

УДК 549.742.1:549.322:549.514.51(477.87)

## ПІЗНЯ СУЛЬФІДНО-КВАРЦ-КАРБОНАТНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ В ПОРОДАХ КРОСНЕНСЬКОЇ ЗОНИ В МЕЖАХ ТРАСИ НОВОГО БЕСКИДСЬКОГО ТУНЕЛЮ

В. Гулій<sup>1</sup>, С. Кріль<sup>1</sup>, І. Ємельянов<sup>2</sup>, Я. Куземко<sup>3</sup>, В. Степанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Грушевського, 4, 79005 м. Львів, Україна  
E-mail: vguil@ukr.net

<sup>2</sup>Державний гемологічний центр України,  
вул. Дегтярівська, 38-44, 04119 м. Київ, Україна

<sup>3</sup>ЗАТ “Інтербудтунель”,  
вул. Промислова, 1, 01013 м. Київ, Україна  
E-mail: ibt@kbi.com.ua

У породах кросненської світи виділено декілька типів пізньої мінералізації, які відрізняються за морфологією мінеральних агрегатів та співвідношеннями з вмісними породами: власне мономінеральні карбонатні (головно, кальцитові), кварцові й сульфідні друзи і жили. Вони складені кварц-карбонатними і сульфідно-кварц-карбонатними агрегатами й окремими індивідами зазначених мінералів у різних кількісних співвідношеннях. Сульфідна мінералізація представлена двома морфогенетичними різновидами: зони на контакті вмісних порід і жил складені розсіяними в пісковиках дрібними кубічними кристалами піриту; пізніші сульфідні мають характерні риси утворень відкритих порожнин. Просторовий зв'язок між вкрапленою сульфідною і друзовою мінералізацією свідчить про їхнє близько-одночасне формування з генетично пов'язаних мінералоутворювальних розчинів.

Кристали кварцу типу мармароських “діамантів” містять численні включення вуглеводнів, які іноді масово розкриваються з виділенням рідких вуглеводнів уже під час перенесення з гірничої виробки в приміщення. Вони можуть бути своєрідними індикаторами як утворення, що зазнали мінімальної природної декрепітації порівняно з кристалами, відібраними в природних відслоненнях.

*Ключові слова:* кварц, мармароські “діаманти”, кальцит, пірит, включення вуглеводнів, кросненська світа, Бескидський тунель, Українські Карпати.

Мармароські “діаманти”, перша згадка про які належить І. Фігтелю (1791), – типовий продукт пізньої мінералізації в карпатських породах; уже протягом століть вони є об'єктом пошуку колекціонерів та дослідження вчених. Наразі відкрито їхні численні прояви й у Передкарпатті, і на вододільних частинах Карпат, досліджено їхні кристаломорфологічні, фізичні властивості, хімічний і фазовий склад твердих та вуглеводневих рідких і газоподібних включень [3, 26]. Водночас з'ясовано, що особливий різновид гірського кристалу, відомий у Карпатському регіоні як *мармароські “діаманти”*, достатньо поширений: його

описано в Західних Карпатах [24], Альпах [25], Аппалачах [23], Великому Балхані (Західний Туркменістан) [2], Кримських горах, на Кавказі та в багатьох інших місцях світу, де їх називають *ломбардські “алмази”*, *геркімерські “алмази”* тощо й вважають, що вони мають, головню, вторинне походження.

Мінералоги й колекціонери каменю захоплюються особливими формами кристалів мармароських “діамантів” та їхнім алмазним блиском. Останнім часом ці утворення зацікавили й геологів, які провадять розшуки родовищ вуглеводнів, оскільки переважний вуглеводневий склад включень у “діамантах” [3, 26] свідчить про їхню можливу роль як індикатора глибинних вуглеводневих потоків. Однак мармароські “діаманти” з природних відслонень і невеликих штучних виробок зазнали звітрювання, і первинні включення в них збереглися тільки частково.

Дослідники кварц-карбонатної жильної мінералізації з вуглеводнями в поривах Українських Карпат (М. Братусь, М. Вітик, Д. Возняк, Ю. Галабурда, І. Дудок, Б. Заціха, В. Калюжний, В. Квасниця, С. Ломов, О. Матковський, І. Наумко, В. Павлишин, М. Рипун та ін.) вивчали кварц-карбонатні жили у флішових відкладах у зв’язку з нафтогазоносністю та міграцією вуглеводнів; увагу акцентовано на вивченні генезису кварцу (мармароських “діамантів”) та флюїдних і твердих включень вуглеводнів [1–3, 5, 7–10, 13–21, 26]. Водночас недостатньо досліджено зміни складу вмісних порід та особливості жильних мінералів – кварцу, карбонатів і сульфідів.

