

УДК 550.84(477)

**ФОРМИ ЗНАХОДЖЕННЯ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ
У ПЕРВИННИХ ГЕОХІМІЧНИХ ОРЕОЛАХ
ЗОЛОТОРУДНИХ РОДОВИЩ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА**

Ю. Новиков, Л. Новикова

*Кримське відділення Українського державного геологорозвідувального інституту
95017 м. Сімферополь, просп. Кірова, 47/2
E-mail: imr@utel.net.ua*

Вивчено первинні геохімічні ореоли родовищ золота Українського щита: Майського, Балки Широкої та Клинівського. Досліджено мінеральні та інші форми хімічних елементів у первинних геохімічних ореолах золоторудних родовищ. Доведено можливість застосування геохімічних критеріїв для інтерпретації результатів літохімічних розшукув.

Ключові слова: первинні геохімічні ореоли, родовище, золото, елементи-індикатори, мінеральна форма.

Успішні розшуки та розвідка похованих і сліпих золоторудних об'єктів у межах Українського щита (УЩ) можна забезпечити шляхом комплексних геологічних, геохімічних та геофізичних досліджень. Важливе місце в загальному комплексі робіт посідають геохімічні методи, перш за все, метод літохімічних розшукув по первинних ореолах, тому що з геохімічного погляду будь-яка рудна зона (рудні тіла та їхні первинні ореоли) – це єдина складно побудована геохімічна аномалія, вивчення якої є змістом геологорозвідувального процесу.

Ми вивчили склад первинних ореолів трьох золоторудних родовищ – Балки Широкої, Клинівського та Майського. Для цього використано різні види аналізів керованих та геохімічних проб руд і рудовмісних порід. Загальна кількість проаналізованих проб – близько 2 000. Для кожного з об'єктів виконано спектрохімічні та пробірні аналізи на золото, емісійний спектральний аналіз на 30 елементів, а на ртутному атомно-абсорбційному фотометрі – на ртуть (методика ІМР), частина проб проаналізована рентгеноспектральним аналізом. Аналізи виконані в атестованих лабораторіях ДГП “Кіровгеологія” та КВ УкрДГРІ. Крім того, використано дані спеціалізованих робіт ІГМРЕ РАН та ЦНДГРІ (Росія) з вивчення речовинного складу руд, рудовмісних порід та рудних метасоматитів. Роботи передбачали мінералогічні дослідження, мікроспектральні лазерні та мікрорентгеноспектральні (мікророзондові) аналізи проб.

Зазначені золоторудні родовища розташовані у Середньопридніпровському, Кіровоградському та Побузькому мегаблоках УЩ. Вони належать до золото-сульфідно-кварцової та золото-кварцової рудних формацій. Рудним зонам родовищ властива інтенсивна передрудна метасоматична і тектонічна переробка (катаклаз, розсланцювання, будинаж), це складне сполучення протяжних крутоспадних первинних геохімічних ореолів золота та локальних золоторудних тіл.

Перелік елементів-індикаторів золотого зруденіння *Клинцівського родовища* досить обмежений: Au, As, Ag, Ba та Bi. Ореоли золота та його елементів-супутників на родовищі – це лінійна зона зруденілих порід, яка на глибоких горизонтах не виявляє ознак виклинювання.

Тільки ореоли золота й арсену повсюди мають значні розміри: виявлена потужність ореолів золота варіює від 30–40 до 70–80 м, арсену – 20–30 м.

Зовнішні контури первинних ореолів Au та As приблизно однакові. Виявлена потужність ореолів інших елементів (Ag, Cu, Ba та Bi) менш значна: від 1–3 до 10–12 м. Первинні ореоли золота й арсену у вигляді крутоспадної аномальної зони простежені за падінням на сотні метрів.

