

УДК 549.324.31(477.87)

В. Гулій, д-р геол.-мінералог. наук, проф.,

E-mail: vgul@ukr.net

С. Кріль, канд. геол. наук, інж.,

E-mail: solia_kr@ukr.net,

Львівський національний університет імені Івана Франка

Геологічний факультет, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

О. Ковтун, пров. інж.-геолог,

E-mail: kovtun85@ukr.net,

Український Державний геолого-розвідувальний Інститут

вул. Автозаводська, 78-А, м. Київ, 04114, Україна,

Я. Куземко, геолог,

ПАО «Інтербудтунель»,

вул. Промислова, 1, м. Київ, 01013, Україна

СУЛЬФІДНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ У ФЛІШОВИХ ВІДКЛАДАХ КРОСНЕНСЬКОЇ ЗОНИ (В МЕЖАХ ТРАСИ НОВОГО БЕСКИДСЬКОГО ТУНЕЛЮ)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мін. наук, проф. В.М. Загнітком)

Наведено результати дослідження сульфідної мінералізації у породах флішу в межах нової траси Бескидського тунелю, який проходить у сірих масивних пісковицях із прошарками темних алевролітів та аргілітів олігоценового віку Кросненської зони Українських Карпат. Вперше проведено детальне вивчення макро- та мікроскопічних морфогенетичних особливостей, складу сульфідів із вмісних порід та пізніх сульфідно-кварц-карбонатних жил і друз. За результатами досліджень встановлено два основні морфогенетичні типи сульфідів. Ранні сульфіди зустрічаються у вигляді поодиноких дрібних виділень піриту кубічного габітусу та їхніх скупчень (часто ізометричних агрегатів, фрамбоїдів) і рідких зерен сфалериту у вмісних породах. Утворення сульфідів цього типу пов'язане з етапом формування пісковиць і аргілітів. Другий тип сульфідів характерний для сульфідно-кварц-карбонатних друзових і жильних утворень, сформованих в умовах розтягнення під час розвитку розривних порушень в уже літифікованих породах. Пізні сульфіди утворюють мінеральні агрегати та окремі кристали переважно кубічного та кубоктаєдричного габітусу розміром до кількох міліметрів. Пірит обох морфогенетичних типів за складом відповідає чистому FeS_2 .

Ключові слова: *пірит, кальцит, кварц, "мармароські діаманти", Кросненська зона, Бескидський тунель.*

Вступ. У породах флішу Кросненської зони знахідки сульфідів часто відмічалися при проведенні картувальних та дослідницьких робіт у Карпатському регіоні. Зокрема, в праці В.В. Даниша [6] вказано, що у флішових комплексах покривів Українських Карпат Ю.М. Сеньковським виявлено наявність мікросмугастої текстури, яка спричинена чергуванням карбонатів кальцію і дисульфідами заліза. Пірит у вигляді стяжін, сферолітів, розсіяних вкраплень окремих кристалів кубічного та октаєдричного габітусу, а також глобул, описаний в Прикарпатті (наприклад, у породах менілітової світи) та в складі свинцево-цинкових руд Трускавецького родовища [10, 12]. В працях І. Поппа [14] містяться дані про сульфідно-кремисто-карбонатні конкреції та стяжіння серед мінералів діагенетичного походження у відкладах крейдово-палеогенового віку, формування їх пов'язане із геохімічними процесами інтенсивного діагенезу за участі розсіяної у породах органічної речовини.

У численних працях [1, 2, 5, 8, 11-13, 15] наведено детальні описи пізніх утворень кварц-карбонатного мінерального складу в породах різних покривів Карпат і зазначено низку асоціюючих з ними мінералів, зокрема сульфідів. Проведені нами геолого-мінералогічні роботи в межах траси нового Бескидського тунелю дали можливість зібрати матеріали, які вказують на часту присутність сульфідів у свіжих вмісних породах та у пізніх жильних утвореннях, обширно розвинutih у Кросненській зоні [7]. Нами вперше проведено детальне, із застосуванням сучасних методів дослідження, вивчення генезису, морфогенетичних особливостей та складу сульфідів. Ці матеріали стали основою написання даної статті.

