

УДК 548.4

ПОШИРЕННЯ ФЛЮЇДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ І НОВІ ПІДХОДИ ДО ЇХНЬОЇ ГЕНЕТИЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ

І. Попівняк

*Львівський національний університет імені Івана Франка
79005 м. Львів, вул. Грушевського, 4
E-mail: geomina@geof.franko.lviv.ua*

На основі фактологічного термобарогеохімічного моделювання флюїодинамічних рудогенерувальних палеосистем здійснено речовинно-генетичну систематику ендегенних силікатних флюїдних середовищ та їхніх залишкових дериватів, що визначали хід еманційної диференціації материнських флюїдів у мігросфері, їхню спеціалізацію за складом та консервацію відповідних флюїдних включень у мінералах порід і руд. З'ясовано, що у межах функціонування флюїодинамічних рудогенерувальних палеосистем поширені впорядковані у часі та просторі, генетично споріднені ансамблі включень мінералотворних флюїдних середовищ. За результатами їхньої ієрархізації "по вертикалі" та систематизації "по горизонталі" запропоновано нові категорії раціональної генетичної класифікації флюїдних включень. Виділено генерації, асоціації, комплекси, геосистеми та мегасистему включень. Відстоюються концептуальні основи використання запропонованих таксономічних категорій у відповідності з проявами фракціонування мінералотворних флюїдів.

Ключові слова: термобарогеохімія, включення в мінералах, мінералотворні флюїди, моделювання, генетична класифікація

Методами термобарогеохімії досліджено особливості поширення флюїдних¹ включень мінералотворних середовищ у межах низки флюїодинамічних рудогенерувальних палеосистем² Східного Забайкалля, Північної Бурятії, Східного Саяну, Казахстану, Українського щита, Закарпаття та інших, особливо у ділянках локалізації руд, зокрема на підрудних, рудних та надрудних рівнях цих палеосистем.

Протягом останніх трьох десятиріч створено генетичні (часові) та структурні (просторові) фактологічні моделі формування промислового золотого зруденіння на Кедровському, Ірокіндинському, Кіндіканському, Тілішмінському, Осиновому, Петровському, Серебряковському (Кедровський рудний район, Північна Бурятія) [4–7], Зун-Холбинському, Піонерському, Баарун-Холбинському, Самартинському, Гранітному, Водороздільному (Урік-Китойський рудний район, Східний Саян) [8], Східно-Юрійському (Кіровоградський рудний район, Український щит) [9], Уряському, Каралонському, Юбілейному (Ленська золотоносна провінція, південь Сибірсь-

© Попівняк І., 2000

¹ Услід за Ф. Г. Смітом [1], В. А. Калюжним [2] та Е. Реддером [3] ми зачисляємо до флюїдних не тільки надкритичні, рідкі та газові еманції, а й магматичні розплави, води поверхневих басейнів Землі, підземні басейни нафти й газу, мінералізовані води тощо.

² Так називають просторово структуровані геолого-флюїдні системи, в яких були певні фізико-хімічні умови, що спонукали динаміку флюїдів у мігросфері, дезінтеграцію та зниження концентрації корисних компонентів у глибинних ділянках земної кори чи мантії, їхнє перенесення та підвищення концентрації до промислового рівня – у приповерхневих.

кої платформи), Сауляк (Рахівський рудний район, Закарпаття) та деяких інших родовищах як найтипівіших представниках золотого зруденіння. На підставі аналізу руд цих родовищ розроблено температурно-парагенетичні схеми процесів мінералоутворення (як для окремих родовищ [4, 9], так і для рудних вузлів та рудних районів [6]), а за результатами простежування у просторі поширення флюїдних включень виявлено особливості динаміки продуктивних мінералотворних флюїдів (рис. 1–3).

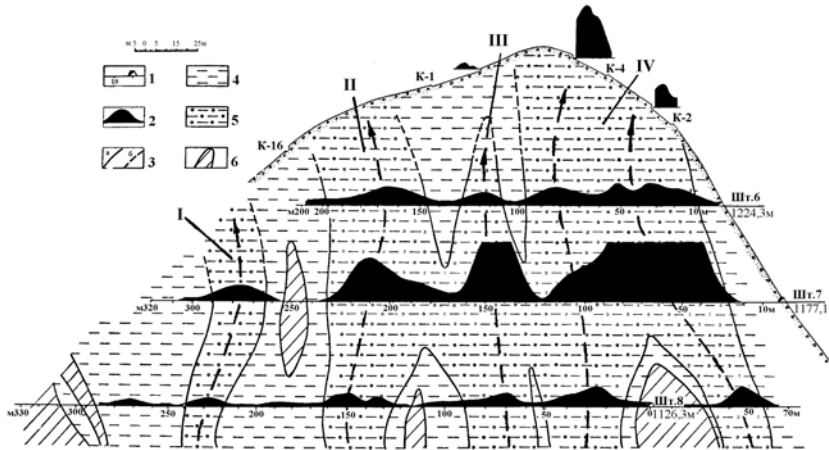


Рис. 1. Флюїдні палеопотоки (I–IV) у площині жили Юрасівської Ірокіндинського золоторудного родовища (Північна Бурятія):

I – гірничі виробки; 2 – криві регресії (згладженого вмісту золота); 3 – межі флюїдних палеопотоків: а – визначені, б – припустимі; ділянки поширення водно-вуглекислотних та вуглекислотно-водних флюїдів: 4 – гомогенних, 5 – гетерогенних; 6 – місця інтенсивного динамометаморфізму. Стрілками позначені напрями проникнення флюїдів з нижніх у верхні горизонти рудного тіла. Термобарогеохімічне опробування та дослідження флюїдних включень виконано через кожні 5 м.

Ми досліджували також особливості поширення розплавних флюїдних включень у мінералах кімберлітових порід Якутії (піропі, олівіні, хромдіопсиди та інших) та в гідротермалітах (кварці, кальциті) кімберлітовмісних порід [10, 11]. Проаналізовано численні літературні дані термобарогеохімічних досліджень флюїдних включень у мінералах різних ендегенних та екзогенних геологічних утворень [2, 3, 12–27 та багато інших].

Наявні факти свідчать, що флюїдні включення притаманні практично всім реальним кристалам на Землі (не тільки окремим мінеральним індивідам, а й їхнім сукупностям), у тім числі об'єднаним у мінеральні агрегати, парагенетичні мінеральні асоціації, мінеральні комплекси, різноманітні рудні та породні формації, комплекси формацій тощо, що утворюють єдине планетарне тіло. Тому можна казати, що, *оскільки практично всі природні кристали на Землі містять флюїдні включення материнського (розплавного, пневматолітового чи гідротермального) флюїдного середовища, то практично всі утворені з нього кристалічні геологічні об'єкти, принаймні на досяжному для дослідження рівні земної кори, так чи інакше, пройшли флюїдну стадію.*

Системне узагальнення відомих нам даних дало змогу зробити спробу речовинно-генетичної систематизації ендегенних силікатних флюїдних середовищ та їхніх залишкових дериватів, що визначали хід фракційної та еманційної диференціації материнських флюїдів у мігросфері [12, 16], їхню спеціалізацію за складом та консервацію відповідних включень цих флюїдів у мінералах руд і порід [2–28 та ін.] (рис. 4).

