

ВАГОМИЙ ВНЕСОК У ВІДТВОРЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЕНДОГЕННОГО МІНЕРАЛОУТВОРЕННЯ (рецензія на монографію Д.К. Возняка "Мікрровключення та реконструкція умов ендогенного мінералоутворення")

2007 р. у Києві видавництвом "Наукова думка" опублікована монографія Д.К. Возняка "Мікрровключення та реконструкція умов ендогенного мінералоутворення" — фундаментальна наукова праця про включення у мінералах.

Сучасна геологічна наука та її прикладні галузі — прогнозування, пошуки та розвідка родовищ корисних копалин — потребують знання точних фізико-хімічних параметрів утворення мінералів і мінеральних комплексів, які містять корисні компоненти. Умови локалізації рудних компонентів у межах родовищ корисних копалин — це сукупність конкретних значень параметрів середовища мінералоутворення — температури, тиску, сольового складу, концентрації мінералоутворювального флюїду, вмісту летких компонентів тощо. Умови ендогенного мінералоутворення визначають за допомогою всебічного вивчення флюїдних включень у мінералах.

Цією важливою проблемою досить успішно вже довгі роки займається Дмитро Костянтинівич Возняк — добре знайий своїми працями дослідник включень як в Україні, так і за її межами. Його монографія "Мікрровключення та реконструкція умов ендогенного мінералоутворення" є підсумком багаторічних досліджень, ще одним кроком до пізнання складних мінералоутворювальних процесів у літосфері Землі, дальшого розвитку пошукових критеріїв.

Загальновідомо, що літосфера Землі формувалася під впливом різних геологічних процесів тривалий час, отже, і локалізовані у ній корисні копалини так само мають дуже складну і неоднакову генезу. Тому не випадково Д.К. Возняк обрав для вивчення різні геологічні об'єкти з різних регіонів з притаманними лише їм особливостями і параметрами флюїдного режиму, а, значить, з різними корисними

компонентами. Серед них — золоторудні і рідкіснометалеві родовища метаморфічних комплексів Українського щита (УЩ), алмазонасні кімберлітові трубки різних геологічних регіонів, камерні пегматити Волині, вулканіти Закарпаття і північно-західного схилу УЩ, гідротермальні утворення в осадових породах Карпат, Донбасу, Криму тощо.

Такий підхід Д.К. Возняка щодо вибору для вивчення геологічних об'єктів дав йому змогу відтворити фізико-хімічні умови різних процесів ендогенного мінералоутворення, встановити спільні і відмінні риси, охарактеризувати можливість їхнього використання як для вдосконалення теорії рудоутворення, так і в геологічній практиці.

Монографія Д.К. Возняка обсягом 280 сторінок містить 7 розділів, добре ілюстрована численними рисунками, таблицями і схемами. Текст викладено стисло, чітко і логічно, читається легко і доступно.

У першому розділі праці, який називається "Флюїдні включення у мінералах", наведено узагальнений опис сучасних уявлень щодо морфометрії включень, їхньої генетичної природи, особливостей захоплення і поширення у мінералах тощо. Автор справедливо вказує на необхідність уважного відбору включень для побудови генетичних моделей мінералоутворювальних процесів з обов'язковим врахуванням змін, які відбувалися з включеннями після їх захоплення кристалічною ґраткою, переконливо відстоює необхідність врахування змін, що відбуваються з включеннями у

градієнтних теплових полях та полях напружень. Поряд з загальноприйнятими характеристиками включень у цьому розділі, чомусь дуже скромно, наведено результати добре відомого унікального за прецизійністю авторського дослідження процесів взаємодії законсервованої у включеннях речовини та мінералу-господаря під час набуття ним рівноважної форми. Роботи Д.К. Возняка у цьому напрямі, проведені спільно з В.А. Калюжним, давно визнані світовою наукою і стали сучасною класикою.