Звичайно першим мінералом, який виповнює типові для флішових утворень Карпат карбонатні та кварц-карбонатні жили, є кальцит. Виділено [1] дві генерації кальциту: ранню (ромбоедричний кальцит) і пізню (скаленоедричний). Центральні частини жил виповнені кварцом (зазвичай, двоголові кристали мармароських “діамантів”), індивіди якого гранями призми або ромбоєдра “прикріплені” до кристалів кальциту в асоціації з бітумами різного складу (антраксоліт, елькерит, асфальтин та ін.). Загалом у кварц-карбонатних жилах послідовно кристалізуються такі мінеральні асоціації: кальцит-I + антраксоліт; мармароські “діаманти” + антраксоліт; кальцит-II + керит. Кристали “діамантів” починають формуватися після кальциту-I на наступному етапі мінералоутворення під час інтенсивної міграції вуглеводнів [1, 3, 10, 14].

Будівництво нового Бескидського тунелю на вододілі Карпат відкрило нові можливості для геологічного вивчення та відбирання й дослідження мінералогічного матеріалу.

**Геолого-структурні й речовинні особливості порід Кросненської зони в районі траси нового Бескидського тунелю.** Завдяки будівництву нового Бескидського тунелю на ділянці розвитку порід флішової формації в межах Кросненської зони з’явився прямий доступ до штучних відслонень, де можна виконувати геологічні дослідження й відбирати мінералогічні проби для вивчення мармароських “діамантів” і супутніх їм пізніх мінералів, у яких первинні включення змінені мінімально [4, 12]. Відібрані кристали кварцу містять численні включення вуглеводнів, які іноді масово розкриваються з виділенням рідких вуглеводнів уже під час перенесення з гірничої виробки до приміщення. Вони можуть слугувати своєрідними індикаторами як утворення, що зазнали мінімальної природної

декрепітації (порівняно з кристалами, відібраними раніше у природних відслоненнях).

Бескидський тунель прокладають на межі Львівської й Закарпатської областей між залізничними станціями Бескид і Скотарське. Траса тунелю проходить через комплекс флішових порід нижньокросненської підсвіти кросненської світи олігоцену ( $P_3kr_1$ ) у межах Кросненської зони – центральної структури в Українських Карпатах. Загальна будова зони особливо не відрізняється від покривної структури суміжних структурних одиниць Карпат, а внутрішні субзони Кросненської зони, як і інші покриви Українських Карпат, насунуті в північно-східному напрямі. Територіальні та структурні межі цієї зони чітко не визначено, що можна простежити на різних тектонічних схемах Карпат [6]. Західним продовженням Кросненської зони є Сілезька зона Західних Карпат на території Польщі. На схід від українсько-польського кордону відклади, давніші від олігоценових, на поверхні майже цілком виклинюються, а Сілезька зона в Українських Карпатах переходить у внутрішню частину Кросненської зони (Турківська підзона) і виклинюється в районі р. Чорна Тиса [22].

Породам Кросненської зони притаманні літофаціальні заміщення: найдавніші, верхньокрейдові (коньяк–маастрихт) відклади, які представлені 200-метровою товщею темних середньозаруватих кварцових пісковиків і темних сланців, переходять у товщу темних середньо- до товстошаруватих пісковиків і темно-зелених сланців (нерозчленовані відклади) середньоєоценового віку потужністю 400–500 м. Молодші відклади верхнього еоцену й олігоцену–нижнього міоцену в межах Кросненської зони аналогічні до одновікових відкладів внутрішньої частини Сілезької зони [6, 22].

Кросненська світа в досліджуваному регіоні складена різноритмічним перешаруванням сірих пісковиків, аргілітів, алевролітів з прошарками темних алевролітів і вапняків олігоценового–нижньоміоценового віку. Нижньокросненська підсвіта складена, головню, пісковиками, а в її підшві виділяють малопотужний регіональний маркувальний горизонт – головецькі смугасті вапняки. Пісковики масивні, сірі, з прошарками темних аргілітів [6].

