

УДК 552.124.3:549(477):681:624.11

РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ АКЦЕСОРНИХ МІНЕРАЛІВ

О. Чепіжко, В. Кадурін

*Одеський національний університет імені І. І. Мечнікова
65058 м. Одеса, Шампанський пров., 2
E-mail: kadurin@paco.net*

Вивчення онтогенії акцесорних мінералів дає змогу з'ясувати історію розвитку мінеральних індивідів, простежити закономірності формування порід, які їх уміщують, та підвищити ефективність вирішення питань петрогенезису й кореляції порід, оцінки їхнього радіометричного віку та рудоносного потенціалу. Проблема, яку вирішують під час аналізу інформації про акцесорні мінерали, – створення подоби геологічних процесів і явищ. Математичні методи – важливий інструмент мінералогічних досліджень, оскільки вони забезпечують моделювання процесів, формування прогнозів і гіпотез. Запропонований метод інтерпретації мінералогічної інформації про акцесорні мінерали сприяє створенню банку даних, розробці моделей петрогенезису геологічних об'єктів та оцінюванню їхньої потенційної рудоносності.

Ключові слова: акцесорний мінерал, петрогенезис, база даних, модель, комп'ютерні технології.

Математичні методи є важливим інструментом мінералогічних досліджень, який забезпечує моделювання процесів, прогнозів і гіпотез. Індивідуальність геологічних об'єктів, обмежені можливості їхнього вивчення, недостатність вивченості геологічних і зокрема мінералогічних процесів і чинників потребує неформального підходу до вирішення кожного конкретного завдання. Водночас виробництво може ґрунтуватися тільки на автоматизованому способі опрацювання інформації, що можливо тільки із застосуванням математичних методів і персональних комп'ютерів (ПК).

Моделювання геологічного об'єкта – формалізоване упорядкування його елементів у визначеній послідовності, яка із заданим ступенем адекватності відображає досліджуваний геологічний об'єкт. Модель – це матеріальна чи уявна категорія, між властивостями якої і властивостями геологічного процесу, явищами чи утвореннями є наближена подоба суттєвих і узагальнених характеристик, що допускають трансформацію властивостей моделі на об'єкт. Наявність якихось визначених розходжень між моделлю й оригіналом є неодмінною умовою тих функцій у пізнанні, які вона виконує.

У разі зіставлення різних визначень поняття моделі можна помітити, що всі вони в різній формі виділяють як головну властивість моделі її здатність відображати чи відтворювати оригінал. Іншою важливою характеристикою моделей є те, що вони вибірково подібні (тобто подібні стосовно оригіналів лише в частині ознак). З цього випливає низка важливих особливостей моделей: як носії вибіркової подібності

моделі не можуть бути в усьому подібні до оригіналу. Модель аналогічна і подібна до системи, яку моделюють, проте вона обов'язково відрізняється від неї.

Геологічні тіла як об'єкт дослідження і моделювання мають низку особливостей. Створення об'єктивних імітаційних моделей геологічного об'єкта пов'язане з визначеними труднощами перевірки їхньої адекватності досліджуваному об'єкту. Однак алгоритмізація чинників, умов перебігу геологічних процесів, створення бази даних (БД) дає змогу достатньо об'єктивно відобразити геологічні об'єкти у рамках формованої моделі. Розвиток пропонованого методу інтерпретації інформації про акцесорні мінерали спрямовано на створення БД і формування моделей петрогенезису геологічного об'єкта з оцінкою рудогенезу.

У працях А. І. Гінзбурга, В. В. Ляховича, М. Г Руб, С. Д. Туровського, О. І. Матковського, І. В. Носирєва та інших сформульовано головні положення досліджень акцесорних мінералів. Вивчення акцесорних мінералів виділено в окремий науковий напрям з методу петрогенетичного вивчення гірських порід. Головну увагу в разі вивчення акцесорних мінералів приділяли виділенню й характеристиці самих мінералів та їхніх типоморфних ознак. З'ясовано залежності формування різних ознак акцесорних мінералів від реальних умов утворення порід [1–4].

Досягнення теоретичної мінералогії, розвиток генетичної мінералогії, онтогенії і типоморфізму мінералів, вивчення питань мінералогічної кристалографії дали змогу розробити методіку інформаційно-генетичної інтерпретації інформації з вивчення акцесорних мінералів і виробити систему комплексного її опрацювання. Питання раціонального використання інформації з акцесорних мінералів, її інтерпретації розроблені, їх тепер постійно удосконалюють.

