

---

---

## МІНЕРАЛОГІЧНІ НОТАТКИ

УДК 550.8:[553.98:551.781.3](477:292.452)

**Олександр Костюк**

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005,  
oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua*

### **ПІРИТ-КАРБОНАТНА АСОЦІАЦІЯ. ОЗНАКИ ПІСЛЯДІАГЕНЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПАЛЕОЦЕНОВИХ ФЛІШОВИХ ВІДКЛАДАХ СКИБОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ**

Досліджено взаємні проростання мінералів пірит-карбонатної ката-метагенетичної (післядіагенетичної) асоціації у флішових відкладах палеоцену Скибової зони Українських Карпат. Визначено, що периферійні частини відколів зерен піриту містять вкраплення й мікропрожилки карбонатів. Натомість карбонатні прожилки пронизують піритові зерна з утворенням мережі тонких проростань. Зроблено висновок, що така мінеральна асоціація могла сформуватися внаслідок післядіагенетичних перетворень у породах.

*Ключові слова:* пірит, карбонати, мінеральна асоціація, вторинні мінерали, діагенез, фліш, палеоцен, Українські Карпати.

Відомо, що діагенетичне рудне мінералоутворення у відкладах флішової формації приурочене, головню, до відкладів нижньої крейди (спаська, шипотська світи) та олігоцену (менілітова світа), які найбільше збагачені органічною речовиною. Випадки такого рудоутворення у відкладах яремчанського горизонту (палеоцен) та манявської й бистрицької світ (еоцен), вочевидь, пов'язані з тектонічними особливостями території. Для Карпатського регіону загалом характерне вторинне рудне мінералоутворення стадії гіпогенного епігенезу, що розвивається в породах з вторинною пористістю, формування якої пов'язане з вилуговуванням агресивними термальними водами. Ми досліджували післядіагенетичні процеси, які відбуваються в осадових товщах палеоцену Скибової зони Українських Карпат, для виявлення зв'язку між процесами літо- й рудогенезу.

Мета статті – схарактеризувати ката-метагенетичну (післядіагенетичну) пірит-карбонатну мінеральну асоціацію й дослідити її роль у процесах рудогенезу.

Післядіагенетичне мінералоутворення ми досліджували на 31 ділянці з проявами мідної мінералізації, яка представлена такими морфогенетичними типами: вкраплення самородної міді в зонах дроблення в зелених аргілітах; вкраплення і прожилки халькопіриту, часто в асоціації з піритом і халькозином; малахітові примазки і зерна самородної міді неправильної форми розміром 2–3 мм у свіжих відколах мідевмісних гравелітів; нальоти малахіту у прошарках зеленкуватих аргілітів і лінзоподібних виділеннях алев-

роліту (у червоних аргілітах), що приурочені до площин нашарування; нальоти, кірочки й тонкі прожилки малахіту в прошарках зім'ятих червоно-бурих аргілітів та в площинах дрібних тріщин у них; прожилки кальциту, у яких кальцит асоціює з піритом і малахітом. Виконано геологічні, петрографічні й мінералогічні (пірит, карбонат, кварц, серицит) дослідження.

Результати наших попередників і виконані нами раніше літолого-стадіальні й мінералого-геохімічні дослідження [1–9] дали змогу визначити різні ступені перетворення відкладів палеоцену на прикладі пісковиків яремчанського горизонту Скибової зони й виділити характерні мінеральні типи цементу: для діагенезу – глинистий, глинисто-карбонатний; для катагенезу – карбонатний (кальцит, доломіт), вуглистий, глинисто-кременистий; для метагенезу – карбонатний (доломіт, анкерит), кварцовий, слюдисто-кварцовий. На підставі виконаних досліджень ми виділили прогресивний літогенез (100–175 °С), який охоплює процеси ката- й метагенезу, і регресивний літогенез (до 100 °С), коли відбувалися процеси гіпергенезу, ускладнені низькотемпературними гідротермальними проявами. Під час перетворень осадових порід температурний режим і значення рН та Eh середовища постійно змінювались.

На досліджених ділянках (відслоненнях) палеоценових відкладів запропоновано виділяти за генезисом такі рудні мінеральні асоціації: 1) МА зони гіпергенезу; 2) осадово-діагенетичну пірит-хризоколову; 3) ката- й метагенетичну (або післядіагенетичну) пірит-карбонатну; 4) гідротермально-осадову (низькотемпературну) халькопірит-борніт-малахітову.

Ката-метагенетична (післядіагенетична) мінеральна асоціація представлена піритом, карбонатом, кварцом і серицитом. Мінерали утворюють прожилкові вкраплення й вповнюють цемент у породі.