Виконані нами роботи засвідчили [4], що макроскопічно основними породами трикомпонентної флішової товщі в районі Бескидського тунелю є ясно-сірі масивні пісковики потужністю до 10 м (до 90 % об'єму розрізу), наявні темні до чорних аргіліти й алевроліти потужністю до перших метрів (до 10 %), спорадично трапляються вапняки. Усі ці породи закономірно перешаровані у звичній для флішових утворень послідовності й мають генеральне південно-західне падіння, подекуди воно досить круте (кут падіння ~ 60°) або пологіе (30°), наявні також флексуроподібні вигини товщі. Породи розбиті ортогональними чи (рідше) перпендикулярними тріщинами, по яких розвинуті дзеркала ковзання. Тріщини часто виповнені пізними жилами протяжністю перші метри й потужністю до 50 см, а також друзами новоутворених мінералів.

Пісковики мають псамітову структуру, масивну текстуру і звичайно представлені кварц-карбонатними літокристалокластичними різновидами з кварцовими (до 50 % об'єму породи) і карбонатними (> 50 %) уламками та головню плівковим глинисто-карбонатним цементом (близько 5 %). Склад аргілітів і

алевролітів подібний до складу пісковиків, однак у них більше вуглисто-глинистих виділень, іноді – рудних мінералів; цемент глинисто-карбонатний.

**Особливості мінерального складу вторинних утворень.** За мінеральним складом у жилах і друзах можна виділити декілька типів мінералізації, які відрізняються також за морфологією мінеральних агрегатів і співвідношеннями з вмісними породами: власне мономінеральні карбонатні (головно кальцитові), кварцові й сульфідні друзи та жили, складені кварц-карбонатними і сульфідно-кварц-карбонатними агрегатами й окремими індивідами зазначених мінералів у різних співвідношеннях.

Переважають власне кальцитові друзи і жили, що повсюдно містять хоч би дрібненькі кристалики кварцу, яким притаманні всі риси мармароських “діамантів”. Вони поширені у вигляді поодиноких кристалів розміром 0,1–0,4 см і друз, трапляються зростки. У жилах і друзах різного складу поряд із “діамантами” часто наявні землісті й зернисті агрегати твердих вуглеводнів у вигляді кірок, нальотів на поверхні вмісних порід, а також окремих зерен на поверхні кварцу й карбонатів.

**Сульфідна мінералізація** представлена двома морфогенетичними різновидами. Більш рання мінералізація звичайно виявлена на контакті вмісних порід, жил і друз різного мінерального складу – це асиметричні за формою зони розміром 3 × 5 см з підвищеним вмістом сульфідів. Сульфіди представлені розсіяними в пісковиках дрібними (0,01–0,05 мм) кристалами піриту кубічного габітусу. У межах таких зон кількість кристалів у вмісних породах збільшується з наближенням до контакту з жилою чи субстратом друз (рис. 1), де розвинені пізніші сульфіди другого морфогенетичного різновиду з характерними рисами утворень відкритих порожнин. Просторовий зв'язок між вкрапленою сульфідною і друзовою мінералізацією може свідчити про близько-одночасне їхнє формування з генетично пов'язаних мінералоутворювальних розчинів.

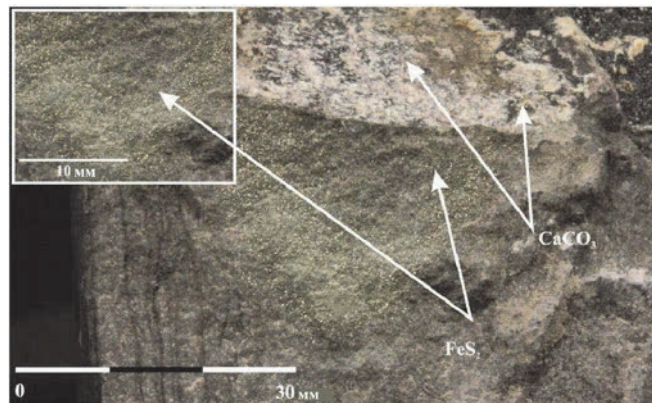


Рис. 1. Вкраплена сульфідна мінералізація та її співвідношення з друзовою мінералізацією в пісковиках кросненської світи.