Геолого-структурні особливості Кросненської зони в межах Бескидського тунелю. Кросненська (Сілезька) зона розташована в центральній частині Зовнішніх Карпат. Загальна структура зони подібна до структури прилеглих покривів, а її внутрішні субзони насунуті на зовнішні в північно-східному напрямку, як і в межах інших покривів Українських Карпат. Територіальні межі, а також структурні особливості цієї зони, одно-

значно не встановлені й відрізняються на різних тектонічних схемах Карпат [4, 7, 16]. Західним продовженням Кросненської зони є Сілезька зона в межах Західних Карпат на території Польщі. На схід від українсько-польського кордону відклади, давніші за олігоценіві, майже повністю виклинюються на поверхні, а Сілезька зона в межах Українських Карпат переходить у внутрішню частину Кросненської зони (Турківська підзона), виклинюючись у районі р. Чорна Тиса [16].

Бескидський тунель прокладають на межі Львівської та Закарпатської областей між залізничними станціями Бескид та Скотарське. В геолого-структурному відношенні траса тунелю проходить у комплексі флішових порід олігоценового віку нижньокросненської підсвіти кросненської світи (P_3kr_1) [4, 7, 16]. Кросненська світа в досліджуваному регіоні складена різномірним перешаруванням сірих пісковиць, аргілітів, алевролітів з прошарками темних алевролітів, зрідка вапняків олігоценово-нижньоміоценового віку. Нижня підсвіта переважно складена пісковицями, а в її підшві виділяють малопотужний регіональний маркувальний горизонт – головоцькі смугасті вапняки. Пісковики нижньої підсвіти кросненської світи масивні, сірі, з прошарками темних аргілітів [7].

Основними породами трикомпонентної флішової товщі в районі тунелю є пісковики (до 90% об'єму розрізу), аргіліти й алевроліти (до 10%), інколи вапняки. Товщі світло-сірих масивних пісковиць є найбільш потужними (до 10 м). Місцями пісковики змінюються від дрібнозернистих до крупнозернистих, а часом і до гравелітистих різновидів. Аргіліти й алевроліти переважно темного до чорного кольору, дрібнозернисті, мають невеликі потужності (до кількох метрів). Пласти вапняків темно-сірого до чорного кольору, потужністю кілька сантиметрів. Зазалом товща порід нижньокросненської світи в межах тунелю має генеральне південно-західне падіння, кут падіння змінюється від 30° до 60°, у деяких місцях спостерігається флексуроподібні вигини, розбиті ортогональними або перпендикулярними тріщинами, що часто виповнені пізніми жилами

протяжністю в перші метри й потужністю до 50 см, по яких розвиваються дзеркала ковзання [3].

Пісковики характеризуються псамітовою структурою, масивною текстурою і представлені переважно кварц-карбонатними літокристалокластичними різновидами. Уламки, розміром 0,1–0,5 мм, складені кварцом (до 50% об'єму породи), карбонатом (більше 50%), мікрокварцитом, зернами плагіоклазів і пелітоморфних польових шпатів (перші відсотки), часом рештки форамініфер і рудних мінералів. Розвинуті також лусочки мусковіту (близько 10%) і поодинокі виділення біотиту й глауконіту. Цемент (приблизно 5%) переважно плівковий, глинисто-карбонатний. Аргіліти й алевроліти мають подібний до пісковиків склад: кварц (менше 5%) – серицит (менше 50%) – карбонатний (більше 50%), за більшої кількості вуглисто-глинистих виділень, часом рудних мінералів, за менших розмірів уламків – 0,01–0,08 мм. Цемент глинисто-карбонатний, часом глинисто-залізисто-карбонатний. Структура порід – алевропелітова, текстура – масивна, іноді масивно-смуриста за рахунок чергування інтервалів з різним співвідношенням глинистої та карбонатної компонент. Пелітоморфний (глинистий) вапняк містить крапкоподібні виділення кварцу й окремих зерен плагіоклазу та характеризується пелітовою структурою і масивною текстурою [3].

Методи та матеріали дослідження. Нами досліджувалися типові породи флішу кросненської зони і розвинуті в них пізні жильні утворення, які супроводжуються формуванням друз та прожилків кварц-карбонатного, кварцового та сульфідно-кварц-карбонатного складу [9]. Послідовно проводився макроскопічний опис зразків, виготовлення аншліфів і їхнє вивчення, пошук і вивчення морфологічних особливостей агрегатів сульфідів із різних ділянок порід до подальшої оцінки складу та морфології сульфідів та асоціюючих мінералів за допомогою скануючої електронної мікроскопії (SEM) та рентгеноспектрального мікроаналізу (РСМА), що дозволило виявити дрібні фази асоцію-

ючих мінералів, таких як барит, сфалерит, і реліктових – рутилу, циркону та ін.