У зонах сильної тріщинуватості й брекчіювання порід *пірит* міститься в основній масі піщаних брекчій. Прожилки піриту завтовшки 0,01–0,20 мм трапляються як поздовж, так і навхрест нашарування породи. Найбільшу кількість піритових прожилків ми виявили у гравелітах і різнозернистих слабо відсортованих пісковиках на ділянці Підбуж-Яремчанська, де в зоні розлому відслонені зеленкувато-сірі глини потужністю 35 см зі скупченнями піриту розміром до 1,5 см.

Колір мінералу блідо-жовтий, твердість становить 6,0–6,5. Окремі зерна заміщені гідроксидами заліза.

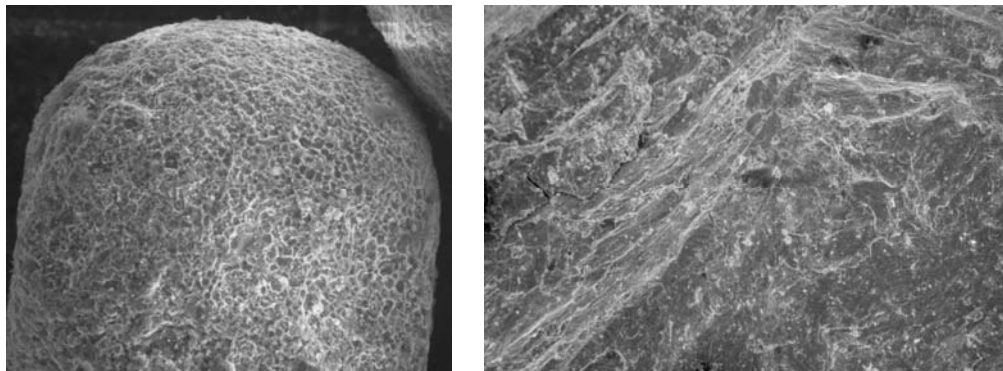
Пізніші зерна піриту часто асоціюють з карбонатами, утворюючи з ними тісні проростання. Периферійна частина відколів зерен піриту містить вкраплення і мікропрожилки карбонатів. Ці прожилки безладно пронизують піритові зерна й утворюють сітчасті проростання (див. рисунок). Інколи пірит трапляється в основній масі піщаних брекчій. У таких місцях співвідношення основної маси брекчій (піриту) і ксенолітів вмісної породи часто становить ~1:1.

**Карбонат** у зонах брекчіювання й інтенсивної тріщинуватості розвивається по піриту у вигляді тонких прожилків або мережі тонких просічок. У шліфах мінерал діагностовано за перламутровими кольорами інтерференції.

**Серицит** утворює тонкозернисті дрібнолускоподібні агрегати, подекуди формує примазки на поверхні зерен піриту, трапляється в асоціації з кварцом і карбонатом. Це вторинний мінерал, який розвинувся по глауконіту.

**Кварц** наявний у вигляді поодиноких зерен неправильної форми в асоціації з карбонатом. У шліфах під мікроскопом мінерал безбарвний, чистий, з дуже низьким рельєфом і показником заломлення, не набагато більшим, ніж у канадського бальзаму – 1,55,

зі звичними для кварцу білими кольорами інтерференції, проте незвично різким хвилястим загасанням, яке нагадує халцедонове.



*а* *б*  
Проростання карбонатів (біле) у зернах піриту (сіре) на ділянці  
р. Прутець-Чимигівський (розмір зерен – 2–3 мм):  
*а* – поверхня зерна піриту,  $\times 50$ ; *б* – внутрішня частина зерна піриту,  $\times 200$ .

Це свідчить про халцедонову природу кварцу, який розвинувся по халцедону під час його перекристалізації (на відміну від хвилястого загасання уламкового кварцу, у якого воно має накладений, вторинний характер). Кварц у породі утворює цемент заповнення пор: він виповнює центральні частини пор, які по периферії вистелені халцедоном.

Отже, виконані мінералого-петрографічні дослідження засвідчили, що теригенні утворення палеоцену Скибової зони Українських Карпат зазнали вторинних перетворень. Яскравим доказом цього є пірит-карбонатна асоціація, яка відіграла свою роль у послідовності формування епігенетичної мінералізації в палеоценових відкладах. Пірит представлений зернами, що пронизані тонкими катагенетичними прожилками карбонату, іноді – мережею тонких просічок, виповнених карбонатом. На поверхні зерен піриту подекуди наявні примазки серициту, який сформувався по глауконіту. У незаконірних зростках з піритом трапляється кварц, який розвинувся по халцедону під час його перекристалізації.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Афанасьєва И. М.* Литогенез и геохимия флишевой формации северного склона Советских Карпат / И. М. Афанасьєва. – Киев : Наук. думка, 1983. – 183 с.
2. *Деревська К.* Післяседиментаційні перетворення крейдово-палеогенових відкладів Флішових Карпат / К. Деревська, І. Бубняк, А. Суботін // Мінерал. зб. – 2009. – № 59, вип. 4. – С. 95–104.
3. *Костюк А. В.* О последовательности минералообразования в отложениях яремчанского горизонта Скибовой зоны Карпат / А. В. Костюк // Геологические науки – 2014 : всерос. науч.-практ. конф. : материалы. – Саратов : ЕАГО, 2014. – С. 72–73.
4. *Костюк А. В.* Особенности постседиментационного минералообразования в породах палеоцена (Скибовая зона Карпат) / А. В. Костюк, Е. И. Деревская // Проблемы и перспективы современной минералогии : минерал. семинар с междунар. участием