**Карбонатна мінералізація.** Кальцит виповнює тріщини у вмісних породах і формує друзи й жили потужністю від декількох міліметрів до 1–2 см. Жили, виповнені тільки карбонатами, – це основна частина жильної мінералізації в

породах кросненської світи в межах траси Бескидського тунелю. Карбонати представлені кальцитом білого, інколи сіруватого кольору. Найчастіше мінерал утворює масивні агрегати блокової будови, що виповнюють весь простір тріщини. Зазвичай такі жили мають неправильну форму, нерівний контакт із вмисними породами, часто заміщують або перерізають одна одну (рис. 2). Рідше трапляються агрегати кальциту у формі друз і щіток дрібних (до 1–2 мм) кристалів ромбоedrничного габітусу, причому іноді розмір таких кристалів досягає 5–10 мм.

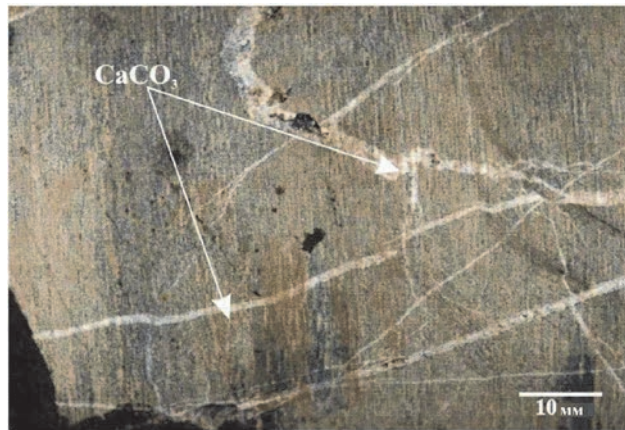


Рис. 2. Жильна кальцитова мінералізація в пісковиках кросненської світи.

**Кварцова мінералізація з вуглеводнями.** Власне кварцова мінералізація представлена двоголовими кристалами кварцу, які за морфологією подібні до мармароських “діамантів”. Кристали кварцу “прикріплені” гранями призми безпосередньо до субстрату – стінок тріщин у вмисних пісковиках. Часто на поверхні тріщини спочатку формувались тверді вуглеводні, а вже потім – кварц (рис. 3, а).

Розмір кристалів кварцу за видовженням коливається від 3 до 15 мм. Звичайно індивіди двоголові, на них по-різному розвинуті грані тригональної призми й ромбоedrнів. Обрис кристалів короткостовпчастий, рідше стовпчастий. За габітусом розрізняють призматичні й ромбоedrничні індивіди. Серед призматичних виділено короткопризматичні кристали, на яких три головні форми – призма та позитивний і негативний ромбоedrри – розвинуті більш-менш рівномірно (рис. 4, а), та призматичні, на яких грані ромбоedrнів розвинуті неоднаково й мають другорядне значення. На кристалах ромбоedrничного габітусу порівняно рівномірно розвинуті грані ромбоedrнів і слабко – грані призми (див. рис. 4, б). Розмір таких індивідів за головною кристалографічною віссю досягає 15 мм.

Серед досліджених кристалів кварцу поширені зростки (див. рис. 4, в). Подекуди на гранях призми й ромбоedrнів трапляються індукційні поверхні, наявність яких свідчить про одночасний ріст обох індивідів. На гранях призми деяких кристалів розвинуте неперервне штрихування (наслідок різниці у швидкості росту кристалів паралельно та перпендикулярно до головної кристалографічної осі), є сліди механічного руйнування.