Головною формою наявності золота в ореолах є мінеральна у вигляді самородного золота. Однак значна кількість дрібного золота перебуває у вигляді мікровключень у льолінгіті, арсенопіриті, піротині, піриті й халькопіриті. За даними мікрозондових аналізів в окремих пробах цих мінералів вміст золота досягає сотень грамів на тону. Вміст золота в арсенопіриті, виявлений методом СЕС, варіює в широких межах – від 0,8–1,5 до 20 г/т, а виявлений атомно-абсорбційним аналізом декількох проб – 36–46 г/т (за неопублікованими даними В.В. Шехоткіна, 1995). Вміст золота в піротині за даними атомно-абсорбційного аналізу чотирьох проб коливається від 0,2 до 1,2–1,6 г/т. За результатами фазового аналізу дрібне золото (0,005–0,007 мм та менше) в сульфідах і силікатах становить до 10 % валового вмісту [1].

Ореоли срібла на родовищі розвинуті слабо. Це група малопотужних ореолів лінзо- та стрічкоподібної форми незначної продуктивності (0,1–0,3 м.г/т, інколи 1,5–2,1 м.г/т) та невисокої контрастності (0,1–0,7 г/т). Простежена довжина окремих ореолів срібла за падінням рудної зони коливається від 35–40 до 130–200 м.

Слабкий розвиток ореолів срібла пояснюють широким розвитком високопробного золота, де домішка Ag становить від 0,03–0,07 до 8,16 %, а також невиразністю його власних мінералів. Головними формами срібла в первинних ореолах є ізоморфна домішка його у самородному золоті та (в окремих пробах) у декількох рудних мінералах: арсенопіриті – до 0,03–0,04 %, у льолінгіті – $\leq 0,01$ –0,07, піротині – $< 0,01$ –0,10, піриті – до 0,03 %.

Значний розвиток контрастних, протяжних ореолів арсену високої продуктивності зумовлений, насамперед, поширенням його власних мінералів – арсенопіриту та льолінгіту (у невеликій кількості виявлені також герсдорфіт і самородний арсен). Інша важлива форма знаходження As в ореолах – домішка його в піриті ($\leq 0,01$ –0,50 %) та піротині ($\leq 0,01$ –0,28 %). У піриті-II і III вміст домішки As становить 0,6–2,0 % [1].

У будові ореолів міді та барію виявлені ознаки асиметрії. Сумарна потужність ореолів Cu з висячого боку рудної зони становить 21–31 м, а лінійна продуктивність – 0,19–0,78 м.%. Головними формами міді в первинних ореолах є власний її мінерал – халькопірит (у вигляді тонко- та дрібнозернистої вкрапленості, інколи – тонких прожилків в арсенопіриті) та домішки в піриті-II і III (0,10–0,45 % [1], а за неопублікованими даними В.В. Шехоткіна – 0,16–0,21 %). Отже, на ділянках значної піритизації рудовмісних порід реальне формування ореолів міді навіть “без участі” вкраплення халькопіриту.

Ореоли барію розвинуті фрагментарно. Сумарна їхня потужність становить 9,7–10,3 м. Ореоли мають невелику протяжність за падінням (30–100 м). Одна з голов-

них форм Ва в його ореолах – барит тонких (потужністю 0,1 мм) барит-карбонат-пірит-кварцових прожилків. Іншою (гіпотетичною) формою барію в ореолах є ізоморфна домішка Ва в кальциті рудної зони родовища та зон скарнування рудного поля.

Ореоли бісмуту належать до двох груп. Першу групу, що має найширший розвиток, утворюють ореоли, приурочені до скарноїдних утворень зон ендо- та екзоконтактів тіл пегматоїдних гранітів. Ореоли цієї групи слабкоконтрастні. Друга група ореолів Ві – високонтрастні ореоли, приурочені до окремих інтервалів рудних тіл та їхніх зальбандів. Ореоли Ві зумовлені головню його власними мінералами (самородний бісмут, мальдоніт) та домішкою Ві в льолінгіті (до 0,09 %) і самородному золоті (0,04–1,11 %). Ореоли Ві, пов'язані з домішками його в самородному золоті, – це локальні ореоли, просторово суміщені з контурами золоторудних тіл.

Мабуть, однією із форм бісмуту (особливо в слабкоконтрастних ореолах) є домішка його в арсенопіриті: в частині мономінеральних проб арсенопіриту вміст Ві досягає 0,27 % (за неопублікованими даними В.В. Шехоткіна).

