

УДК 553(661+446)

## ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛОУТВОРЕННЯ НА ТРУСКАВЕЦЬКОМУ СІРЧАНО-ПОЛІМЕТАЛЕВОМУ РОДОВИЩІ

М. Курило, С. Галій

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
03022 м. Київ, вул. Васильківська, 90*

Детально схарактеризовано геологічну позицію та умови утворення мінеральних комплексів і окремих мінералів Трускавецького сірчано-поліметалевого родовища.

*Ключові слова:* сфалерит, галеніт, брункіт, карбонати, сульфати, галоїди, сірка, органічна речовина, Передкарпатський прогин.

Трускавецьке сірчано-поліметалеве родовище, розташоване в Передкарпатському прогині, є своєрідним і цікавим за геологічною будовою, мінеральними парагенезисами та генетичними особливостями руд

У будові родовища беруть участь карбонато-піщано-глинисті відклади нижньоворотинської світи міоцену, які утворюють антиклінальну структуру. Зруденіння чітко стратифіковане і приурочене до пачки брекчійованих грубозернистих пісковиків і сірих глин. Особливостями рудовмісної товщі є її підвищена карбонатність (до 50 % карбонатної речовини), наявність органічного вуглецю (1–2 %) та регіональна засоленість.

Свинцево-цинкове зруденіння простежене у вигляді лінз і шарів невитриманої потужності: чергуються рудні й безрудні ділянки, між якими є поступові переходи. Потужність зони зруденіння змінюється від 100–150 м у центральній частині до 20–10 м на флангах родовища. Середня потужність окремих рудних прошарків становить 3–5 м.

Мінеральний склад родовища досить різноманітний. Головні рудні мінерали представлені прихованокристалічним сфалеритом (брункітом) і галенітом. У незначній кількості трапляються пірит, марказит, халькопірит. Серед нерудних мінералів наявні самородна сірка, гіпс, кальцит, ангідрит, целестин, доломіт, арагоніт, озокерит. Найбільше поширена в рудах брекчійова текстура (рис. 1): порівняно пружні уламки концентрично-зональних агрегатів брункіту зцементовані карбонатною масою, яка містить дрібні ооліти (до 0,2 мм) сульфідів цинку. Менше поширена вкраплена текстура, представлена виділеннями сфалериту й галеніту в піщано-глинистих породах.

Для руд родовища надзвичайно характерні коломорфні утворення. Метаколоїдні сферичні і концентрично-зональні агрегати повсюди утворює сфалерит (рис. 2). Дещо рідше трапляються коломорфні ниркоподібні агрегати піриту й марказиту. Своєрідні петельчаста і субграфічна структури притаманні виділенням галеніту (рис. 3) і піриту в глинисто-карбонатній масі. Нерідко вкраплені агрегати галеніту, піриту й марказиту утворюють гіпдіоморфнозернисту структуру.

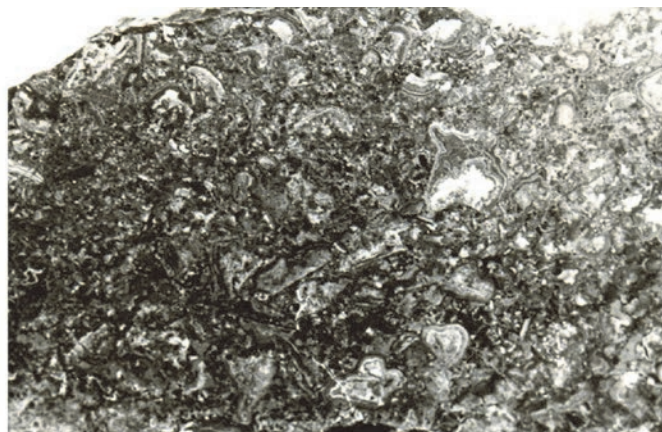


Рис. 1. Брекчієва текстура руди.  
Помітні уламки концентрично-зонального сфалериту. Полірований штуф.

