

**В.М. Іванов\*, А.В. Дубовицька\*, Н.В. Вовкотруб\*\***

*\*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

*\*\*КП «Південукргеологія»*

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗРУДЕНІННЯ ГАННІВСЬКОГО МОЛІБДЕНОВОГО РУДОПРОЯВУ В КРИВОРІЗЬКО-КРЕМЕНЧУЦЬКІЙ ЗОНІ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА**

Наводяться нові дані про один з найбільш перспективних в Україні молібденових об'єктів – Ганнівський рудопрояв. Результати досліджень підтвердили складний, багатостадійний характер рудоутворення на рудопрояві, що виражається наявністю декількох генерацій піриту й магнетиту, а також просторовою роз'єднаністю молібденіту та інших сульфідів.

*Ключові слова:* молібденове зруденіння, Український щит.

Приводятся новые данные по одному из наиболее перспективных в Украине молибденовых объектов – Анновскому рудопроявлению. Результаты исследований подтвердили сложный, многостадийный характер рудообразования на рудопроявлении, который выражается наличием нескольких генераций пирита и магнетита, а также пространственной разобщенностью молибденита и других сульфидов.

*Ключевые слова:* молибденное оруденение, Украинский щит.

The new data about Hannivsky occurrence, ones of molybdenum prospects in Ukraine, are given. The results of researched confirmed a complex, multistage character of ore formation in occurrence, which by availability of some pyrite and magnetite generations, and in the spatial dissociation of molybdenite from others sulfides is expressed.

*Key words:* molybdenum mineralization, Ukrainian Shield.

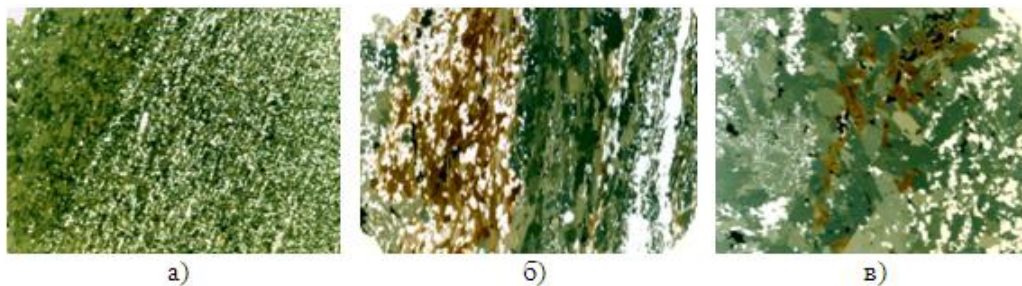
Україна, на жаль, поки що не має власної молібденвидобувної галузі. І це при тому, що її надра досить багаті молібденом – стратегічно важливим металом взагалі і, особливо, для країни з міцним гірничо-металургійним комплексом. Між тим, у межах Українського щита (УЩ) виявлено декілька рудопроявів, які можуть бути основою мінерально-сировинної бази цього металу – Вербинський на північному заході УЩ, Східно-Сергіївський у південній частині Сурської зеленокам'яної структури Середньопридніпровського геоблоку та Ганнівський у межах Криворізько-Кременчуцької шовної зони. У минулому році в центральній частині останнього (на так званій ділянці «Червона») було проведено пошуково-оціночне буріння, результати якого підтвердили високі рудні перспективи об'єкту.

Ганнівський рудопрояв молібдену, відкритий в 60-ті роки минулого століття і раніше описаний у звітах К.Ф.Різдвянського (1975), Л.В.Гальчанського (2004) та інших, а також у публікаціях [1;2], згідно з існуючим районуванням Українського щита (УЩ), розташований у крайній західній частині Середньопридніпровського мегаблоку і в геологічному плані одночасно є складовою Жовтоводської та північної частини Криворізької структур – так званої Східно-Ганнівської смуги. Зі сходу названі структури залягають на нижньопротерозойських гранітах кіровоградського комплексу та гранітах демуринського комплексу верхнього архею, а з заходу обмежені Криворізько-Кременчуцькою шовною зоною субмеридіонального простягання, що складена трьома зближеними субпаралельними розломами – Західним, Тарапаківським та Східним. У

межах Ганнівського рудопрояву простежено останній розлом, який проходить через всю ділянку, має круте західне падіння під кутами  $75^{\circ}$  –  $85^{\circ}$  і майже скрізь є границею між породами новокриворізької світи та кіровоградськими гранітами.