На **Майському родовищі** аномальне геохімічне поле охоплює сукупність групи ореолів Au, Ag, Ni, Cr, Bi, Co, Mo, Cu, Zn, As та Be. Ореоли золота згруповані в потужну (240–300 м) крутоспадну аномальну зону, що складається з ореолів рудних покладів, золоторудних лінз, ореолів ендо- та екзоконтакту гранітних масивів. На відміну від первинних ореолів золота, ореоли його елементів-супутників розвинені дуже обмежено: сумарна потужність ореолів окремих елементів-супутників золота рудних зон коливається від 5–8 до 20–45 м. За простяганням рудних зон ореоли елементів-супутників золота розвинуті дуже нерівномірно.

Форми наявності елементів у первинних геохімічних ореолах різноманітні. Схарактеризуємо їх з використанням неопублікованих матеріалів В. Сьомки та С. Бондаренка (1994).

Головною формою золота в ореолах є мінеральна у вигляді вільного самородного золота в асоціації з калаверитом, телуридами золота та електрумом. Калаверит, що утворює алотріоморфнозернисті агрегати зерен розміром 0,08–0,20 мм, ніби обростає золотини або утворює тісне проростання з золотом. Електрум наявний у вигляді дуже дрібних (0,02–0,04 мм) округлих зерен, що утворюють ланцюжки. Золото-талієвий телурид виявлено у вигляді тоненьких облямівок (60–80 мкм) навколо калавериту та самородного золота. В піротині та піриті золото не виявлене.

Ореоли срібла мають незначну лінійну продуктивність (4–5 м.г/т). Це пояснюють високою пробністю самородного золота (домішка в ньому Ag становить 0,8–2,2 %), слабким поширенням власних мінералів срібла (самородне срібло, калаверит, електрум, гесит), а також відсутністю домішки срібла в найпоширеніших сульфідах родовища – піротині й піриті. З огляду на це срібло міститься переважно у розсіяному вигляді і формує достатньо протяжні та потужні, але слабо контрастні геохімічні ореоли.

Форми нікелю в його ореолах різноманітні, їх можна об'єднати у три групи: 1) власні мінерали-носії: пентландит, нікелін, герсдорфіт, зрідка мілерит, що незначно розвинені у вигляді зерен розміром 0,004–0,040, зрідка 0,1–0,4 мм; 2) у вигляді ізоморфної домішки в найпоширеніших на родовищі сульфідах (піриті й піротині) та Ст-магнетиті; 3) у вигляді елемента-домішки в породоутворювальних мінералах кварц-біотит-плагіоклазових метасоматитів: актинолітовій роговій обманці та кумінгтоніті. Внаслідок повного ізоморфізму Ni з Fe у піротині й піриті вміст нікелю досягає

значної кількості: у піриті – до 1%, у піротині – до 0,8 %. Вміст Ni у Cr-магнетиті становить ~0,08 %. Вміст Ni в актинолітовій роговій обманці коливається від 0,02 до 0,22 %, у кумінгтоніті – 0,17–0,23 %.

Головними носіями хрому в ореолах є власні мінерали – хроммагнетит та хромшпінелід; деякі породотворні мінерали рудних кварц-біотит-плагіоклазових метасоматитів: магнезійна рогова обманка, актинолітова рогова обманка та кумінгтоніт. Домішка Cr_2O_3 у магнезійній роговій обманці – 0,10–0,66 %, в актинолітовій роговій обманці – 0,10–0,66 %, у кумінгтоніті – 0,07–0,34 %.

Головною формою молібдену в його ореолах є тонка (0,1–1,0 мм) вкрапленість лускатих виділень молібденіту, який у золотоносних метасоматитах, пегматоїдних та мікроклін-пертитових гранітах асоціює з магнетитом, хроммагнетитом, хромшпінелідом, золотом, піритом, піротином, сфалеритом і халькопіритом.