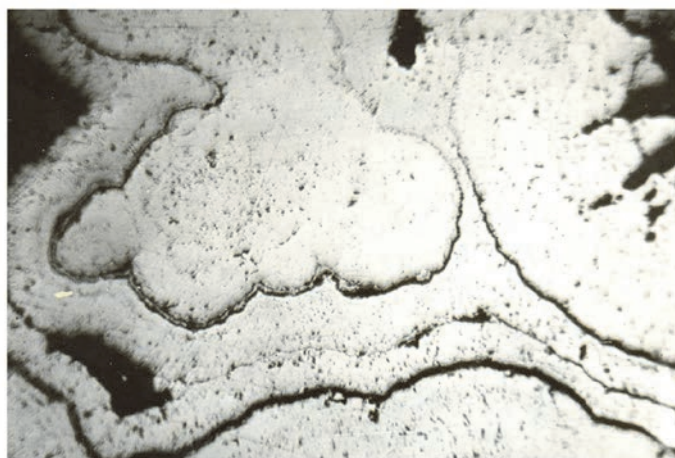


Рис. 2. Концентрично-зональний агрегат сфалериту. Аншліф,  $\times 90$ .

Брункіт міститься у вмисних породах у вигляді окремих краплень, гнізд, лінз, прошарків. Мінерал формує сферичні коломорфні утворення та землисті маси. Колір його сірувато-білий, деколи з кремовим відтінком, зрідка жовтувато-бурий до коричневого. Характерна зміна забарвлення за окремими зонами в концентрично-зональних агрегатах, що особливо видно в поляризованому світлі (рис. 4). Подекуди зони сульфїду цинку розділені тонкими прошарками бітумінозної речовини.

Взаємовідношення між мінералами руд достатньо складні. Сферичні агрегати брункїту облямовані гіпсом і ангїдритом. Подекуди гіпс кородує сульфїди (рис. 5). Поряд з включеннями оолїтів брункїту в галенїті досить часто наявні дрібні ідіоморфні зерна галенїту (в центральних частинах сферичних агрегатів сульфїду цинку). Зрідка галенїт виповнює мікротріщини між агрегатами брункїту, заміщений ними, асоціює з сіркою й гіпсом (рис. 6), утворюючи своерідну петельчасту структуру зростання.

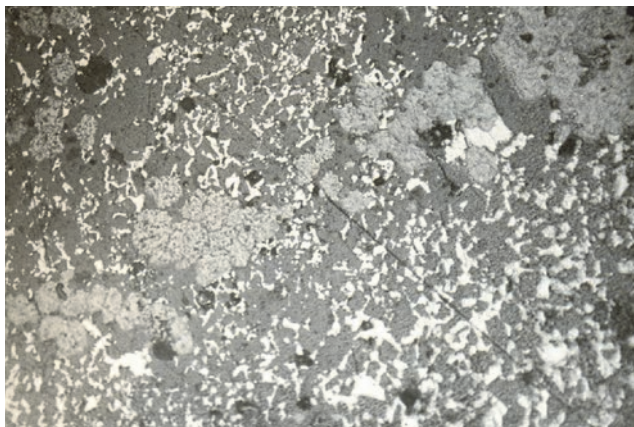


Рис. 3. Петельчасті агрегати галеніту в глинисто-карбонатній масі. Ясно-сірі сферичні утворення – сфалерит. Аншліф,  $\times 21$ .

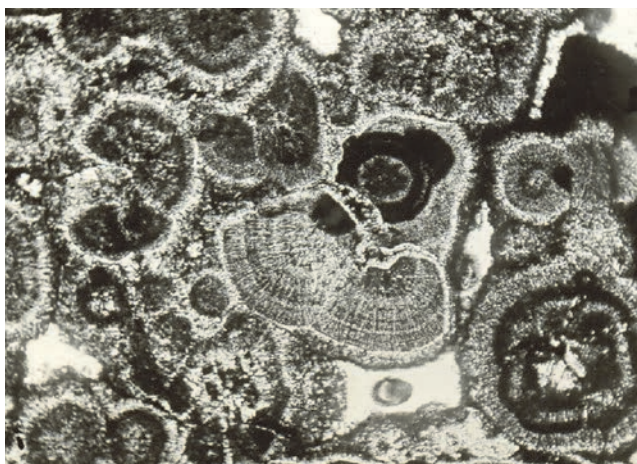


Рис. 4. Концентрично-зональна будова брункіту. Шліф,  $\times 150$ .