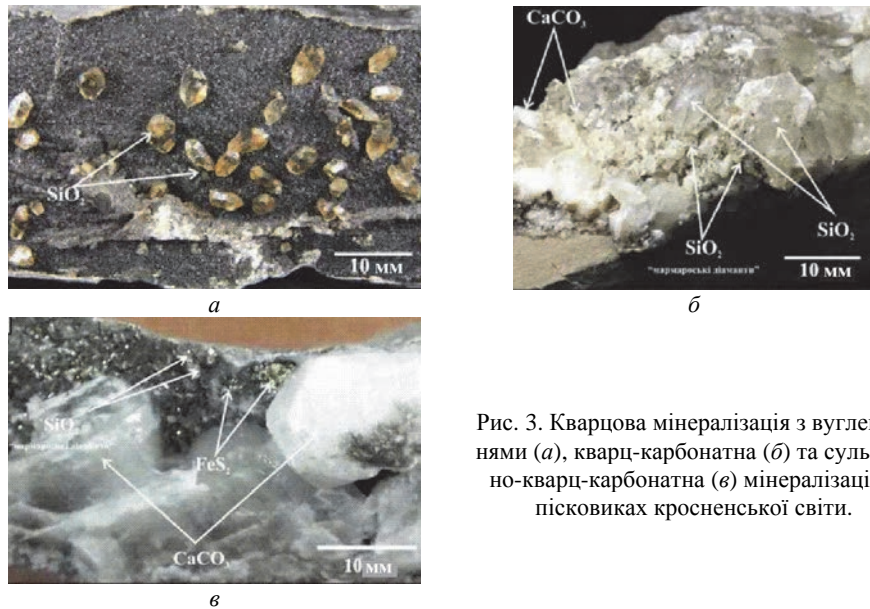


Рис. 3. Кварцова мінералізація з вуглеводнями (а), кварц-карбонатна (б) та сульфідно-кварц-карбонатна (в) мінералізація в пісковиках кросненської світи.

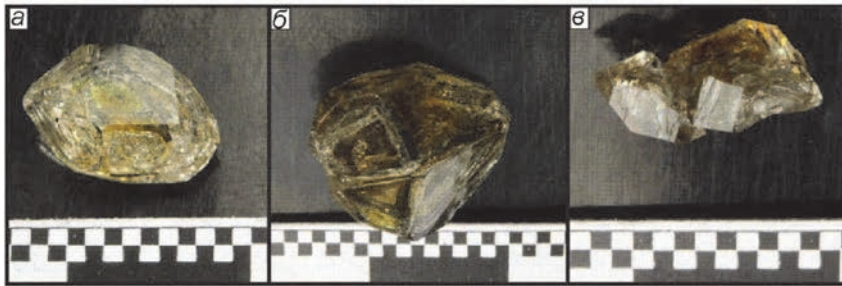


Рис. 4. Кристали кварцу з порід Бескидського тунелю:

а – кристал короткопризматичного обрису з рівномірно розвинутими гранями призми, позитивного і негативного ромбоєдрів; б – кристал ромбоєдричного габітусу з порівняно рівномірним розвитком граней ромбоєдрів і слабкими гранями призми, містить ознаки реберного скелетного росту; в – зросток кристалів кварцу.

Більшість кристалів має ознаки скелетного росту (див. рис. 4, б), наявні реберні скелетні кристали, що є доказом незначного пересичення мінералоутворювального розчину [11].

Кристали кварцу прозорі, жовтого або бурого кольору, інколи безбарвні. Забарвлення зумовлене наявністю великої кількості одно- та двофазових включень рідких і твердих вуглеводнів (рис. 5, а).

Включення у кварці досліджували методом флуоресценції (прилад “Diamond-View™”, розробка компанії “Де Бірс”) за опромінювання об’єктів УФ-хвилями довжиною 225 нм і потужністю УФ-лампи 20 Вт. Флюїдні включення мають різний колір флуоресценції, що залежить від їхнього фазового складу, агрегатного стану й, імовірно, компонентного складу вуглеводнів (див. рис. 5, б).

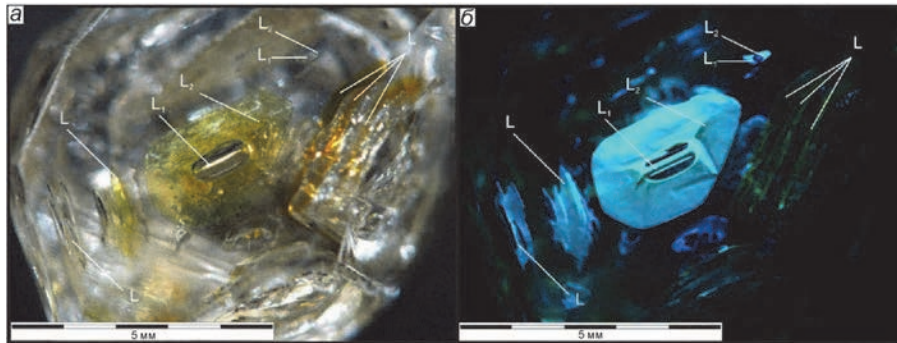


Рис. 5. Флуоресценція одно- і двофазових включень рідких вуглеводнів у кристалах кварцу.

