

УДК 549.324.62:553.4(477.6)

**КОРЕЛЯЦІЯ МІНЛИВОСТІ
МІНЕРАЛОГО-ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРСЕНОПІРИТУ
ЗІ СТУПЕНЕМ ЗОЛОТОНОСНОСТІ ПОЛІМЕТАЛЕВИХ РУД
(НА ПРИКЛАДІ БОБРИКІВСЬКОГО РУДНОГО ПОЛЯ,
НАГОЛЬНИЙ КРЯЖ, ДОНБАС)**

О. Литвинович, В. Єхванов, Ю. Пахнюций, Т. Кутний, О Шваєвський

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

На підставі вивчення кристаломорфологічних та мінералого-фізичних особливостей арсенопіриту зроблено висновок, що в межах Бобріківського рудного поля експрес-картування потенційно рудоносних зон можна виконувати за певними мінералого-фізичними параметрами арсенопіриту.

Ключові слова: арсенопірит, термоелектрорушійна сила, золотоносність, Донецький басейн.

Сьогодні в Донецькому басейні відомо близько 30 рудопроявів корінного та розсіпного золота [5]. Проте й досі в цьому регіоні виникають певні труднощі в разі відкриття нових перспективних об'єктів та переоцінки старих. Це пояснюють багатьма чинниками, серед яких важливими є як складність великомасштабного картування окремих об'єктів унаслідок надзвичайно широкого розвитку тектонічних порушень у некомпетентних товщах, так і сприйняття геологами цих об'єктів як класичних постмагматичних утворень. До того ж, генезис родовищ, розташованих в авлакогеосинкліналях і локалізованих у складчастих теригенних вуглецевмісних літокомплексах, ще й досі суперечливий і дискусійний, що, знову ж таки, суттєво ускладнює виконання розшукових та оцінних робіт стандартними алгоритмами.

Протягом останніх років ми розробляли критерії локального прогнозування та оцінювання золотого зруденіння в межах Бобріківського рудного поля термобаро-геохімічними й мінералого-фізичними методами на мінералого-парагенетичних засадах. Звичайно, ми почали з вивчення мінералого-фізичних особливостей піриту як не просто наскрізного мінералу рудоформувального процесу, а й повсюдного.

Деякі наші результати вже викладені в [2–4]. Коротко їх узагальнимо:

- ділянки самородної золотої мінералізації локалізовані в місцях поширення піриту, який має значення параметра $D_n \leq 30$ [2, 3];
- пірит – єдиний рудний мінерал, за яким можна експресно виявити морфоструктуру рудного поля;
- з огляду на те, що в ході розвитку метасоматично-гідротермального процесу відбувається просторово-часова еволюція морфогенетичних типів піриту зі зміною

їхніх мінералого-фізичних характеристик, розробка *експресних* мінералого-фізичних критеріїв локального прогнозування за значеннями термо-е.р.с. піриту проблематична [2];

- арсенопірит є одним із раних рудних мінералів золото-кварц-поліметалевої мінеральної асоціації [1] золото-полісульфідного мінерального комплексу [4];
- самородне золото локалізоване в зонах розвитку арсенопіритової мінералізації [4];
- виявлені зони поширення арсенопіритової мінералізації збігаються з зонами “припливу” ювенільних флюїдів по найтриваліших кліважно-диз’юнктивних порушеннях, тобто по тих зонах, де результати гідротермально↔метасоматичного процесу проявлені в повному обсязі [4].

Як впливає з узагальнень, пірит (без додаткових досліджень) не може слугувати *надійним* мінералом-індикатором для *експресного* виявлення зон локалізації промислово цінної золоторудної мінералізації. Водночас у світовій практиці надкористування є стійка тенденція до зменшення періоду геологічної розвідки об’єкта для якнайшвидшої передачі його в експлуатацію.

З огляду на це ми спробували зіставити деякі мінералого-фізичні параметри арсенопіриту з золотоносністю мінералізованих зон Бобріківського рудного поля для визначення того, чи можна за термо-е.р.с. арсенопіриту експресно виявляти зони підвищеної золотоносності.

На жаль, просторову еволюцію кристаломорфологічних різновидів арсенопіриту ми виявили фрагментарно. Однак зафіксовано тенденцію мінливості відсоткового співвідношення кількості взірців з арсенопіритом до загальної кількості взірців по інтервалах опробування свердловин субширотного профілю глибинного буріння Бобріківського рудного поля (рис. 1).