У цьому ж розділі докладно описано умови експериментальних випробувань включень та наведено низку технічних розробок Дмитра Костянтиновича, які значною мірою вдосконалюють чинні аналітичні методи сучасної термобарогеохімії. Його нові технічні розробки пройшли тривале випробування і мають репутацію досконалих. Зокрема, це стосується таких новинок, як схеми з'єднання капілярів з колонками, нові конструкції пристроїв для розкриття включень і вилучення газів термічним та механічним способами, конструктивні вдосконалення багатоголових кранів, високотемпературна камера з силітовим стрижнем і оригінальним корпусом з нітриду алюмінію. Всі ці розробки свідчать, що Д.К. Возняк є талановитим конструктором, вони значною мірою просувають уперед аналітичну базу термобарогеохімії і заслуговують на тиражування.

Треба лише зазначити, що під час вивчення процесу дифузії молекулярного водню через кристалічну ґратку мінералів Д.К. Возняка варто було би врахувати результати досліджень, які проведено у відділі геохімії глибинних флюїдів Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України (м. Львів) щодо форм знаходження водню у кристалах мінералів та інших твердих тілах.

У другому розділі монографії "Роль потоків CO₂-флюїду у мінералоутворенні" наведено прецизійні визначення температури, тиску і густини мінералоутворювальних флюїдів, що брали участь у формуванні Майського золоторудного родовища та камерних пегматитів Волині. Надзвичайно цікаві спостереження автора монографії можна вважати піонерськими. Вони торкаються не лише проблеми золотого зруденіння Майського родовища та пегматитів Волині, а й проблем барометрії за включеннями у мінералах, прикладної термобарогео-

хімії та теорії рудогенезу. Проте результати блискуче виконаних автором аналітичних досліджень інтерпретовано на дискусійному рівні. Водночас аргументація та висновки вченого щодо участі розплавних та високотемпературних флюїдів CO₂ під час формування рідкіснометалевих пегматитів Кіровоградщини переконливі й не викликають заперечень.

Наступний розділ праці називається "Стільниковий кварц — мінералогічний термобарометр". Висновки цього розділу роботи і запропонований автором метод визначення тиску строго аргументовані. Важко не погодитися, що *PT*-параметри точки перетину ізохори речовини, законсервованої в стільникових флюїдних включеннях, з лінією залежності температури $\beta \rightarrow \alpha$ інверсії кварцу відповідають умовам заліковування стільникових інверсійних тріщин і включень у них. В основу розробки цього методу визначення тиску покладено експериментальні дані та реальні термобаричні і геохімічні показники. За цим методом авторів вдалося переконливо визначити не лише рівень ерозійного зрізу рудних тіл, а й оцінити розмах пегматитового зруденіння. Запропонований Д.К. Возняком новий метод визначення тиску має всі підстави стати в один ряд з іншими визнаними методами барометрії.

Водночас дискусійною є висловлена вченим думка про випадкову приуроченість пегматитів камерного типу Волині до західного контакту Володарськ-Волинського габро-лабродорового масиву.

На нашу думку, якраз на границі пегматитових дрібноовоїдних відмін гранітів та інших порід з основними породами, до якої приурочено понад 80 % пегматитових тіл, унаслідок зміни фізико-хімічних умов кристалізації гранітного розплаву від магми відокремлювалися флюїди. Їх нагромадження під екраном деяких гранітів та основних порід ставали зародками пегматитових осередків камерного типу. Водночас саме по зонах підвищеної флюїдопроникності у межах великого Володарськ-Волинського глибинного розлому, який, за геофізичними даними, на глибині може з'єднуватися з Коростенським або Центральним глибинним розломом, відбувалось інтенсивне надходження глибинних флюїдів — визначальної складової мінералоутворювальних розчинів, що брали участь у формуванні камерних пегматитів Волині.

