

УДК [549:548.4]:549.08(477)

Орест Матковський¹, Ігор Наумко², Микола Павлунь¹

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005,
mineral@franko.lviv.ua

²Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
вул. Наукова, 3а, Львів, Україна, 79060,
naumko@ukr.net

ЕТАПИ ТА ПЕРІОДИ РОЗВИТКУ ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В УКРАЇНІ

Термобарогеохімія – нова галузь геологічних знань – зародилась в Україні на геологічному факультеті Львівського університету наприкінці 1940-х–на початку 1950-х років. У її розвитку виділено етапи зародження, становлення, стрімкого розвитку і стабілізації, а також два головні періоди – львівський і київський. Стисло проаналізовано діяльність представників української термобарогеохімічної школи та їхній внесок у розвиток генетичної мінералогії й учення про родовища корисних копалин.

Ключові слова: включення в мінералах, термобарогеохімія, українська термобарогеохімічна школа, Львівський університет, Україна.

Термобарогеохімічні дослідження почали провадити на геологічному факультеті Львівського університету імені Івана Франка наприкінці 1940-х–на початку 1950-х років. Так було започатковано всесвітньовідому термобарогеохімічну школу Миколи Єрмакова, яка нині офіційно затверджена Міністерством освіти і науки України [3]. Професор Єрмаков запропонував назву нового напрямку геолого-мінералогічної науки – *термобарогеохімія* [2]. Термобарогеохімія нерозривно пов'язана з онтогенією мінералів і вченням про типоморфізм мінералів, тому вагомим є внесок української термобарогеохімічної школи у розвиток генетичної мінералогії та вчення про родовища корисних копалин.

Загалом у розвитку термобарогеохімії як нової галузі геологічних знань [4] в Україні можна виділити етапи зародження, становлення, стрімкого розвитку і стабілізації та два головні періоди – львівський і київський.

На етапах зародження і становлення науки (львівський період) проф. М. Єрмаков, який уже мав певний доробок і досвід, отриманий у Середній Азії, та його учні й колеги Є. Вульчин, Ю. Долгов, В. Калюжний, Л. Колтун, В. Лесняк, Н. М'язь, А. Пізнюр, Р. Сухорський заклали її підгрунття. Було створено першу у світі спеціалізовану термобарогеохімічну лабораторію, у якій провадили активні дослідження й розробляли спеціальні прилади й апаратуру. З'явилися перші публікації з результатами досліджень, серед яких фундаментальна монографічна праця М. Єрмакова “Исследования минералобразующих растворов (температуры и агрегатное состояние)” (1950) [1]. Фактично

на цьому етапі було розроблено теоретичні й методичні основи термобарогеохімії та обґрунтовано можливості використання флюїдних включень для з'ясування термобаричних і геохімічних характеристик флюїдного середовища кристалізації мінералів та їхніх парагенезисів.

Після переїзду М. Єрмакова до Москви термобарогеохімічні дослідження розвивали у Львівському університеті, головню, на кафедрі геології корисних копалин (сучасна назва) (Є. Лазько) та в Інституті геології корисних копалин АН УРСР (нині Інститут геології і геохімії горючих копалин (ІГГК) НАН України) у відділах геохімії глибинних флюїдів (сучасна назва) (В. Калюжний) та геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій (О. Петриченко).

Дослідження університетських учених з 1960-х років до нині мають, головню, прикладне спрямування, пов'язані з вивченням проблем ендегенного рудоутворення на родовищах кольорових, рідкісних і благородних металів різного генетичного й формаційного типу. Їх виконували на кафедрі геології корисних копалин, у Проблемній науково-дослідній лабораторії геохімії і глибинних тектонічних процесів, у лабораторії прикладної термобарогеохімії (єдиній у колишньому СРСР), наприкінці ХХ ст. – в Інституті геології і металогенії золота, кольорових металів і алмазів України під керівництвом професорів Є. Лазька та А. Пізнюра, останніми десятиліттями – проф. М. Павлуна. Науковці кафедри геології корисних копалин активно вивчали включення в мінералах золоторудних родовищ і рудопроявів Українського щита (Юрійське, Майське, Балка Золота та ін.) та Українських Карпат (Сауляк, Білий Потік та ін.).