- (Юшкинские чтения-2014) : сб. тезисов. – Сыктывкар : Геопринт, 2014. – С. 117–118.
5. *Костюк О.* Про вторинне рудне мінералоутворення у флішових відкладах Українських Карпат // *О. Костюк // Проблеми геології фанерозою України : 11 Всеукр. наук. конф. : матеріали.* – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2020. – С. 46–49.
  6. *Костюк О. В.* Мінералого-генетична характеристика мідної мінералізації Скибових Карпат / *О. В. Костюк // Розвиток наукової думки.* – 2008. – Т. 3. – С. 4–18.
  7. *Костюк О. В.* Про формування сульфідів у мідистих відкладах Скибових Карпат // *О. В. Костюк // Вісн. Львів ун-ту. Сер. геол.* – 2014. – Вип. 18. – С. 154–163.
  8. *Костюк О. В.* До проблеми мідного зруденіння верхньокрейдово-палеогенових товщ Скибових Карпат / *О. В. Костюк, Л. В. Генералова, М. І. Богданова // Геол.-мінерал. вісн.* – 2008. – № 1 (19). – С. 62–69.
  9. *Шумлянський В. О.* Літогенез і гіпогенне рудоутворення в осадових товщах України / *В. О. Шумлянський, К. І. Деревська, Г. В. Дудар.* – К. : Знання України, 2003. – 300 с.

*Стаття: надійшла до редакції 28.10.2021  
прийнята до друку 24.11.2021*

## **Oleksandr Kostiuk**

*Ivan Franko National University of Lviv,  
4, Hrushevskoho St., Lviv, Ukraine, 79005,  
oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua*

### **PYRITE-CARBONATE MINERAL ASSOCIATION. SIGNS OF POST-DIAGENETIC PROCESSES IN PALAEOCENE FLYSCH DEPOSITS (SKYBOVA ZONE, UKRAINIAN CARPATHIANS)**

We studied post-diagenetic processes occurring in the Palaeocene sedimentary strata of the Skybova zone (Ukrainian Carpathians) to identify the relationship between the processes of litho- and ore-genesis. Our goal is to characterize the cata-metagenetic (post-diagenetic) pyrite-carbonate mineral association and to investigate its role in the processes of ore genesis. Geological, petrographic and mineralogical (pyrite, carbonate, quartz, sericite) studies of Palaeocene sediments have been performed.

The results of our previous lithological-stage and mineralogical-geochemical studies made it possible to determine different degrees of transformation of Palaeocene sediments on the example of the Yaremchanskyi horizon sandstones (Skybova zone). We distinguished progressive lithogenesis (100–175 °C), which covers the processes of catagenesis and metagenesis, and regressive lithogenesis (up to 100 °C), when hypergenesis processes complicated by low-temperature hydrothermal manifestations took place.

The following mineral associations have been distinguished: sedimentary-diagenetic pyrite-chrysocolla, cata- and metagenetic (or post-diagenetic) pyrite-carbonate and hydrothermal-sedimentary (low-temperature) chalcopyrite-bornite-malachite.

The object of our research – post-diagenetic mineral association – is pyrite, carbonate, quartz and sericite. Minerals form streaky impregnations and fill the cement in the rock.

Late pyrite grains often associate with carbonates, forming close intergrowths with them. Peripheral parts of pyrite grains contain impregnations and microveinlets of carbonates. Instead, carbonate veinlets penetrate the pyrite grains to form a network of fine intergrowths.

Sericite, which has been developed on glauconite, forms fine-grained flaky aggregates, sometimes forms gouges on the surface of pyrite grains and occurs in association with quartz and carbonate. Quartz evolved on chalcedony during its recrystallization, as evidenced by the unusually sharp wavy extinction (in the sections under the microscope), which resembles chalcedony.

Undoubtedly, the pyrite-carbonate association played an important role in the sequence of epigenetic mineralization formation in the Palaeocene sediments of the Skybova zone in the Ukrainian Carpathians.

*Key words:* pyrite, carbonates, mineral association, secondary minerals, diagenesis, flysch, Palaeocene, Ukrainian Carpathians.