Ореоли бісмуту зумовлені його власними мінералами (самородний бісмут і телуровісмутит) і домішкою Ві в електрумні. Самородний бісмут трапляється у вигляді лінзоподібних скупчень дрібних (0,1–0,3 мм) ксеноморфних зерен, що розподілені вздовж площин спайності біотиту. Телуровісмутит представлений ще дрібнішими (0,01–0,04 мм) зернами таблитчастого вигляду. Вміст Ві в пробі електруму становить 5 %.

Провідною формою міді в її ореолах є власні мінерали-носії: халькопірит та, зрідка, валеріт. Халькопірит простежується у вигляді вкрапленості та мікропрожилків ізометричних ксеноморфних зерен розміром 0,2–0,4 мм.

Ореоли цинку зумовлені як власними мінералами (сфалерит), так і домішками цинку в хроммагнетиті. Вміст ZnO у хроммагнетиті золотоносних кварц-флогопітових метасоматитів становить 0,14 %.

Головною формою кобальту є ізоморфна домішка його в деяких сульфідах заліза та нікелю: пентландиті, герсдорфіті та піриті. Вміст Co в пентландиті коливається від 0,3 до 2,2 %, у герсдорфіті – від 1,2 до 1,3 %, у піриті-II – від 0 до 0,8 %.

Головною формою арсену в ореолах є його мінерали – нікелін і герсдорфіт із вмістом As 50,0–50,3 %. Нікелін міститься у вигляді ідіоморфних зерен розміром 0,007–0,040 мм, а герсдорфіт утворює навколо його зерен тонкі (0,008–0,020 мм) облямівки.

На **родовищі Балка Широка** первинні ореоли виявлені в рудних зонах інтенсивного розсланцювання, мілонітизації та гідротемально-метасоматичних змін метаморфізованих порід, що містять кварцові та кварцово-карбонатні жили і прожилки. Первинні геохімічні ореоли родовища є комплексними поліелементними утвореннями таких хімічних елементів, як Au, As, Cu, Ag, Ba, Ni; фрагментарний розвиток мають ореоли Zn, Pb, Mn та Mo. Вони згруповані в крутоспадну аномальну зону, що складена із розрізнених, зближених між собою, малопотужних ореолів сумарною потужністю від 50 до 220 м. Тільки ореоли Au та As мають значні та великі розміри. Потужність первинних геохімічних ореолів золота коливається від 3–6 до 20–25 м.

Головні форми золота в ореолах такі: мінеральна у вигляді самородного золота та у вигляді домішок у найпоширеніших на родовищі сульфідах і магнетиті. Самородне золото руд становить 36–76 %. Головне золото (24–64 %) пов'язане з сульфідами та магнетитом. Головними мінералами, що містять золото у вигляді домішок, є пірит, магнетит, халькопірит, піротин і арсенопірит. Вміст золота в піриті колива-

ється від 1,2 до 300 г/т, у халькопіриті – від 25 до 10 000, у піротині – від 0,2 до 700,0, в арсенопіриті – від 0,1 до 15,0, у магнетиті – від 0,05 до 500 г/т.

Первинні ореоли As більше розвинуті, ніж первинні ореоли золота, і згруповані у два аномальні геохімічні поля. Простежена потужність кожного з цих полів варіює від 5–10 до 80–130 м. Формами арсену в його ореолах є мінеральна у вигляді арсенопіриту (зрідка льолінгіту) та домішкова у вигляді домішки As в піриті (0,0005–0,43 %), піротині (до 0,1 %) та халькопіриті (до 0,01 %).

Ореоли Ag мають дуже обмежене поширення та незначну потужність (3–7 м). Головними формами срібла в його ореолах є мінеральна у вигляді самородного срібла, а також у вигляді домішки в найпоширеніших на родовищі сульфідах (піриті, халькопіриті, піротині, арсенопіриті й марказиті) та магнетиті. Вміст Ag в халькопіриті змінюється від 20 до 1 000 г/т, у піриті – від 1,5 до 100, в арсенопіриті – від 1,5 до 30,0, у піротині – від 1,5 до 20,0, у марказиті – від 100 до 500 г/т.