Пірит також містить сферичні виділення брункіту у вигляді концентрично-зональних агрегатів. Подекуди пірит щодо сфалериту є пізнішим утворенням (цементує подрібнені зерна сфалериту).

В асоціації з піритом у вигляді поодиноких пойкилітових включень у карбонаті є халькопірит, а марказит заміщує пірит.

На родовищі не виявлено ніяких ознак мінералогічної, геохімічної й температурної зональності, а взаємовідношення мінералів різноманітні. Тому процес мінералоутворення на родовищі не можна розділити на стадії в класичному розумінні цього слова тільки на підставі перерізання одних мінералів іншими. Формування мінеральних асоціацій відбувалося з єдиного термального розчину, а перерізання одних утворень іншими пов'язане з незначними, розрізненими за часом надходження рудоутворювальних розчинів, локальними умовами відкладення і складом вмісних порід.

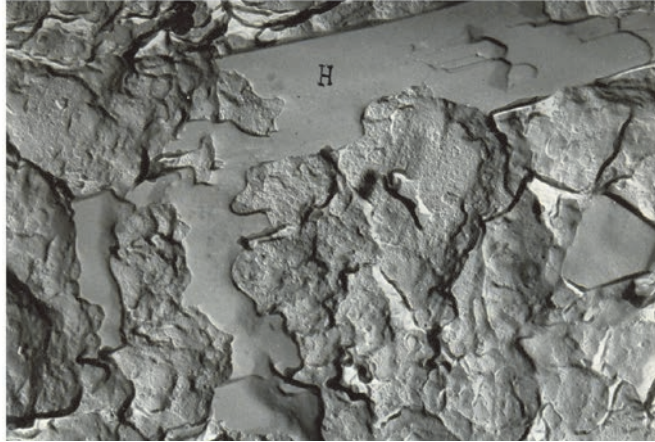


Рис. 5. Корозійне зростання гіпсу (Н) зі сфалеритом. Вугільна репліка,  $\times 28\ 000$ .

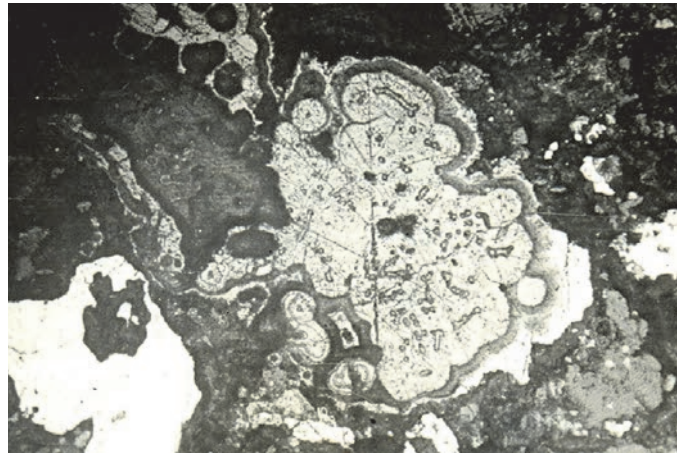


Рис. 6. Взаємовідношення сфалериту (ясно-сіре) і галеніту (біле), темно-сіре – гіпс. Аншлиф,  $\times 21$ .

Аналіз хімічних і мінералогічних парагенезисів засвідчив, що на родовищі наявні лише низькотемпературні мінеральні фази. Жодних слідів дії рудоносних розчинів на вмісні породи не зафіксовано. Про низькі температури мінералоутворення свідчить широкий розвиток сульфатів (гіпс, ангідрит, барит, целестин) у парагенезисі з сульфідами. Природно-сольові розчини починали осаджувати ангідрит і гіпс, починаючи від  $55,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а целестин – від  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче. [6]. Гіпс і целестин різко випадали за температури до  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а парагенезис гіпсу й ангідриту можливий в інтервалі  $50\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [7]. Отже, можна стверджувати, що температура мінералоутворення на Трускавецькому родовищі не перевищувала  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а основна маса мінералів утворилася в інтервалі  $50\text{--}75\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

З урахуванням геологічної будови родовища, літолого-геохімічних особливостей рудоносних відкладів та характеру взаємовідношень мінералів найпереконливішою є гіпотеза катагенетичного утворення зруденіння.