Після детального вивчення аншліфів під мікроскопом у відбитому світлі, виділені ділянки в полірованих препаратах аналізувалися растровим електронним мікроскопом з енергодисперсійним детектором (РЕМ 106І). Аналітичні вимірювання методом РСМА на РЕМ-106І проводилися при напрузі прискорення електронів 20 кВ, силі електричного струму зонда 140 мкА, з межею визначення 0,01–0,1% для різних елементів і точністю ± 2 –5 відн. %. Для розрахунку масових часток хімічних елементів використано програму "Magallanes" із базою даних фундаментальних параметрів для 92 елементів.

Другу серію досліджень виконано на свіжих поверхнях без порушення природних форм зразків і без попереднього полірування для вивчення рельєфу поверхні кристалів та їх зростків і орієнтовного визначення хімічного складу окремих фаз. Поверхні таких аналізованих препаратів у режимі високого вакууму попередньо очищали від пилу, обезжирювали за допомогою ультразвукового промивача та промивали в етиловому спирті, після чого покривали тонким шаром графіту на приладі ВУП-5М.

Результати дослідження. При макроскопічних і петрографічних дослідженнях виявлено два основні морфогенетичні типи розповсюдження сульфідів у породах району нового Бескидського тунелю. Перший тип сульфідів, встановлений нами як більш ранній, представлений поодинокими виділеннями та вкрапленнями сульфідів та їх скупченнями у вмісних породах, часто у вигляді ізометричних агрегатів (рис. 1-А), утворення яких пов'язане з етапом літифікації власне пісковиків і аргілітів. Другий тип сульфідів – це друзові та жильні виділення, сформовані в умовах розтягу під час розвитку розривних порушень в уже літифікованих породах (рис. 1-В).

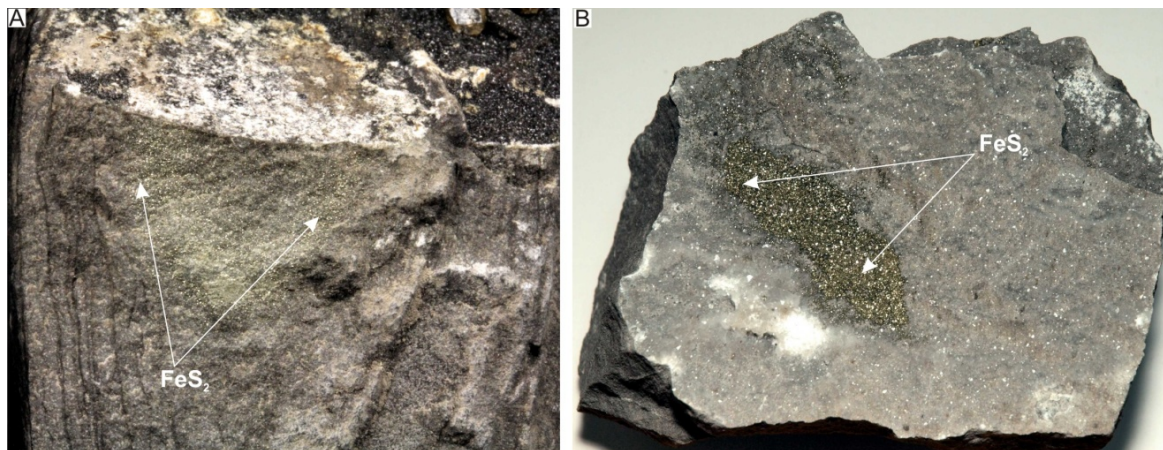


Рис. 1. Морфогенетичні типи сульфідної мінералізації флішових порід Кросненської зони:

А – більш ранні поодинокі виділення сульфідів у вмісних породах, В – сульфідні в складі сульфідно-кварц-карбонатних жил

Вкраплена рання сульфідна мінералізація у вмісних породах нижньокросненської підсвіти. Найчастіше вона проявляється на контакті вмісних порід, жил та друз із різним мінеральним складом у формі асиметричних зон розміром 3×5 см із підвищеним вмістом сульфідів, а також у формі орієнтованих паралельно до нашарування уламкового матеріалу прошарків сульфідів. Сульфідні представлені дрібними (до кількох мм), розсіяними у пісковиках, кристалами кубічного габітусу, а також сферичними агрегатами (фрамбоїдами) піриту (рис. 2-А). У межах таких зон кількість кристалів у вмісних породах

зростає з наближенням до контакту з жилою чи субстратом друз, де розвиваються більш пізні сульфідні друзові морфогенетичного різновиду, з характерними рисами утворень відкритих порожнин. За результатами рентгеноспектрального мікроаналізу окремих зерен не виявлено типових для піриту інших генетичних типів домішок (наприклад, Cu, Ni, Co тощо), а склад піриту відповідає чистому FeS_2 . Окрім піриту, встановлено наявність дрібних рідкісних зерен та видовжених агрегатів сфалериту розміром до 0,0003 мм (рис. 2-В).