Рудовміщуючими на рудопрояві є породи новокриворізької світи (PR<sub>1nk</sub>), що займає нижню частину утворень криворізької серії нижньопротерозойського віку і вище по розрізу змінюється, відповідно, породами скелюватської (PR<sub>1sk</sub>), саксаганської (PR<sub>1sx</sub>) і гданцівської (PR<sub>1gd</sub>) світи.

Комплекс порід *новокриворізької світи*, яка за своїм первинним генезисом є вулканогенно-осадовою, представлений амфіболітами роговообманкового, актинолітового, хлорит-амфіболового, актиноліт- і тремоліт-біотитового складу (рис. 1), габро-амфіболітами, сланцями та кварцитами. У складі *скелюватської світи* присутні кварцити, кварцито-пісковики, аркозові пісковики з прошарками сланців. *Саксаганська світа* складена двома сланцевими та двома залізистими горизонтами. Утворення *гданцівської світи* присутні у крайній західній частині рудопрояву і представлені сланцями, гнейсами, кварцитами та метапісковиками. Гранітоїди *кіровоградського комплексу* (PR<sub>1kg</sub>), серед яких переважають дрібно- та середньозернисті, інколи порфіробластові смугасті плагіомікроклінові граніти та мігматити, в межах рудопрояву підстиляють новокриворізьку світу амфіболітів, формуючи куполоподібні масиви, міжпластові тіла та тіла, що приурочені до лінійних зон тектонічних порушень.



**Рис. 1. Різновиди амфіболітів; прозорі шліфи, ніколи паралельні:**

а) амфіболіт шаруватий з різною зернистістю окремих прошарків; св. 24744, гл. 237,0 м (довжина по горизонталі 2,2 мм); б-в) хлорит-амфіболові амфіболіти: б) св. 24743, гл. 450,0 м (довжина по горизонталі 2,0 мм); в) св. 24743, гл. 440,1 м (довжина по горизонталі 2,0 мм)

Серед гідротермально-метасоматичних змінень проявлені альбітизація, калішпатизація, скарнування, грейзенізація, окварцювання тощо.

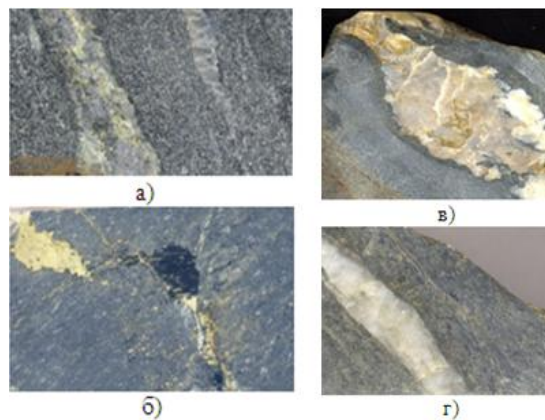
Альбітизація у вигляді прошарків і жил альбітитів, інколи – з проявами більш ранньої калішпатизації, в більшій ступені спостерігається у південній частині рудопрояву.

В амфіболітах виділяються дві зони скарнування (скарноподібних порід або скарноїдів) – високотемпературна, що представлена кордієрит-антофілітовою асоціацією з підпорядкованим розвитком шееліту, та низькотемпературна з розвитком діопсиду, актиноліту, тремоліту, карбонатів, воластоніту, гранату, скаполіту і, суттєво, шееліту. Скарноподібні породи в більшості локалізуються серед розсланцьованих амфіболітів верхньої частини амфіболітової товщі, поблизу від контакту з перекриваючими її лейкократовими плагіогнейсами, і складають пласто- та лінзоподібні тіла потужністю від десятків сантиметрів до 5 – 12 м.