Результати цих досліджень висвітлені в наукових звітах, докторських і кандидатських дисертаціях М. Головченка, Ю. Дорошенка, С. Івасіва, С. Кріль, Ю. Ляхова, М. Павлуна, Т. Павлюк, А. Пізнюра, І. Попівняка, Ж. Сімків, С. Ціхоня, а також у численних публікаціях, серед яких монографії “Физико-химические основы прогнозирования постмагматического оруденения (по термобарогеохимическим данным)” (Лазько, Ляхов, Пізнюр, 1981) та “Термобарогеохимия золота (прогнозирование, поиски и оценка оруденения)” (Ляхов, Павлунь, Пізнюр, Попівняк, 1995), підручники, навчальні посібники, методичні розробки.

Активні термобарогеохімічні дослідження, які стосувалися генезису окремих мінералів і мінеральних комплексів, провадили на кафедрі мінералогії. Їхні результати містяться в низці праць регіонально-мінералогічного спрямування: “Исследования турмалинов некоторых месторождений СССР” (Сливко, 1954), “Минералогия Закарпатья” (Лазаренко с соавт., 1963), “Минералогия Поділля” (Лазаренко, Сребродольський, 1969), “Минералогия и петрография Чивчинских гор (Украинские Карпаты)” (Матковський, 1971) та у книзі Є. Лазаренка “Основы генетической минералогии” (1963). З'явилася перша генетична класифікація включень у мінералах метеоритів і Місяця, яку розробила А. Ясинська. Згодом термобарогеохімічні дослідження провадили в комплексі з онтогенічними, ізотопно-геохімічними та іншими під час вивчення метаморфічного мінералоутворення в Мармароському масиві та гідротермально-метасоматичного мінералогенезу в процесі формування золотого зруденіння Українських Карпат і Українського щита. Їхні результати висвітлені в докторській дисертації О. Матковського, кандидатських дисертаціях О. Ємця, І. Мудровської, Л. Скакуна, Н. Словотенко, В. Степанова та численних публікаціях.

Важливим підсумком термобарогеохімічних досліджень університетських науковців стало видання монографії “Геолого-генетична типізація золоторудних родовищ України” (Бобров, Сіворонов, Ляхов, Павлунь, Скакун, Степанов та ін., 2004) і третьої–п'ятої

книг циклу “Мінерали Українських Карпат” – “Борати, фосфати, арсенати, молібдати, сульфати, карбонати, органічні мінерали і мінералоїди” (2003), “Силікати” (2011) і “Процеси мінералоутворення” (2014), серед авторів яких львів’яни П. Білоніжка, О. Матковський, І. Наумко, Л. Скакун, Є. Сливко, С. Ціхонь та ін.

Вагомі результати дослідження включень у мінералах, які стосуються ендегенного й екзогенного мінералоутворення, належать співробітникам ІГГК НАН України. Дослідження провадили у відділі геохімії глибинних флюїдів, що його заснував і тривалий час очолював В. Калюжний (його змінив М. Давиденко, а нині відділ очолює І. Наумко), та у відділі геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій під керівництвом О. Петриченка (його змінив І. Дудок, а нині відділ очолює С. Вовнюк). На початкових етапах діяльності в обох відділах значну увагу приділяли розроблянню методів дослідження включень і створенню відповідних приладів й апаратури.