З рис. 1 видно, що кількість арсенопіриту збільшується з віддаленням від передбачуваного каналу припливу більш високотемпературних флюїдів, розміщеного між устями свердловин 3 та 4* (формування морфоструктурного “арсенопіритового чохла” внаслідок витіснення малоактивного арсену активнішою сіркою в ділянки зниженого тиску).

Зазначимо, що в межах окремо взятих перерізів зон поширення арсенопіритової мінералізації ця тенденція простежується менш яскраво.

Дещо ліпше, хоча також фрагментарно, ми спостерігали часову еволюцію кристаломорфологічних різновидів. На підставі зіставлення її з геолого-мінералогічною характеристикою місця пробовідбору, його сульфідонасиченістю й золотоносністю ми дійшли висновку про ідентичність наших спостережень з деякими даними, які наведені в [8]. Графічно це показано на рис. 2.

Як бачимо з рис. 2, формування кожного морфогенетичного різновиду відбувалось за цілком фіксованого співвідношення As/S, яке опосередковано (через термо-е.р.с.) характеризує ступінь флюїдопроникності (флюїдоактивності) рудогенерувальної системи.

Згідно з нашими спостереженнями, повний процес формування арсенопіриту в ході еволюційного розвитку флюїдоактивної системи такий. Найбільш ранній мета-

* Тут і далі нумерація свердловин умовна.

соматичний (“породний”*) арсенопірит доростає гідротермально-метасоматичним (“зальбандовим”), який, відповідно, був затравкою для формування гідротермального (“жильного”) арсенопіриту.

Інтервал опробування, м	Кількість зразків з арсенопіритом та умовна індексація свердловин						
	св-1	св-2	св-3	св-4	св-5	св-6	св-7
0–200	20	0		0	29	52	54
200–400	29	6	67	10	28		39
400–600	11	14		26	17		19
600–800	5	6	2	11	18		24
800–1 000	10	4	4	14	23		14
1 000–1 200				16	13		0
1 200–1 400				10			0

Рис. 1. Тенденції мінливості відсоткового співвідношення кількості взірців з арсенопіритом до загальної кількості взірців по інтервалах опробування свердловин субширотного профілю-I.

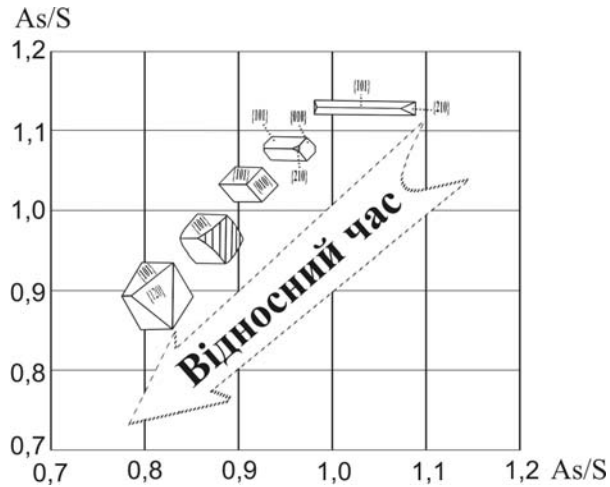


Рис. 2. Схема еволюційної мінливості кристаломорфологічних різновидів арсенопіриту залежно від співвідношення As та S (за [8] з нашими доповненнями).

* Тут і далі терміни “породний”, “зальбандовий”, “жильний” ми використовуємо дещо умовно і не стільки за наявністю арсенопіриту в породах певного складу, скільки за повнотою перебігу мінералотворного процесу.

Кристаломорфологічно це виявляється у закономірному зменшенні відсоткової частки граней (101) (тичкуватий обрис) щодо граней (210) (скіпетроподібний обрис). Звичайно ж, у кожній ділянці мінералоутворення, залежно від локальних геологічних та *РТХ*-параметрів, утворення кристалів арсенопіриту могло як початись, так і завершитись на будь-якому відрізьку метасоматичного↔гідротермального процесу.