Про проявлення процесу, схожого з грейзенізацією, певною мірою свідчить

наявність на рудопрояві зон інтенсивного окварцювання та мусковітизації, в яких нерідко містяться кристали турмаліну, виділення флюориту, топазу, рутилу, потужністю від 25 – 30 м до 200 м. У межах цих зон фіксується від 2 до 7 більш інтенсивно грейзенізованих (кварц-серицит-мусковітових з альбітом, турмаліном, рутилом, іноді флогопітом, флюоритом, топазом) ділянок – «грейзенізитів», потужність яких змінюється від перших метрів до 50 м.

Продукти метасоматичного окварцювання – вторинні кварцити – представлені практично мономінеральними кварцовими породами та їх слюдистими різновидами з прошарками мусковітових (серицитових) сланців з силіманітом, кордієритом, рутилом, турмаліном, інколи гранатом. Процес прожилкового окварцювання, виражений розповсюдженням переважно субзгідних з загальним розланцюванням вміщуючих порід кварцових з підпорядкованими кількостями інших мінералів прожилків (рис.2), є найбільш яскраво проявленим. Уздовж контактів цих прожилків нерідко спостерігається оторочка, складена більш великими, ніж у вміщуючій породі, виділення амфіболу (рис. 2 а-в).



**Рис. 2. Прояви дорудного прожилкування та пов'язаної з ним амфіболізації; полірований керн:** а) розвиток амфіболу на контактах будин і прожилків польовошпат-кварцового складу; св. 24917, гл. 64,2 м; б) розвиток амфіболу на контактах будинованого польовошпат-кварцового прожилку; св. 24917, гл. 66,3 м; в) крупнозернисті (до 5 – 10 мм у поперечнику) виділення амфіболу в січних сульфідмістячих прожилках; св. 24746, гл. 106,9 м; г) будинований субзгідний прожилок у слюдисто-кварцовому сланці

Молибденове зруденіння, за даними буріння свердловин розповсюджене до глибини 500 м, представлене *молибденітом*, що розпилений у ділянках, збагачених біотитом, а також тяжіє до «сухих» тріщин, ниткоподібних прошарків і малопотужних кварцових, польовошпат-кварцових і епідот-кварцових прожилків, переважно субзгідних із загальним заляганням порід амфіболітової товщі та напрямком сланцюватості в них. Домінуюча частина молибденіту знаходиться у породах безпосереднього екзоконтакту гранітоїдів кіровоградського комплексу при незначній його частці, локалізованої саме в гранітоїдах. У прожилках досить часто він відкладений уздовж зальбандів, створюючи або ланцюжки лусочок з переважним розміром до 0,5 мм (дуже рідко – до 2 мм), або нібито оторочку, складену пилювато-тонколускатим агрегатом; спостерігаються також гніздоподібні вкраплення лусочок. В аншліфах у більшості встановлені таблитчасті, лускаті, зплоснені самостійні виділення молибденіту або їх зростання, в цілому видовжені згідно розсланцюванню та зальбандам прожилків і розташуванню сприятливих для локалізації прошарків; значно рідше зустрічаються окремі дрібні

різноорієнтовані лусочки та їх променеві зростання. За виключенням піриту, звичайно молібденіт просторово відокремлений від інших рудних мінералів (рис. 3). Молібденіт містить 59,19 % – 60,45 % молібдену, 39,55 % – 40,81 % сірки та домішки свинцю (0,3 %), титану (0,01 %), вісмуту (0,01 %), нікелю (0,01 %), кобальту (0,003 %), міді (0,0005 %), а також ренію (0,02 %).

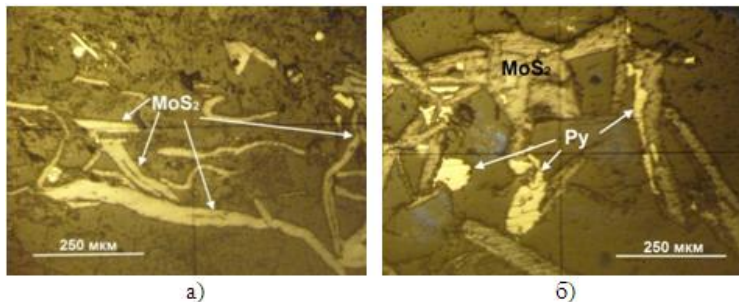


Рис. 3. Особливості розподілу молібденіту ( $\text{MoS}_2$ ) у вміщуючій породі (Py – пірит); аншліфи

З числа інших сульфідів на рудопрояві виявлені наступні: пірит, халькопірит, піротин, арсенопірит, галеніт, вісмутин та сфалерит.