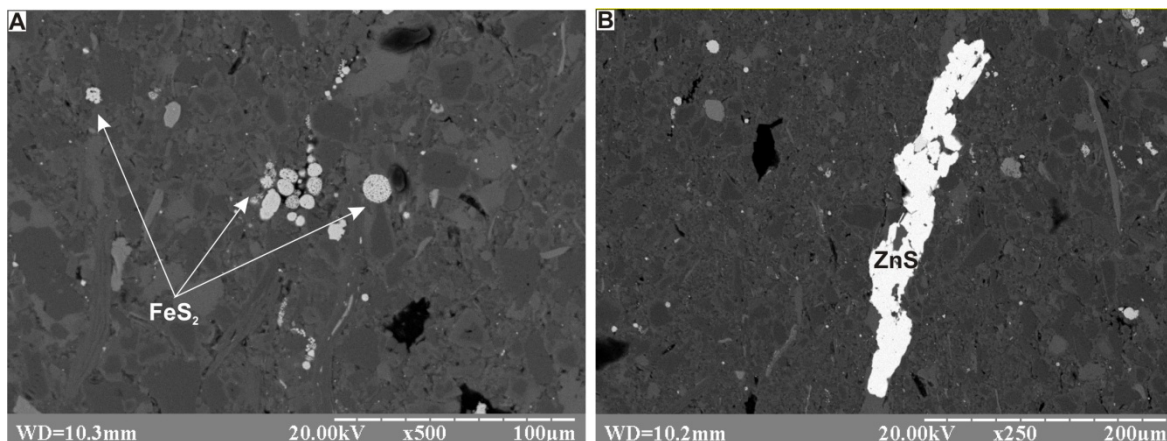


Рис. 2. Агрегати піриту (А) та сфалериту (В) у породах нижньокросненської підсвіти в межах траси нового Бескидського тунелю

Пізні сульфіди у складі друзових та жильних утворень. Кварц-карбонатні й кварцові жили та друзи часто зустрічаються у флішових породах нижньокросненської підсвіти, але сульфіди в них відзначались досить рідко. У виявлених нами сульфідно-кварц-карбонатних і сульфідно-карбонатних жилах та друзах у зальбандах, у просторі відкритої тріщини, спочатку відбувалась кристалізація кальциту, на поверхні кальциту – кварцу, інколи "мармароських діамантів" із вуглеводнями та

сульфідів. Сульфіди утворюють мінеральні агрегати та окремі кристали переважно кубічного обрису розміром до 1-2 мм. При більш детальних дослідженнях із застосуванням SEM виявлено кристали та зростки кристалів піриту кубоктаєдричного габітусу (рис. 3-А). Такі кристали піриту часто нарастають на раніше утворені кварц та карбонати ромбоєдричного габітусу (рис. 3-В). Пірит у складі жильних та друзових утворень також не містить домішок і за складом відповідає чистому FeS_2 .

