

УДК 549(477:292.452)

НОВІ ДАНІ З МІНЕРАЛОГІЇ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ У ПЕРШОМУ ДЕСЯТИЛІТТІ ХХІ СТОЛІТТЯ

О. Матковський

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

Стисло висвітлено нові дані з мінералогії Українських Карпат у першому десятилітті ХХІ ст. Зазначено про численність головно статейних публікацій щодо окремих мінералів майже всіх класів і процесів мінералоутворення. Найбільше даних та узагальнень є щодо самородних елементів, особливо золота, сульфідів (пірит, галеніт, бляклі руди тощо), сульфатів (калушит, волнін, гіпс), силікатів (гранати, кварц, польові шпати, цеоліти, слюди, гідрослюди, смектити тощо). Багато відомостей отримано стосовно магматичного, метаморфічного, гідротермально-метасоматичного, осадового й навіть космогенного мінералоутворення за результатами, головно, онтогенічних і термобарогеохімічних досліджень.

Ключові слова: мінералогія, прості речовини, сульфідів, сульфати, карбонати, силікати, Українські Карпати.

У перше десятиліття ХХІ ст. мінералогічне вивчення геологічних утворень Українських Карпат мало переважно спорадичний характер. Його провадили з використанням як старих традиційних, так і нових сучасних методів досліджень. Результати цих досліджень наведені в низці публікацій, головно, на сторінках “Мінералогічного збірника”, “Мінералогічного журналу”, “Записок Українського мінералогічного товариства” та деяких інших видань, а також у декількох кандидатських і докторських дисертаціях.

Упродовж цього періоду тривала робота над завершенням книг “Мінерали Українських Карпат”, які видають по лінії Карпато-Балканської геологічної асоціації. Зокрема, 2003 р. вийшла третя книга, присвячена боратам, фосфатам, арсенатам, молібдатам, сульфатам, карбонатам, органічним мінералам і мінералоїдам (автори П. Білоніжка, О. Матковський, Б. Ремшило та ін.), 2011 р. – четверта книга, у якій схарактеризовано мінерали класу силікатів і силікатовмісні комплекси (автори О. Матковський, В. Квасниця, І. Наумко та ін.). У 2002 р. опубліковано працю “Minerals of the Carpathians”, у якій окремий розділ присвячений характеристиці найважливіших мінеральних об’єктів Українських Карпат (автор О. Матковський). Численними є статті щодо окремих мінералів майже всіх класів і процесів мінералоутворення.

Серед простих речовин одержано нові дані про самородне золото з рудопровівів Квасове і Береги в Закарпатті, яке за особливостями близьке до золота з руд кварц-каолініт-дікітового типу Мужівського родовища (В. Грицик, В. Квасниця, І. Бондаренко, 2001), а також про розсіпне золото з алювію, головно, річок Білий і Чорний Черемоші, якому присвячена низка публікацій, у тім числі кандидатська дисертація Л. Фігури (2002–2006, 2008). Дослідниця з’ясувала особливості гранулометрії, морфології, мікрморфології

поверхні та хімічного складу золота, напрацювала його морфогенетичну класифікацію, виявила зв'язок розсипної золотоносності з певними мікро- і літофаціями. У складчастих Карпатах знайдено ртутисте ($Hg = 0,1-6,0 \%$), бісмутисте ($Bi = 0,17-1,14 \%$) і свинцевмісне ($Pb = 0,4 \%$) розсипне золото (М. Ковальчук, 2002).

Під час вивчення онтогенезу срібного зруденіння в золото-поліметалевих рудах Березівського рудного поля визначено, що самородне срібло формує в рудних тілах самородне срібло-акантит-полібазитову парагенетичну асоціацію, у якій утворюється першим у вигляді лусок і дротиків, що наростають у порожнинах кварц-сульфідних агрегатів (О. Ємець, 2001). У сріблоносних рудних тілах О. Ємець виявив самородний стибій, який формує стибій-буланжеритову мінерало-парагенетичну асоціацію. Самородний стибій представлений емульсійними включеннями в агрегатах блокових, часто розщеплених і скручених індивідів галеніту розміром до 2–3 см.