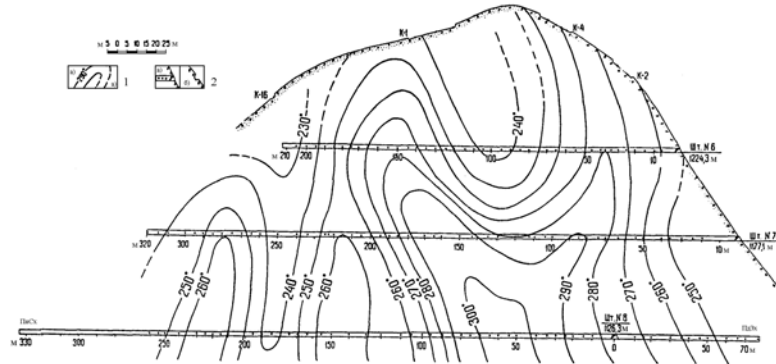


Рис. 2. Модель палеотемпературного поля, що відображає процес проникання продуктивних мінералотворних флюїдів у площині жили Юрасівської (Ірокіндинське золоторудне родовище, Північна Бурятія): 1 – ізотерми за верхньою межею гомогенізації включень, що відповідають початку мінералоутворення в продуктивну стадію: *a* – визначені, *б* – припустимі; 2 – гірничі виробки: *a* – підземні, *б* – поверхневі. Точками показані місця відбирання проб.

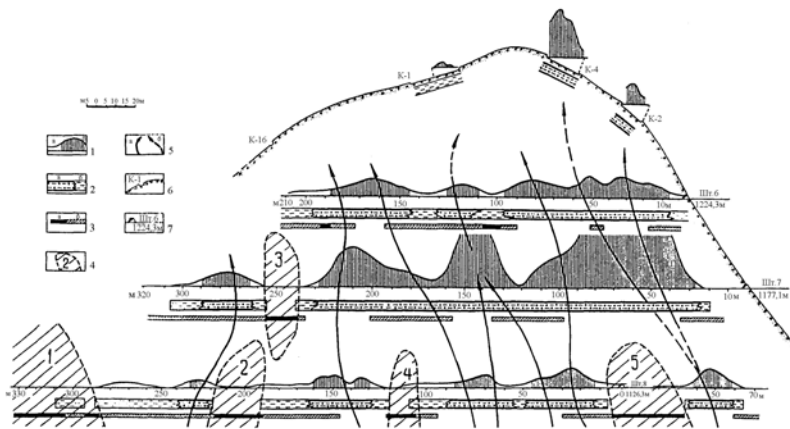


Рис. 3. Зв'язок золотоносності жили Юрасівської з поширенням і фракціонуванням вуглекислотно-водних флюїдів середньотемпературного діапазону та проявами динамометаморфізму за включеннями у мінералах (проекція на вертикальну площину) [6]: 1 – криві регресії (згладженого вмісту золота (*a*) та підвищеної золотоносності (*б*)); 2 – ділянки поширення вуглекислотно-водних флюїдів: *a* – гетерогенних, *б* – гомогенних; 3 – ділянки прояву динамометаморфізму, пов'язаного з переміщеннями у площині жили: *a* – у період продуктивного мінералоутворення, *б* – пізнішими; 4 – ділянки слабкої пронизаності рудного тіла у період продуктивного мінералоутворення; 5 – шляхи проникання флюїдів продуктивної порід: *a* – визначені, *б* – припустимі.

ні, б – припустимі; б – ерозійний зріз жили; 7 – устя штолень, їхні номери та абсолютні позначки.

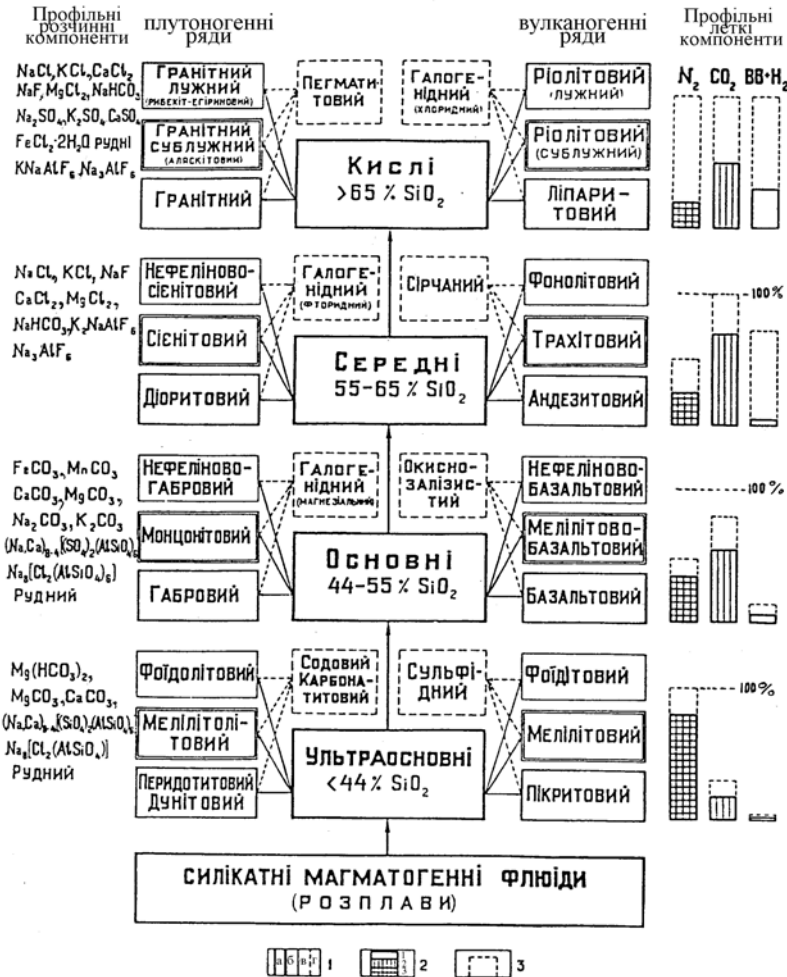


Рис. 4. Речовинно-генетична систематика магматичних флюїдних середовищ: 1 – ряди мінералотворних флюїдів: а – нормальні, б – сублужні, в – лужні, г – залишкові; 2 – співвідношення найпоширеніших легких компонентів: а – водню та вуглеводневих сполук, б – діоксиду вуглецю, в – азоту; 3 – максимальна кількість виявлених компонентів, %.

Чим багатоконентнішими були флюїдні системи, тим складніша їхня історія розвитку і, відповідно, різноманітніша причинно-наслідкова субординація та послідовність процесів і явищ, що відбувалися у флюїдодинамічних рудогенерувальних палеосистемах, і тим різноманітніші та складніші генетичні сукупності включень формувалися із флюїдів такої системи.

