

УДК 549:553.411(477.5)

**ДОСВІД ВИЯВЛЕННЯ ПЕВНОГО ТИПУ ЗОЛОТОГО ЗРУДЕНІННЯ  
МЕТОДОМ ТЕРМО-ЕРС НА МІНЕРАЛОГО-ПАРАГЕНЕТИЧНІЙ ОСНОВІ  
(НА ПРИКЛАДІ БОБРИКІВСЬКОГО РУДНОГО ПОЛЯ,  
НАГОЛЬНИЙ КРЯЖ, ДОНБАС)**

**О. Литвинович, В. Єхіванов, Ю. Пахнющий,  
Т. Кутний, О. Швасвський**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
79005 м. Львів, вул. Грушевського, 4  
E-mail: mineral@franko.lviv.ua*

На прикладі Бобріківського золото-поліметалевого рудного поля (Нагольний кряж, Донбас) доведена можливість експресного виявлення окремих зон локалізації самородного золотого зруденіння.

*Ключові слова:* картування, чорносланцеві товщі, термоелектрорушійна сила, мінерали-напівпровідники, золото, Донбас.

Геологічна вивченість Донбасу в цілому надзвичайно добра (майже еталонна), однак у геологів виникають певні проблеми з великомасштабного картування окремих (у тім числі золоторудних) об'єктів унаслідок надзвичайно широкого розвитку тектонічних порушень у некомпетентних товщах. У деяких випадках ці порушення настільки замасковані (оскільки картування проводять за результатами буріння), що результат їхньої діяльності навіть кваліфікований геолог може прийняти за первинну сланцюватість порід, що призведе до хибних результатів.

Картування рудних об'єктів у складчастих теригенних вуглецьвмісних літокомплексах має певні особливості. На підставі власного досвіду та досвіду геологів, які працювали на великих родовищах, локалізованих у так званих чорносланцевих товщах, ми переконались, що розвідувальне буріння в таких утвореннях повинно супроводжуватись мінералого-фізичним каротажем, тобто вивченням розподілу значень і знака термоелектрорушійної сили (термо-ЕРС) по всій глибині свердловини. Як зазначено в [4], подібна практика приводить до виявлення морфоструктури родовища та наочного зображення шляхів міграції ювенільних флюїдів.

У працях [3, 4] обґрунтована тенденція до локалізації самородного золотого зруденіння в ділянках, для яких параметр  $D_n$  піриту має значення 0–30 %, а також показані такі ділянки в межах субширотного профілю глибокого буріння. Водночас не всі ділянки з такими значеннями параметра  $D_n$  містять золоте зруденіння. Стисло це можна сформулювати так: не завжди самородне золото наявне в ділянках зі значеннями  $D_n = 0–30$  %, однак якщо самородне золото є, то значення параметра  $D_n$  становить 0–30 %.

Однією з аксіом розшуково-оцінних робіт на золото в цьому районі є те, що золото знаходять у серіях (шарах), які максимально мінералізовані сульфідами вна-

слідок метасоматично-гідротермальної переробки вмісних порід по зонах їхньої кліважно-тектонічної дезінтеграції. Особливістю власне золотого зруденіння в межах Бобриківського рудного поля є те, що воно не завжди супроводжує підвищену сульфідизацію порід, а локалізоване лише там, де розвинуті певні мінерали-напівпровідники.

З огляду на це ми мали на меті вибрати типоморфний мінерал, вивчення якого експресним методом дало б змогу значно зменшити термін виявлення закономірностей просторової локалізації продуктивних мінеральних парагенезисів. Вибраний мінерал повинен мати розміри виділень не менше 0,5 мм і бути поширеним, оскільки в іншому випадку втратиться експресність робіт і надійність висновків. Звичайно, оптимальний варіант – це золото, проте його специфічні характеристики, зокрема спорадичність розподілу та переважно мікроскопічність виділень, змусили шукати інші мінерали-індикатори продуктивного мінералоутворення. Сьогодні ми такими мінералами обрали пірит та арсенопірит.