Зокрема, однофазові прозорі (метанові?) та рідкі жовтуваті (нафтові?), а також двофазові прозорі (див. рис. 5, *a*:  $L_1$  і  $L_2$  прозорі) або жовтуваті (див. рис. 5, *a*:  $L_1$  – прозора,  $L_2$  – жовтувата) включення мають люмінесцентне голубувато-синє забарвлення. Вірогідно, воно зумовлене наявністю у складі включень ароматичних вуглеводнів [3]. Однофазові (нафтові?) включення, заповнені щільнішим флюїдом бурого або коричневого кольору, мають люмінесцентне зелене забарвлення.

Прикметно, що виявлені особливості флуоресценції найчіткіші в кристалах, відібраних оперативно під час проходження Бескидського тунелю, тоді як кристали, відібрані у природних відслоненнях, слабо реагують на УФ-опромінення. Отже, запропоновану методику можна використовувати як перший крок у разі оцінки тривалості змін первинних включень за умов звітрювання та для виявлення специфічних незмінених ділянок з активними глибинними вуглеводневими потоками.

**Кварц-карбонатна мінералізація.** Друзи й жили, виповнені кварц-карбонатним матеріалом, достатньо рідкісні. Звичайно в зальбандах жил на контакті з вмісними породами утворюються друзи кристалів білого або безбарвного прозорого кальциту розміром від декількох до 10 мм. На кальцит нарастають порівняно великі (до 10 мм) прозорі кристали кварцу. Часто в такій ситуації наявні і двоголові мармароські “діаманти” різного габітусу, однак значно меншого розміру (до 1–2 мм), а також тверді вуглеводні (див. рис. 3, *б*). У поодиноких друзах описуваного складу фіксують кристали кальциту, які росли на крупнокристалічний кварц. У цих утвореннях мінерали формувалися в такій послідовності: кальцит ромбодричного габітусу → крупнокристалічний кварц → кварц (мармароські “діаманти”) + вуглеводні → кальцит другої генерації.

**Сульфідно-кварц-карбонатна мінералізація** найменше поширена серед жильних утворень. З’ясовано, що в зальбандах жили у просторі відкритої тріщини спочатку кристалізувався кальцит, а на його поверхні – кварц, інколи мармароські “діаманти” з вуглеводнями та сульфіди (імовірно, пірит) (див. рис. 3, *в*). Найпізнішим мінералом є кальцит другої генерації, яким складені крупнокристалічні агрегати, сформовані прозорими, іноді сіруватими ромбодричними кристалами кальциту розміром до 10–15 мм.

Отже, у більшості праць наших попередників, що стосуються жильної карбонатної, кварц-карбонатної та кварцової мінералізації в породах Українських Карпат, описано, головню, карбонатні або кварц-карбонатні жили з мармароськими “діамантами” і вуглеводнями. Ми дослідили особливості пізньої сульфідно-кварц-карбонатної мінералізації в олігоценових пісковиках кросненської світи, що, на наш погляд, має важливе прикладне значення, оскільки такі утворення не змінені екзогенними процесами. Вони зазнали мінімального впливу звітрювання та природної декрепітації включень, зокрема вуглеводневих, порівняно з численними кристалами, відібраними й описаними в окремих природних карпатських відслоненнях, тому містять первинну генетичну інформацію.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Братусь М. Д. Умови мінералоутворення та ізотопна природа компонентів флюїдів у жилах серед осадочних порід Складчастих Карпат / М. Д. Братусь, С. Б. Ломов // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1996. – № 1–2 (94–95). – С. 85–95.
2. Братусь М. Д. Генетические особенности кристаллизации горного хрустала Большого Балхана / М. Д. Братусь, И. Н. Погребняк // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 286, № 1. – С. 189–194.
3. Возняк Д. К. Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення / Д. К. Возняк. – К. : Наук. думка, 2007. – 279 с.
4. Геолого-структурні особливості та речовинний склад порід Кросненської зони в районі нового Бескидського тунелю / В. Гулій, Я. Куземко, В. Степанов [та ін.] // Фундаментальне значення і прикладна роль геологічної освіти і науки : міжнарод. наук. конф. : матеріали. – Львів, 2015. – С. 69–71.
5. Головченко Д. Особливості мінерального складу гідротермальних жил у пісковиках з околиць с. Кваси (Рахівський рудний район, Закарпаття) / Д. Головченко, І. Попівняк // Мінерал. зб. – 2009. – Вип. 59, № 2. – С. 143–148.
6. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Аркуші М-34-XXXVI (Хуст), L-34-VI (Бая-Маре), М-35-XXXI (Надвірна), L-35-I (Вишеу-Де-Сус). Карпатська серія / Уклад. : Б. В. Мацьків, Б. Д. Пукач, В. М. Воробканич, С. В. Пастуханова, О. М. Гнилко. – К. : УкрДГРІ, 2009.
7. Дудок І. В. Газовий склад включень у жильних мінералах з флішу Українських Карпат / І. В. Дудок // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1996. – № 3–4 (96–97). – С. 98–104.
8. Зациха Б. В. Включения углеводородов в гидротермальном кварце Закарпатской металлогенической провинции / Б. В. Зациха // Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах) : республ. совещ. : тез. докл. – Львов, 1975. – С. 62–64.
9. Зациха Б. В. О кварце с углеводородными включениями / Б. В. Зациха, Б. С. Панов // Докл. АН СССР. – 1985. – Т. 285, № 5. – С. 1186–1189.