У розділі "Нові аспекти використання включень радіоактивних мінералів для реконструкції умов мінералоутворення" Д.К. Возняк приділив увагу дивовижному явищу аморфізації мінералів, що вміщують тверді мінерали-включення, носії урану і торію. Особливість Дмитра Костянтиновича як вченого полягає насамперед у тому, що він не тільки прискіпливий аналітик і методист, але й генератор багатьох плідних ідей. Він докладно дослідив мінерали порід, що зазнали метасоматичного заміщення, і у дивовижний спосіб зберегли генетичну інформацію про заміщені мінерали. За результатами дослідження об'єктів аморфізованої речовини навколо твердих включень-носіїв урану і торію у мінералах вмісних порід ученому вдалося реконструювати умови мінералоутворення та встановити відносний вік метасоматичного заміщення первинної породи. На наш погляд, дослідник не лише виконав поставлене у цій частині роботи завдання, але й відкрив надзвичайно привабливе проблемне поле. Адже за оцінкою загальних масштабів аморфізації речовини Землі впродовж історії її розвитку, ймовірно, може бути виявлено цікаві, на сьогодні важко передбачувані закономірності.

Розділ "Гідротермальні утворення Карпат, Донбасу, Криму, що пов'язані з вуглеводневими флюїдами" теж стосується реставрації умов ендегенного мінералоутворення. Тут автор монографії наводить результати дослідження складу вуглеводневих включень у мармароських діамантах і робить висновок, що їхній склад є аналогічним хімічному складу газоконденсатних і нафтових покладів. Важко переоцінити прикладне значення цього результату, оскільки за вмістом вуглеводневих включень у мармароських діамантах можна передбачати склад та ймовірне місце знаходження таких вуглеводневих покладів. У цьому розділі знаходимо підтвердження сказаному вище щодо генерації Д.К. Возняком оригінальних ідей. Оскільки метанові та інші вуглеводневі включення мають здатність чутливо реагувати на іонізаційне випромінювання, Дмитро Костянтинович пропонує створити на їхній основі новий тип дозиметра.

У розділі "Несилікатні магматичні розплави: генетичні аспекти" наведено результати дослідження умов мінералоутворення найглибшинніших за походженням геологічних об'єктів. Зокрема, у цирконі кімберлітового типу

автор виявив законсервовані у включеннях сольові розплави, які характеризують досить специфічне мінералоутворювальне середовище. Часто такі розплави-розсоли (-солянки) інтерпретують як залишкові. Цим флюїдам автор приділяє особливу увагу як рідкій складовій астеносфери і вважає, що поява води у рідкій фазі (тобто у сольовій магмі) астеносфери спричинила виверження ультраосновної силікатної магми і утворення кімберлітових трубок. Очевидно, що ця гіпотеза займе відповідне місце серед інших понад двадцяти гіпотез щодо умов мінералоутворення на рівні верхньої мантії Землі. Зазначимо лише, що такий сольовий магматичний розплав містить велику кількість високоентропійних елементів, здатних спонукати магматичну диференціацію речовини мантії. Однак сам факт виявлення таких флюїдних включень у мінералах порід мантійного генезису дає змогу з інших позицій розглядати явища, які можуть відбуватися у Землі на значній глибині. Плідною може виявитися ідея Дмитра Костянтиновича щодо використання такого типу розплавів у процесах штучного мінералогенезу (зокрема, під час вирощування штучних алмазів).

В останньому розділі праці "Використання флюїдних включень для пошуково-розвідувальної практики" автор наводить, на жаль, лише деякі приклади вдалого використання методів термобарогеохімії у прогнозно-пошуковій та оцінчій практиці. Однак його активна просвітницька позиція щодо необхідності використання методів термобарометрії за включеннями в мінералах заслуговує на цитування. Посилаючись на слова академіка В.С. Соболева, автор пише: "Не вважаючи інформацію, отриману за флюїдними включеннями, панацеєю розв'язання всіх геологічних проблем, усім має бути зрозуміло, що "... методи термобарогеохімії — це унікальні методи, які дають безпосередні відповіді на багато питань". Потрібно "... досягти такого рівня робіт, коли можна було б сказати: це крупне родовище або цей пегматитовий шток, або ця жила відкриті лише завдяки методам термобарогеохімії, а без них вони не були б відкриті".