Ретроградне фракціонування мінералотворних флюїдів. Загальновідомо, що за флюїдними включеннями у мінералах руд і порід [2, 15–28, 31–39] досить упев-

нено виявляють такі явища у флюїдних палеосистемах, як ліквідацію, дистиляцію, конденсацію, розшарування, кипіння флюїдів тощо. До того ж, надійно визначають фізико-хімічні умови, за яких вони відбувалися. Аналіз (за включеннями у мінералах) послідовності фізико-хімічних колізій, що супроводжували розвиток флюїодинамічних рудо- та породогенерувальних палеосистем, свідчить про те, що ретроградне фракціонування флюїдів є однією з найхарактерніших особливостей їхнього розвитку.

Фрагментарні сценарії розвитку флюїодинамічних процесів у мінералотворних палеосистемах описані багатьма дослідниками [2–6, 8, 9, 14, 17, 18, 24, 26, 29, 30, 33, 39]. Літературні та наші дані свідчать, що фракціонування флюїдів відбувалося на тлі загальної ритмічно-поступової незворотної зміни у системах таких параметрів, як температура, тиск, концентрація, густина флюїдів тощо, однак воно частіше наставало тоді, коли у цих системах траплялися раптові, порівняно швидкоплинні порушення рівноваги, пов'язані з переходами критичних значень цих параметрів або із впливом зовнішніх чинників (переважно тектонічних). За таких умов у гомогенних флюїдних палеосистемах з'являлися нові флюїдні фази (у разі ліквідації, розшарування, закипання флюїдів тощо), і плавна послідовність розвитку цих систем порушувалася та набувала дискретно-періодичного характеру [2, 4–9, 17, 39].

Особливо зазначимо, що у періоди таких різких флуктуацій відбувалися своєрідні “розвантаження” флюїдів, пов'язані з процесами інтенсивної кристалізації мінералів, у тім числі корисних компонентів, і формування рудних стовпів (покладів, родовищ тощо) [4, 9, 14–16–19, 24].

Порції флюїдів. Утворення всіх сукупностей включень, сформованих із різновікових порцій флюїдів, що еволюціонували у флюїодинамічних породо- та рудогенерувальних палеосистемах, прямо пов'язане з виникненням, розвитком та припиненням існування самих цих порцій флюїдів. Однак уявлення про порції флюїдів досі не визначені й дискусійні.

На наш погляд, в ендегенних мінералотворних палеосистемах *порція флюїду* – це фізико-хімічно цілісна, генетично та функціонально єдина, кількісно не обмежена (будь-яка) маса флюїду, що мала певний, притаманний тільки їй склад і у вигляді системи “потоків” чи “струменів” автономно функціонувала в області локалізації порід чи руд упродовж однієї стадії мінералоутворення.

На підставі вивчення флюїдних включень у мінералах з'ясовано, що кожна порція флюїду мала свою історію. Термобарогеохімічні дані свідчать про те, що порції флюїдів зароджувалися, розвивалися, мобілізували, транспортували та локалізували мінералотворні хімічні елементи, формували певні мінеральні парагенезиси (асоціації, комплекси тощо) та сукупності сингенних їм флюїдних включень чи просто дисипували і так припиняли своє існування.

Часто порція складних флюїдів за певних умов розщеплювалася на дві чи більше. Можна казати, що деякі порції флюїдів формувалися із ранніх складніших порцій і разом з ними утворювали складні “розгалужені” дендропоподібні флюїдні системи (флюїдні колони). Тобто вони зазнавали фракційної (еманаційної) диференціації, яка загалом притаманна різним флюїдним середовищам.

Зокрема, загальновідомим є таке явище, як ліквідація розплавних флюїдних систем [34–38 та ін.]. Воно особливо поширене у материнських розплавах основного та ультраосновного складу, що містять сірку й переважно халькофільні елементи та за певних умов розділяються на силікатний і рудний розплави. Із рудних розплав-

них флюїдів формуються сульфідні мідно-нікелеві родовища, в яких є значні поклади міді, нікелю, кобальту, золота, платиноїдів тощо [31].

Л. Вагер та інші [33] довели, що у разі фракціонування (ліквації) розплавних флюїдів під час формування габроїдного масиву Скаергаард також відбувалося вибіркове фракціонування металів, що містилися у материнському розплаві. Наприклад, мідь і сірка накопичувалися у залишковому лікваті, а нікель концентрувався у породотворних мінералах габроїдів (рис. 5, 6).

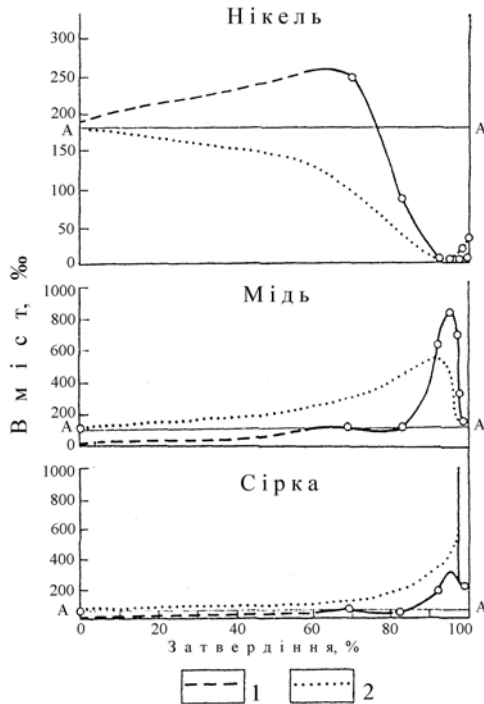


Рис. 5. Зміна вмісту Ni, Cu та S у породах та синхронних із ними розплавах у процесі фракціонування габроїдів Скаергаарда, за [33]:

1, 2 – вміст елемента: 1 – у породі, 2 – у рідині. AA – лінія вмісту у початковому розплаві.

За Г. А. Соколовим [31], процеси формування хромітових руд пов'язані з явищами “сегрегації хромітових крапель” у силікатному розплаві, що згодом перетворювалися в округлі нодулі хроміту в дуніті. Цей автор вважає, що так звана місцева ліквідація хромітового та силікатного розплаву можлива для співвідношення 20 % олівину та 80 % хроміту при температурі, що значно перевищує температуру збезводнювання хлориту (рис. 7).

З огляду на експериментальні дані В. А. Пугін та М. І. Хітаров [32] вважають, що “процесом, який приводить до утворення лужних базальтових магм, є ліквідація у базальтах олівінових толейтів, унаслідок якої поширені толейтові магми можуть розділитися на лужні та кислі розплави”. До того ж, учені переконані, що склад лікватів може бути різноманітним залежно від складу материнського флюїду чи від глибини їхнього розшарування, яке і кількісно, і якісно визначене температурою.

Т. Ірвін [40] обґрунтував, що незмішуваність у головних серіях магматичних розплавів є закономірним явищем, особливо в ультраосновних, основних (толейтових) та лужних серіях.