У межах Бобриківського рудного поля арсенопірит, здебільшого, сформований у вигляді метакристалів, що утворюють шаруватоподібну вкрапленість, яка найчастіше міститься в алевритових прошарках. Кристали його переважно ромбічні, скіпетроподібні, тичкуваті. Розмір від часток міліметра до перших сантиметрів. Мінерал тісно асоціює (є парагенетичним) з піритом першої продуктивної (пірит-арсенопіритової з золотом) асоціації комплексу ранніх сульфідів, інколи формує метакристали (у вигляді окремих виділень) в піриті та сфалериті. В тих випадках, коли арсенопірит є тріщинуватим, у ньому по тріщинках і кавернах простежуються піротин, сфалерит, халькопірит, бляклі руди, інші сульфосоли та золото. Цікаво зазначити, що кількість включень піротину в арсенопіриті збільшується з глибиною. За даними [7], під електронним мікроскопом простежується тонкошарувата поверхня граней кристалів арсенопіриту і тонкі включення золота.

Спроби вивчити електрофізичні властивості арсенопіриту в межах Бобриківського рудного поля робили неодноразово. Найповніше їх узагальнення наведено в [6]. Усього вивчено 24 взірці, по яких зроблено 464 заміри.

Констатовано таке: жильний і вкраплений арсенопірит з рудоносних зон Нагольного кряжа має негативну термо-е.р.с. та подібні гістограми розподілу коефіцієнта термо-е.р.с. У кожній з гістограм максимальна частота трапляння характерна для інтервалу 150–200 мкВ/°С. Максимальні значення сягають 250–300 мкВ/°С.

Для виявлення мінливості термо-е.р.с. арсенопіриту та зв'язку її з золотоносністю поліметалевих руд ми вивчили 298 взірців (15 496 заміри). Результати цих досліджень відображені на графіку кореляційного зв'язку між вмістом золота та значеннями коефіцієнта термо-е.р.с. (рис. 3). З рис. 3 бачимо, що золоторудна мінералізація практично стовідсотково локалізована в діапазоні значень коефіцієнта термо-е.р.с. (–90)–(–120) мкВ/°С. Незбіжність отриманих нами даних з даними попередників можна пояснити відсутністю стандартизованого випуску обладнання для вивчення електрофізичних властивостей мінералів-напівпровідників. Це й нині є однією з проблем, які стримують впровадження мінералого-фізичних методів дослідження в широку геологічну практику.

Головною метою будь-якої науково-прикладної роботи є отримання позитивного ефекту внаслідок упровадження її у виробництво. В 2002 р. ми виконали мінералого-фізичний каротаж свердловини 15^а.

На підставі результатів досліджень, що отримані раніше, ми спробували застосувати їх (виконання замірів, опрацювання отриманих результатів і експресне виділення потенційно продуктивних горизонтів) у польових умовах. Головну увагу приділяли визначенню $\alpha_{\text{сеп}}$ виділень арсенопіриту.

За суто емпіричною закономірністю, яка полягає в тому, що ділянкам, де є арсенопірит зі значеннями $\alpha_{\text{сеп}} > 90$ мкВ/°С, відповідають інтервали підвищеної частоти трапляння самородного золота і взагалі зони підвищеної золотоносності (аж до утворення концентрацій промислово цінного зруденіння), ми виділили зону підви-

щених значень $\alpha_{\text{сер}}$ арсенопіриту, яка розміщена в інтервалі глибин 30–95 м від денної поверхні.