*Пірит* у складі чотирьох умовно виділених за генетичним походженням типів (сингенетичного, метаморфогенного, гідротермального та метасоматичного) є домінуючим сульфідом. У свою чергу, гідротермальний пірит у зруденілих ділянках є найбільш поширеним і представлений, як мінімум, двома генераціями.

Пірит, віднесений до першої генерації, різко переважає і частіше представлений виділеннями неправильної, неправильно-подовженої, подовженої, близізометричної та ізометричної форми, розміром (у довжину та поперечнику) до декількох міліметрів та їх зростками. Часто зерна піриту розподілені в субпаралельних тріщинах сланцюватості-шаруватості, таким чином підкреслюючи напрямок останньої. Саме від конфігурації тріщин та порожнин часто залежить і форма виділень мінералу. Значно рідше зустрічаються зерна, що характеризуються достатньо гарно проявленим ідіоморфізмом, тобто мають прямокутні, квадратні, ромбовидні, полігональні та інші поперечні перетини; розмір цих зерен, як правило, не перевищує 0,6 – 0,7 мм. Іноді присутні мономінеральні гніздо- та лінзовидні (довжиною до декількох сантиметрів при потужності до 5 мм) відокремлення. Пірит цієї генерації створений явно раніше молібденіту, оскільки в аншліфах неодноразово спостерігались вclusions молібденіту в зернах піриту, проникнення лусок молібденіту в пірит у периферійних частинах його зерен, випадки «одягання» ними останніх та інші (рис.4,5).

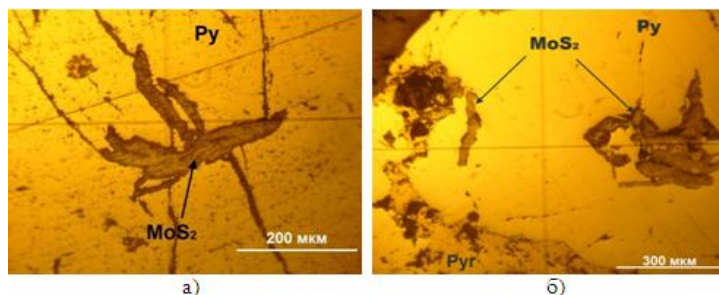


Рис.4. Включення молібденіту ( $\text{MoS}_2$ ) у піриті першої генерації (Py), Pyг - піротин; аншліфи



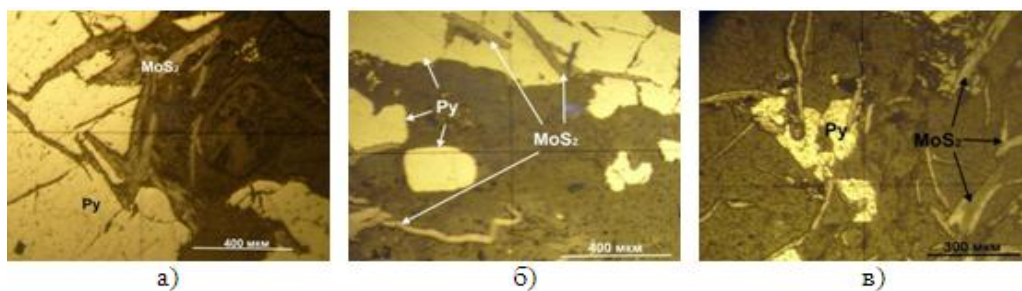


Рис. 5. Взаємовідношення між молібденітом ( $\text{MoS}_2$ ) та піритом першої генерації (Py); аншлифи

У піриті, який, за даними визначення на мікроаналізаторі JXA-5 в ІГМР НАН України, має склад, близький до стехіометричного (46,72 % заліза та 52,88 % сірки при наявності 0,40 % вісмуту та 0,02 % міді), за більш ранніми даними, містяться домішки титану (до 0,3 %), міді (0,15 %), кобальту (0,07 %), марганцю (0,07 %), нікелю (0,005 %), цинку (0,005 %), хрому (0,0015 %), срібла (0,0003 %), германію (0,0002 %).