Отримані дані під час дослідження акцесорних мінералів становлять базу висновків і рекомендацій з вивчення процесів формування порід, самих порід і процесів їхнього перетворення. Головними завдання в цьому випадку є такі: петрогенезис, розчленування і кореляція “німих” товщ, вивчення геохімічної та мінерагенічної спеціалізації порід, оцінка їхньої потенційної рудозносності.

Вивчення онтогенії акцесорних мінералів дає змогу з'ясувати історію розвитку мінеральних індивідів, простежити закономірності формування вмісних порід і підвищити ефективність вирішення питань петрогенезису й кореляції порід. Онтогенічне вивчення мінералу – дослідження його зародження, росту і зміни (аж до зникнення) – є методичною базою для одержання генетичної інформації [5].

Детальне вивчення онтогенії акцесорного мінералу дає підстави стверджувати таке: для конкретної гірської породи можна визначити властиві тільки їй генетичні типи (групи) цього мінералу. Стосовно головного процесу, тобто того, що привів до формування переважаючої кількісно маси породоутворювальних мінералів і загального структурно-текстурного вигляду породи, виділяють три групи акцесорних мінералів: реліктові, синпетрогенні та накладені.

До реліктових належать ті мінерали, що вже були до головного породоутворювального процесу. Вони є або вцілілими залишками вихідного матеріалу, або занесені як ксенокристали зі вмісних утворень. Синпетрогенні акцесорні мінерали кристалізувалися під час головного породоутворювального процесу – раніше чи одночасно після всіх або окремих породотвірних мінералів. Накладені акцесорні мінерали виникли внаслідок перетворення породи (у тому числі й мікроскопічного) під впливом пізніх, не пов'язаних з її формуванням процесів.

За даними онтогенічного вивчення акцесорних мінералів з'ясовано, що практично в кожній породі вони утворюють кілька генерацій, кожна з яких відповідає визначеній стадії розвитку породотвірного процесу. Оскільки ці стадії відображають закономірну еволюцію фізико-хімічних умов мінералотворного середовища, то і відповідні їм генерації мінералів фіксують ці зміни у своїх зовнішніх і внутрішніх властивостях.

Вік породи можна визначити лише в разі чіткого поділу генетичних груп мінералу (реліктові, сингенетичні, епігенетичні). Відповідно, кожний генетичний тип мінералу охоплює генерації мінералу, що мають свої типоморфні ознаки.

Праці В. І. Павлишина дали змогу сформулювати головні положення типоморфізму мінералів, які й використовують під час вивчення акцесорних мінералів [5, 6 та ін.]. Найбільшу увагу в разі вивчення акцесорних мінералів приділяють їхнім типоморфним особливостям, формуванню залежності їхніх властивостей від умов утворення, а також виділенню типоморфних мінералів. До типоморфних належать ті чи інші властивості мінералу, що детерміновані стосовно процесу формування конкретного об'єкта. Типоморфними можуть бути асоціація мінералів, мінерали, морфологія й анатомія мінералів, фізичні властивості і склад. У разі вивчення акцесорних мінералів як типоморфні найчастіше використовують їхню форму і склад елементів-домішок, анатомію, рідше – оптичні властивості, особливості кристалічної структури, мікро-твердість. Найдоступніша для вивчення морфологія кристалів.

Набір досліджуваних типоморфних ознак мінералів і склад типоморфних асоціацій мінералів повинен бути раціональним, тобто містити мінімальну кількість інформативних мінералів та їхніх властивостей. Вивчають найстійкіші (постійно фіксовані) ознаки й акцесорні мінерали. Оцінка ознак та інтерпретація результатів повинна ґрунтуватися на кількості, з використанням програм ПК.

Типоморфні ознаки стосовно визначеного мінерального виду можна згрупувати. Згідно з правилом кристаломорфологічної відповідності виділені морфологічні типи зачисляють до генерацій. Отже, для акцесорних мінералів можна визначити їхні типоморфні генерації [3, 4]. Під час аналізу цього матеріалу відшуковують емпіричні закономірності – кристалографічні та морфологічні ряди.

Умови мінералоутворення позначаються на самих мінералах і виявляються не тільки в особливостях мінеральних індивідів, наявності характерних мінеральних видів, а й у визначеному сумісному перебуванні мінералів – їхніх асоціаціях, у тому числі й акцесорних мінералів. Виділення типоморфних асоціацій акцесорних мінералів ґрунтуються на статистичних параметрах розподілу акцесорних мінералів у разі кількісно-генетичного аналізу інформації.