За допомогою енергодисперсійного спектрометра вивчено хімічний склад зерен нікелістого заліза в метеориті *Княгиня*, представленого камаситом і тенітом (Н. Кичань, 2009). У камаситі виявлено змінений вміст Ni від зерна до зерна (4,80–9,12 мол. %) та рівномірний склад у межах зерен і незначну кількість Co – 0,57–1,98 мас. %. У теніті вміст Ni коливається в межах від 30,30 до 52,11 мас. %, а вміст Co – від 0 до 0,95 мас. %.

Серед сульфідів Березівського рудного поля досить детально вивчено природу сріблоносності галеніту. Розрізняють власну й агрегативну сріблоносність. Власна зумовлена вмістом ізоморфних домішок Ag, агрегативна – Ag з мінералів срібла, включення яких сконцентровані в галеніті (О. Ємець, 2001). Вміст ізоморфного срібла в різних зародженнях галеніту, за даними мікрозондових аналізів, суттєво не змінюється, коливаючись від 0,03 до 0,05–0,08 мас. %, зрідка на ділянках, збагачених Ag-Sb-сульфосолями, – до 0,18 мас. %. З'ясовано, що домішки Ag в галеніті не впливають на його термоелектричні властивості: термо-ЕРС у первинних агрегатах мінералу змінюється від –250 до –750 мкВ/град.

Добре досліджено бляклі руди, які формують власну парагенетичну асоціацію, представлену тетраедритом і тенантитом (О. Ємець, 2001). Тетраедрит наявний у вигляді дрібних крапель у сфалериті й галеніті, тенантит утворює прожилки та облямівки заміщення на галеніті. Більшість взірців тетраедриту є Pb-вмісними. На Мужівському золоторудному родовищі за загальним співвідношенням між вмістом свинцю та інших металів виділено два різновиди Pb-тетраедриту: 1) із вмістом Pb до 0,25 формульної одиниці; 2) із вмістом Pb від 0,25 до 1,2 формульної одиниці (О. Ємець, Л. Скакун, 2003).

Енергодисперсійним аналізом у сульфіді заліза з метеорита *Княгиня* зафіксовано однорідність хімічного складу в межах зерна та широку варіацію від зерна до зерна, що відповідає 55,57–61,71 мас. % Fe, а також наявність домішок Co ($\leq 1,04$ мас. %). Ці дані засвідчили наявність троїліту й піротину (Н. Кичань, 2009). У троїліті виявлено незначні домішки Co, Cr, Ni, Cu, Mn, Zn, V, Ti.

На золоторудних об'єктах Рахівського рудного району вперше визначено кристаломорфологічні ряди піриту. Зафіксовано, що водночас і послідовно утворені прості форми в складі продуктивних на золото комплексів суттєво відрізняються від непродуктивних за морфологією, морфометрією, вмістом елементів-домішок, термоелектричними властивостями, які є типоморфними ознаками (С. Ціхонь, І. Попівняк, А. Городечний, 2004). Цікаві дані одержано щодо термоелектричних особливостей галеніту з Полянського рудопояву на Рахівщині, зокрема, доведено існування двох зароджень однієї гене-

рації галеніту, які відрізняються за текстурно-структурними особливостями, морфометричними характеристиками та значеннями термо-ЕРС (В. Школка, Л. Гопко, І. Попівняк, 2006).

Перспективними є дослідження телурової й селенової мінералізації, які розпочав зі словацькими колегами В. Мельников. Виявлено невськіт нестандартного хімічного складу та різноманітні нові фази телуру й бісмуту, поки однозначно не ідентифіковані (V. Melnikov et al., 2010).

Надзвичайно цікавими і важливими є новітні результати досліджень деяких сульфатів, зокрема: передкарпатського сингеніту (калушиту) із застосуванням гоніометрії, електронної мікроскопії, ІФ-спектроскопії, мікрозондового аналізу, термо- і криометрії включень (В. Квасниця зі співавт., 2005); полігаліту для визначення К-Аг методом абсолютного віку, який змінюється в межах 14,7–8,3 млн років у соленосній брекчії та 12,3–5,7 млн років у полігаліт-ангідритових шарах (А. Вуйтович, С. Гринів, П. Білоніжка, 2002); шеніту щодо його перетворення в процесі нагрівання – за $T = 86\text{ }^{\circ}\text{C}$ з'являється леоніт, за $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – ймовірно, двоводна сіль $\text{K}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, яка за $\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ руйнується з утворенням лангбейніту й арканіту (П. Білоніжка, І. Манчур, 2004); закарпатського волніну (бариту), для якого зафіксовано велике розмаїття морфологічних типів кристалів, стисло схарактеризовано хімічний склад, наведено енергодисперсійні спектри та електронно-мікроскопічні знімки супутніх з волніном кристалів алуніту й каолініту (В. Квасниця, І. Квасниця, 2010).