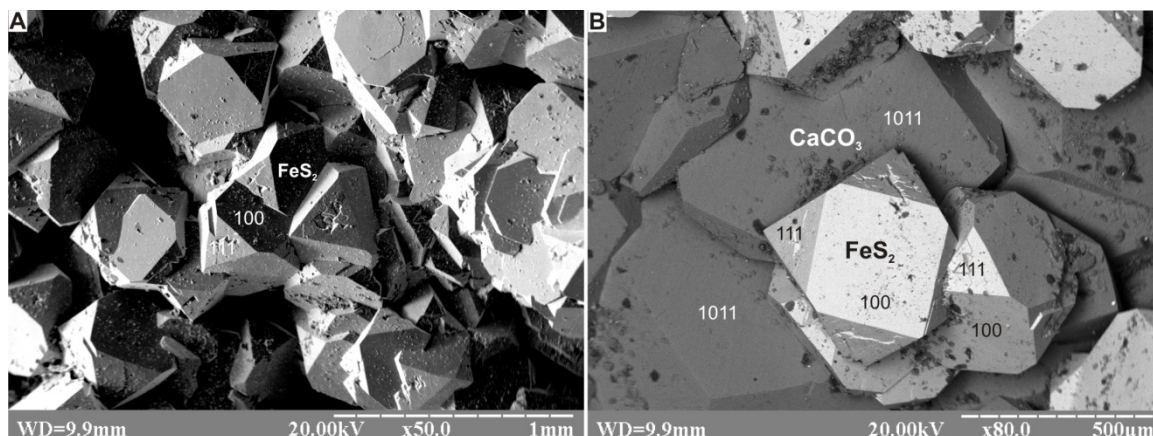


Рис. 3. Кристали піриту кубоктаєдричного габітусу в непорушених взірцях із сульфідно-кварц-карбонатних жил у породах нижньокросненської підсвіти в межах траси нового Бескидського тунелю (А) та їх співвідношення із кристалами кальциту ромбоєдричного габітусу (В)

Вивчення часових співвідношень між окремими мінералами пізніх жил і в друзах вказує на однотипну послідовність їх формування: кварц – кальцит – сульфіди. Враховуючи масштаби проявлення пізньої мінералізації та її мінеральний склад, об'єми мінералізуючих розчинів були досить обмежені. Розчини були відносно насичені кремнеземом, кальцієм і сіркою і, залежно від фугитивності двооксиду вуглецю й сірки, із них зазвичай формувались карбонати та сульфіди в ході одноактного процесу.

Висновки. В ході проведених нами досліджень у породах Кросненської зони в межах траси нового Бескидського тунелю встановлено сульфідну мінералізацію двох морфогенетичних типів. Ранній сингенетичний пірит у вигляді дрібних виділень та агрегатів, часто фрамбоїдного типу, розвинутий у вміщуючих пісковицях та, найчастіше, в аргілітах, часом з рідкісними зернами сфалериту. Пізній, більш крупний, пірит, з чітко проявленими кристаломорфологічними формами октаедра й куба та їх комбінаціями, асоціює з кварцом і кальцитом

у пізніх жилах і друзах, що утворюються на стінках частково заповнених тріщин, розвиваючись зазвичай після кальциту і по його виділеннях.

Широкий ареал розповсюдження раннього піриту й локальний прояв пізнього піриту, разом з тісним їх просторовим співнаходженням, вказує на залучення матеріалу вмісних порід для формування пізнього піриту. Це підтверджується однаковим хімічним складом піритів обох морфогенетичних типів за відсутності в них звичних елементів-домішок.

Враховуючи послідовність утворення мінералів у друзах і пізніх жилах, видається можливим, що їх формування відбувалось із розчинів з достатньою концентрацією сірки, фугитивність якої, однак, зростала лише після кристалізації кварцу й кальциту, забезпечуючи формування пізнього піриту.

Безумовно, пізній пірит має більш обширне розповсюдження в межах Карпатської складчастої системи, аніж виявлялось раніше, однак, скоріш за все, він зрідка зустрічається через швидке руйнування в екзогенних

умовах, а успішність наших унікальних знахідок незмінених сульфідів обох типів пояснюються умовами закритої системи, яка існувала до проходження тунелю.

Список використаних джерел:

- Братусь М. Д. Умови мінералоутворення та ізотопна природа компонентів флюїдів у жилах серед осадових порід Складчастих Карпат / М. Д. Братусь, С. Б. Ломов // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1996. – № 1–2. – С. 94–95.
 - Возняк Д. К. Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення / Д. К. Возняк. – К.: Наукова думка, 2007. – 277 с.
 - 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: матер. Міжнар. наук. конф. (7–9 жовтня 2015 р.). – Львів: Простір М, 2015. – С. 69–71.
 - Гнилко О. Про північно-східну границю Кросненської тектонічної зони в Українських Карпатах / О. Гнилко // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2010. – № 2 (151). – С. 44–57.
 - Головченко Д. Особливості мінерального складу гідротермальних жил у пісковиках з околій с. Кваси (Рахівський рудний район, Закарпаття) / Д. Головченко, І. Попівняк // Мінералогічний збірник. – 2009. – № 59 (2). – С. 143–148.
 - 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.
 - Даниш В. В. Геологія західної частини південного схилу Українських Карпат / В. В. Даниш. – Київ: Наукова думка, 1973. – 119 с.
 - Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000, аркуші М-34-XXXVI (Хуст), L-34-VI (Бая-Маре), M-35-XXXI (Надвірна), L-35-I (Вішеу-Де-Сус). Карпатська серія / уклад.: Б. В. Мацьків, Б. Д. Пукач, В. М. Воробканич та ін.; Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, Державна геологічна служба, Національна компанія "Надра України", Дочірнє підприємство "Західкргеологія", Український державний геологорозвідувальний інститут. – Київ: УкрДГРІ, 2009.
 - Загальні та індивідуальні особливості мармароських "діамантів" із різних проявів в Українських Карпатах / В. Гулій, С. Криль, І. Ємельянов [та ін.] // Десяті наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка: матеріали. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – С. 30–34.
 - Наумко І. Вуглеводні флюїдних включень у мінералах нафтогазоносних порідних комплексів Кросненської зони Українських Карпат (стан і пріоритети досліджень) / І. Наумко, Г. Занкович // Мінералогічний збірник. – 2014. – № 64, Вип. 1. – С. 134–154.
 - Павлишин В. І. Типоморфізм і пошуково-оціночне значення пирита (пиритометричний метод в мінералогії): моногр. / В. І. Павлишин, А. Г. Жабин, А. Э. Китаєнко; Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка, УкрГГРІ. – 2004. – 152 с.
 - Післяседиментаційні перетворення крейдово-палеогенових відкладів Флішових Карпат / К. Деревська, І. Бубняк, А. Субботін [та ін.] // Мінералогічний збірник. – 2009. – № 59, Вип. 1. – С. 95–104.
 - Рипун М. Б. Об'єкти орієнтації, форми образования і зв'язи з нефтеносністю мінеральних прожилків із флішевих отложений Карпат / М. Б. Рипун // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1970. – Вип. 23. – С. 71–78.
 - Попп І. Аутигенне мінералоутворення в бітумінозних скремених відкладах нижньої крейди й олігоцену Українських Карпат / І. Попп // Мінералогічний збірник. – 2007. – № 57, Вип. 1. – С. 108–115.
 - Мінерали України: краткий справочник / Н. П. Щербак, В. І. Павлишин, В. І. Литвин і др.; отв. ред. Н. П. Щербак; АН Української ССР, Ін-т геохімії і фізики мінералів. – К.: Наукова думка, 1990. – 408 с.
 - Geology and hydrocarbon resources of the Outer Carpathians, Poland, Slovakia, and Ukraine: general geology / A. Ślaczka, S. Kruglov, J. Golonka [et al.] // The Carpathians and their foreland: Geology and hydrocarbon resources: AAPG Memoir. – Tulsa, Oklahoma, U.S.A., 2006. – № 84. – P. 221–258.
- References:**
- Bratus, M., Lomov, S. (1996). Mineral formation and isotopic nature of fluid components of veins in sedimentary rocks in the Folded Carpathians. [Umovy mineraloutvorennia ta izotopna pryroda komponentiv flyuidiv u zhylyah sered osadovykh porid Skladchastyh Karpat]. *Geology and Geochemistry of Combustible Minerals*, 1–2, 94–95. [in Ukrainian].
 - Voznyak, D. (2007). *Microinclusion and rehabilitation of conditions of endogenous minerals. [Mikrovklyuchennia ta rekonstruktsiya umov endo-hennoho mineraloutvorennia]*. Kyiv: Naukova Dumka – Scientific Thought. [in Ukrainian].