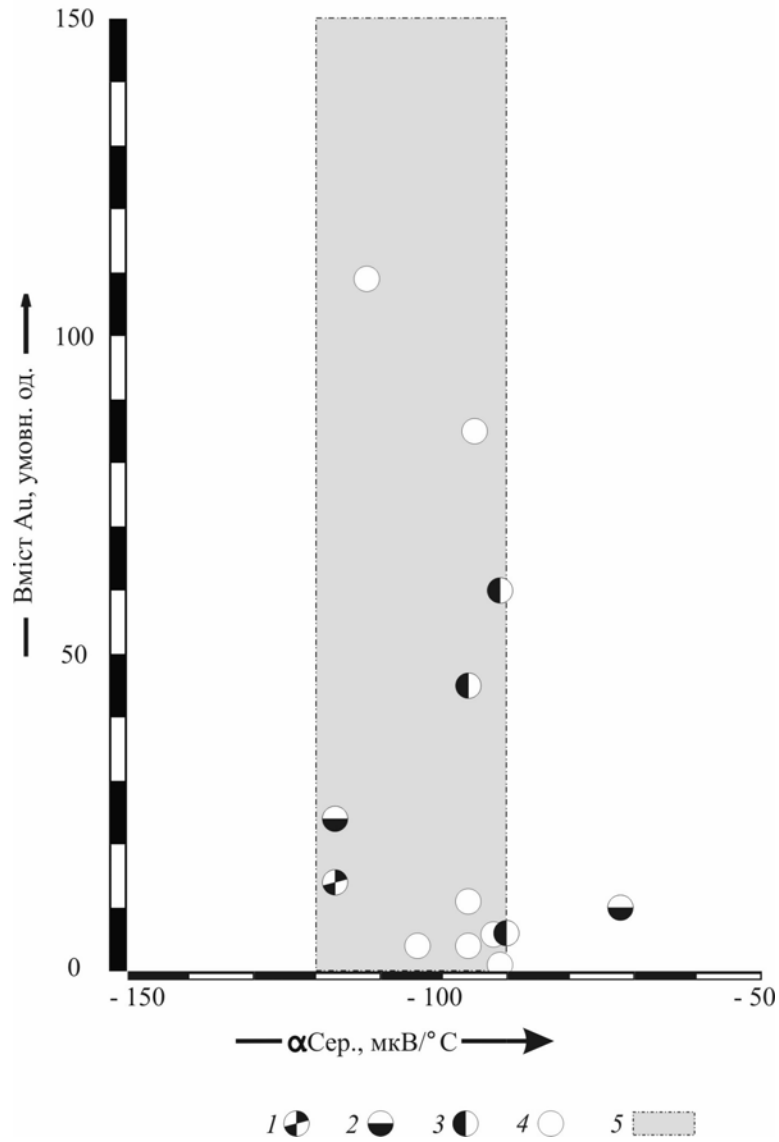


Рис. 3. Кореляційний зв'язок між вмістом золота та значеннями $\alpha_{\text{сер}}$ арсенопіриту по свердловинах Бобріківського рудного поля:
 1 – св. 4; 2 – св. 5; 3 – св. 6; 4 – св. 7; 5 – оптимальне параметричне поле золото-арсенопіритових парагенезисів.