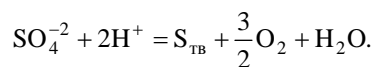
В описуваному районі є нафта, озокерит та інші вуглеводневі сполуки, тому найвірогідніше уявити утворення свинцево-цинкових руд у тісному зв'язку з формуванням вуглеводнів.

Унаслідок катагенезу з пелітових глинистих осадових порід виділялась досить значна кількість води, з якої згодом утворювались пластові водні поклади. В нафтогазоносних районах підземні пластові води – це хлоридні лужноземельно-натрієві розсоли; зазвичай, вони є контурними водами нафтових родовищ. Під час трансформації осадових порід у водні розчини переходили й адсорбовані рудні елементи. Крім того, термальні розсоли вилуговували рудні й інші компоненти з вмісних порід, які первинно були збагачені свинцем, цинком, міддю та іншими елементами. Отже, до початку рудовідкладення термальні розсоли були збагачені компонентами, які є в мінеральних парагенезисах Трускавецького родовища, де виявлено нагріті висококонцентровані розчини з загальною мінералізацією до 420 г/т [5]. У піднасувній частині внутрішньої зони Передкарпатського прогину були сприятливі умови для накопичення металів у розсолах хлоридно-кальцій-натрієвого типу, а в зім'ятих у складки олігоценевих відкладах виявлено високотермальні (100 °C) розсоли із вмістом стронцію до 2 400 мг/л, цинку – до 34,2 мг/л, свинцю – до 4,2 мг/л. Металоносність розсолів зростає з глибиною, а також від зовнішньої зони в південно-західному напрямі до Карпатського насуву [2].

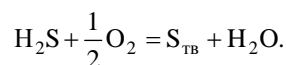
Беручи до уваги загальну засоленість району та високий вміст хлор-іона в підземних термальних водах, можна стверджувати, що рудогенні елементи в термальних розсолах переносились у вигляді хлоридних комплексів, як це відбувається в сучасних металоносних гідротермах півострова Челекен, де є аналогічні геолого-тектонічні умови та мінералого-геохімічні особливості [3].

У зоні родовища утворилися геохімічні бар'єри двох типів – сірководневий і сульфатний. Їхня поява зумовлена концентрацією сірководневого газу в апікальній частині антикліналі та наявністю галогенних порід гіпсоангідритового складу. Процес формування родовища почався з моменту проникнення металоносних розсолів у ділянку розвантаження – купол антиклінальної структури. Тут розсоли збагачувались сірководнем, який і привів до осадження розчинених металів у вигляді гелів. Коагуляція гелів сприяв підвищений вміст електролітів у вигляді KCl і NaCl.

У ділянці циркуляції інфільтраційних сульфатних вод з розсолів випадали барит, целестин, ангідрит та інші супутні мінерали. Разом з рудними й нерудними компонентами осаджувалась самородна сірка. В цьому разі її формування приурочене до двох стадій: відновної та окисної. На першій стадії сірка утворилася завдяки відновленню сульфат-іона за такою схемою:



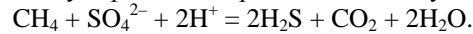
Процес відбувався одночасно з сульфідоутворенням до моменту повного геологічного розкриття структури. Друга генерація сірки утворилася завдяки окисненню сірководню під час розкриття структури, тобто за умов вільного доступу кисню за схемою:



Наведений процес утворення мінеральних асоціацій Трускавецького родовища підтверджують результати ізотопно-геохімічних досліджень:  $\delta^{34}\text{S} = (-0,1) - (+3,5) \%$ .

Вузькі варіації ізотопних співвідношень і збагачення сірки сульфідів легким ізотопом свідчать про участь у рудоутворенні сірководню нафтових покладів. Широки межі коливань  $\delta^{34}\text{S}$  елементарної сірки зумовлені її утворенням на різних стадіях і внаслідок різних процесів. Самородна сірка, яка утворилася завдяки відновленню сульфат-іона, збагачена важким ізотопом ( $\delta^{34}\text{S} = 5,1\text{--}14,5 \text{ ‰}$ ), а сірка, що сформувалася під час окиснення сірководнем, – легким ізотопом ( $\delta^{34}\text{S} = (-4,3)\text{--}(-34,2) \text{ ‰}$ ) [4].