Другий різновид (генерація) піриту, який за часом створення є більш пізнім, має підпорядковане значення і, головним чином, у вигляді тонко- і схованозернистого агрегату нерідко наростає на зерна піриту першої генерації (рис. 6 а), але частіше заповнює пізні тріщини в породі. У свою чергу, ці тріщинки (та, відповідно, просічки піриту) іноді з'єднують між ж собою окремі зерна піриту першої генерації (рис. 6 б). Іноді у тріщинах та порожнинах присутні самостійні зерна пізнього піриту, поперечний розмір яких звичайно не перевищує 0,2 – 0,3 мм. Взаємовідношення піриту другої генерації з молібденітом неоднозначні, але більш схоже, що молібденіт січе його.

*Халькопірит* є другим за промисловим значенням сульфідним мінералом руд. За отриманими даними, присутні дві його генерації, створені метаморфогенним (перша генерація) і гідротермальним (друга) шляхами. Перша з них утворює як мономінеральні (більш поширені) виділення неозначеної форми з переважним розміром менше 1 мм, так і такі, що знаходяться в зростанні з піритом та магнетитом; іноді спостерігаються лінзовидні зростки зерен халькопіриту. Друга генерація халькопіриту має гідротермальний генезис і пов'язана з карбонат-кварцовими прожилками та жилами, в яких він створює виділення неправильної та видовженої (часто по їх простяганню) форми. У тих випадках, коли халькопірит знаходиться в асоціації з піритом, зерна якого володіють значно краще вираженим

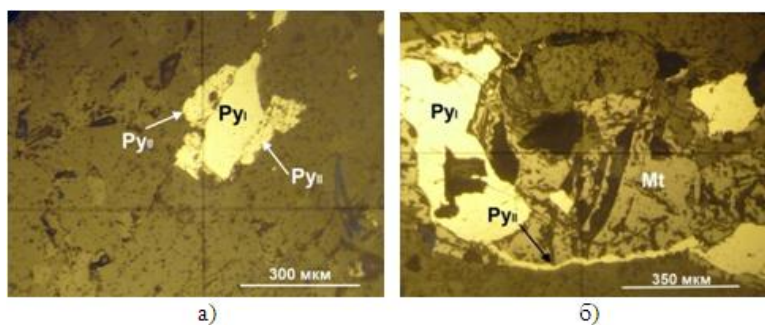


Рис. 6. Взаємовідношення між піритами першої ( $\text{Py}_I$ ) та другої ( $\text{Py}_{II}$ ) генерацій і магнетитом другої генерації (Mt); аншлифи

ідіоморфізмом, він звичайно наростає на грані останнього, виповнює тріщинки в ньому, а також створює дрібні включення.

*Піротин*, який за поширеністю серед сульфідів займає друге місце після піриту, переважно приурочений до тріщинуватих ділянок порід, де утворює самостійні виділення неправильної і неправильно-подовженої форми до 2,2 мм довжиною, рідше – таблитчасті, призматичні та близізометричні зерна, поперечний розмір яких звичайно не перевищує 0,5 – 0,6 мм, а також прожилки довжиною до 1,3 мм. Рідше присутні зростки його зерен неправильної форми до перших міліметрів у поперечнику. Відносно часто він знаходиться в асоціації з піритом, наростаючи у вигляді переривистих малопотужних кайм загальною довжиною до 0,7 мм при їх потужності 0,1 – 0,2 мм і самостійних виділень довжиною до 0,5 мм на його зерна, розвиваючись по тріщинкам у ньому. Спостерігаються включення піротину неправильної, подовженої, округлої, краплевидної та іншої форми розміром звичайно не більше 200 мкм у поперечнику та 250 мкм у довжину в піриті. Присутні зростки піротин-піритового, піротин-халькопіритового та піротин-пірит-халькопіритового складу. Піротин містить домішки нікелю ( до 0,7 %), марганцю (0,05 %), міді (0,03 %), кобальту (0,01 %), цинку (0,005 %), титану (0,001 %), свинцю (0,0002 %).