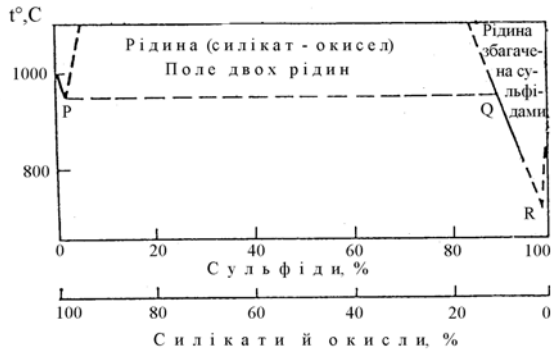


Рис. 6. Діаграма кристалізації двокомпонентної системи (силікати+окисли – сульфід) з ліквідацією на прикладі Скаєргаарда, за [33]

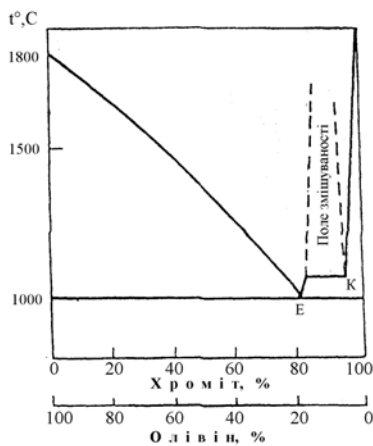


Рис. 7. Діаграма кристалізації олівін-хроміт, за Г. А. Соколовим [31]

Е. Реддер та П. Вейблен виявили очевидні ознаки ліквідації в базальтах Місяця [41].

Відомі уявлення (підтвержені експериментально [30, 32, 34, 36–38, 40, 41]) про ліквідаційне відокремлення карбонатних розплавів під час фракціонування лужних перидотитових магм, що у подальшому призводило до формування карбонатитів і концентрації в них відповідних корисних компонентів.

Переконливі дані про фракціонування кислих силікатних магм із виділенням залишкових сольових розплавів і летких компонентів унаслідок ліквідації й дистиляції наведені у працях Ф. Г. Рейфа та Є. Д. Бажеева [39].

Загалом є численні петрохімічні, мінералого-генетичні, термобарогеохімічні та експериментальні дані, що засвідчують не тільки розшарування магматичних розплавів, а й супутнє з ним фракціонування корисних компонентів (металів) та формування ліквідаційних родовищ корисних копалин.

Щодо післямагматичних флюїдодинамічних палеосистем, то їхній розвиток теж супроводжується аналогічними явищами [4–9, 14, 15, 17, 18, 24, 32, 39 та ін.]. Наприклад, сьогодні можна вважати доведеним, що природні мінералотворні флюїдні системи типу $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2+\text{NaCl}$ (найчастіше – деривати кислих магм), які можуть

існувати тільки при високих тиску й температурі, спочатку, за певних умов, розшарувалися на дві різні порції флюїду: $\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}$ та $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ [4–6, 15, 18, 24, 27, 29, 30, 32, 33 та ін.]. Проте якщо тиск і температура в системі мінералоутворення опускалися нижче відповідного критичного рівня, то система $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$ за подальшого зниження PT -параметрів розгалужувалася на дві порції, в одній з яких переважав CO_2 , в іншій – H_2O [4–9, 15, 23], за загальною схемою, що показана на рис. 8.

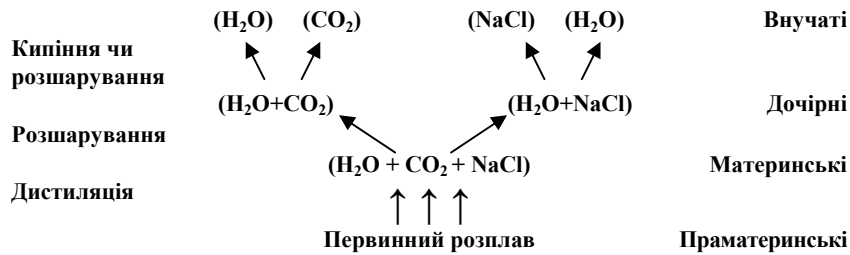


Рис. 8. Принципова схема диференціації та “родинних відносин” між різновіковими порціями флюїдів, що послідовно утворилися під час фракціонування та автономно функціонували після відокремлення складної корінної порції хлоридно-натрієвих-вуглекислотно-водних флюїдів від магматичного розплаву

Тому складні природні порції флюїдів, для яких реально, за включеннями в мінералах, з’ясовано процес фракціонування системи (у нашому випадку дистиляція → розшарування), ми називаємо *материнськими* чи *праматеринськими*. Кожна з них існувала в часі як єдина порція флюїду від початку свого зародження (відокремлення її від корінної системи) до початку розшарування, або у просторі від джерела флюїдів (наприклад, ділянок дистиляції розплаву у склепінні магматичних осередків) до ділянок їхнього розшарування. Порції флюїдів, що утворилися внаслідок розшарування материнських флюїдів, називаємо *дочірніми*. Вони існували відтоді, як відокремилися від материнської порції, і до моменту розгалуження на *внучаті* порції чи до повної дисипації.

Модель формування промислових накопичень корисного компонента (рудного стовпа) на рівні розшарування материнської порції флюїдів на простіші за складом дочірні показана на рис. 9.

Явища фракціонування нафтового флюїду виявив Й. М. Сворень [35]. Зокрема, інтерпретуючи дані [39], цей автор зазначає, що у 1700-метровій нафтогазоносній товщі осадових порід за вторинними включеннями у їхніх мінералах виявлена закономірність, згідно з якою від нижніх горизонтів товщі до верхніх температура нафтогазоносних флюїдів змінювалася від 300–270 до 80°C. У цьому разі вгору по розрізу “вуглеводнева система розпадається на гаму сполук (від твердих бітумів до рідких і газів)”. Учений вважає, що “у процесі міграції в результаті зміни термодинамічних умов флюїд може змінюватися, розпадаючись на газоподібні й рідкі фази”. Саме з такими процесами фракціонування флюїдів ми пов’язуємо появу їхніх дочірніх (що відрізняються за складом від материнських) порцій, тому і включення гомогенного захоплення таких дочірніх флюїдів суттєво відрізняються між собою [4–9, 14, 20–22, 24, 28, 35, 39].