**Пірит** не тільки “наскрізний” мінерал, який формується в ході всього мінералоутворювального процесу, а й “повсюдний”. Він розвинутий найрівномірніше (порівняно з іншими рудними мінералами) по всьому геологічному об’єму Бобриківського рудного поля. Власне з цих причин попередні дослідники приділяли йому таку пильну увагу, сподіваючись виявити конкретні закономірності в мінливості його мінералогічних, фізичних та хімічних особливостей стосовно виявлення локальних критеріїв прогнозування золотого зруденіння. Всі вчені фіксували мінливість його мінералого-фізичних параметрів, яку пов’язували не стільки з глибиною, скільки з належністю до певного морфогенетичного типу. Водночас усі вони констатували факт широкого перекривання виявлених параметрів, що, з їхнього погляду, унеможливило використання піриту як мінералу-індикатора на локальне прогнозування золотого зруденіння. Ми частково підтверджуємо правильність цього висновку. Однак, на нашу думку, практично повсюдне поширення піриту, здатність його до надзвичайно швидких трансформацій залежно від *PTX*-умов мінералоутворення, можливість як за знаком термо-ЕРС, так і за його значеннями виявити відносну температуру мінералоутворення (власне параметр  $D_n$ ) дає змогу виділити пірит як єдиний рудний мінерал, за яким можна експресно визначити елементи морфоструктури рудного поля через виявлення висхідних потоків мінералоутворювальних флюїдів [4].

**Арсенопірит** на деяких родовищах, що локалізовані в так званих чорносланцевих товщах, трасує та облямовує золоте зруденіння. Наприклад, на Вернинсько-Невському рудному полі Бодайбінського рудного району саме наявність арсенопіриту є ґрунтовним критерієм для виявлення продуктивної мінералізації. Кристаломорфологія арсенопіриту залежить від його складу так, що дає змогу в деяких випадках використовувати його як геотермометр [6]. З огляду на це (а власне, внаслідок залежності складу арсенопіриту від зовнішніх чинників) значення його термо-ЕРС можна використовувати як для кореляційних, так і для прогнозних цілей. Важливим чинником, який привернув нашу увагу до арсенопіриту, є ще й те, що цей мінерал поширений як на верхніх, так і на нижніх горизонтах Бобриківського рудного поля. Все це дає підстави вважати арсенопірит мінералом, придатним для використання як мінералу-індикатора навіть для розрахунку мінералого-фізичного градієнта.

**Піротин** ми вилучили з розряду першочергових типоморфних сульфідів. Це пов'язано з тим, що головна його маса розвинена на нижніх рівнях Бобріківського родовища, а виявлений нами піротин у близькоповерхневих горизонтах простежується тільки у вигляді спорадичних мінеральних виділень розміром < 0,2 мм. Оскільки й досі нема належної аналітичної бази з дослідження цього мінералу, то нема і змоги належно його використати.

**Халькопірит** з огляду на його генетичну належність (“напівскрізність” розвитку), а також унаслідок певної спорадичності просторового розподілу не може бути використаний як реперний мінерал, не кажучи вже про **сфалерит**, який не є напівпровідником.

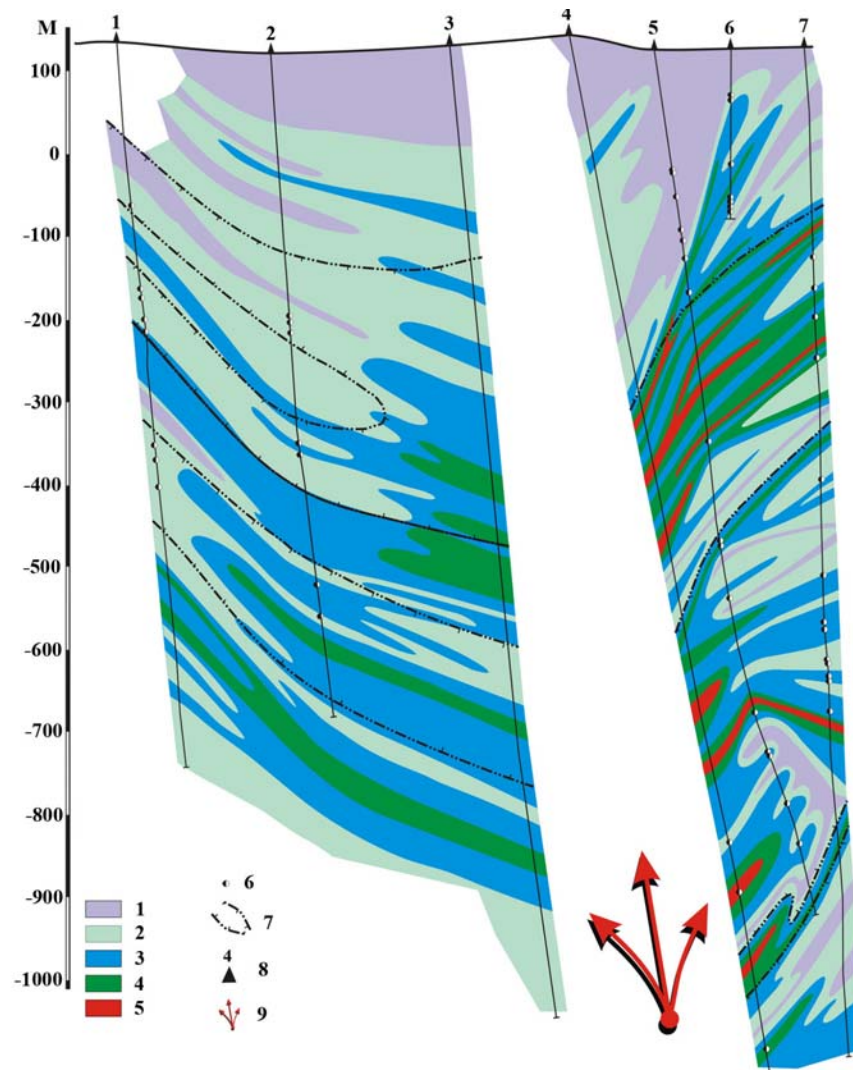
**Галеніт** практично всі дослідники, услід за [2], вважають мінералом, який перебуває в парагенетичному зв'язку з самородним золотим зруденінням. Наявний у нас матеріал хоч і свідчить про тісний просторовий зв'язок свинцевої та золотої мінералізації, проте їхній “часовий” зв'язок здебільшого викликає певні сумніви. Роботи з виявлення природи корелятивних зв'язків галеніт–золото вже розпочато.