Ізотопний склад вуглецю кальциту, який асоціює з самородною сіркою, брункитом і галенітом ( $\delta^{13}\text{C}$  – від  $-20$  до  $-30 \text{ ‰}$ ), відповідає ізотопному складу вуглецю нафти. Скоріше за все, в утворенні кальциту брав участь вуглекислий газ, який виділявся внаслідок реакції сульфат-іона з органічними сполуками за такою схемою:



Стосовно поширених на родовищі брекчіюваних порід, то їхнє тектонічне походження теоретично підтвердити не можна. Формування брекчій легко зрозуміти, якщо припустити наявність внутрішньоформаційних рухів, які зумовлені потоками термальних розсолів під великим тиском. Флюїд не завжди легко міг вижиматися з вмісних порід у прилеглі пісковики, які інколи зцементовані непроникним матеріалом. За таких умов тиск флюїду міг перевищувати гідростатичний і наблизитися до рівня літостатичного. Зазначимо, що аномально високий пластовий тиск у пластичних породах воротищенської світи визначений достовірно [1]. Тому під тиском флюїду перекирвні породи можуть піднятися або сплисти. Явища, пов'язані з такими умовами, добре відомі (грязьовий вулканізм, глини, що течуть, тощо). Очевидно, саме тому виникали слабкі горизонтальні рухи, які сформували дрібні складки, розлом, зсув, повсюдне брекчіювання порід. Такі явища багатостадійні, внаслідок чого простежують заміщення й цементацію рудною речовиною вже брекчіюваних порід і руд.

Подібний механізм формування сірчано-поліметалевих концентрацій та їхній зв'язок з нафтогазоносними і галогенними покладами визначені в багатьох інших районах України (Дніпровсько-Донецька западина, Бахмутська улоговина) та в інших країнах [3, 4, 8], що дає змогу припускати регіональний характер описаних процесів мінералоутворення.

1. *Бабінець А.Е., Мальская Р.В.* Геохимия минерализованных вод Предкарпатья. Киев: Наук. думка, 1975. 175 с.
2. *Голева Г.А.* Гидрохимия рудных элементов. М.: Недра, 1977. 212 с.
3. *Дворов В.И.* Термальные воды Челекена и геохимические особенности их формирования. М.: Наука, 1975. 183 с.
4. *Курило М.В.* Полиметаллическая минерализация в осадочно-метаморфизованных толщах Украины // Литология и полезные ископаемые. 1987. № 5. С. 58–69.
5. *Писарчик Я.К.* О генезисе Трускавецкого месторождения свинца и цинка // Вопросы региональной и генетической минералогии. Киев: Наук. думка, 1977. С. 193–204.
6. *Смит Ф.Г.* Физическая геохимия. М.: Недра, 1968. 474 с.
7. *Холланд Х.Д.* Жильные минералы в гидротермальных месторождениях // Геохимия гидротермальных рудных месторождений. М.: Мир, 1970. С. 37–48.
8. *Юшкин Н.П.* Минералогия и парагенезис самородной серы в экзогенных месторождениях. Л.: Недра, 1968. 187 с.

**PECULIARITIES OF THE MINERAL GENESIS  
IN THE TRUSKAVETS SULPHUR-POLYMETALLIC DEPOSIT**

**M. Kurylo, S. Galij**

*Taras Shevchenko National University of Kyiv  
Vasylkivska St. 90, UA – 03022 Kyiv, Ukraine*

The paper deals with detailed characteristic of the geological position and formation conditions of mineral complexes and separate minerals in the Truskavets sulphur-polymetallic deposit.

*Key words:* sphalerite, brunkite, galena, carbonates, sulphates, haloids, sulphur, organic compounds, Carpathian Foredeep.

**ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ НА ТРУСКАВЕЦКОМ  
СЕРНО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ.**

**М. Курило, С. Галий**

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко  
03022 г. Киев, ул. Васильковская, 90*

Детально рассмотрены геологическая позиция и условия образования минеральных комплексов и отдельных минералов Трускавецкого серно-полиметаллического месторождения.

*Ключевые слова:* сфалерит, галенит, брункит, карбонаты, сульфаты, галоиды, сера, органическое вещество, Предкарпатский прогиб.

Стаття надійшла до редколегії 24.06.2009

Прийнята до друку 15.09.2009