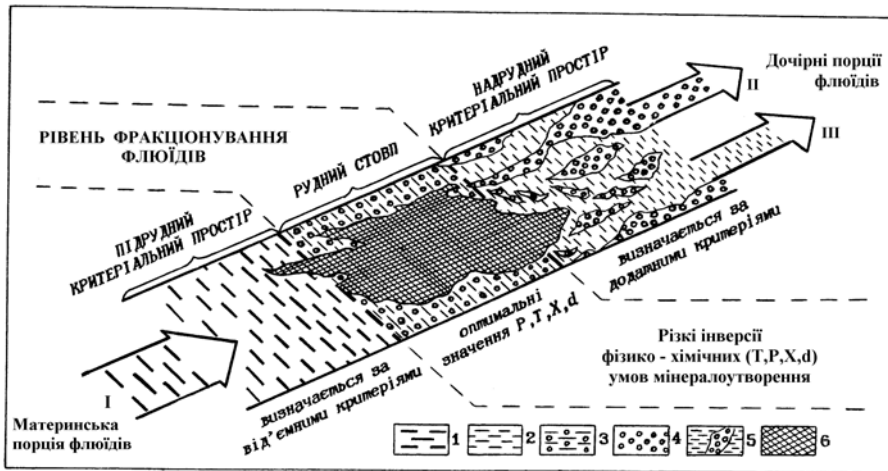


Рис. 9. Схема агрегатних перетворень та інверсій фізико-хімічних властивостей мінералотворних флюїдів на рівні їхнього фракціонування. Стрілками позначений напрям руху мінералотворних флюїдів у межах флюїдного потоку, материнська (I) та новоутворені дочірні (II, III) порції флюїдів:

I – складні багатоконпонентні флюїди материнської порції в підрудному критеріальному просторі; 2, 4 – простіші за складом флюїди новоутворених дочірніх порцій у надрудному критеріальному просторі; 3 – флюїди, що гетерогенізувалися (кипіли чи розшарувувалися) на рівні їхнього фракціонування; 5 – ділянки розділених флюїдів у надрудному критеріальному просторі; 6 – рудний стовп.

Із генетично споріднених праматеринських, материнських, дочірніх чи внучатих порцій флюїдів, утворених внаслідок ретроградного фракціонування флюїдних палеосистем, формувалися генетично споріднені ряди флюїдних включень. Тобто у ділянках колишнього функціонування флюїдодинамічних рудогенерувальних палеосистем поширені впорядковані у часі та просторі, генетично споріднені ансамблі включень мінералотворного середовища. За результатами їхньої ієрархізації “по вертикалі” та систематизації “по горизонталі” запропонована нова генетична класифікація флюїдних включень.

Вибір таксономічних категорій. На підставі єдності процесів утворення мінералів (їхніх сукупностей) та сингенетичних ім включень флюїдів, із яких ці мінерали кристалізувалися, таксономічні категорії для позначення супідрядних таксонів генетичної класифікації флюїдних включень вибирали з орієнтуванням на відомі у генетичній мінералогії та металогенії системи таксономічних категорій.

Генетична єдність певних мінеральних спільнот у різномасштабних геологічних об’єктах є запорукою (критерієм) загальної єдності сингенетичних з ними систем флюїдних включень, законсервованих у мінералах цих об’єктів.

Зіставляли рівні організації мінеральної речовини Землі з погляду їхнього генезису (від початку зародження флюїдних тепломас через низку складних явищ і динаміку флюїдних мінералотворних систем аж до повної їх реалізації у мінеральних конструкціях). Масштабність тих чи інших мінералогічних і термобарогеохімічних таксонів (асоціацій, комплексів, геосистем включень) зумовлена масштабні-

стю певних процесів мінералоутворення, результатом яких є відповідні рудні тіла, родовища, поля, вузли, райони, провінції тощо. У напрямі від окремого до загального виділено *генерації, асоціації, комплекси, геосистеми та мегасистему* включень.

Серед геосистем включень, можливо, у майбутньому з'явиться потреба виділяти геогенерації, геокомплекси, геоформації, геосфери включень тощо. Однак тут ми коротко розглянемо лише ті таксони й таксономічні категорії, для виділення яких є достатні теоретичні передумови та статистично обґрунтовані термобарогеохімічні дані.

Генерація включень (*generatio* – народження, покоління) – це структурована у просторі сукупність однакових чи близьких за складом включень, сформованих з однієї порції флюїду в межах єдиної геолого-флюїдної системи упродовж однієї стадії процесу мінералоутворення [6].

З термобарогеохімічних позицій генерацію включень можна розглядати як своєрідну речовинно-параметричну вибірку мікропроб із однієї порції флюїдодинамічної палеосистеми, яка характеризує не тільки склад флюїду в цій системі, а й його фізико-хімічні властивості (P, T, X тощо) та їхню мінливість, а також динаміку цієї порції флюїду в часі та просторі.

Включення однієї генерації, які сформовані з однієї порції флюїду, що еволюціонувала, можуть дещо відрізнятися одне від одного за особливостями агрегатного стану, співвідношеннями фаз чи значеннями PTX -параметрів, однак зберігають притаманну їм спеціалізацію за складом і утворюють відповідні еволюційні ряди флюїдних включень [9] (рис. 10).

СТАДІЇ мінералоутворення	ГЕНЕРАЦІЇ ВКЛЮЧЕНЬ	ЕВОЛЮЦІЙНІ РЯДИ ФЛЮЇДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ					ПРОФІЛЬНІ КОМПОНЕНТИ
		500	400	300	200	100 T°C	
I	Перша генерація	Ультрамікрровключення					?
II	Друга генерація	 2-й ряд					NaCl
III	Третя генерація	 3-й ряд					H ₂ O
IV	Четверта генерація	 4-й ряд					CO ₂
V	П'ята генерація	 5-й ряд					H ₂ O

Рис. 10. Еволюційні ряди та генерації флюїдних включень

Східно-Юрїївського золоторудного родовища (Кіровоградський рудний район, Україна):

I – співвідношення фаз у включеннях та тип їхньої гомогенізації, за М. П. Єрмаковим [14]; I – у рідку фазу, II – у газову фазу, K – з критичними явищами; 2 – закипання флюїдів у системі мінералоутворення за даними дослідження флюїдних включень.

Уявлення про генерацію включень як їхню сукупність, що утворилася з однієї порції флюїду, дає підстави зробити висновок, що у процесі каскадного фракціонування флюїдів і виділення із праматеринських (корінних) порцій флюїдів пізніших материнських, дочірніх та внучатих порцій, формувалися відповідні мінеральні комплекси. Водночас у новоутворених мінералах консервувалися автономні, однак генетично або парагенетично споріднені генерації включень. Тому очевидною є доцільність виді-

лення серед них *праматеринських, материнських, дочірніх та внучатих генерацій включень*.

Системний підхід до генерацій включень свідчить про те, що їм притаманні такі головні системні властивості: цілісність, структурність, взаємозалежність генерацій включень та вмісного середовища, множинність опису, єдність, автономність, ієрархічність, уособлення тощо. Кількість генерацій включень визначена кількістю порцій флюїдів (розплавів чи розчинів), що функціонували послідовно, але дискретно, і мінералотворна діяльність яких виявлялась у різні стадії петрогенезу чи рудоутворення. У цьому разі окремі рухливі порції флюїдів розглядають як функціонально пов'язані системи, кожна з яких еволюціонувала в часі та просторі незалежно від інших.

Наприклад, аналіз просторового поширення флюїдних включень у межах флюїдогенетичних золоторудогенерувальних палеосистем засвідчує, що, незалежно від їхнього типу, підвищені (промислові) концентрації золота (рудні стовпи) формувалися на рівнях фракціонування (розшарування чи кипіння) материнських порцій флюїдів (системи $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) на дочірні (CO_2 і H_2O) (див. рис. 1, 3). Тому материнські генерації включень вуглекислотно-водних флюїдів завжди містяться у підрудному просторі (під золоторудними стовпами), тоді як дочірні – у надрудному (над золоторудними стовпами) (рис. 11).