Спочатку основна тематика відділу геохімії глибинних флюїдів була пов’язана з магматичним, пегматитовим, гідротермально-метасоматичним мінералоутворенням, пізніше її розширили, оскільки дещо змінився профіль Інституту. Основним напрямом стала геохімія глибинних мінералоутворювальних флюїдів – дослідження (за флюїдними включеннями в мінералах) складу й агрегатного стану, фізико-хімічних властивостей, генезису флюїдів земної кори і верхньої мантії та їхньої ролі у формуванні родовищ твердих і вуглеводневих корисних копалин. У відділі геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій мінералого-геохімічні дослідження разом із вивченням включень у мінералах були спрямовані на вирішення проблем галогенезу – визначення фізико-хімічних параметрів середовища седиментації й перекристалізації солей, з’ясування питань еволюції хімічного складу води Світового океану на тлі загального історичного розвитку Землі, напрацювання критеріїв розшуків корисних копалин, пов’язаних з евапоритами загалом та соляними структурами, зокрема.

За результатами виконаних досліджень співробітники обох відділів захистили чотири докторські дисертації (В. Калюжний, О. Петриченко, В. Ковалевич, І. Наумко) і понад 20 кандидатських (М. Братусь, М. Вітик, О. Вовк, С. Вовнюк, Д. Возняк, А. Галамай, Г. Гігашвілі, С. Гринів, Б. Долішній, І. Дудок, Б. Жовтуля, Г. Занкович, Б. Заціха, І. Зінчук, З. Ковалишин, С. Литвинюк, О. Матвієнко, Н. Нестерович, Е. Платонова, А. Побережський, Й. Сворень, Д. Сидор, О. Хмелівська, В. Шайдецька), складено десятки наукових звітів, опубліковано сотні статей і понад десять монографій, зокрема: “Методи вивчення багатофазових включень у мінералах” (Калюжний, 1960); “Мінералоутворюючі флюїди та парагенезиси мінералів заноришевих пегматитів Волині” (Калюжний, Возняк, Гігашвілі та ін., 1971); “Методи дослідження включень у мінералах галогенних порід” (Петриченко, 1973); “Атлас микровключений в мінералах галогенних порід” (Петриченко, 1977); “Физико-химические условия формирования солей Стебникского калийного месторождения” (Ковалевич, 1978); “Основы учения о минералообразующих флюидах” (Калюжний, 1982); “Флюидный режим гидротермальных процессов Закарпатья” (Ковалишин, Братусь, 1984); “Флюидный режим гидротермального минералообразования Центрального Донбасса” (Зинчук, Калюжний, Щирица, 1984); “Мінералоутворюючі флюїди постмагматичних утворень гранітоїдів Українського щита” (Винар, Калюжний, Наумко, Матвієнко, 1987); “Физико-химические условия осадкообразования в древних солеродных бассейнах” (Петриченко, 1988); “Эпигенез эвапоритов” (Петриченко, 1989); “Галогенез и химическая эволюция океана в фанерозое” (Ковалевич, 1990); “Флюидный режим мінералоутворення в літосфері у зв’язку з прогнозуванням корисних копалин” (Братусь, Давиденко, Зінчук та ін., 1994). Результа-

ти термобарогеохімічних досліджень узагальнено в розділі “Флюїдний режим катагенно-гідротермального процесу періоду формування жильної, прожилкової і прожилково-вкрапленої мінералізації в осадових товщах” (Наумко, Братусь, Дудок та ін., 2004) книги “Карпатська нафтогазоносна провінція” та в монографії “Комплексне освоєння газовугільних родовищ на основі пошукових технологій буріння свердловин” (Мойсишин, Наумко, Пелипець та ін., 2013).

Важливе значення у розвитку термобарогеохімії мало проведення у Львові двох спеціалізованих нарад: республіканської на тему “Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах)” (1975) та Сьомої всесоюзної “Термобарометрия и геохимия рудообразующих флюидов (по включениям в минералах)” (1985).

Новий період розвитку термобарогеохімії – київський – розпочався зі створення в Інституті геологічних наук (ІГН) та переведення до Інституту геохімії і фізики мінералів (ІГФМ) (нині Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) імені М. П. Семененка НАН України) відділу регіональної та генетичної мінералогії. Згодом дослідження почали провадити в ДУ “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України” (ІГНС) та в Інституті фундаментальних досліджень (ІФД).