**Сульфосоли** (передусім бляклі руди) внаслідок подібності *PTX*-параметрів їхнього відкладення до *PTX*-параметрів самородного золота не могли не привернути нашої уваги, однак нерівномірність їхнього поширення, мікроскопічність виділень та складність їхньої ідентифікації без прецизійної аналітичної бази поки що не дає змоги використовувати їх належно.

Дослідники золоторудних родовищ [5] зазначають про потребу врахування того, що в розподілі золота родовищ помірносульфідних руд, особливо в ділянках переважного розвитку ранньосульфідних асоціацій (у нашому випадку це всі три мінеральні асоціації кварц-карбонатного з ранніми сульфідами мінерального комплексу), важливу роль відіграють геохімічні особливості металів змінної валентності, які дають змогу, зокрема, золоту створювати свої концентрації як шляхом співкристалізації з мінералами типових “золотих” парагенезисів, так і внаслідок сепаратного осадження на мінералах-попередниках, у тому числі допродуктивних стадій. У першому випадку мінерали, що асоціюють, пов'язані парагенетично, у другому – тільки просторово.

Здатність золота осаджуватись на більш ранніх мінералах вивчало багато дослідників (О.С. Звягінцев, Н.В. Петровська, М.С. Сахарова, С.К. Ряжська та ін.). На родовищах малих глибин найактивнішими осаджувачами золота є адуляр, гіпогенний каолінит, гідрослюди, в помірносульфідних рудах середніх глибин – **пірит**, **арсенопірит** і **піротин**. Суттєва мінливість золотоносності ранньосульфідних асоціацій залежить не тільки від загальної кількості мінералів-осаджувачів, а й від ступеня тріщинуватості їхніх агрегатів, а головне, як з'ясував В.О. Фаворов, – від типу провідності сульфідів [1].

У загальному випадку серед сульфідів, у яких простежується не тільки перехід від від'ємної провідності до додатної, а й тенденція до цього переходу (найяскравіші приклади – пірит та арсенопірит), найбільшою осаджувальною здатністю щодо золота вирізняються ті, що мають змішаний тип провідності. Крім того, є ще й пари мінералів, де один з них має додатну провідність (у нашому випадку пірит, піротин), а інший – від'ємну (у нашому випадку арсенопірит, галеніт, халькопірит). Тобто рудоформувальний розчин потрапляє в природну “гальванічну ванну”.



Поширення арсенопіритової мінералізації в межах субширотного профілю I  
глибинного буріння Бобріківського золото-поліметалевого родовища:

1–5 – значення  $D_n$  піриту, %: 1 – 0; 2 – 0–20; 3 – 20–40; 4 – 40–60; 5 – >60; 6 – знахідки самородного золота; 7 – зони поширення арсенопіритової мінералізації; 8 – свердловини та їхні умовні номери; 9 – вертикальна проекція напрямів руху високотемпературних флюїдів (субширотний профіль I).

