити і рудне тіло

Регресивна зональність характерна для другого етапу післямагматичного процесу, тобто власне рудоутворення. Інакше кажучи, рудні родовища (за невеликим винятком) мають регресивну зональність.

Зокрема, це можна дуже вдало проілюструвати схемою стадійності і РТ-режиму формування молібден-вольфрамового родовища Акчатау (рис. 16).

Що стосується найзагальніших закономірностей зонального розподілу рудних елементів в ендегенних родовищах (геохімічні ряди зональності, то, як ми вже звертали увагу, у підґрунті всіх геолого-мінералогічних досліджень тривалий час переважало намагання встановити загальний порядок у розподілі максимальних концентрацій рудних елементів на родовищах різних геолого-генетичних типів і виявити типові ряди зональності.

Проте із часом стало зрозуміло, що існування єдиного для всіх типів РКК універсального ряду зональності немає, а «ідеальна» температурно-батолітова концепція В. Емонса [3] нереальна через багатоманітність типів руд, складних просторово-часових співвідношень мінеральних парагенезисів, фізико-хімічних умов і геологічних ситуацій їх формування, геохімічної спеціалізації магми тощо.

Водночас встановлено наявність єдиних рядів зональності для родовищ одного генетичного типу. Часте повторення окремих фрагментів зональних рядів у родовищах різного типу свідчить про перспективність знаходження не єдиного ряду, а системи (для різних груп родовищ).

Таку спробу зробили Д. Рундквіст та І. Неженський (1975 р.), однак зазначимо, що хоча це і хороший, проте лише початок вирішення складної багатофакторної проблеми зональності.

Ці дослідження поділили всі родовища (за геохімічними асоціаціями) на сім груп і 22 підгрупи, зокрема:

– *сидерофільних елементів* із двома підгрупами:

1. Cr, Pt;
2. Ti, Fe, V (Cu);

– *сидеро-халькофільних елементів* із трьома підгрупами:

1. Ni, Cu;
2. Fe, Cu, Zn, Pb (колчеданні);
3. Fe, Mn, Zn, Pb (вулканогенно-осадові);

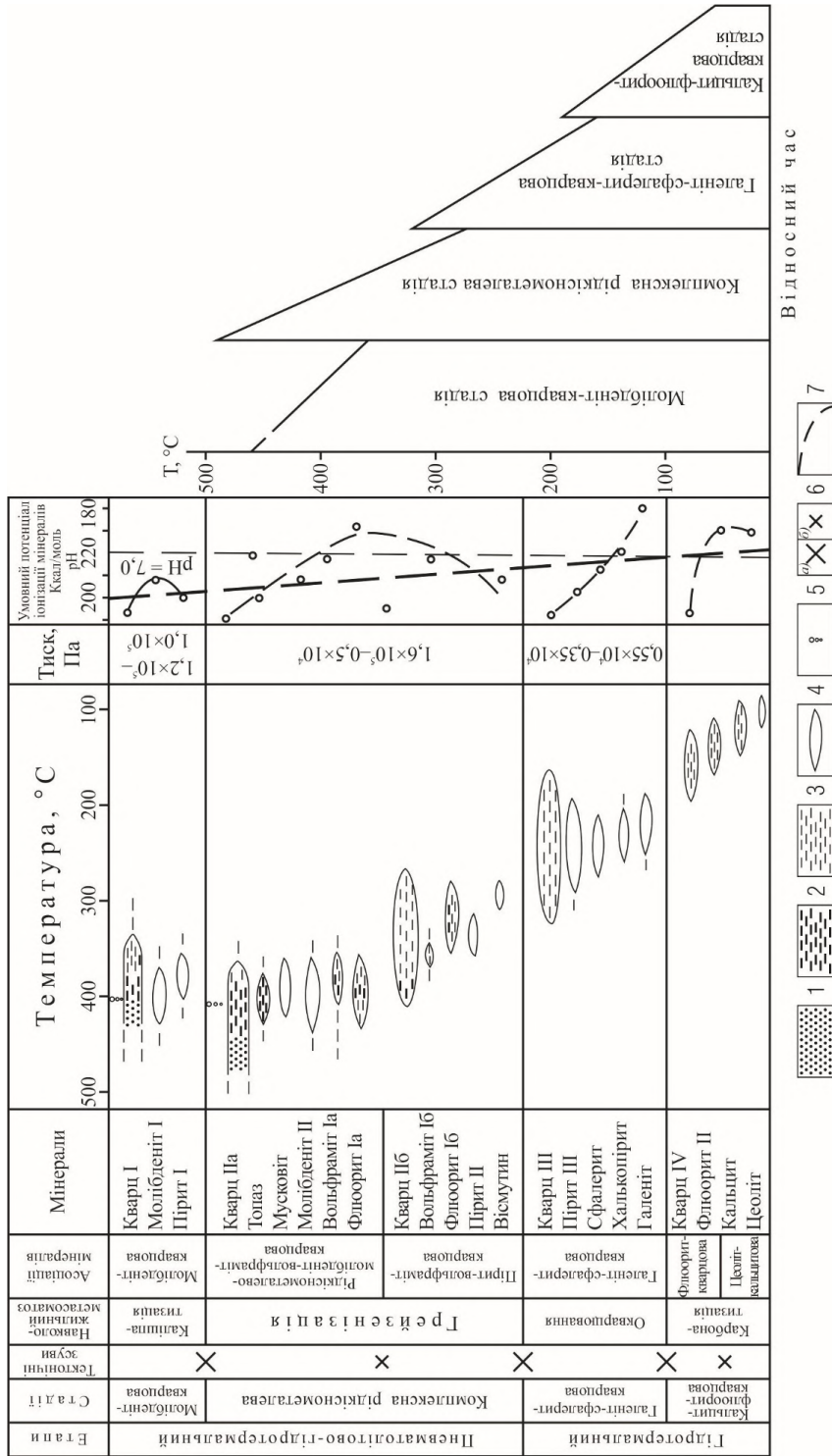


Рис. 16. Схема стадійності і РТ-режиму формування Мо – W родовища Акчатау (Дорошенко, Павлунь, 1981): Температурні інтервали, визначені за гомогенізацією включень мінералоутворювальних розчинів у ставах: 1 – газовому, 2 – критичному (конденсація), 3 – рідинному; 4 – передбачувані температурні інтервали за даними декреїтації; 5 – явища періодичного кипіння розчинів; 6 – міжстадійні (θ) та внутрішньостадійні (φ) тектонічні порушення; 7 – тенденція зміни кислотно-лужних властивостей розчинів у процесі мінералоутворення

– *халькофільних елементів* із чотирма підгрупами:

1. Cu, Au, As;
2. Zn, Pb;
3. Ag, Au;
4. Sb, Hg;

– *літо-халькофільних елементів* із п'ятьма підгрупами:

1. Mo, Cu;
2. Sn, Cu, Zn, Pb;
3. W, Au;
4. Mo, Au;
5. W, Sb, Hg;

– *літофільних елементів* із п'ятьма підгрупами:

1. Mo, W (Be);
2. Sn, W (Be, Li);
3. Nb, Ta, Be, Li;
4. Ti, Zr, Nb, Ta, Th, U;
5. U, Mo;

– *сидеро-літофільних елементів* з підгрупою: Fe, Ti, Zr, Nb, Ta, Th;

– *літо-сидеро-халькофільних елементів* із двома підгрупами:

1. U, Bi, Co, Ni, Ag;
2. U, V, (Se), Cu, Mo.

Для кожного геохімічного типу родовищ були відшукані характерні ряди зональності, а самі ряди зведені в систему так, щоб їхні однотипні асоціації елементів збігалися. Вирізнено сім зон, а четверта зона прийнята «реперною» – Zn, Pb, як це показано в табл. 1.

Таблиця 1

Зведена система рядів зональності

Родовище		Зони					
Група	Підгрупа	I	II	III	IV Pb, Zn	V	VI
I	1 2	—————					
II	1 2 3		—————				
III	1 2 3 4			—————			
IV	1 2 3 4 5				—————		
V	1 2 3 4 5		—————				
VI	1			—————			
VII	1 2						

Як наслідок вирізнені три «резоуючі» ряди зональності (А, Б, В), що мають спільну зміну рядів зональності (табл. 2).

Таблиця 2

**Зв'язок між різними типами родовищ і споріднені ряди
 впорядкованого розташування головних рудних елементів**

Ряд А	Cr → Pt → Ti →						
Ряд Б	Zr → Nb → Ta →						
Зони	I	II	III	IV	V	VI	VII

Ряд А характеризується зміною сидерофільних елементів халькофільними і знову сидерофільними й охоплює родовища I–III груп (хромітові, титаномagnetитові, мідно-нікелеві, мідно-колчеданні, колчеданно-поліметалеві, Au – Ag приповерхневі).