 - Guliy, V., Kuzemko, Ya., Stepanov, V. (2015). Geological and structural features, composition of Krosno zone rocks in new Beskyd tunnel [Geoloho-strukturni osoblyvosti ta rechovynnyy sklad porid Krosnenskoyi zony v rayoni novoho Beskydskogo tunelyu]. *The fundamental meaning and role of the geological education*. (pp. 69–71). Lviv: Prostir M. [in Ukrainian].
 - Gnylko, O. (2010). On the north-eastern boundary of the Krosno tectonic zone in the Ukrainian Carpathians. [Pro pivnichno-skhidnu hranytsyu Krosnenskoyi tektonichnoyi zony v Ukrayinskyh Karpatah]. *Geology and Geochemistry of Combustible Minerals*, 2 (151), 44–57. [in Ukrainian].
 - Golovchenko, D., Popivnyak, I. (2009). Features of minerals composition of the hydrothermal veins in sandstones from the outskirts of the Kvasy village (Rakhiv ore region, Transcarpathian). [Osoblyvosti mineralnoho skladu hidrotermalnykh zhyly u piskovykakh z okolyts s. Kvasy (Rakhivskyy rudnyy rayon, Zakarpattya)]. *Mineralogical Collection*, 59(2), 143–148. [in Ukrainian].
 - Danysh, V. (1973). Geology of the western part of the southern slope of the Ukrainian Carpathians. [Geologiya zakhidnoyi chastyny pivdennoho skhyly Ukrayinskykh Karpat]. Kyiv: Naukova Dumka – Scientific Thought. [in Ukrainian].
 - Matskiv, B., Pukach, B., Pastukhanova, S., Vorobkanych, V. (2006). *Geological map of the Prequaternary formation, scale 1:200 000 sheets M-35-XXXI (Nadvirna) and L-35-I (Visheu-de-Sus). [Heolohichna karta dochetvertynnykh utvoren' masshtabu 1:200 000 arkushiv M-35-XXXI (Nadvirna) ta L-35-I (Visheu-de-Sus)]*. Government Enterprises "Westukrgeology" – Derzhavne pidpryyemstvo "Zakhidukrheolohiya". Lviv.
 - Dudok, I. (1996). Gas composition of inclusions in minerals from the veins in the Ukrainian Carpathians flysch. [Gazovyy sklad vklyuchen u zhylynykh mineralah z flishu Ukrayinskykh Karpat]. *Geology and Geochemistry of Combustible Minerals*, 3–4 (96–97), 98–104. [in Ukrainian].
 - Guliy, V., Kril, S., Yemelyanov, I., Kuzemko, Ya., Ogorliko, R. (2016). General and individual characteristics of the Marmarosh "diamonds" from various manifestations at the Ukrainian Carpathians [Zahalni ta individualni osoblyvosti marmaroskykh "diamantiv" iz riznykh proyaviv v Ukrayinskyh Karpatah]. *Ten scientific readings Academician Yevhen Lazarenko: materials*. (pp. 30–34). Lviv. [in Ukrainian].
 - Shcherbak, N., Pavlyshyn, V., Litvin, V. (1990). *Minerals of Ukraine. Short Reference. [Myneraly Ukrainy. Kratkyi spravochnyk]*. Kyiv: Naukova Dumka – Scientific Thought. [in Russian].
 - Naumko, I., Zankovich, G. (2014). Hydrocarbon fluid inclusions in minerals of Krosno zone oil and gas bearing rocks of the Ukrainian Carpathians (state and research priorities). [Vuhlevodni flyuyidnykh vkluchen u mineralah naftogazonosnykh porodnykh kompleksiv Krosnenskoyi zony Ukrayinskyh Karpat (stan i priorytety doslidzhen)]. *Mineralogical Collection*, 64 (1), 134–154. [in Ukrainian].
 - Pavlyshyn, V.I., Zhabin, A.G., Kitaenko, A.E. (2004). *Typomorphism, search and estimation of pyrite (pyrotometric method using in mineralogy). [Tipomorfizm i poiskovo-otsenochnoe znachenie pirta (pirtometricheskiy metod v mineralogii)]*. Kiev. nats. un-t im. T. Shevchenko, UkrGGRI. [in Russian].
 - Derevska, K., Bubniak, I., Subbotin, A., Shevchuk, O., Bel'skiy, V. (2009). Post-sedimentation transformations of the cretaceous– palaeogene flysch deposits of the Carpathians. [Pislyasedimentatsiyni peretvorennia kreydovo-paleohenovykh vidkladiv flishovykh Karpat]. *Mineralogical Collection*, 59(1), 95–104. [in Ukrainian].
 - Popp, I. (2007). Authigenous mineral formation in flint bituminous Lower Cretaceous and Oligocene sediments, Ukrainian Carpathians [Auty-henne mineraloutvorennia v bituminoznykh skremenilykh vidkladakh nizhnoyi kreydy y olihotsenu Ukrayinskykh Karpat]. *Mineralogical Collection*, 57 (1), 108–115. [in Ukrainian].
 - Rypun, M. (1970). On the orientation, time of formation and connection with the oil bearing mineral veins of the Carpathian flysch sediments. [Ob oryentyrovke, vremeny obrazovanyia v svyazy s neftenosnostyu myneral-nykh prozylkov yz flyshevuh otlozeny Karpat]. *Geology and Geochemistry of Combustible Minerals*, 23, 71–78. [in Russian].
 - Ślaczka, A., Kruglov, S., Golonka, J., Oszczytko, N., Popadyuk, I. (2006). Geology and hydrocarbon resources of the Outer Carpathians, Poland, Slovakia, and Ukraine: general geology. *AAPG Mem.*, 84, 221–258.