Цікаві дані одержано щодо перетворень деяких сульфатних мінералів Передкарпаття в ході нагрівання, продукти якого вивчали рентгенівським і термічним аналізами. Під час нагрівання сингеніту кристалізаційна вода виділяється за температури $220\text{ }^{\circ}\text{C}$, до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ кристалічна структура мінералу зберігається. Унаслідок подальшого нагрівання до $300\text{--}400\text{ }^{\circ}\text{C}$ відбувається руйнування кристалічної ґратки й утворення продуктів розпаду – гергеїту й арканіту (П. Білоніжка, І. Манчур, 2006). Завдяки вивченню фізико-хімічних умов дегідратації гіпсу з'ясовано, що виділення кристалізаційної води з мінералу відбувається поступово, починаючи з температури $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, і супроводжується руйнуванням його кристалічної ґратки з утворенням півгідрату (басаніту), що його пізніше змінює ангідрит. З'ясовано, що на дегідратацію гіпсу впливають водні розчини і тривалість нагрівання (П. Білоніжка, І. Манчур, М. Яцишин, 2005).

Багато нових даних є про мінерали класу силікатів. З'явилися узагальнювальні публікації щодо деяких породо-, рудоутворювальних та акцесорних мінералів з геологічних утворень Українських Карпат: циркону, альмандинових гранатів, рогової обманки, мусковітових слюд (О. Матковський, 2004, 2006, 2008–2010), гідрослюд і змішаношаруватих силікатів (П. Білоніжка, 2009, 2010), смектитів (П. Білоніжка, О. Матковський, 2010). У цих публікаціях висвітлено як оригінальні результати досліджень, так і узагальнені літературні матеріали щодо поширення, форм прояву, морфології, хімічного складу і структури, фізичних властивостей, генезису, парагенезисів та практичного значення мінералів.

Останніми роками виявлено і детально схарактеризовано першу знахідку андрадиту серед неогенових метасоматитів Вигорлат-Гутинського пасма (І. Квасниця, Т. Шемякіна, 2009). Мінерал представлений кристалами ромбододекаедричного габітусу, що ускладнені вузькими гранями тетрагонтриоктаедра [211] і різними скульптурами розчинення. За складом він відповідає майже чистому андрадиту (99–100 %) з дуже незначною домішкою grosularу (до 1 %).

Є багато нових даних щодо вивчення польових шпатів, особливо адуляру і плагіоклазів з цеолітизованих туфоїгнімбритів Закарпаття (В. Мельников зі співавт., 2006, 2009; О. Гречановська, 2011). Детально досліджено кристаломорфологію, структурні особливості та хімічний склад адуляру. На Сокирницькому родовищі цеолітів виділено три його морфологічні типи, які відрізняються за ступенем упорядкованості: перший тип (Ad-1) представлений ідіоморфними кристалами з низькою впорядкованістю ($2t_1 = 0,61-0,63$); другий (Ad-2) – кристалами, що вільно росли в міаролах, з досить високою впорядкованістю ($2t_1 = 0,69-0,71$); третій (Ad-3) – тонкокристалічний у вигляді кулеподібних агрегатів (розмір кристалів не перевищує 0,5–1,0 мкм) з дуже низькою впорядкованістю ($2t_1 = 0,55-0,57$). За хімічним складом мінерал відповідає майже чистому калієвому польовому шпату.

Вперше досліджено хімізм плагіоклазів у кайнозойських вулканітах. За результатами численних мікрозондових аналізів плагіоклази з кліноптилолітових туфів Сокирницького родовища мають олігоклаз-андезиновий склад з різким переважанням андезину (№ 29–47). Плагіоклаз такого ж складу переважає в туфах прояву Липча, а в морденіт-кліноптилолітових туфах прояву Водиця плагіоклази відрізняються широким діапазоном складу: переважає андезин (№ 33–50), рідше трапляється олігоклаз (№ 21–28) і тільки в одному випадку – лабрадор-бітовніт (№ 60–78). У плагіоклазі Сокирницького родовища виявлено розплавні включення, за результатами вивчення яких зроблено висновок, що кристалізація мінералу в туфоїгнімбритах відбувалася за температури нижче 1 200–1 190 °С.