Потужність ореолів міді за падінням зон змінюється від 1,4 до 13,5 м. Головними формами міді в ореолах є мінеральна у вигляді халькопіриту та у вигляді домішки в піриті (0,004–5,0 %), піротині (0,005–0,4 %), арсенопіриті (0,004–0,005 %) та марказиті (0,03–0,04 %).

Ореоли барію фрагментарні. Головною формою барію в первинних ореолах є, мабуть, ізоморфні домішки його в кальциті, брейнериті, анкериті, доломіті та сидероплезиті, що розвинені на родовищі.

Комплексні ореоли Ni та Cr значно поширені в центральній та північно-східній частині родовища, їх можна об'єднати у три групи: ореоли поля розвитку тіл метасоматитів; ореоли, приурочені до зон розсланцювання та катаклазу слабозолотоносних гідротермально-метасоматично змінених метабазитів; ореоли винесення Ni та Cr. Лише ореоли Ni першої групи мають великі розміри: виявлена ширина ореола цих елементів – 100–120 м, простежена довжина за падінням – 400 м. Головна форма Ni в його ореолах – домішкова. Внаслідок повного ізоморфізму нікелю з залізом значні концентрації Ni виявлені в піриті (до 0,3 %), халькопіриті (до 0,4 %), піротині (0,01–0,30 %) та магнетиті (до 0,4 %). Ореоли Cr сформовані з його власних мінералів (хромшпінеліди, шпінель) та ізоморфних домішок у магнетиті (0,03–0,05 %).

Отже, форми наявності хімічних елементів у первинних геохімічних ореолах золоторудних родовищ УЩ різноманітні. Їх можна об'єднати у три групи: власні мінерали-носії; ізоморфні домішки у найпоширеніших на родовищі сульфідах та оксидах заліза; у вигляді елемента-домішки в деяких породотворних мінералах золотоносних кварц-біотит-плагіоклазових метасоматитів.

Знання форм наявності хімічних елементів у первинних геохімічних ореолах може слугувати базою для інтерпретації результатів літохімічних розшуків. Оскільки мінеральна форма не характерна для зон розсіяної рудної мінералізації, то знання форм наявності хімічних елементів, поряд з іншими геохімічними ознаками, можна використати для ідентифікації зон розсіяної рудної мінералізації. Застосування геохімічних критеріїв ідентифікації таких зон під час розшукових та розшуково-оцінних робіт дасть змогу підвищити ефективність цих робіт.

1. *Бабынин О.К., Гурский Д.С., Яценко Г.М.* Новые данные о Клиновском месторождении золота // Мін. ресурси України. 1997. № 3. С. 7–10.

2. Галій С.А, Монахов В.С, Квасниці В.Н. Рудно-формаційна систематика і типоморфізм мінералів золоторудних місцезнаходжень і проявлень України // Мінерал. журн. 1996. № 4.
3. Фомін Ю.О, Савченко Л.Т, Деміхов Ю.М, Петько В.М. Мінералого-геохімічні та ізотопні дослідження золотоджеспілітових руд Балки Широкої // Мінерал. зб. 1995. № 48. Вип. 1. С. 110–114.

**FORMS OF CHEMICAL ELEMENTS IN PRIMARY GEOCHEMICAL
AUREOLES OF THE UKRAINIAN SHIELD ORE-GOLD DEPOSITS**

Yu. Novykov, L. Novykova

*Crimean Branch of the Ukrainian State Geological Research Institute
Kirov Av. 47/2, UK – 95017 Simferopol', Ukraine
E-mail: imr@utel.net.ua*

The study of primary geochemical aureoles of the Ukrainian Shield gold deposits (Mays'ke, Balka Shyroka, Klyntsi) has been carried out. Mineral and other forms of chemical elements in the primary geochemical aureoles of gold deposits have been investigated. The possibility of geochemical criteria use has been shown for interpretation of lithochemical prospecting results.

Key words: primary geochemical aureoles, deposit, gold, elements-indicators, mineral form.

Стаття надійшла до редколегії 02.09.2004

Прийнята до друку 15.11.2004