У відділі регіональної та генетичної мінералогії, який очолювали Є. Лазаренко, О. Литвин, В. Павлишин, Д. Возняк, а нині – Г. Кульчицька, створено спеціалізовані лабораторії з вивчення включень. Вони оснащені найсучаснішим обладнанням, що дало змогу отримати об’єктивні дані стосовно параметрів формування (температура, тиск, хімічний склад мінералоутворювальних флюїдів) камерних пегматитів Волині, золоторудних родовищ Криворіжжя, золото-поліметалевої мінералізації Донбасу, рідкіснометалевої мінералізації Українського щита, геологічних утворень Карпатського регіону. Перші результати цих досліджень наведені у фундаментальних монографіях регіонально-мінералогічного спрямування, присвячених камерним пегматитам Волині, мінералогії Донбасу, Криворіжжя та Приазов’я (Є. Лазаренко, В. Латиш, В. Павлишин, Б. Панов, Б. Пирогов та ін.); вони є важливою складовою останньої праці Є. Лазаренка “Опыт генетической классификации минералов” (1979). Уже на цьому етапі виявили флюїдні вуглеводневі включення (здебільшого рідкі й газові розчини метану) у мармароських “діамантах” (Д. Возняк, В. Грицик, В. Квасниця, Ю. Галабурда), а Євгенія Лазаренко вперше визначила температуру гомогенізації газиво-рідких включень, які декорують планарні елементи у кварці з імпаکتитів Українського щита. Привертають увагу дослідження особливостей мінералоутворення, пов’язаного з кайнозойським магматизмом у Закарпатті, які визначено за розплавними включеннями в санідині (анортоклазі), тридиміті і кварці з міаролових порожнин у дацитах Чорної гори (В. Квасниця, В. Мельников, Д. Возняк та ін.), а також надзвичайно важливі результати з вивчення включень у кварці й плагіоклазі карпатських ігнімбритів ріодацитового складу, по яких розвинені целіти Сокирницького родовища та супутніх рудопроявів (В. Мельников, О. Лазаренко, О. Гречановська та ін.). Скрупульозні дослідження включень в осадових мінералах гіпс-ангідритових покладів України виконала Г. Кульчицька.

Термобарогеохімічні дослідження стали важливим підґрунтям або невід’ємною частиною докторських дисертацій Д. Возняка, С. Галія, К. Деревської, О. Ємця, Г. Кульчицької, В. Павлишина та низки кандидатських дисертацій (В. Бельський, Ю. Галабурда, О. Гречановська, С. Кузнецова, О. Лазаренко, С. Терещенко, Д. Черниш, О. Щириця та ін.). Чи не найвагоміший здобуток київських науковців – фундаментальне монографічне зведення Д. Возняка “Мікровключення та реконструкція умов ендегенного міне-

ралоутворення” (2007), у якому за результатами власних досліджень включень у мінералах та критичного аналізу попередників схарактеризовано процеси ендегенного мінералоутворення від найбільш високотемпературних і високобаричних мантієвих продуктів до низькотемпературних і низькобаричних гідротермальних утворень кварцу типу мармароських “діамантів”.

Науковці ІФД залучали дослідження включень у мінералах під час аналізу особливостей формування самородної мідної мінералізації у вендських трапах Волині та ртутного і Hg-As-Sb зруденіння в Українських Карпатах (К. Деревська, В. Загнітко, В. Шумлянський та ін.).

Включення в мінералах вивчали і співробітники Дніпропетровського гірничого інституту (нині Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”) – професор Е. Лазаренко та його учні П. Баранов, Л. Козловський, Л. Шукайло та ін. Це вже дніпропетровський (дніпровський) період дослідження включень. Науковці детально вивчили включення в акцесорних мінералах (циркон, апатит) трьох орогенних магматичних формацій Закарпаття та визначили температуру кристалізації мінералів магматичної й післямагматичної стадій. У докторській дисертації П. Баранова наведено наукові основи геолого-промислового поділу гранітоїдів Західного Приазов’я (Український щит) у зв’язку з прогнозуванням літєвих пегматитів, виконано розбраккування геохімічних аномалій та оцінювання каменебарвної сировини за даними дослідження твердих включень у кварці.