Надзвичайно важливі в теоретичному та прикладному аспектах дані одержано щодо цеолітів з родовищ і рудопроявів Закарпаття. Вперше за допомогою методів рентгенівської дифрактометрії, мікрозондового аналізу, електронної мікроскопії, термічного аналізу та інших вивчено кристалохімічні особливості, термостійкість та деякі інші характеристики головних рудоутворювальних мінералів – кліноптилоліту й морденіту (В. Мельников зі співавт., 2005, 2006; О. Гречановська, 2010, 2011). З'ясовано, що на Сокирницькому родовищі головним рудоутворювальним мінералом є кліноптилоліт, який за складом обмінного комплексу і значенням Si/Al має високий ступінь кристалічності і термостійкості, що дає змогу використовувати його в промисловості як ефективний сорбент. Виділено два морфологічні типи кліноптилоліту: перший представлений дрібнокристалічним агрегатом, який формує основну масу породи, має розмір 70–90 нм і ступінь кристалічності 48–51 %; другий – кристалічний (поровий), який виповнює порожнини в туфах і представлений добре ограненими кристалами, розмір яких досягає 100 мкм. Серед інших кристалохімічних характеристик кліноптилоліту (і морденіту) визначено також заряд каркаса, кількість обмінних катіонів у каналах структури, значення залишкового заряду каркаса, параметри елементарної комірки. У проявах Водиця й Липча головним рудоутворювальним мінералом є морденіт, який має порівняно низький ступінь кристалічності, високу термостійкість і може бути використаний у промисловості як ефективний сорбент і каталізатор.

Цікаві дані одержано про аутигенний глауконіт з альб-сеноманських нафтогазоносних товщ автохтона Покутсько-Буковинської частини Українських Карпат (А. Радковець, Я. Яремчук, 2006). Тут виявлено глауконіт-кварцові пісковики з вмістом 10–20 %, а в нижній частині піщаної товщі – до 40 % глауконіту, який представлений двома морфологічними різновидами: зернистим (розмір – 0,1–0,5 мм) і дрібнодисперсним. Рентгенодифрактометричним аналізом визначено два типи глауконіту. В пісковиках, які є на

глибині 1 000–1 630 м, наявні неоднорідні змішаношаруваті утворення типу глауконіт–монтморилоніт, а в пісковиках, що поширені значно далі в бік занурення автохтона, під насувом Берегових Карпат (інтервал 4 200–4 720 м), це невпорядкований глауконіт 1Md.

Досить численними є публікації, що стосуються глинистих мінералів з осадових і осадово-вулканогенних порід та пов'язаних з ними родовищ. Правда, вони ґрунтуються, головню, на даних рентгенометричних досліджень пелітових фракцій. На підставі цих досліджень з'ясовано, що глинисті мінерали соленосних товщ Калуш-Голинського родовища представлені гідрослюдою і хлоритом, а гіпсоглиниста шапка, крім цих мінералів, містить ще каолініт і змішаношарувате утворення гідрослюда–монтморилоніт (О. Олійович, Я. Яремчук, С. Гринів, 2004). Глинисті мінерали палеоцен-еоценових теригенних порід Скибової зони Карпат звичайно представлені змішаношаруватими утвореннями гідрослюда–монтморилонітового і хлорит–монтморилонітового складу, які засвідчують, що досліджувані породи зазнали постседиментаційних перетворень етапу мезокатагенезу МК₁–МК₃. Водночас у деяких світах поряд зі змішаношаруватими утвореннями виявлено гідрослюди і хлорит як самостійні мінерали. Це, зокрема, характерне для пелітових порід манявської й вигодської світ, у яких інколи домінують гідрослюди. У складі аргілітів вигодської світи наявні домішки хлориту і навіть каолініту, а в бистрицькій світі для цих порід характерна асоціація гідрослюди і хлориту (Г. Гавришків зі співавт., 2007; Ю. Гаєвська, 2009).

Нові дані отримано щодо поширення і мінерального складу карбонатних утворень серед флішових відкладів Українських Карпат. Зокрема, серед залізо–магнієвих карбонатних рудопроявів у верхньопліоценовому фліші Покутських Карпат рентгенофазовим аналізом виявлено кальцит, манганокальцит, Са-родохрозит, зрідка трапляються родохрозит, кутнагорит (?), доломіт, анкерит, сидерит, олігоніт, іноді сидероплезит. Вони, звичайно, утворюють досить складні асоціації, серед яких виділено кальцитову, манганокальцитову, родохрозит–Са-родохрозитову, сидерит–олігонітову та доломітову (В. Хмелівський, С. Балабасва, 2002).