10. Калюжный В. А. Флюидные включения и среда кристаллизации кварца из Кобылецкой Поляны в Закарпатье (аспекты эволюции) / В. А. Калюжный, С. Б. Ломов // *Минерал. сб.* – 1990. – № 44, вып. 2. – С. 73–80.
11. Краснова Н. И. Генезис минеральных индивидов и агрегатов / Н. И. Краснова, Т. Г. Петров. – СПб. : Невский курьер, 1997. – 228 с.
12. Кросненская зона / Г. Д. Досин, В. В. Кузовенко, Я. В. Совчик, В. А. Шакин // *Тектоника Украинских Карпат.* – Киев : Изд-во Мингео УССР, 1986. – С. 80–84.
13. Матковский О. И. О так называемых мармарошских диамантах / О. И. Матковский // *Материалы Комиссии минералогии и геохимии КБГА.* – 1961. – № 1. – С. 149–158.
14. Мінерали Українських Карпат. Процеси мінералоутворення / [О. Матковський, П. Білоніжка, Д. Возняк та ін.]. – Львів : Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2014. – 583 с.
15. Наумко І. Вуглеводні флюїдних включень у мінералах нафтогазоносних породних комплексів Кросненської зони Українських Карпат (стан і пріоритети досліджень) / І. Наумко, Г. Занкович // *Мінерал. зб.* – 2014. – № 64, вип. 1. – С. 134–154.
16. Наумко І. М. Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геол. наук / Наумко Ігор Михайлович. – Львів, 2006. – 52 с.
17. Павлышин В. И. Кристаллохимия и генетические особенности “мармарошских диамантов” / В. И. Павлышин, Д. К. Возняк // 14 конгресс КБГА : тез. докл. – София, 1989. – С. 149–158.
18. Післяседиментаційні перетворення крейдово-палеогенових відкладів Флішових Карпат / К. Деревська, І. Бубняк, А. Субботін [та ін.] // *Мінерал. зб.* – 2009. – № 59, вип. 1. – С. 95–104.
19. Про включення нафти в мармароських діамантах / Д. К. Возняк, В. В. Грицик, В. М. Квасниця, Ю. А. Галабурда // *Доп. АН УРСР. Сер. Б.* – 1973. – № 12. – С. 1059–1062.
20. Рипун М. Б. Об ориентировке, времени образования и связи с нефтеносностью минеральных прожилков из флишевых отложений Карпат / М. Б. Рипун // *Геология и геохимия горючих ископаемых.* – 1970. – Вып. 23. – С. 71–78.
21. Флюїдний режим формування жильних утворень у різновікових відкладах української частини Складчастих Карпат / О. Д. Матвієнко, І. М. Наумко, А. М. Бубняк [та ін.] // *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол.* – 2004. – Вип. 18. – С. 239–246.
22. Geology and hydrocarbon resources of the Outer Carpathians, Poland, Slovakia, and Ukraine: general geology / A. Slaczka, S. Kruglov, J. Golonka [et al.] // *The Carpathians and Their Foreland: Geology and Hydrocarbon Resources : AAPG Memoir.* – Tulsa, Oklahoma, USA, 2006. – N 84. – P. 221–258.
23. Jones B. The new image of Herkimer, New York / B. Jones // *Rock & Jem.* – 2012. – June. – P. 72–73.