Звичайно таку закономірність ми досить ефективно використовуємо у розшуковій практиці та для оцінювання перспективності глибоких горизонтів золоторудних тіл чи родовищ як критерій, однак тут важливо назвати одну з найхарактерніших особливостей генерацій включень, яка полягає в тому, що кожна з них пов'язана зовнішніми системними зв'язками з ближніми, попередніми та наступними генераціями на координатах простору й часу і може з ними утворювати складніші сукупності у вигляді їхніх асоціацій, комплексів чи геосистем.

Асоціація включень. Ця таксономічна категорія охоплює споріднені близькими родинними зв'язками генерації включень (наприклад, підрудну материнську та надрудні дочірні), тобто передусім стосується пар сусідніх дочірніх генерацій включень та материнської, з якої вони утворилися внаслідок фракційної чи еманційної диференціації флюїдного середовища (рис. 12).

Отже, *асоціація флюїдних включень – це сукупність включень, складена генетично зближеними поколіннями (генераціями), що сформувалися послідовно зі складних материнських та споріднених з ними новоутворених дочірніх порцій флюїдів* Іншими словами, загальна сукупність включень флюїдів материнської та дочірніх порцій, законсервованих у мінералах на рівнях фракціонування материнського флюїду на дві новоутворені порції, утворює їхню асоціацію.

Зазначимо ще раз, що виявлення рівнів такого фракціонування флюїдної системи в геологічному просторі має велике прогностичне значення, оскільки на рівнях інтенсивного розшарування чи кипіння продуктивних флюїдів зазвичай відклалися корисні компоненти та формувалися рудні стовпи чи родовища корисних копалин загалом. У цьому разі материнські генерації включень завжди розташовані у підрудних ділянках родовищ, а дочірні – у надрудних (див. рис. 12).

Комплекс включень є наступною таксономічною категорією у пропонованій нами раціональній генетичній класифікації включень. Його уособлює низка генетично зближених асоціацій включень. Сукупності включень, що є складовими окремими комплексами, містять мінімум три покоління (різновікові генерації) включень (материнські, дочірні та внучаті чи праматеринські, материнська та дочірні) (рис. 13).



Рис. 11. Схематизована ілюстрація формування генетично споріднених генерацій включень (материнської та дочірніх) відповідно, із флюїдів материнської та дочірніх порцій. Стрілками показаний напрям руху мінералотворних флюїдів, у межах флюїдного потоку і зазначені материнська (1) та дочірні (2, 3) порції флюїдів.

1 – гомогенний висококонцентрований багатокомпонентний флюїд (H_2O+CO_2); 2 – гетерогенний флюїд на рівні розширення (кипіння) його материнської порції; 3 – гомогенний водний флюїд; 4 – гомогенний вуглекислотно-водний чи власне вуглекислотний флюїд; 5 – включення флюїду, що гетерогенізувався (кипів чи розширювався) у залікованих тріщинах і зонах росту кристалів; 6 – включення CO_2 , що виділилися під час розширення вуглекислотно-водного флюїду і утворив нову порцію (2) власне вуглекислотну; 7 – включення гомогенного водного флюїду; 8 – емульсії, що утворювалися на рівні гетерогенізації та відгонки CO_2 .

Отже, комплекси флюїдних включень – це сукупності включень, складені генетично спорідненими асоціаціями чи декількома (більше двох) поколіннями (генераціями) і послідовно сформовані зі складних еманційних флюїдних колон (багатокомпонентних порцій флюїдів), що розвивалися, поступово розпадаючись на простіші за складом порції флюїдів.

Спадковими ознаками різновікових генерацій, асоціацій і комплексів включень є їхній склад та термобарогеохімічні показники. У системах ретроградного фракціонування флюїдів тиск за включеннями та значення температури гомогенізації включень ранніх материнських генерацій завжди є вищими порівняно з пізнішими (дочірніми чи внучатими) (див. рис. 13).

Геосистеми включень – це різноманітні сукупності, складені спорідненими, генетично чи парагенетично пов'язаними асоціаціями або комплексами включень, які законсервовані у різномасштабних рудних або породних геологічних формаціях сформованих із когенетичних розплавних, пневматолітово-гідротермальних чи гідротермальних флюїдів, що розвивалися у вигляді еманційних або розплавно-еманційних флюїдних колон (рис. 14).

Найважливіші геосистеми включень, притаманні єдиній мегасистемі включень Землі, показані на рис. 15.

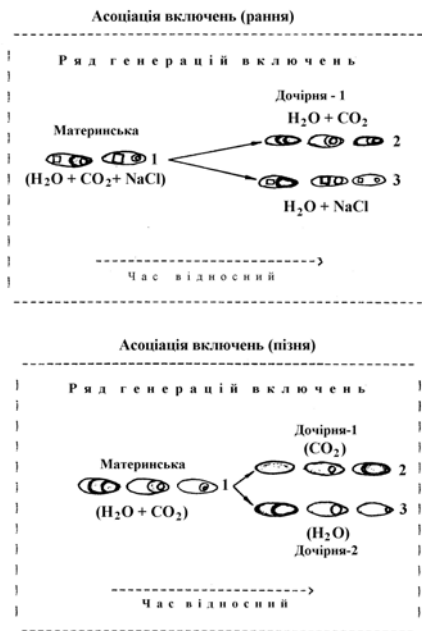


Рис. 12. Принципові схеми асоціації включень, сформованих двома різновіковими (материнської та дочірніми) генераціями включень:

1–3 – ряди флюїдних включень, що уособлюють відповідні їхні генерації.

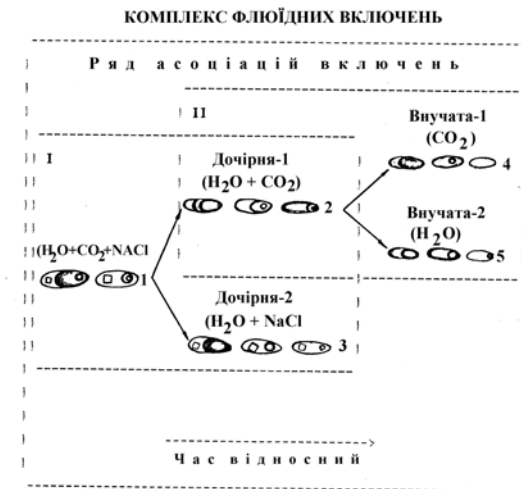


Рис. 13. Принципова схема комплексу включень, сформованого п'ятьма різновіковими (материнською, дочірніми та внучатими) генераціями включень. I та II – асоціації включень, перша з яких сформована материнською та двома дочірніми генераціями, а друга – дочірньою-1 та внучатими генераціями включень; 1–5 – флюїдні ряди включень, що уособлюють відповідні їхні генерації.

Мегасистема флюїдних включень – це сукупність усіх включень, законсервованих у мінералах земної кори чи кристалічної частини Землі загалом. Природно, що структурна впорядкованість (ієрархічність) мінеральних систем у масштабах Землі завбачує ієрархічність геосистем включень у межах мегасистеми з огляду на єдність механізму утворення мінералів та сингенних з ними включень.