На підставі рентгенометричних, хімічних і термічних досліджень уточнено парагенезис і мінеральні асоціації карбонатів та інших аутигенних мінералів в аргілітових товщах флішу кросненської світи. Серед карбонатів діагностовано доломіт і кальцит, який має підпорядковане значення. Інші аутигенні мінерали – це хлорит, гідрослюди і кварц (Д. Головченко, Т. Кшановська, 2004). Речовинний склад діагенетичних карбонатних конкрецій шипотської світи вивчали рентгенометричним, ІЧ-спектроскопічним і спектральним аналізами. Конкреції складені переважно сидероплезитом з домішкою ранньодіагенетичного піриту, що засвідчує існування відновного мінералоутворювального середовища (П. Мороз, Н. Манжар, І. Пивовар, 2007).

Численними в останньому десятилітті є публікації генетичного спрямування, які ґрунтуються, головню, на онтогенічних і термобарогеохімічних дослідженнях. Вони стосуються магматичного, метаморфічного, гідротермально–метасоматичного, осадового і навіть космогенного мінералоутворення. Флюїдний режим катагенно–гідротермального процесу періоду формування жильної, прожилкової і прожилково–вкрапленої мінералізації в осадових утвореннях Українських Карпат узагальнено І. Наумком зі співавт. у монографії “Карпатська нафтогазоносна провінція” (2004).

Генезис кварцу типу мармароських “діамантів” наведено в монографії Д. Возняка “Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення” (2007). Дослідження автора засвідчують можливість утворення цього типу кварцу не тільки зі

звичайних (аутигенних) флюїдів, а й з метанових розчинів, що підтверджено конституційними особливостями кварцу. Для численних знахідок кристалів мармароських “діамантів” у породах Українських Карпат визначено температуру утворення – від 240–230 до 80–75 °С. За вмістом вуглеводневих включень у цьому кварці можна передбачати склад вуглеводневих покладів.

У межах Берегівського рудного поля на підставі онтогенічних досліджень розглянуто особливості формування срібного зруденіння (О. Ємець, 2001) і флюорит-барит-кварцових жил (Н. Словотенко, 2007). Серед срібного зруденіння виділено чотири сріблоносні асоціації: 1) Ag-Sb-сульфосольну у сфалерит-галенітових агрегатах; 2) самородне срібло-акантит-полібазитову; 3) акантитову з англезитом; 4) Ag-Cu-Bi-сульфосольну на глибоких горизонтах. Основний об’єм срібла в рудних тілах Берегівського рудного поля пов’язаний з піраргірит-полібазитовою мінералізацією в галеніті; Ag-Sb-сульфосоли утворилися дифузійним шляхом, інтенсивність їхнього розвитку контрольована первинною проникністю сфалерит-галенітових агрегатів. Зазначено, що Ag-Sb-сульфосоли є накладеними на поліметалеві руди. Їхнє формування контрольоване наявністю стибійбуланжеритової парагенетичної асоціації, сингенної галеніту. Виконано числове фізико-хімічне моделювання умов утворення срібного зруденіння на Мужівському родовищі (О. Ємець, Л. Скакун, 2000).

Онтогенічним методом з використанням катодолюмінесцентного аналізу визначено послідовність мінералоутворення в агрегатних флюорит-барит-кварцових жилах Берегівського рудного поля. Методами гомогенізації і кріометрії флюїдних включень з’ясовано температурні межі утворення досліджуваного парагенезису (230–170 °С) за низької солоності флюїдів (0–12,5 мас. % NaCl-екв.). Уперше за допомогою числового фізико-хімічного моделювання доведено роль змішування розчинів різного складу (глибинних та формаційних) і температури на геохімічному бар’єрі під час утворення флюорит-барит-кварцових жил. Початкове зародження кремнезему відбулося з гелю, що підтверджено завдяки виявленню методом ІЧ-спектроскопії включень гелю кремнезему, який містить воду. Звідси зроблено висновок про утворення кварцу внаслідок перекристалізації осажденного кремнезему (Н. Словотенко, 2003, 2005, 2007; Н. Словотенко, Л. Скакун, 2005; Н. Словотенко, Л. Скакун, Б. Кіник, 2006).