24. Origin of methane in quartz crystals from the Tertiary accretionary wedge and fore-arc basin of the Western Carpathians / V. Hurai, J. Kihle, V. Kotulova [et al.] // *Applied Geochemistry*. – 2002. – Vol. 17. – P. 1259–1271.
25. Rottenmanner G. “Lombardische Diamanten” – von schonen Quarz kristallen aus Selvino in Italien / G. Rottenmanner // *Der Steirische Mineralog.* – 2014. – Bd. 28. – S. 30–34.
26. Vityk M. O. Fluid inclusions in “Marmarosh Diamonds” – evidence for tectonic history of the Folded Carpathian Mountains, Ukraine / M. O. Vityk, R. J. Bodnar, I. V. Dudok // *Tectonophysics*. – 1996. – Vol. 255. – P. 163–174.

*Стаття: надійшла до редакції 26.07.2016  
прийнята до друку 02.11.2016*

## **LATE SULPHIDE-QUARTZ-CARBONATE MINERALIZATION IN THE KROSNO ZONE ROCKS WITHIN THE ROUTE OF NEW BESKYDSKYI TUNNEL**

**V. Guliy<sup>1</sup>, S. Kril<sup>1</sup>, I. Yemelyanov<sup>2</sup>, Ya. Kuzemko<sup>3</sup>, V. Stepanov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Ivan Franko National University of Lviv,  
4, Hrushevskiy St., 79005 Lviv, Ukraine  
E-mail: vgul@ukr.net*

<sup>2</sup>*State Gemological Centre of Ukraine,  
38-44, Dehtyarivska St., 04119 Kyiv, Ukraine*

<sup>3</sup>*Closed Joint-Stock Company “Interbudtunel”,  
1, Promyslova St., 01013 Kyiv, Ukraine  
E-mail: ibt@kbi.com.ua*

Construction of the new Beskydskiy tunnel at the Carpathians watershed opened new possibilities for geological study and sampling of mineralogical materials from flysch formation rocks of the Krosno zone. There is a direct access to the artificial outcrops where you can take mineral samples to explore Maramures “diamonds” and associated late mineral, in which the primary inclusions changed minimally.

The flysch series is composed of interstratification of light gray massive sandstones (up to 90 % of the cross section), and dark to black argillites and aleurolites, sporadically limestones. There are orthogonal or (rarely) perpendicular fractures in the rocks which are often filled with late veins and druses of the newly formed minerals.

Monomineral carbonate (mostly calcite), quartz and sulphide druses and veins have been identified; they are composed of quartz-carbonate and sulphide-quartz-carbonate aggregates and individuals of these minerals in different ratios. Calcite druses and veins dominate; they contain everywhere at least small crystals of quartz, which has all the features of Maramures “diamonds”. They are distributed in the form of single crystals with size of 0.1–0.4 cm, druses and, rarely, growths.

Sulphide mineralization is represented by two morphogenetic varieties. Earlier are cubic pyrite crystals with a size of 0.01–0.05 mm, which are usually scattered in the sandstones. The number of crystals in rocks increases as approaching the contact with

vein or druse substrate, where the sulphides of the second morphogenetic variety are developed; they have the characteristics of the open cavities formation. The spatial relationship between impregnated sulphide and druse mineralization indicates their near-simultaneous formation from genetically related mineral-forming solutions.

Quartz mineralization is represented by double-headed quartz crystals ranging in size from 3 to 15 mm, which morphology is similar to Maramures “diamonds”. They are “attached” by prism faces directly to the substrate – walls of the fractures in the host sandstones. The habit of the crystals is hexagonal-prismatic and rhomboedric, short-prismatic, rarely columnar. The crystals growths are common, as well as the crystals with signs of skeletal growth.

The quartz crystals are transparent, yellow or brown in colour, sometimes colourless. The colour is due to the presence of a large number of single- and two-phase inclusions of liquid and solid hydrocarbons. Discovered inclusions have different colour of fluorescence depends on their phase composition, state of aggregation and composition of hydrocarbons. It is noteworthy that the identified features of the fluorescence are the most clear in the crystals we were sampled quickly during the tunnelling, whereas the crystals that were sampled from the average natural outcrops are poorly responsive to UV-irradiation. The proposed technique can be used as a first step to assess the duration of changes of primary inclusions in the conditions of volatilization and to identify specific unmodified areas with active deep hydrocarbon flows.

*Key words:* quartz, Maramures “diamonds”, calcite, pyrite, inclusions of hydrocarbons, Krosno zone, Beskydskyi tunnel, Ukrainian Carpathians.