Визначення генерацій мінералів та їхньої послідовності дає змогу вивчити еволюцію хімічного процесу під час формування парагенезису й окремого мінералу. Кожний мінеральний вид поза залежністю від групи вивчають з позицій морфології, анатомії, структури й хімізму. Серед акцесорних мінералів магматичних порід вірогідно визначені генерації циркону, апатиту, монациту (магматичні ранні й пізні, пегматитові, пневматолітові, гідротермальні), що виділилися на відповідних стадіях кристалізації розплаву. Узагальненою моделлю кристалів визначеної генерації є генераційний тип акцесорного мінералу.

Головним чинником, що впливає на форму кристала, який росте, є співвідношення швидкостей росту граней. Співвідношення, відповідно, визначене низкою причин, пов'язаних як із внутрішньою будовою кристала, так і з парамет-

рами мінералоутворювального середовища, що характеризують умови росту. Серед цих умов головне значення мають ступінь перенасичення середовища і хімічна активність елементів. Названі ж параметри залежать від багатьох чинників – температури, тиску, концентрації тощо. Все це зумовлює конвергентність морфологічних ознак, що не дає змоги вирішувати однозначно зворотну задачу, використовуючи тільки морфологічні ознаки. Тому потрібно поєднувати вивчення морфології з дослідженням внутрішньої будови кристала, тобто застосовувати онтогенічний аналіз акцесорних мінералів.

Тривалі дослідження онтогенії свідчать, що віртуально будь-яка гірська порода містить окремі покоління акцесорних мінералів, які відображають зміни параметрів середовища на різних стадіях формування породи чи процесу епігенезу [1–4]. Ці зміни параметрів позначаються у морфології й анатомії акцесорних мінералів. Відповідно, відновлення процесу утворення породи можливе за особливостями і властивостями акцесорних мінералів, а також за визначеними асоціаціями та комплексами цих мінералів. Генетичну інформацію можна отримати шляхом вивчення кристалографічних форм кристалів мінералу, поверхні граней, дослідження внутрішньої будови, аналізу його складу, складу мікродомішок, включень тощо.

Головна проблема, яку вирішують під час формування методу генетичного інтерпретування інформації про акцесорні мінерали, полягає у тому, що дуже багато даних, отриманих у разі дослідження акцесорних мінералів, є описовими чи якісними. Це такі властивості й ознаки, як, наприклад, забарвлення, вигляд тощо. З появою комп'ютерних технологій саме ця неформалізованість ознак і призвела до дискусій про їхнє використання. Зазначимо, що водночас виникають і передумови для непорівнянності результатів і рекомендацій. Це зумовило потребу розробки єдиного уніфікованого підходу до вибору і способу характеристики типоморфних ознак, щоби можна було оцінювати й інтерпретувати отриманий фактичний матеріал на єдиних засадах [3, 4, 7].

Важливе завдання формалізації знання – побудова формалізованої системи, в якій елементи системи і співвідношення записані в термінах і символах, що мають однозначне тлумачення. Формалізовану систему можна побудувати тільки у разі визначеної підготовленості предметної мови наукового напрямку: формалізація знання допускає формалізацію мови. Мову вважають точною, якщо всі її терміни однозначно витлумачені, а кожну пропозицію, що містить ці терміни, побудовано за визначеними правилами. Формалізація починається з досягнення однозначності термінів, тобто поняття, які вводять і які вже використовують, повинні бути чітко визначені логічно [4, 8].

Ми розробили систему формалізації ознак акцесорних мінералів. Вона допускає таке: однозначність застосовуваних в описі ознак і характеристик, термінів; введення знаків, що становлять формалізовану мову; використання точного формулювання правил. Формалізація дає змогу конкретно фіксувати, переглядати і згортати опрацьовану інформацію. Вона також забезпечує стислість, чіткість, визначеність, логічну послідовність. Така система формалізації ознак допомагає записувати у вигляді чисел ті ознаки, що мають цифрові показники (наприклад, замість обрису – видовження тощо). У тих випадках, коли немає змоги прямої формалізації, застосовують шкали відносних балів (наприклад, твердість від 1 до 10) або спеціальні терміни формалізованої мови. У цьому разі використовують два

способи формалізації – цифрування та спеціальну термінологію. Сьогодні ПК дає змогу застосувати в описовій і генетичній характеристиці систему балів.

У мінералогічних дослідженнях найефективніше вирішують прямі задачі, що зводяться до виявлення відмінностей двох чи більше об'єктів, які належать до різних формаційних, фаціальних, рудних чи безрудних утворень. Вирішування ж зворотних задач – за мінералогічними ознаками окремого об'єкта з'ясування його генетичної, формаційної, вікової належності, оцінювання його потенційної рудоносності – є практично важливим і пріоритетним сьогодні. Застосування методів зворотної задачі дає змогу відновити хід формування породи, визначити процеси наступної її зміни і, як наслідок, – спрямованість мінералогічної спеціалізації породи [2–4].