Для рудоносних штокверкових тіл Берегівського рудного поля проаналізовано й узагальнено дані термобарогеохімічних та геохімічних досліджень включень і з’ясовано їхні типоморфні ознаки для золотовмісних парагенезисів (І. Наумко, З. Ковалишин, З. Матвішшин, 2003, 2004).

На золоторудному родовищі Сауляк на підставі нових фізико-мінералогічних і термобарогеохімічних досліджень визначено п’ять стадій процесу мінералоутворення, унаслідок яких сформувалося п’ять мінеральних комплексів: піротин-кварцовий, турмалін-кварцовий, пірит-кварцовий, золото-полісульфідний, кварц-карбонатний. Температурний інтервал мінералоутворення становив 335–90 °С, а переважна маса золота виділялася за $T = 280–120$ °С та $P = 144–80$ МПа (І. Попівняк зі співавт., 2004). На цьому ж родовищі виявлено просторову мінливість декрептометричних показників кварцу (А. Городечний зі співавт., 2010). Методами термобарометрії і кріометрії досліджено флюїдні включення у жильному кварці з метаморфічних комплексів Чивчинських гір, обґрунтовано сингенетичність однофазових включень зріджених вуглеводнів (метану й етану) та включень водних розчинів, оцінено максимальні значення тиску (1,4–4,3 кбар) і темпе-

ратури (190–550 °С) в момент ізоляції сингенетичних включень (І. Бакуменко, В. Маруськ, І. Попівняк, 2006).

За даними мас-спектрометричного хімічного аналізу летких компонентів флюїдних включень у мінералах з'ясовано склад і особливості просторово-часового розподілу газової фази флюїдів метаморфогенно-метасоматичного мінералогенезу породно-рудних комплексів північно-західної частини Мармароського масиву. Зафіксовано визначальну роль співвідношень окисних і відновних сполук вуглецю у зміні окисно-відновного потенціалу мінералоутворювальних флюїдів і те, що вуглецевмісні сполуки мають важливе значення для комплексоутворення, перенесення сполук, мінерало- й рудогенезу (І. Наумко зі співавт., 2009).

Важливими є нові дані з вивчення включень у мінералах магматичних порід. Зокрема, дослідження включень у санідині (анортоклазі) і тридиміті з міаролових порожнин олівінових дацитів Чорної гори в Закарпатті засвідчують їхню кристалізацію з гетерогенної мінералоутворювальної системи, складовими якої були сольовий (а не силікатний) розплав і газ малої густини (Д. Возняк зі співавт., 2005; Д. Возняк, 2007). Захоплення первинних газових включень і сольового розплаву в кристалах санідину (анортоклазу) і тридиміту відбувалося за температури, що дорівнювала або була меншою за $T_{\text{гом}}$ включень, тобто $\leq (1\ 050\text{--}975\text{--}920)\pm 15\text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $\leq 0,25\text{--}0,20$ МПа.

Вивчено також включення скла у кварці й польовому шпаті цеолітизованих туфоїгнімбритів Сокириницького родовища Закарпаття, температура гомогенізації яких становить 1 180–1 190 °С (V. Melnikov et al., 2006; О. Гречановська, 2011). Запропоновано триетапну модель формування цього родовища, згідно з якою кліноптилоліт і морденіт утворювалися на першому і другому етапах. На першому етапі цеоліти формувалися переважно внаслідок взаємодії пірокластичного матеріалу і вадозних вод під дією залишкового тепла туфоїгнімбритів за моделлю “геоавтоклавної” цеолітоутворення. На другому, гідротермальному етапі цеоліти кристалізувалися в мікрожеодах і тріщинах (О. Гречановська, 2011).

Деякі параметри процесу формування цеолітів у мезозойських вулканітах тростянецького комплексу отримано під час вивчення флюїдних включень у кальциті, паргенному з ломонтитом (І. Наумко зі співавт., 2010). Температурні інтервали гомогенізації включень такі: ранньовторинних – у межах 300–330 °С, вторинних – 210–260 °С (у рідку фазу). За даними мас-спектрометричних хімічних аналізів визначено склад летких компонентів флюїдних включень у кальциті, цеолітах та вмісних вапняках і базальтах. Виконано узагальнення по метасоматичних комплексах, які представлені серпентинітами, скарнами, лиственітами-березитами, пропілітами, аргілізитами і вторинними кварцитами. З ними пов'язане формування низки родовищ неметалевої мінеральної сировини – цеолітів, алуніту, каолінит-галуазитових і смектитових глин (О. Матковський, 2010).

