

УДК 548.4:549

**МОНОГРАФІЯ Д. К. ВОЗНЯКА “МІКРОВКЛЮЧЕННЯ
ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ УМОВ ЕНДОГЕННОГО МІНЕРАЛОУТВОРЕННЯ” –
ЩЕ ОДИН КРОК ДО ПІЗНАННЯ
МІНЕРАЛОУТВОРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ У ЛІТОСФЕРІ**

О. Матковський¹, І. Наумко²

¹*Львівський національний університет імені Івана Франка
79005 м. Львів, вул. Грушевського, 4
E-mail: mineral@franko.lviv.ua*

²*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України
79060 м. Львів, вул. Наукова, 3а
E-mail: iggk@mail.lviv.ua*

Загально визнаними є широкі генетично інформативні можливості включень флюїдів у відтворенні умов формування мінералів та їхніх парагенних асоціацій в ендегенних процесах. Саме їм присвячена рецензована монографія Дмитра Костянтиновича Возняка “Мікровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення” (К.: Наук. думка, 2007). Книга обсягом 280 сторінок складається з передмови, семи розділів, підсумків і списку літературних джерел, що налічує 312 найменувань, ілюстрована 27 таблицями і 90 рисунками.

На сучасному етапі розвитку геологічної науки та її прикладної сторони – прогнозування, розшуків і розвідки корисних копалин – вкрай необхідне знання точних параметрів локалізації мінеральної сировини. Концентрування кожного рудного чи нерудного компонента в родовищі завжди визначене чіткими термобаричними й геохімічними рамками – числовими значеннями таких параметрів ендегенного мінералоутворення, як температура, тиск, сольовий і газовий склад тощо, які можна отримати під час вивчення флюїдних включень у мінералах. Актуальність таких досліджень зумовлена потребою реконструкції умов утворення родовищ для розробки ефективних розшукових критеріїв, зокрема на золото й алмази, які раніше не були відомі. Новий вагомий внесок у з’ясування цієї проблеми робить монографія Д.К. Возняка. Вона стала ще одним важливим кроком до пізнання складних мінералоутворювальних процесів у літосфері та створення числових моделей формування родовищ корисних копалин.

Ендегенний мінералогенез – це ключ до пізнання формування літосфери Землі, реконструкції умов кристалізації в ній різних типів порід і локалізації корисних копалин, тому логічними є виконані Д.К. Возняком дослідження геологічних об’єктів з різними процесами мінералоутворення. Кожен з цих об’єктів має специфічні умови ендегенного мінералоутворення в літосфері з лише йому притаманними особливостями параметрів стану і складу флюїдного середовища. Серед них – формування золоторудних і рідкіснометалевих родовищ у метаморфічних комплексах

Українського щита (УЩ), мінералоутворення в кімберлітах різних регіонів світу, камерних пегматитах Волині, вулканітах Закарпаття й північно-західного схилу УЩ, в осадових породах Карпат, Донбасу, Криму, а також вплив радіаційних чинників на мінеральні перетворення.

Такий новаторський підхід до підбирання різних геологічних об'єктів для дослідження дав змогу автору відтворити у числових значеннях фізико-хімічні й термодинамічні параметри процесу ендегенного мінералоутворення і, що найважливіше, визначити низку спільних і відмінних рис між такими параметрами, як температура, тиск, сольовий і газовий склад тощо.

Перший розділ книги присвячено мінералофлюїдології – флюїдним включенням у мінералах як джерелу “найоб'єктивнішої та ємної інформації про середовище мінералоутворення”. Наголошено, що в разі вивчення природних кристалів іноді складно обґрунтувати аутигенність чи ксеногенність включень, їхнє гомогенне або гетерогенне походження. Автор дотримується генетичної класифікації флюїдних включень В.А. Калюжного, у якій вихідними таксонами є первинні та вторинні включення, вперше виділені Ф. Ціркелем, а згодом – Г.Г. Леммлейном. Важливу роль відведено постгенним змінам включень: фазовим змінам вмісту, міграції (дифузії) речовини через кристалічну ґратку мінералів, перенаповненню, набуванню рівноважної форми негативного кристала, розтріскуванню й розтягненню, відкладанню речовини мінералу-господаря з вмісту включення зі зниженням температури, змінам у градієнтному полі (тепловому, напруженні), стоку домішкових атомів структури мінералів, радіолізу вмісту.

Зазначимо, що під час аналізування процесу дифузії молекулярного водню через мінерали Д.К. Возняка варто було би врахувати результати досліджень, виконаних у відділі геохімії глибинних флюїдів ІГГК НАН України щодо форм наявності водню у кристалах мінералів та інших твердих тілах.

Автор розширив можливості флюїдних включень гомогенного походження як термобарометрів і запропонував два нові мінеральні термобарометри, основою яких є поєднання фазових переходів мінералів (самородне золото, кварц) і *PTV*-властивості флюїду, якими зафіксовано ці фазові переходи в його реліктах – флюїдних включеннях: 1) плавлення включень самородного золота у кварці; 2) інверсію $\beta \rightarrow \alpha$ -кварцу.