Одна з вирішуваних проблем у разі аналізу інформації про акцесорні мінерали – це подібність геологічних процесів і явищ, що визначають ступінь вірогідності результатів у випадку вирішення зворотних задач. Геологічні процеси і явища відрізняються від фізичних (теплових, фізико-хімічних, біохімічних та ін.) тим, що складаються з комплексу цих же процесів. У цьому разі геологічні процеси є не сумою фізичних процесів і явищ, а їхнім діалектичним сполученням, результат якого – якісно нова форма руху матерії – геологічна. Принципова відмінність умов у геології полягає у неможливості контролю ступеня однорідності геологічних об'єктів, як і процесів, у необхідності сприймати їх такими, як бачимо, не знаючи, які вони насправді. У цьому змісті кожен геологічний процес та об'єкт унікальні, і навряд чи для них досяжний ступінь вірогідності, прийнятний у техніці.

Геологічні процеси можна порівнювати через геологічну подібність, тобто подібність геологічних рухів. Геологічну подібність характеризує подібність конкретних форм прояву геологічного руху: геологічних процесів, явищ, утворень тощо. Більшість геологічних процесів діють протягом тривалого часу і на значних територіях (лише незначну кількість геологічних процесів можна зачислити до короткотермінових і локальних). Тривалі геологічні процеси, кількаразова зміна умов їхнього перебігу призводять до виникнення неоднорідності в окремій точці геологічного об'єкта й однорідності геологічного об'єкта в цілому. Наявність неоднорідності в окремій точці геологічного об'єкта утруднює виявлення його подібності. Проте однорідність геологічного об'єкта в цілому дає змогу говорити про принципову можливість геологічної подібності [2–5, 9, 10]. Важливою особливістю геологічної подібності, що пов'язана з принципом подібності суттєвих, усереднених і узагальнених ознак (які супроводжуються приблизно пропорційними змінами цих ознак чи їхнім співвідношенням), є подібність суттєвих ознак у разі неподібності несуттєвих.

Особливо важлива під час вивчення акцесорних мінералів проблема визначення необхідних обсягів дослідження чи опробування. Вона зумовлена шуканням компромісу між витратами і точністю ухвалених рішень з огляду на недостатню вивченість геологічного об'єкта. Прийнятна кількість мінімально необхідних точок вимірювання геологічного параметра забезпечує отримання оцінки середнього значення параметра з заданою точністю і надійністю. Відшукують його найчастіше методами довірчих інтервалів [9, 10].

Показовість і незалежність початкових даних в ідеалі можна забезпечити у разі вивчення всієї сукупності геологічних об'єктів, процесів, щодо яких відшукують закономірності і формують систему. Отримання такої генеральної сукупності стосовно об'єктів мінералогії нереальне, тому доводиться використовувати сукупність

опробування. Отже, забезпечення достатньої показовості початкових даних – необхідна умова коректності будь-якого мінералогічного дослідження, яке провадять на статистичній основі. Потрібно, щоб вибірка була різноманітною і випадковою, тобто всі елементи генеральної сукупності повинні мати однакову імовірність залучення у вибірку.

У разі вирішення зворотних задач у мінералогії статистичними методами треба не завершувати, а починати докази і прогнозування. На їхній підставі визначають ті особливості матеріалу, на яких можуть ґрунтуватися різні змістовні гіпотези й побудови. Доводити ж їх варто іншими методами (наприклад, моделюванням).

Концепція бази даних акцесорних мінералів (БДАМ) полягає у такому:

- БД повинна бути інтегрованою, відомості, що містяться в ній, може використовувати багато користувачів;
- БД можна легко змінювати, вносячи нові дані й додатки, а також реорганізовуючи їхні старі версії; у цьому випадку не змінюються прикладні програми;
- БД орієнтована на користувача, тобто дає змогу фахівцю-геологу самостійно вирішувати завдання без участі програміста.

БДАМ створюють для генетичної інтерпретації мінералогічної інформації. У геології часто доводиться працювати з даними різних джерел, кожен з яких пов'язане з визначеним видом досліджень. Для координації всіх цих даних необхідні визначені знання й організаційні навички. У БДАМ зведення з кожного джерела зберігаються в окремих таблицях. Під час роботи з даними декількох таблиць задають зв'язки між таблицями. Подібні зв'язки дають змогу пов'язати дані різних таблиць за допомогою низки співвідношень: один до одного – коли кожен запис однієї таблиці відповідає тільки одному запису іншої; один до багатьох – коли один запис однієї таблиці може бути пов'язаний зі значною кількістю записів іншої таблиці; багато до багатьох – коли один запис однієї таблиці може бути пов'язаний більше ніж з одним записом іншої таблиці, а один запис іншої таблиці – більше ніж з одним записом попередньої таблиці.