Низка публікацій присвячена осадовому мінералоутворенню. Зокрема, на підставі мінералого-петрографічних досліджень карбонатно-кременистих відкладів мезозой-кайнозою Українських Карпат виділено два головних типи аутигенного мінералоутворення: 1) пізньодіагенетичне з формуванням мінеральних агрегатів піриту та низькотемпературних модифікацій кремнезему (опалу-СТ, кварцу); 2) ранньодіагенетичне з сульфідотворенням і трансформацією низькотемпературного кремнезему біогенного походження за схемою опал-А→опал-СТ→опал-С→кварц (І. Попп, 2002).

За результатами вивчення первинних рідких включень виконано фаціальний та фізико-хімічний аналіз умов седиментації гіпсу в баденському басейні Карпатського регіону.

Мінерал кристалізувався внаслідок випаровування евапоритового басейну континентально-морського походження із загальною мінералізацією вод до 60–70 г/л та сезонного зниження температури; загальна інтенсивність його седиментації становила 2,5–3,0 мм за рік (А. Побережський, Т. Перит, О. Петриченко, 2002). Цікавими й практично важливими є вперше виявлені в галіті з баденських солей Передкарпаття рідкі включення з нафтовою фазою. З'ясовано, що в розсолах з домішками нафти, на відміну від седиментаційних, підвищений вміст метану і знижений вміст інших складових (N_2 , CO_2) газової суміші (А. Галамай, О. Бараненко, 2004). Уперше детально вивчено хімічний склад газових компонентів у включеннях галіту різного генетичного типу з соленосних товщ залежно від наявності чи відсутності покладів вуглеводнів у підсольових відкладах евапоритових формацій нафтогазоносних провінцій Центральної і Східної Європи, включно з Українським Передкарпаттям (D. Wiclaw et al., 2008; С. Литвинюк, 2011). Доведено генетичну інформативність результатів комплексного геохімічного дослідження флюїдних включень у галіті та бітумів у солях щодо виявлення ореолів розсіяння та прогнозування покладів вуглеводнів.

За хімічним складом первинних включень у зональному галіті визначено хімічний склад розсолів баденського солеродного басейну на ділянці Гринівка в Українському Передкарпатті. З'ясовано, що розсоли басейну належать до Na-K-Mg-Cl-SO₄ (сульфатного) типу, а їхній хімічний склад близький до складу сучасної океанічної води, згущеної до осадження галіту; також висвітлено умови седиментації баденських солей (А. Галамай, В. Крижевич, Л. Білик, 2009, 2010).

За даними визначення ізотопного складу сірки в покладах калійно-магнієвих солей Передкарпаття з'ясовано, що значення $\delta^{34}S$ у полігаліті, каїніті, лангбейніті, шеніті, астраханіті, калушиті, гіпсі коливається в межах 16,66–22,06 ‰ і в середньому становить +18,23 ‰. Звідси зроблено висновок, що поклади солей утворилися з солей морської і річкових вод (П. Білоніжка, А. Вуйтович, Т. Перит, 2004).

На підставі аналізу результатів геологічних, мінералогічних, геохімічних та експериментальних досліджень виявлено, що поклади калійно-магнієвих солей Передкарпаття в постседиментаційний період зазнали суттєвих змін. На стадії катагенезу відбулася дегідратація кристалогідратів та утворення безводних і маловодних мінералів. Зокрема, прожилки, гнізда і потужні скупчення карналіту в зонах розривних порушень у галогенних відкладах сформувалися з розсолів, що виникли внаслідок виділення води з кристалогідратів під час термодинамометаморфізму (П. Білоніжка, 2007).

На прикладі Калуш-Голинського і Стебницького калійних родовищ Передкарпаття досліджено особливості сучасного мінералоутворення, зокрема, новоутворень мірабіліту із вторинної ропи хвостосховищ (В. Дяків, Х. Цар, 2010). На підставі детальних польових спостережень та онтогенічного аналізу з'ясовано, що загальна потужність мінеральних новоутворень прямо пропорційна до інтенсивності фільтраційного потоку ропи. Наявність чи відсутність мірабілітових новоутворень на косах дамб хвостосховищ і схилах солевідвалів та їхні онтогенічні особливості є чітким індикатором самоізоляції схилів глинистим матеріалом.