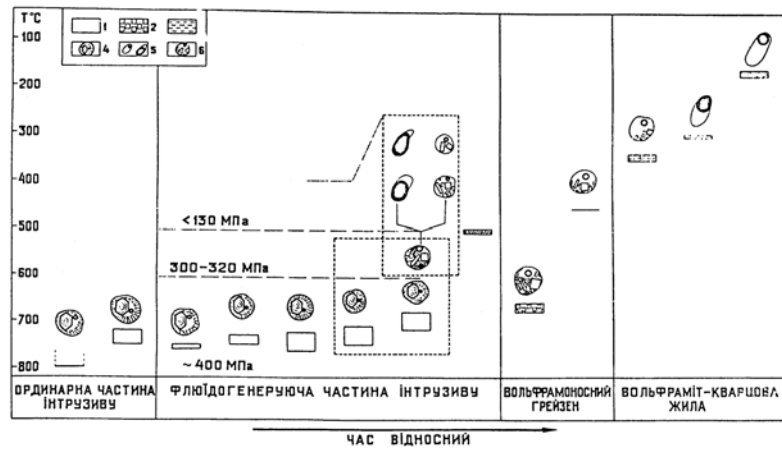


Рис. 14. Геосистема флюїдних включень у мінералах Соктуйського інтрузивного масиву та генетично з ним пов'язаних вольфрамоносних грейзенів і вольфраміт-кварцових жил (дані запозичені з праці [39]):

1–3 – генетичні типи флюїдів: 1 – силікатний розплав (<math>< 10\%</math> легких та розчинних компонентів), 2 – силікатний розплав-розсіл, 3 – водний розчин; 4–6 – співвідношення фаз у включеннях. Висота стовпчика відповідає інтервалу температури гомогенізації включень. Показані баричні умови існування (> 400 МПа), дистиляції (300–320 МПа) та розшарування (<math>< 130 \text{ МПа}</math>) флюїдів у магматогенно-флюїдній колоні. Коротко-пунктирною лінією обведені окремі асоціації флюїдних включень.



Рис. 15. Мегасистема флюїдних включень та її складові елементи – геосистеми включень

Допоміжні таксоми. Очевидно, що для подальшої розробки термінології у прикладній термобарогеохімії потрібно ще багато зусиль. Однак необхідно пояснити значення використовуваних нами термінів.

Групи включень – це будь-які просторово зближені сукупності включень.

Родини включень – це просторово та генетично зближені сукупності включень, які не відрізняються або близькі за складом і мають ознаки генетичної єдності. Наприклад, групи включень, що належать одній зоні росту кристала або розміщені у одній залікованій тріщинці у кристалі тощо.

Відміни включень – це такі їхні сукупності, які сформовані з однієї порції флюїдів, однак відрізняються за агрегатним станом законсервованої у них речовини чи за параметричними фізико-хімічними характеристиками (наприклад, рідинно-газові та газопо-рідинні включення єдиної порції надкритичних газоподібних водних флюїдів, що зазнали згодом конденсації і в такий спосіб трансформовані у гідротерми). Оскільки відміни включень утворювалися з однієї порції флюїду, що еволюціонував, то їхні сукупності, вишикувані відповідно до послідовності їхнього утворення, становлять єдиний *еволюційний ряд* флюїдних включень, що уособлює відповідну генерацію включень.

Різновиди включень – це утворені з однієї порції флюїдів сукупності однакових чи близьких за складом включень, що відрізняються між собою за механізмом консервації та місцем утворення. Наприклад, сформовані з однієї порції флюїду первинні включення у новоутворених мінералах рудних тіл та вторинні – у залікованих тріщинках більш ранніх мінералів руд і вмисних порід. Усі генетичні різновиди включень у сукупності становлять єдину генерацію.

Такі поняття, як *клас*, *вид* і *тип* включень ми трактуємо згідно з М. П. Єрмаковим (1950, 1972) та В. А. Калужним (1982).

Отже, ми пропонуємо таку схему структурно-ієрархічного зіставлення флюїдо-динамічних, металогенічних і рудно-генетичних таксонів з таксонами розробленої генетичної класифікації включень:

<i>Час геологічний</i>	<i>Таксони флюїдо-намічних палеосистем</i>	<i>Основні таксо-ни генетичної класифікації</i>	<i>Головні метало-генічні таксони</i>	<i>Рудно-генетичні таксони</i>
Стадії мінералоутворення	Порція флюїдів	Генерації включень	Рудопрояв, рудне тіло, рудна зона, родовище	Мінеральні комплекси
Періоди (етапи) мінералоутворення	Прості дендропо-дібні флюїдні палеосистеми	Асоціації включень	Рудне тіло, рудна зона, родовище, рудне поле	Рудні комплекси
	Складні дендропо-дібні флюїдні палеосистеми	Комплекси включень	Родовище, рудне поле, рудний вузол, рудний район	
Тектономагматичні активізації	Магматогенно-флюїдні колони	Геосистеми включень	Рудний район, рудна провінція	Рудно-магматичні, літолого-стратиграфічні та структурно-формаційні рудні комплекси
	Мігросфера	Мегасистеми включень	Планета Земля	

Застосування запропонованих таксономічних категорій під час фактологічного термобарогеохімічного моделювання фізико-хімічних процесів ендегенного зруденіння (у часі та просторі) передбачає глибоку деталізацію флюїдодинамічних ситуацій та врахування просторово-часових накладок у природних системах.

1. *Смит Ф. Г.* Физическая геохимия. М., 1968.
2. *Калюжный В. А.* Основы учения о минералообразующих флюидах. К., 1982.
3. *Реддер Э.* Флюидные включения в минералах. М., 1987. Т. 1.
4. *Ляхов Ю. В., Попівняк И. В.* О физико-химических условиях развития золотого оруденения Северной Бурятии // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1977. № 6. С. 5–17.
5. *Попівняк И. В.* О роли CO₂ в формировании месторождений Муйского золоторудного района (Северной Бурятии) // Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах). Львов, 1975. С. 84–86.
6. *Попівняк И. В.* Термобарогеохимические условия минералообразования, поисково-оценочные критерии и прогнозирование оруденения в Кедровском рудном районе (Зап. Забайкалье, зона БАМ): Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. Львов, 1977.
7. *Попівняк И. В., Намолов Е. А., Охрименко В. Г.* и др. О дискретном характере золоторудного процесса (на примере одного из рудных районов Западного Забайкалья) // Минерал. сб. 1981. № 35. Вып. 1. С. 51–62.
8. *Ляхов Ю. В., Павлунь Н. Н., Пизнюр А. В., Попівняк И. В.* Термобарогеохимия золота (прогнозирование, поиски и оценка оруденения). Львов, 1995.
9. *Попівняк І. В., Ніколенко А. С., Пизнюр А. В.* та ін. Фізико-хімічні умови та послідовність формування руд Східно-Юрїївського родовища (за даними вивчення включень у мінералах) // Мінерал. зб. 1995. № 48. Вип. 1. С. 84–98.
10. *Попівняк И. В., Лазько Е. Е.* Агрегатное состояние, фазовый состав, генетическая принадлежность и температуры гомогенизации магматогенных включений в минералах кимберлитовых пород // Минерал. сб. 1978. № 32. Вып. 2. С. 115–118.
11. *Попівняк И. В., Демин Б. Г., Левицкий В. В., Коптиль В. И.* Новые данные о летучих компонентах мантийных минералообразующих сред // Докл. АН СССР. 1980. Т. 254. № 5. С. 1238–1241.
12. *Ермаков Н. П.* Геохимические системы включений в минералах. М., 1972.
13. *Леммлейн Г. Г.* Классификация жидких включений в минералах // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. 1959. Ч. 88. Вып. 2. С. 137–143.
14. *Калюжный В. А., Вынар О. Н., Ковалишин З. И.* и др. Геохимическая специализация гидротермальных флюидов полиметаллических и золоторудных проявлений Украины (по данным изучения флюидных включений) // Тез. докл. VI симпоз. МАГРМ. Тбилиси, 1982. С. 207–208.
15. Магматогенная кристаллизация по данным изучения включений расплавов / Под ред. В. С. Соболева, В. П. Костюка. Новосибирск, 1975.
16. *Ермаков Н. П., Долгов Ю. А.* Термобарогеохимия. М., 1979.
17. *Лазько Е. М., Ляхов Ю. В., Пизнюр А. В.* Физико-химические основы прогнозирования постмагматического оруденения. М., 1981.