*Арсенопірит* у вигляді поодиноких видовжених, довгопризматичних та голчатих кристалів довжиною до 300 мкм, значно рідше – їх агрегатів спостерігається серед кварц-біотит-хлоритових сланців та амфіболітів, особливо в ділянках брекчійування, що зцементовані кварц-карбонат-піритовою речовиною, де іноді він просторово асоційований з піритом та халькопіритом. Ідіоморфізм цих кристалів за відношенням до піротину, наприклад, проявлений значно краще.

*Галеніт* зустрінутий у роговообманкових амфіболітах і представлений одиничними зернами розміром від 0,03 до 1,0 мм (переважно – до 0,25 мм), які нерідко мають кубічну форму, меншою мірою – скупченнями зерен, що знаходяться в асоціації з іншими сульфідами, в тому числі – у вигляді суцільної маси в тісному зростанні з вісмутином. До домішок у галеніті відносяться цинк (до 0,05 %), срібло (0,01 %), мідь (0,001 %).

*Сфалерит* у незначних кількостях зустрінутий в катаклазованих і сульфідизованих (пірит-, піротин-, халькопірит-, галеніт- та молібденітмістять) роговообманкових амфіболітах та залістистих кварцитах. Виділення сфалериту звичайно мають неправильну форму і поперечний розмір від 0,04 мм до 0,14 мм при переважному розмірі до 0,07 мм.

*Вісмутин* виявлений в мінералогічних пробах у вигляді уламків кристалів неправильної форми, суцільних земельних агрегатів, що складають уламки від 0,14 – 0,2 до 0,5 мм у поперечнику. Відмічено наявність переривистої кайми вісмутину навкруги зерен піриту.

До інших рудних мінералів, присутніх у зруденілих зонах рудопрояву, відносяться магнетит (найбільш розповсюджений), шееліт, вольфраміт, самородні золото та срібло і телурид вісмуту.

*Магнетит* на рудопрояві представлений двома генераціями, перша з котрих за часом створення є дорудною, а друга – продуктом перерозподілу речовини, що мав місто у процесі внутрішньорудних метасоматично-гідротермальних перетворень.

Магнетит першої генерації переважає і знаходиться в кількостях до 25-30 %

і більше в незмінених вміщуючих породах. Він представлений вкрапленістю зерен близізометричної, ізометричної (до 1,1 мм у поперечнику) та подовженої форми (довжиною до 1,5 мм), які нерідко створюють ланцюжки, приурочені до тріщин сланцюватості-шаруватості у породі і орієнтовані згідно з останньою.

Магнетит другої генерації, головним чином, знаходиться у виді мономінерального, а також асоційованого з підпорядкованими кількостями сульфідів тонко- і схванокристалічного агрегату, що утворює гнізда рідко більше 1 мм у поперечнику, линзочки та прожилки довжиною до 3 мм. Крім того, цей агрегат створює кайми на ранньому піриті (рис.7 а), такого ж типу кайми на піриті, периферійні частини якого раніше вже були покриті виділеннями піротину або халькопіриту, а іноді – обох мінералів (рис.7 б), та магнетиті першої генерації (рис. 7 в).

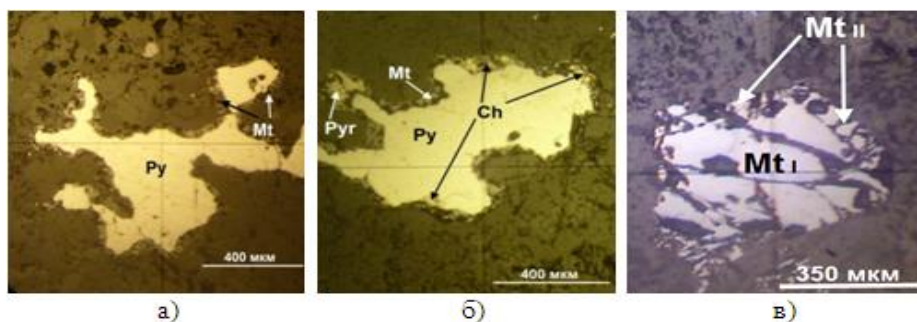


Рис.7. Взаємовідношення між магнетитом другої генерації (Mt та Mt<sub>II</sub>), піритом першої генерації (Py), халькопіритом (Ch), піротинном (Pyr) та магнетитом першої генерації (Mt<sub>I</sub>); аншлифи