Можемо радіти всі разом, адже на сьогодні уже є такі рудні тіла і стовпи, які "не були б відкриті" без даних термобарометрії за включеннями у мінералах.

Наприклад, визначені львівськими геологами-науковцями на підставі термобаромет-

ричних даних за включеннями в мінералах перспективні ділянки на глибоких горизонтах Зун-Холбинського золоторудного родовища (Східний Саян) були розкриті, а після перерахунку запаси родовища зросли з 8 до понад 350 т золота. На сьогодні за термобарометричними показниками є всі підстави вважати перспективними глибокі горизонти низки українських золоторудних родовищ: Східно-Юрїївського, Клишівського, Майського, Сауляк та ін.

Після виходу в світ праці Д.К. Возняка вітчизняна і, без перебільшення, світова геологічна наука набула помітного поступу. Мало знайдеться серед сучасних дослідників флюїдних включень таких, хто б здійснив таку велику кількість прецизійних визначень складу включень, температури їхньої гомогенізації (у діапазоні від дуже низьких до дуже високих значень), тиску та концентрації мінералоутворювальних флюїдів. Уже одне це можна вважати науковим подвигом.

Актуальність праці Д.К. Возняка визначається, насамперед, гострою необхідністю застосування методів термобарогеохімії у прогностно-пошуковій практиці, адже надійна оцінка перспективності глибоких горизонтів ендегенних родовищ на підставі комплексної оцінки фізико-хімічних умов мінералоутворення у сотні разів дешевша від вартості не завжди ефективного свердлування. Наукові здобутки дослідника, особливо нова достовірна генетична інформація автора щодо ендегенних процесів мінералоутворення, значною мірою сприятимуть усвідомленню геологами-практиками необхідності випереджувального фактологічного термобарогеохімічного моделювання для оцінки перспективності відомих та пошуків нових ендегенних родовищ.

Комплексність і різнобічність дослідження засвідчена арсеналом методів, використаних автором. Докладно описані умови експериментів не залишають місця для сумніву у достовірності отриманих даних. Дослідженнями охоплено широкий спектр мінералів із багатьох різних за умовами формування ендегенних об'єктів України і різних регіонів світу.

За включеннями у мінералах визначено фізико-хімічні умови утворення цих об'єктів.

Наукова новизна результатів багаторічних досліджень Д.К. Возняка незаперечна, адже до розряду новизни можна віднести переважну більшість конкретних аналітичних визначень, які за рівнем прецизійності не мають аналогів. Запропоновано нові, розроблені автором особисто, способи визначення тиску за даними дослідження включень та фазовими переходами мінералів. Використавши один із них, автор уперше надійно визначив ерозійний зріз низки пегматитових тіл і загальний розмах зрушення пегматитового поля, продемонструвавши таким чином важливе прикладне значення цього методу. Новим є з'ясоване явище збереження інформації щодо метасоматично змінених мінералів первинних порід за аморфізованими об'ємними навколо мінералів-включень носіїв радіоактивних елементів. Не мають аналогів технічні розробки автора. Новими є уявлення щодо ймовірної ролі сольових магматичних розплавів у процесах, що відбувалися на рівні астеносферної зони Землі.

Загалом робота виконана на високому науковому рівні. Отримані нові надійно обгрунтовані результати досліджень вносять значний вклад у вирішення низки актуальних проблем методології, теорії та практики термобарогеохімії, загальних питань металогенії, теорії петро- та рудогенезу, методичних основ прогнозування та оцінки перспектив ендегенного мінералоутворення.

Монографія Д.К. Возняка "Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення" має вагоме наукове і практичне значення. Ця фундаментальна наукова праця засвідчує, що наука про включення у мінералах, народжена у Львові в 50-х рр. минулого століття, успішно розвивається в Україні й у наш час. Книга буде корисною працівникам науково-дослідних установ, мінералогам і геологам виробничих організацій, викладачам і студентам відповідної спеціалізації вищих навчальних закладів і, понад усе, дослідникам включень в Україні та за її межами.

І.М. НАУМКО, І.В. ПОПІВНЯК