У **другому розділі** монографії на підставі отриманих даних про плавлення і розтріскування включень самородного золота, піротину у кварці Д.К. Возняк з'ясував роль високотермобаричних потоків CO_2 -флюїду в ендегенному мінералоутворенні як можливого засобу перенесення речовини з глибин мантиї у верхні горизонти земної кори (за хімічним складом, густиною і часом прояву, температурою й тиском флюїдних потоків, які визначив). З'ясовано, що ці потоки брали участь у формуванні різних геологічних об'єктів УЩ: Майського золоторудного родовища Голованівської шовної зони, літєвих пегматитів західної частини Кіровоградського блока (родовища Полохівське, Надія, Станкуватське), занірковок пегматитів Волині, що пов'язані з глибинними розломами щита. Високі *PT*-параметри консервації включень рідкого CO_2 ($\geq 1112 \pm 7$ °C і $\geq 820 \pm 120$ МПа у кварці Майського золоторудного родовища та ≥ 1180 – 1240 °C і ≥ 470 – 870 МПа у літєвих пегматитах західної частини Кіровоградського блока) однозначно засвідчують, що зазначені потоки поширені локально, на шляху переміщення суттєво змінюючи породи, а не зумовлені *PT*-параметрами регіонального метаморфізму. Обчислена мінімальна глибина, з якої надходили флюїдні потоки CO_2 , перевищувала 41 ± 6 км на

з якої надходили флюїдні потоки CO_2 , перевищувала 41 ± 6 км на Майському родовищі й 44 км в апоскарнових кварцитах літєвих пегматитів родовища Надія.

Третій розділ є логічним продовженням розгляду нових мінералогічних термобарометрів, зокрема такого, як “стільниковий” кварц. Автор довів, що інверсійна тріщинуватість виникає не через різке багатофазове охолодження β -кварцу, як уважали раніше, а утворюється внаслідок $\beta \rightarrow \alpha$ -переходу з метастабільного стану (і тому має значну швидкість) на тлі поступової (еволюційної) зміни PT -параметрів природного мінералоутворення. Температуру гомогенізації “стільникових” включень запропоновано використовувати для оцінки ерозійного зрізу різних ділянок Володарськ-Волинського пегматитового поля, тобто глибини формування пегматитового тіла. Типоморфний різновид “стільникового” кварцу – “стільникоподібний” кварц – на кінцевому етапі становлення пегматитів зазнав короткочасного різкого підвищення температури і характеризує пегматити з некондиційною кристалосировиною у занірку.

Зазначимо таке: якщо докази прояву високотермобаричних потоків рідкого CO_2 на Майському золоторудному родовищі й у літєвих пегматитах західної частини Кіровоградського блока є переконливими, то припущення, що флюїд, який спричинив виникнення “розкуйовджених” включень у “стільникоподібному” кварці з пегматитів Волині, теж був представлений високотермобаричними потоками CO_2 , аж ніяк не підтверджують сингенні включення (первинні та вторинні) водного розчину й CO_2 (частіше газ) за невисокої температури ($220\text{--}250$ °C) і тиску ($10\text{--}15$ МПа).

Дискусійною є й думка Д.К. Возняка про випадкову приуроченість пегматитів камерного типу до західного контакту Володарськ-Волинського габро-лабрадоритового масиву. З нашого погляду, саме на межі становлення пегматитоносних дрібноовідних відмін гранітів γ_1 і γ_2 , до зон контакту яких приурочено понад 80 % пегматитових тіл, унаслідок зміни фізико-хімічних умов кристалізації гранітного розплаву від магми відокремлювалися флюїди, скупчення яких під екраном гранітів γ_1 та основних порід ставали зародками пегматитових осередків камерного типу.

У **четвертому розділі** наведено нові дані щодо використання включень радіоактивних мінералів для реконструкції умов мінералоутворення. Завдяки вивченню речовинного складу об'єктів гало навколо включень монациту й циркону в кордієриті виявлено, що під впливом α -частинок, випромінюваних монацитом і цирконом, відбувається перетворення кордієриту в аморфізовану речовину з винесенням і привнесенням окремих хімічних елементів, зокрема, привнесенням CO_2 . Автор монографії чи не вперше визначив абсолютний вік кристалів топазу з пегматитів Волині за включеннями в ньому радіоактивних мінералів (уранініту, циркону, монациту, флюоцериту), на чому необхідно наголосити. Це може бути важливим додатковим методом визначення приблизного віку низки геологічних об'єктів.

П'ятий розділ присвячений гідротермальним утворенням в осадових породах Карпат, Донбасу і Криму. Він охоплює характеристику кварцу типу “мармароських діамантів” як фіксаторів вуглеводнів і аналіз впливу γ -випромінювання на склад вуглеводневих включень у кварці. Автор детально вивчив особливості зовнішньої і внутрішньої морфології кристалів та включення мінералоутворювальних флюїдів у ньому, більшість з яких містить або суттєво метанові, або рідкі нафтові розчини. З'ясовано, що склад вуглеводневих включень у “мармароських діамантах” пов'язаний з хімічним складом газоконденсатних і нафтових покладів, а за вмістом цих

включень у кварці можна передбачити хімічний склад вуглеводневих покладів.