Надійшла до редколегії 29.08.16

V. Guliy, Dr. Sci. (Geol.), Prof.
E-mail: vgul@ukr.net
Ivan Franko National University of Lviv
Geology faculty, 4, Hryshevsky Str., Lviv, 79005, Ukraine,
S. Kril, Cand. Sci. (Geol.), Engineer
E-mail: solia_kr@ukr.net
Ivan Franko National University of Lviv
Geology faculty, 4, Hryshevsky Str., Lviv, 79005, Ukraine,
O. Kovtun, Engineer-Geologist
E-mail: kovtun85@ukr.net
Ukrainian State Geological Institute
78-A, Avtozavodska str., Kyiv, 04114, Ukraine,
Ya. Kuzemko, Geologist
PAO "Interbudtunnel", 1, Promyslova Str., Kyiv, 01013, Ukraine

SULFIDE MINERALIZATION IN THE KROSNO ZONE FLISH ROCKS (NEW BESKYD TUNNEL AREA)

Results of the investigation of sulfide mineralization in flysch rocks within new Beskyd tunnel highway are presented. New tunnel goes through Oligocene massive gray sandstones with layers of dark siltstones and mudstones of the Krosno zone of the Ukrainian Carpathians. For the first time macro and microscopic morphogenetic features, composition of sulfides from the host rocks and late sulfide-quartz-carbonate veins and druses studies were carried out. Two main morphogenetic types of sulfides were defined. Earlier sulfides are represented by individual grain of cubic pyrite and its isometric and framboidal aggregates and rare grains of sphalerite in the host rocks. Formation of these sulfides is associated with formation of host sandstones and mudstones. The second type is connected with sulphide-quartz-carbonate veins and druses. It was formed during faults formation in already lithified rocks. Late sulfides formed mineral aggregates and individual cubic and cub-octaedr crystals of pyrite. Composition of pyrite from both morphogenetic types corresponds to pure FeS_2 .

Keywords: pyrite, calcite, quartz, "marmarosh diamonds", Krosno zone, Beskyd tunnel.

В. Гулий, д-р геол.-минералог. наук, проф.,
E-mail: vgul@ukr.net,
Львовский национальный университет имени Ивана Франка,
Геологический факультет, ул. Грушевского, 4, г. Львов, 79005, Украина,
С. Криль, канд. геол. наук, инж.,
E-mail: solia_kr@ukr.net,
Львовский национальный университет имени Ивана Франка,
Геологический факультет, ул. Грушевского, 4, г. Львов, 79005, Украина,
А. Ковтун, вед. инж.-геолог,
E-mail: kovtun85@ukr.net,
Украинский Государственный геологоразведочный институт,
ул. Автозаводская, 78-а, Киев, 04114, Украина,
Я. Куземко, геолог,
ПАО «Интербудтунель»,
ул. Промышленная, 1, г. Киев, 01013, Украина

СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ФЛИШЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КРОСНЕНСКОЙ ЗОНЫ (В ПРЕДЕЛАХ ТРАССЫ НОВОГО БЕСКИДСКОГО ТОННЕЛЯ)

Приведены результаты исследования сульфидной минерализации в породах флиша в пределах трассы нового Бескидского тоннеля, который проходит в серых массивных песчаниках с прослоями темных алевролитов и аргиллитов олигоценного возраста Кросненской зоны Украинских Карпат. Впервые проведено детальное изучение макро- и микроскопических морфогенетических особенностей, состава сульфидов из вмещающих пород и поздних сульфидно-кварц-карбонатных жил и друз. По результатам исследований установлены два основных морфогенетических типа сульфидов. Ранние сульфиды встречаются в виде отдельных выделений пирита кубического габитуса и их скоплений (часто изометрических агрегатов, фрамбонидов) и редких зерен сфалерита во вмещающих породах. Образование сульфидов этого типа связано с этапом формирования песчаников и аргиллитов. Второй тип сульфидов характерен для сульфидно-кварц-карбонатных друзовых и жильных образований, сформированных в условиях растяжения при развитии разрывных нарушений в уже литифицированных породах. Поздние сульфиды образуют минеральные агрегаты и отдельные кристаллы преимущественно кубического и кубоктаэдрического габитуса, размером до нескольких миллиметров. Пирит обоих морфогенетических типов по составу соответствует чистому FeS_2 .

Ключевые слова: пирит, кальцит, кварц, "мармарошские диаманты", Кросненская зона, Бескидский тоннель.