Дещо по-новому висвітлено особливості мінералоутворення на Трускавецькому сірчано-поліметалевому родовищі, на якому не виявлено ніяких ознак мінералогічної, геохімічної й температурної зональності, а взаємовідношення мінералів різноманітні. Формування мінеральних асоціацій відбувалося з єдиного термального розчину за низької температури, яка не перевищувала 100 °С. Найпереконливішою є гіпотеза катагенетич-

ного утворення зруденіння і, очевидно, у тісному зв'язку з формуванням вуглеводнів (М. Курило, С. Галій, 2009).

Унаслідок термобарогеохімічних та ізотопно-геохімічних досліджень мармароських “діамантів” і прожилків кальциту в породах північно-східного облямування Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма виявлено спорідненість ртуті й вуглеводнів у процесах метазенезу й гідротермального рудоутворення (В. Шумлянський зі співавт., 2010).

Деякі нові дані одержано з космічної мінералогії. Зокрема, за результатами оптико-мікроскопічного та сканувального електронно-мікроскопічного досліджень карпатського метеорита *Княгиня* визначено ступінь його ударно-метаморфічного перетворення; наведено нові дані про склад камаситу, теніту, троїліту й піротину (Н. Кичань, 2009). Уперше вивчено структурно-мінералогічні особливості метеоритних кульок карпатського боліда за допомогою сканувальних електронних мікроскопів, а також хімічний склад за допомогою енергодисперсійних спектрометрів, якими обладнані електронні мікроскопи. За хімічним складом і, відповідно, за походженням кульки розділено на три групи: ймовірно метеоритні, техногенні та невідомого походження. Перші за мінеральним складом подібні до кори плавлення хондритів. Вони представлені іюцитом (FeO – 98,5; Cr₂O₃ – 0,81; CoO – 0,68 мас. %), магнетитом, силікат-магнетитом, а також близькі до фаяліту й фаєаїту – рідкісного для метеоритів мінералу (В. Семененко, Н. Гіріч, Т. Горovenko, 2009).

NEW INFORMATION ABOUT MINERALOGY OF UKRAINIAN CARPATHIANS IN THE FIRST DECADE OF THE 21th CENTURY

O. Matkovskyi

*Ivan Franko National University of Lviv
Hrushevskyi St. 4, UA – 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: mineral@franko.lviv.ua*

New information about mineralogy of Ukrainian Carpathians in the first decade of the 21th century is briefly characterized. There are plenty of articles about separate minerals of almost all the classes and processes of mineral formation. The most vast information and generalizations are present on research of native elements (especially gold), sulphides (pyrite, galena, Fahlerz and other), sulphates (kalusite, wolnyn, gypsum), silicates (garnets, quartz, feldspars, zeolites, micas, hydromicas, smectites etc.). A lot of new information is got on magmatic, metamorphic, hydrothermal-metasomatic, sedimentary and even cosmic mineral formation due to, mainly, onthogenic and thermobarogeochemical researches.

Key words: mineralogy, native elements, sulphides, sulphates, carbonates, silicates, Ukrainian Carpathians.

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛОГИИ УКРАИНСКИХ КАРПАТ
В ПЕРВОМ ДЕСЯТИЛЕТИИ XXI ВЕКА****О. Матковский**

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
79005 г. Львов, ул. Грушевского, 4
E-mail: mineral@franko.lviv.ua*

Кратко освещены новые данные о минералогии Украинских Карпат в первом десятилетии XXI в. Отмечено большое количество преимущественно статейных публикаций по отдельным минералам почти всех классов и процессам минералообразования. Наиболее обширные сведения и обобщения имеются по исследованию самородных элементов (особенно золота), сульфидов (пирит, галенит, блёклые руды и др.), сульфатов (калушит, волнин, гипс), силикатов (гранаты, кварц, полевые шпаты, цеолиты, слюды, гидрослюды, смектиты и др.). Много новых данных получено относительно магматического, метаморфического, гидротермально-метасоматического, осадочного и даже космического минералообразования по результатам, главным образом, онтогенических и термобаро-геохимических исследований.

Ключевые слова: минералогия, простые вещества, сульфиды, сульфаты, карбонаты, силикаты, Украинские Карпаты.

Стаття надійшла до редколегії 06.09.2011

Прийнята до друку 09.11.2011