Форми звертання до БД дають змогу швидко й ефективно обновлювати дані, одержувати відповіді на питання, відшукувати потрібні дані, аналізувати їх, друкувати звіти чи діаграми. Усе це допомагає одержувати інформацію принципово нового рівня, яка ґрунтується на аналізі й узагальненні даних, зведених у таблиці й об'єднаних за допомогою зв'язків і запитів у БДАМ. Для складання бази даних про акцесорні мінерали Українського щита автори використали СУБД MS Access 97.

Пропонована система побудована у вигляді треступінчастої взаємозалежної структури – первинні ознаки забезпечують отримання визначених модельних, відповідно, формування моделі, а набір модельних зумовлює характер і склад первинних ознак (див. рисунок).

Сучасний стан та ефективність геологічних досліджень і продуктивність геологорозвідувальних робіт значно залежать від того, наскільки повно забезпечена геологічна діяльність інформаційними технологіями в накопиченні та використанні інформації.

Розуміння цього моменту в мінералогічних дослідженнях зобов'язує розробляти методи та алгоритми опрацювання мінералогічної інформації, у тім числі про акцесорні мінерали.



Інформаційно-генетична система “Акцесорні мінерали”

Конкретно ж уже сформовану систему опрацювання інформації про акцесорні мінерали переводять на сучасне обладнання та програмне забезпечення; удосконалюють програми опрацювання та інтерпретації даних, що спрямовані на вирішення конкретних завдань; розробляють і вдосконалюють методи моделювання геологічних процесів формування магматичних та ультраметаморфічних порід на підставі інформації про акцесорні мінерали з побудовою моделей конкретних геологічних об'єктів і геологічних процесів. Подальший розвиток інформаційних технологій та їхнє застосування в разі вивчення акцесорних мінералів дасть змогу формувати сучасні інформаційні системи і робити блокові моделі геологічного об'єкта у трьох вимірах.

1. Лазаренко Е. К. Опыт генетической классификации минералов. К., 1979.
2. Матковський О. І., Павлишин В. І. Стан і перспективи розвитку регіонально-мінералогічних досліджень в Україні. Львів, 1998.
3. Носырев И. В., Кадурин В. Н. Происхождение и эволюция минеральных видов // Теория минералогии. Сыктывкар, 1991. Т. 1. С. 18.
4. Чепіжко А. В., Носырев И. В. Кристаллосимметричная структура минеральных систем и её типоморфизм // Минерал. сб. 1992. № 46. Вып. 2. С. 70–76.
5. Павлишин В. И. Типоморфизм кварца, слюд и полевых шпатов в эндогенных образованиях. К., 1983.

6. *Павлишин В. И., Юшкин Н. П., Попов В. А.* Онтогенический метод в минералогии. К., 1988.
7. *Крамер Г.* Математические методы статистики / Пер. с англ. под ред. А. И. Колмогорова. М., 1975.
8. *Мовшович Э. Б., Кнепель М. Н., Черкашин М. С.* Формализация геологических данных для математической обработки. М., 1987.
9. *Шарапов И. П.* Применение математической статистики в геологии. М., 1971.
10. *Шерман С. И.* Физический эксперимент в тектонике и теория подобия // Геология и геофизика. 1984. № 3. С. 8–18.

ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN ACCESSORY MINERALS INVESTIGATIONS

O. Chepizhko, V. Kadurin

*I. Metchnikov National University of Odesa
Shampansky St. 2, UA – 65058 Odesa, Ukraine
E-mail: kadurin@paco.net*

Accessory minerals study helps to improve reliability of rock sequences correlation, evidence of magmatic rocks genesis and initial content of metamorphic and ultramorphomorphic ones, evaluation of rock radiometric age and their ore-bearing potential. The problem, which can be solved due to analysis of mineralogical information (study of accessory minerals), is a similarity of geological processes and phenomena. The mathematical methods are the bull tool of mineralogical studies supplying simulation of processes both issues of the forecasts and hypotheses. The tendered method of mineralogical information interpretation is directed to create a data bank and to form the geologic object petrogenetic models as well as their ore potential.

Key words: accessory mineral, petrogenesis, database, model, computer know-how.

Стаття надійшла до редколегії 3.05.2001