18. *Пизнюр А. В.* Теоретическое моделирование термобарогеохимических условий постмагматических минералообразующих растворов (состояние «рабочей среды» эндогенного минералообразования) // Минерал. сб. 1974. № 28. Вып.2. С. 18–31.
19. *Петриченко О. И., Ковалевич В. М., Чалый В. Н.* Геохимическая обстановка солеобразования в тортонском эвапоритовом бассейне северо-западного Предкарпатья // Геол. и геох. горюч. ископ. 1974. Вып. 41. С. 110–128.
20. *Соболев В. С.* Строение верхней мантии и способы образования магм. М., 1978.
21. *Мельников В. П.* Термобарогеохимические исследования углеводородов во включениях // Использование методов термобарогеохимии при поисках и изучении рудных месторождений: Сб. науч. ст. М., 1982. С. 184–189.
22. *Томиленко А. А., Чупин В. П.* Термобарогеохимия метаморфических комплексов. Новосибирск, 1988.
23. *Пизнюр А. В.* Основы термобарогеохимии. Львов, 1986.
24. *Пизнюр А. В.* Хлоридно-натровые и уголекислотные растворы в газовой-жидких включениях // Минерал. сб. 1977. № 31. Вып.1. С. 26–84.
25. *Бакуменко И. Т., Косухин О. Н., Павлишин В. И., Чупин В. П.* О магматическом этапе формирования камерных пегматитов Волыни // Докл. АН СССР. 1979. Т. 248. № 4. С. 1194–1197.
26. *Панина Л. И., Базарова Т. Ю., Моторина И. В.* Дифференциация, смешение и ликвация щелочнобазальтоидных расплавов // Термобарогеохимия геологических процессов: Тез. докл. VIII совещ. по термобарогеохимии. М., 1992. С. 23–24.
27. *Возняк Д. К., Галабурда Ю. А.* Солевые магматические расплавы и минералообразование (по флюидным включениям в минералах) // Там же. С.37–38.
28. *Popivnyak I.* Rational genetic classification of fluid inclusions // ECROFI, XII, Warszawa-Krakow). Archiwum mineralogiczne. 1993. Т. XLIX. Z.1. 1993. P. 177–178.
29. *Sourirajan S., Kennedy G. C.* The system $H_2O-NaCl$ at elevated temperatures and pressures // Amer. J. 1962. Vol. 260. P. 115–141.
30. *Такеноучи С., Кеннеди Дж. К.* Растворимость уголекислоты в растворах $NaCl$ при высоких температурах и давлениях // Термодинамика постмагматических процессов: Сб. науч. ст. М., 1968. С. 137–149.
31. *Смирнов В. И.* Геология полезных ископаемых. М., 1982.
32. *Пузин В. А., Хитаров Н. И.* Экспериментальная петрология глубинного магматизма. М., 1978.
33. *Вагер Л. Р., Винсет З. А., Смейлс А. А.* Сульфиды в Скаергаардской интрузии. Восточная Гренландия // Новости зарубежной геологии. 1959. Вып.18. С. 3–61.
34. *Рябчиков И. Д.* Физико-химический анализ отделения рудоносных растворов из гранитных магм // Источник рудного вещества эндогенных месторождений. М., 1976. С. 165–177.
35. Флюїдний режим мінералоутворення в літосфері / За ред. О. Й.Петриченка. К., 1994.
36. *Орлова Г. П., Рябчиков И. Д.* Растворимость уголекислоты в алюмосиликатных расплавах повышенной щелочности и вопросы происхождения карбонатных магм // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1977. № 12. С. 5–17.
37. *Cooper A. F., Gittings J., Tuttle O. F.* The system $Na_2CO_3-K_2CO_3-CaCO_3$ at 1 Kbar and its significance in carbonatite petrogenesis // Amer. J. Sci. 1975. Vol. 273. N 5. P. 75–80.
38. *Таттл О., Гиттингс Дж.* Карбонатиты. М., 1969.

39. Рейф Ф. Г., Бажеев Е. Д. Магматический процесс и вольфрамовое оруденение. Новосибирск, 1982.
40. Irvine T. N. The silica immiscibility effect magmas // Carnegie Inst. Washington Year Book, 1975. Vol. 74.
41. Roedder E., Weiblen P. V. Lunar petrology of silicate melt inclusions Apollo 11 rocks // Proc. Apollo 11 Lunar Sci. Conf. 1971. Vol. 1. P. 801.

FLUID INCLUSIONS DISTRIBUTION AND NEW APPROACHES TO THEIR GENETIC CLASSIFICATION

I. Popivnyak

*Ivan Franko National University of Lviv
Hrushevskogo st. 4, UA – 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: geomin@geof.franko.lviv.ua*

On the basis of actual thermobarogeochemical modeling of fluid-dynamic ore-generating paleosystems compositional-genetic classification of endogenous silicate fluid environments and their residual derivatives is carried out. They determined a course of parent fluids emanated differentiation in migrosphere, their specialisation in composition and preservation of appropriate fluid inclusions in ores and rocks minerals. It is established that within the limits of fluid-dynamic ore-generating paleosystems functioning the related ensembles of fluid inclusions, ordered in time and space, are distributed generically. By the results of their hierarchisation “on a vertical” and ordering “on a horizontal” the new categories of fluid inclusions rational genetic classification are offered. The fluid generations, associations, complexes, geosystems and megasystem have been allocated. The conceptual bases of use offered taxonomical categories according to displays of mineral-forming fluids functioning are asserted.

Key words: thermobarogeochemistry, inclusions in minerals, mineral-forming fluids, model, genetic classification

Стаття надійшла до редколегії 20.03.2000 р.