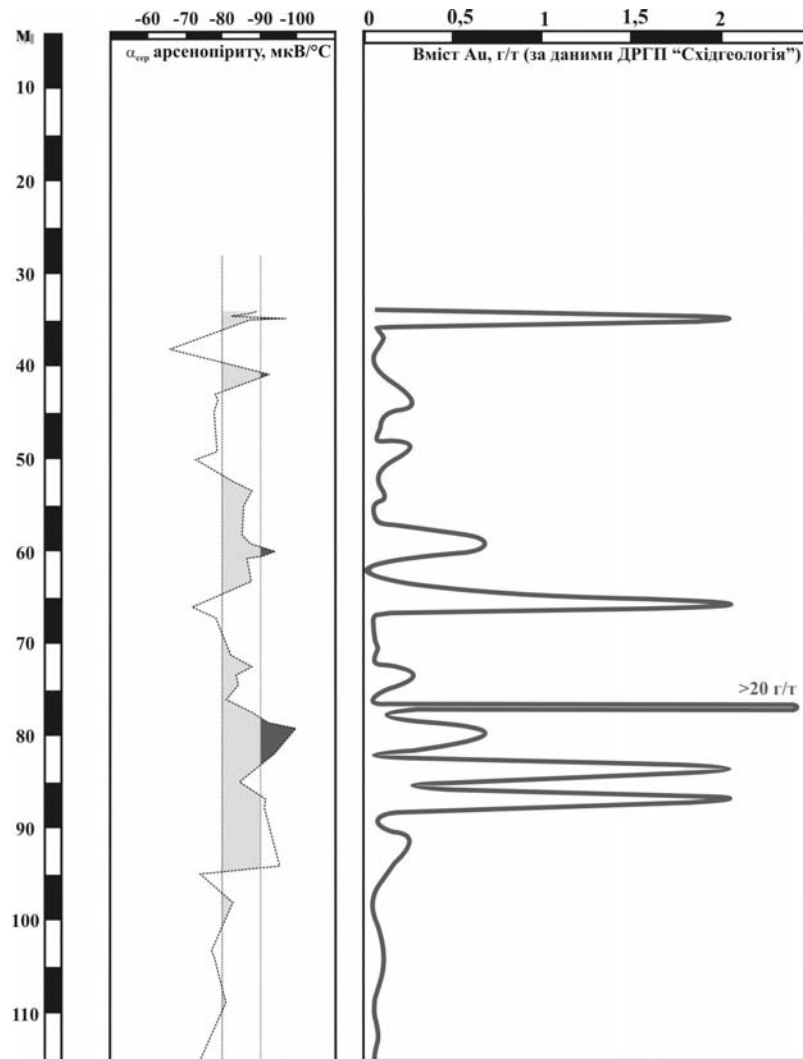


Рис. 4. Порівняльна схема даних спектроскопометричного аналізу і результатів мінералого-фізичного каротажу ядра свердловини 15^а по арсенопіриту.

За результатами спектроскопометрії, що отримані з лабораторії ДГП “Східгеологія” через декілька місяців після завершення буріння, чітко виділяється інтервал підвищеної золотоносності в проміжку 30–95 м (від денної поверхні), який раніше ми вже запропонували як найперспективніший у цій свердловині (рис. 4). Деяка невідповідність ділянок (± 2 м) максимальних концентрацій металу та значень $\alpha_{\text{сер}}$ пояснюється тим, що метод термо-е.р.с. є валовим і фіксує лише межі потенційно рудоносної зони, а не конкретні мінералогічні знахідки самородних золотинок.

Отже, використання мінливості мінералого-фізичних параметрів арсенопіриту для виявлення й картування потенційно перспективних зон є цілком виправданим. На нашу думку, метод мінералого-фізичного каротажу доцільно застосовувати саме в польових умовах з метою експресного виділення (закартовування) інтервалів першочергового і найретельнішого вивчення (опробування).

1. Лазаренко Е.К., Панов Ю.Б., Груба В.И. Минералогия Донецкого бассейна. К., 1975. Ч. 2.
2. 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.
3. Литвинович О., Єхванов В., Пахнюций Ю. та ін. Особливості просторової мінливості мінералого-фізичних характеристик піритової мінералізації (на прикладі Бобрівського рудного поля, Нагольний кряж, Донбас) // Мінерал. зб. 2004. № 54. Вип. 1. С. 87–91.
4. Литвинович О., Єхванов В., Пахнюций Ю. та ін. Досвід виявлення певного типу золотого зруденіння методом термо-е.р.с. на мінералого-парагенетичній основі (на прикладі Бобрівського рудного поля, Нагольний кряж, Донбас) // Мінерал. зб. 2004. № 54. Вип. 2. С. 151–155.
5. Панов Б.С., Панов Ю.Б. Самородное золото в Донецком бассейне и Приазовском кристаллическом массиве // Наукові основи прогнозування, пошуків та оцінки родовищ золота: Матеріали міжнар. наук. конф. Львів, 1999. С. 102–103.
6. Резников А.И., Прилипа Ю.А., Шульга А.Ф., Цыма Н.Т. Отчет о поисковых работах на золото в Донбассе (Нагольный кряж), 1976–1980 гг. Ворошиловград, 1980. Т. 1.
7. Ширкунов В.В., Тарахало В.Т., Некрут А.П. и др. Разработать структурно-прогнозную модель Бобривского рудного поля и выполнить прогноз: Отчет по теме № 137 за 1992–1993 гг. В 2 кн. Симферополь, 1993.
8. Kerestedjian T. Chemical and morphological features of arsenopyrite, concerning its use as a geothermometer // Mineral. and Petrol. 1997. Vol. 60. P. 231–243.

**CORRELATION BETWEEN VARIABILITY OF ARSENOPYRITE
MINERALOGICAL-PHYSICAL FEATURES AND THE DEGREE
OF GOLD CONTAIN IN POLYMETALLIC ORES
(BOBRYKIV ORE FIELD, NAHOL'NYI MOUNTAIN-RIDGE,
DONETS'K BASIN)**

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

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

Based on the morphogenetic and mineralogical-physical features of arsenopyrite, it has been concluded that within the Bobrykiv ore field the express mapping of the potentially ore-bearing zones can be carried out by only certain mineralogical-physical parameters of arsenopyrite.

Key words: arsenopyrite, thermoelectrical force, gold, Donets'k basin.

Стаття надійшла до редколегії 02.02.2005

Прийнята до друку 06.09.2005