Загалом масив даних, отриманих за результатами дослідження включень у мінералах, велетенський. До фундаментальних новацій термобарогеохімії (мінералофлюїдології) належать такі:

- визначення складу, фізико-хімічних властивостей, генезису флюїдів верхньої мантії та земної кори. Логічним підсумком стало створення моделі еволюції глибинних флюїдів (за включеннями в мінералах) як підґрунтя мінералофлюїдологічної моделі Землі;

- нагромадження об’єктивних даних про умови мінералогенезу в надрах Українського щита і прилеглих геологічних структур, зокрема, щодо ролі високотермобаричних потоків CO₂-флюїду як продуктів дегазації глибинної магми та легких компонентів як індикаторів умов мінералоутворення;

- ідентифікація процесів ендегенного рудогенезу та моделювання рудоутворення на родовищах кольорових, рідкісних і благородних металів різного генетичного й формацийного типу;

- відтворення процесів екзогенного мінералоутворення, передусім галогенезу, пов’язаних з особливостями нагромадження й перекристалізації солей в евапоритових басейнах та еволюцією хімічного складу води Світового океану тощо.

Отже, термобарогеохімічні дослідження в Україні провадили, головню, у Львівському університеті, академічних інститутах (ІГГК, ІГН, ІГМР, ІГНС), ІФД, НТУ “Дніпровська політехніка” та ін. Результати цих досліджень дають підстави для висновку, що відомості стосовно типоморфізму флюїдних включень у мінералах разом з іншими типоморфними особливостями сприяють відтворенню природних процесів мінерало- та вуглеводнегенезу, обґрунтуванню геохімічної (мінера(метало)генічної) спеціалізації, визначенню режиму функціонування флюїдів у літосфері та їхнього впливу на формування корисних копалин різного генетичного типу, складанню практичних висновків щодо розшуків корисних копалин за генетичними показниками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ермаков Н. П.* Исследования минералообразующих растворов (температуры и агрегатное состояние) / Н. П. Ермаков. – Харьков : Изд-во Харьков. ун-та, 1950. – 540 с.
2. *Ермаков Н. П.* Термобарогеохимия / Н. П. Ермаков, Ю. А. Долгов. – М. : Недра, 1979. – 271 с.
3. *Матковський О.* Термобарогеохімічна школа професора Миколи Єрмакова та її внесок у розвиток генетичної мінералогії й учення про родовища корисних копалин / О. Матковський, І. Наумко, М. Павлунь // Мінерал. зб. – 2017. – № 67, вип. 1. – С. 3–37.
4. Професор Микола Порфирович Єрмаков – теоретик і засновник нової галузі геологічних знань – термобарогеохімії (до 100-річчя від дня народження) / Ю. Ляхов, О. Матковський, М. Павлунь, А. Сіворонов // Мінерал. зб. – 2013. – № 63, вип. 2. – С. 4–13.

*Стаття: надійшла до редакції 23.07.2018
прийнята до друку 06.08.2018*

Orest Matkovskiy¹, Ihor Naumko², Mykola Pavlun¹

¹*Ivan Franko National University of Lviv,
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,
mineral@franko.lviv.ua*

²*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,
3a, Naukova St., Lviv, Ukraine, 79060,
naumko@ukr.net*

**STAGES AND PERIODS IN THE DEVELOPMENT
OF THERMOBAROGEOCHEMICAL RESEARCH
IN UKRAINE**

In the development of thermobarogeochemistry, a new field of geological knowledge in Ukraine (originated at the Faculty of Geology of Lviv University in the late 1940s–early 1950s), the stages of origin, formation, rapid development and stabilization, as well as Lviv and Kyiv periods have been indentified. The activity of the representatives of the Ukrainian Thermobarogeochemical School and their contribution to the development of genetic mineralogy and the theory of mineral deposits are briefly analyzed.

Key words: inclusion in minerals, thermobarogeochemistry, Ukrainian Thermobarogeochemical School, Lviv University, Ukraine.