Ряд Б характеризується зміною літофільних халькофільними елементами й охоплює родовища III–V груп (рідкіснометалеві і рідкісноземельні пегматитові й альбітитові), Sn – W, W – Mo, W – Bi, Sn – Be – Li (грейзенові), колчеданно-поліметалеві, сурм'яно-ртутні (приповерхневі).

Ряд В проявлений зміною сидерофільних літофільними елементами (від ряду А до ряду Б) і охоплює родовища, пов'язані з ультраосновними лужними масивами, карбонатитами, лужними гранітоїдами та лужними базальтоїдами.

Висновки: 1) зональний ряд спрямовується до халькофільних асоціацій елементів; 2) зміна елементів у рядах зональності корелюється із черговістю розвитку магматизму: ряд А (Cr → Pt → Ti → Fe → тощо) відображає гомодромну послідовність магматизму; ряд Б (Nb → Ta → Be → Sn → W → Mo → Cu → Zn → тощо) відображає антидромну послідовність магматизму.

Зональність зруденіння є найважливішою характеристикою гідротермальних родовищ корисних копалин та дає змогу:

- вирізняти природні взаємозв'язки родовищ залежно від геологічних умов їхнього утворення;
- вирізняти, діагностувати, розробляти та вдосконалювати геолого-генетичну класифікацію РКК і рудних формацій;
- удосконалювати раціональну систему розвідки родовищ РКК;
- дистанційно оцінювати зруденіння на глибину і під час розшуків сліпих рудних тіл;
- діагностувати рівень ерозійного зрізу РКК та вирішувати питання його збереженості – важливої геолого-економічної проблеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hosking K.F.G. Primary ore deposition in Cornwall. *Transactions Royal Geol. Soc. of Cornwall*. 1952. № 18. 309–356.
2. Pardee J.T., Park C.F. Gold deposits of the southern Piedmont. *US Geological Survey. Prof. Paper* 213. 1951. P. 121–129.

3. Emmons W.H. Hypogene zoning in metelliferous lodes. 16th. Int. Geol. Congr. Ropt., 1. 1935. P. 417–432.

REFERENCES

1. Hosking, K.F.G. (1952). Primary ore deposition in Cornwall. *Transactions Royal Geol. Soc. of Cornwall*. № 18. 309–356.
2. Pardee, J.T., Park, C.F. (1951). Gold deposits of the southern Piedmont. *US Geological Survey*. Prof. Paper 213. P. 121–129.
3. Emmons, W.H. (1935). Hypogene zoning in metelliferous lodes. 16th. Int. Geol. Congr. Ropt., 1. P. 417–432.

MAIN SERIES OF ZONING OF HYDROTHERMAL MINERAL DEPOSITS

Mykola Pavlun, Oleh Haiovskyi

*Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevskoho str., 4, Lviv, Ukraine, 79005
e-mail: mykola.pavlun@lnu.edu.ua; oleg.hayovskyy@lnu.edu.ua*

The main series of hydrothermal deposits zoning are considered in the article. These include stable series of zoning of ore elements, which reflect (1) successive alternation of maxima of concentration of elements in a certain direction, (2) spatial orientation of series of zoning, (3) sequence of development of series of zoning over time (or its directionality). The series of zoning can be composed by elements, minerals, parageneses, quantitative ratios of the main elements, trace elements, metasomatites, physicochemical conditions of formation, etc. It is also necessary to study the elements of symmetry of zoning: the symmetry of veins, faults, dykes, contacts of intrusive massifs, lithologically favourable zones, axial lines (diatremes), as well as to determine the vectors (trends) of changes in mineralization (concordant, intersecting, intermediate (contact). According to the orientation of the vector in relation to the elements of symmetry, deposits with bilateral zoning (divergence and convergence) and central zoning (centripetal and centrifugal) are distinguished.

The sequence (direction) of the development of zoning series over time is inherent only to polyascendant zoning and is essentially progressive and regressive.

Geochemical series of zoning made it possible to divide all deposits into seven groups and 22 subgroups: 1) group of siderophile elements (contains two subgroups); 2) sidero-chalcophile (three); 3) chalcophile (four); 4) litho-chalcophile (five); 5) lithophilic (five); 6) sidero-lithophilic (one); 7) group of litho-sidero-chalcophile elements (contains two subgroups). As a result, three “summarizing” zoning series (A, B, B) with a common change of zoning series were selected. The zoning of mineralization of hydrothermal deposits makes it possible to solve the problem of the erosional section, distinguish, forecast, develop and improve the geological and genetic classification of deposits, and improve the rational system of prospecting for deposits.

Key words: geology, zoning, mineralization, series of zoning of ore elements, vector and trends of zoning, geochemical series of elements.