Варто враховувати ще й те, що у разі переважного розвитку плікативної тектоніки в районі найяскравіше виявляється явище власне успадкованості зон диз'юнктивних порушень, через що на мінерали-попередники накладається вся гама подальших рудотворних процесів.

Незаперечним фактом (який підтверджений всіма дослідниками Бобрівського рудного поля\*) розвитку гідротермального мінералоутворювального процесу в межах Бобрівського золото-поліметалевого рудного поля є те, що арсенопірит – один з найбільш ранніх рудних мінералів, які сформувались у продуктивну стадію рудогенезу. Тому виявлені зони поширення арсенопіриту мінералізації збігаються з зонами “припливу” ювенільних флюїдів по найбільш довготривалих кліважно-диз’юнктивних порушеннях, тобто по тих зонах, де результати гідротермально-метасоматичного мінералотворного процесу виявлені повністю.

Також дуже важливим чинником у разі вибору піриту й арсенопіриту як типоморфних мінералів для мінералого-фізичних досліджень є те, що досить добре вивчено їхню термо-ЕРС [1].

Ми винесли на розріз по субширотному профілю глибокого буріння, де вже зображена мінливість параметра  $D_n$  [4], ділянки локалізації арсенопіритових парагенезисів (див. рисунок). Надзвичайно цікавим виявилось те, що всіх їх можна об’єднати смугами, які добре корелюють із зонами розвитку піриту з певними значеннями  $D_n$ . Не менш цікаво й те, що самородна золоторудна мінералізація локалізована власне в цих смугах, а це підтверджує правомірність наших міркувань.

Отже, раціональне комплексування загальногеологічних даних (зони кліважно-диз’юнктивних порушень) з результатами мінералого-фізичних досліджень (визначення параметра  $D_n$  піриту, що приводить до виявлення морфоструктури об’єкта) на мінералого-парагенетичній основі (арсенопіриту парагенезиси) дає змогу коректувати та визначати подальший напрям геологорозвідувальних робіт.

1. *Красников В.И., Фаворов В.А., Суматохин В.А.* и др. Методические рекомендации по использованию электрических свойств рудных минералов для изучения и оценки эндогенных месторождений. Л., 1983.
2. *Лазаренко Е.К., Панов Б.С., Груба В.И.* Минералогия Донецкого бассейна. К., 1975. Ч. 2.
3. *Литвинович О., Єхванов В., Пахнюций Ю., Кутний Т.* Кореляція мінливості мінералого-фізичних характеристик піриту зі ступенем золотоносності руд (на прикладі Бобрівського рудного поля, Нагольний кряж, Донбас) // Мінерал. зб. 2003. № 53. Вип. 1–2. С. 79–84.
4. *Литвинович О., Єхванов В., Пахнюций Ю.* та ін. Особливості просторової мінливості мінералого-фізичних характеристик піриту мінералізації (на прикладі Бобрівського рудного поля, Нагольний кряж, Донбас) // Мінерал. зб. 2004. № 54. Вип. 1. С. 87–91.
5. *Ляхов Ю.В., Павлунь Н.Н., Пизнюр А.В., Попивняк И.В.* Термобарогеохимия золота (прогнозирование, поиски и оценка оруденения) / Под. ред. Е.М. Лазько. Львов, 1995.
6. *Kerestedjian T.* Chemical and morphological features of arsenopyrite, concerning its use as a geothermometer // *Mineralogy and Petrology.* 1997. Vol. 60. P. 231–243.

\* Їх настільки багато, що перелічити всі не дає змоги обсяг статті.

**THE EXPERIENCE OF THE GOLD MINERALIZATION CERTAIN TYPE  
DETERMINATION BY THE METHOD OF THERMO-ELECTROMOTIVE  
FORCE ON MINERALOGICAL-PARAGENIC BASEMENT  
(on the example of the Bobrykiv ore field, Nahol'nyi mountain-ridge, Donbas)**

**O. Lytvynovych, V. Yekhivanov, Yu. Pakhnyushchyi,  
T. Kutnyi, O. Shvayevs'kyi**

*Ivan Franko National University of Lviv  
Hrushevs'kogo St. 4, UA – 79005 Lviv, Ukraine  
E-mail: mineral@franko.lviv.ua*

The opportunity of the express determination of native gold separate zones localization is shown on the example of the Bobrykiv gold-polymetallic ore field (Nahol'nyi mountain-ridge, Donbas).

*Key words:* mapping, black-shale series, thermo-electromotive force, semiconductor ore minerals, gold, Donbas.

Стаття надійшла до редколегії 23.09.2004

Прийнята до друку 15.11.2004