Важливим є виявлений вплив γ -випромінювання на склад вуглеводневих включень у кварці. Крім впливу α -частинок радіоактивних мінералів на перетворення вмісної речовини, експериментально визначено вагомий вплив γ -опромінення на перетворення метану в закритій системі, якою є суттєво метанові включення у кварці. Ці нові підходи до вивчення мінеральних і флюїдних включень дають підстави звернути більшу увагу на виявлення впливу хоч і незначних, але тривалих у геологічному часі доз радіаційних потоків на формування як компонентного, так і, можливо, ізотопного складу складових флюїдів.

У **шостому розділі** Д.К. Возняк розглянув генетичні аспекти природних несилікатних розплавів, насамперед, кристалізацію циркону кімберлітового типу, парагенного алмазу кімберлітів. Зазначено, що незалежно від розташування (Якутія, ПАР, Бразилія), на відміну від золоторудних і рідкіснометалевих родовищ УЩ, флюїдне середовище його кристалізації представлено несилікатним мінералоутворювальним флюїдом, що мав широкий діапазон складу: від безводних сольових розплавів, основу яких становить карбонат (кальцит), до багатого на воду флюїду. За даними про обопільне розтріскування цих двох типів включень ще до викиду циркону з глибин верхньої мантії на поверхню Землі автор дійшов висновку, що поява води в значних кількостях у рідкій фазі астеносфери передувала і, найімовірніше, спричинила виверження силікатної магми й утворення кімберлітових трубок, дайок, силів.

За сингенними первинними включеннями розкристалізованих сольових розплавів і газовими включеннями сольовий розплав теж був складовою гетерогенного флюїду, з якого росли кристалики анортклазу (санідину) олівінових дацитів Закарпаття за температури $925\text{--}1000\pm 15$ °С і тиску $0,20\text{--}0,25$ МПа. Це могло бути спричинене вкоріненням силікатного магматичного розплаву в осадові верстви, що містять соленосні товщі, приурочені до глинистих відкладів міоцену. Із незмішуваних фаз розплаву, у цьому випадку силікатної та рудної (оксидної), росли кристали кварцу кварцового порфіру с. Рудня Осошня, що на північному заході УЩ.

Зазначимо, що автор лише порушив важливе питання про те, чи кристалізація циркону з сольових розплавів у кімберлітах є наслідком диференціації силікатної (ультраосновної) магми до відособлення галогенної складової, чи наслідком захоплення й розчинення в магмі солених відкладів. Навряд чи можна однозначно стверджувати, що сольові розплави астеносфери – найімовірніше мінералоутворювальне середовище кристалізації алмазу. Інша річ, що таке трактування передбачає різні механізми надходження алмазу з глибин мантії в породи земної кори та на поверхню Землі.

Широкі можливості використання результатів вивчення флюїдних включень з розшуково-розвідувальною метою (для перспективного прогнозування, розшуків і розвідки родовищ корисних копалин, оцінювання рудопроявів і родовищ) із залученням літературних даних продемонстровано у **сьомому розділі** праці. Практичне значення власних досліджень автор вбачає у визначенні високотемпературних потоків рідкого CO_2 як критерію локалізації золотого зруденіння у метаморфічних комплексах УЩ. Знахідки циркону з включеннями сольових розплавів запропоновано як показник наявності кімберлітів, що нині набуває важливого значення для розшуків цих порід в Україні. Для оцінки ерозійного зрізу та глибини поширення пегматитових тіл можна використовувати *PT*-параметри інверсії кварцу з занірко-

вих пегматитів Волині.

На завершення Д.К. Возняк наголосив, що інформацію, отриману за флюїдними включеннями, яка здебільшого вирізняється достовірністю й високою точністю, треба завжди використовувати з урахуванням літологічних, структурних, тектонічних, магматичних та інших чинників нагромадження корисної копалини. Він мріє про той час, коли, за словами В.С. Соболева, вдасться "...досягти такого рівня робіт, коли можна було б сказати: це велике родовище або цей пегматитовий шток, або ця жила відкриті лише завдяки методам термобарогеохімії, а без них вони не були б відкриті".

Наведений у монографії матеріал викладено логічно, теоретично й експериментально обгрунтовано. Це гарантовано, з одного боку, належним рівнем техніко-аналітичної бази, утім числі розробленої автором, яку застосовували для аналізу флюїдних включень і мінералів. З іншого боку, і це не менш важливо для відтворення параметрів мінералогенезу й геологічних побудов, визначальним є з'ясування природи включень (первинні, вторинні), стану мінералоутворювального середовища в час консервації у включеннях (гомогенний чи гетерогенний), змін, що відбуваються після його консервації, та низки інших чинників.

Аналіз монографії Д.К. Возняка "Мікровключення та реконструкція умов ендогенного мінералоутворення" свідчить про її високу наукову і практичну значущість. Вихід її у світ є небуденним явищем. Це фундаментальна наукова праця. Вона беззаперечно буде корисною викладачам і студентам відповідних спеціальностей геологічного профілю вищих навчальних закладів.