*Шееліт*, наявністю якого, головним чином, обумовлені підвищені кількості вольфраму (до 0,07 % у пробах) у рудних зонах, утворює ізометричні, овальні і неправильні зерна розміром від 0,003 до 0,8 мм, більшість яких, розташованих субпаралельними ланцюжками, виявлено в кварцовій жилі, що пересічена свердловиною 24737 на глибині 358,3 м. На глибині 359,3 м свердловини 24736, де спостерігається контакт амфіболітів із залізистими кварцито-сланцями, у зонці окварцювання і сульфідизації зустрічно 2 зерна шееліту розміром біля 200 мкм та 150 мкм у поперечнику, які знаходяться в просторовій асоціації з неправильної форми виділеннями рудного мінералу.

Другий вольфрамовий мінерал – *вольфраміт* – є ще більш рідкісним і виявлений в кварцово-двослюдяному сланці з турмаліном та апатитом у свердловинах №№ 24180 та 24188.

*Самородне золото* пробністю 872 – 902 і незначними домішками міді, ртуті та телуру у вигляді дрібних і тонких виділень, лише окремі з яких досягають 0,2 – 0,3 мм у поперечнику, більшою частиною спостерігається в сікучих шарування порід жилах та прожилках, складених кварцом, карбонатами та сульфідами.

В окремих зразках по свердловині 24748 в слюдисто-кварцових сланцях знайдено декілька дендритовидних виділень *самородного срібла* довжиною до 8 – 10 мм.

У складі руд виявлено мінерали – носії вісмуту: в зразках та пробах свердловин №№ 24737 та 24748 – *самородний вісмут*, який, крім саме вісмуту, містить до 0,06 % срібла та 0,04 % міді; свердловини 24737 – мінерал, що за складом не відповідає ні одному з відомих *телуридів вісмуту* (71,61 % вісмуту,

22,60 % телуру, 4,18 % сірки і домішки селену – 1,6 %, міді – 0,03 % та срібла – 0,01 %). За вмістом вісмуту останній ближче всього до верліту ( $\text{Bi}_{2+x}\text{Te}_{3-x}$ ), за вмістом телуру – до чикловіту ( $\text{Bi}_2\text{TeS}_2$ ), за вмістом сірки – до тетрадиміту ( $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ ) та жозеїту А ( $\text{Bi}_{4+x}\text{Te}_{1-x}\text{S}_2$ ).

Таким чином, проведені останнім часом дослідження особливостей зруденіння Ганнівського рудопрояву підтвердили раніше виказане передбачення про складний, багатостадійний характер формування його комплексних вольфрам-мідь-молібденових (із сріблом, золотом, вісмутом) руд. Це підтверджується, наприклад, наявністю в зруденілих ділянках, як мінімум, двох генерацій не тільки піриту, але і магнетиту. Додатковою ознакою цього може служити також дуже рідкісне спільне знаходження (тобто – не одночасне створення) головного корисного мінералу руд, молібденіту, з сульфідами та іншими рудними мінералами.

#### Бібліографічні посилання

1. **Бабков Ю.Б.** Некоторые особенности размещения медно-молибденовых рудопроявлений в восточной части Криворожско-Кременчугской зоны /Ю.Б. Бабков, А.С. Киселев, В.В. Решетняк, Ю.З. Борзенко //Геол. журн.–1972.– №4.–С. 112-114.
2. **Великанов Ю.Ф.** Условия формирования молибденовой минерализации Восточно-Анновской полосы /Ю.Ф. Великанов, Н.П. Семенов //Геол. журн. –1992.–№3.–С. 89-92.

*Надійшла до редколегії 18.04.11.*