

УДК 550.58(477)

**ХАРАКТЕРНІ ГЕОХІМІЧНІ ОЗНАКИ ЗОЛОТОГО ЗРУДЕНІННЯ
В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ЧАСТИНІ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА
(НА ПРИКЛАДІ КЛИНЦІВСЬКОГО РОДОВИЩА)**

О. Фалькович

*Північне державне регіональне геологічне підприємство Північгеологія
02088 м. Київ, пров. Геофізиків, 10
E-mail: ngeoloyi@ukrpakt.net*

Визначено головні геохімічні ознаки золоторудного зруденіння центральної частини Українського щита. З'ясовано, що геохімічні аномалії золота й супутніх елементів характерні для порід Кіровоградської геохімічної області в зонах тривалих тектонічних порушень глибинного закладення й метасоматозу регресивного та прогресивного етапів.

Ключові слова: геохімія, золоторудні родовища, Український щит.

Клинцівське родовище, яке вважають еталонним, є складовою частиною Клинцівсько-Коневської структурно-геохімічної зони (виділеної під час проведення ГКК-200), що належить до Кіровоградської геохімічної області. Для Клинцівсько-Коневської зони характерна позитивна спеціалізація практично всіх порід, поширених у її межах, на золото і його елементи-супутники: арсен, бісмут, срібло та ін. Гнейси мають халькофільну (Ag, Cu, Zn) і літофільну (V, Cr, Mn) спеціалізацію, граніти спеціалізовані на бісмут і окремі елементи літофільної групи (U, Sn, W).

Клинцівське родовище, відповідно до класифікації В.М. Гольдшмідта з доповненнями, має позитивну халькофільну (As, Bi, Ag, Pb, Cu), сидерофільну (Co, Ge) та літофільну (W, Be, Sn, Yb, Sc, Y) спеціалізацію. Породи рудної зони мають позитивну спеціалізацію на золото, арсен і бісмут, на тлі яких інші елементи є підпорядкованими. Геохімічні ознаки зруденіння клинцівського типу – це приуроченість до протяжних, звичайно меридіонально витягнутих структурно-геохімічних зон з позитивною спеціалізацією порід на золото і його елементи-супутники.

Прямими розшуковими геохімічними ознаками золоторудної мінералізації клинцівського типу є наявність висококонтрастних аномалій золота, арсену й бісмуту (для As й Bi потрібно враховувати їхню двоїсту природу й відсівати аномалії, пов'язані з гранітами). Непрямі розшукові ознаки – контрастні аномалії As, Cu, Mo й W як елементів-індикаторів флангів рудних зон. Характерно, що площових ореолів золота, арсену й бісмуту нема. Звичайно це вузькі, лінійно витягнуті контури потужністю 10–60 м (у середньому 40 м) за довжини 3 км (на прикладі Клинцівського родовища).

Для вивчення ореолів Клинцівського родовища проведено геохімічні роботи в масштабі 1:10 000 з відстанню між опорними профілями 80–120 м. Рудну зону розкрито свердловинами в глибину до 450 м на довжині 3 км. Під час опрацювання

використано дані розшукових, розшуково-оцінної стадій і гірничо-бурової розвідки.

Статистичний аналіз результатів опробування виконували за допомогою базових комп'ютерних програм "Statistika", "Excel". Обчислювали такі параметри: середнє арифметичне, дисперсію, середньоквадратичне відхилення (стандарт), коефіцієнти варіації й парної кореляції, місцевий геохімічний фон для хімічних елементів, які визначали загальним спектральним аналізом за різновидами порід і рудних тіл.

Визначення місцевого геохімічного фону. Точна оцінка місцевого геохімічного фону необхідна для виділення слабких геохімічних аномалій. Для Клишківського родовища параметри геохімічного поля задовільно описує логарифмічно-нормальний закон розподілу фонових вмістів хімічних елементів.

Первинні ореоли побудували із застосуванням комп'ютерного опрацювання вихідних даних у пакеті програм "Surfer". Побудови виконували на ділянках 2×40 м у блоці деталізації (розвідницька мережа 40×40 м), а для південної частини родовища (мережа 160×80 м) – 2×80 м; дані усереднювали методом кригінгу. Найінформативнішими виявилися моноелементні ореоли Au, As та мультиплікативні ореоли Au×As×Vі.

Рудна зона родовища чітко контрольована ореолами золота й арсену. Ореоли інших елементів у межах рудної зони практично не утворюються, лише іноді простежуються у вигляді дрібних розрізаних ділянок з підвищеною концентрацією Vі, Mo, W, Sn, P, зрідка інших елементів. Фланги рудної зони не обмежені контрастними аномаліями яких-небудь елементів.

Отримані геохімічні розрізи золота й арсену засвідчують, що ширина продуктивних ореолів становить головно 10–40 м, іноді – до 120 м, ореоли As майже збігаються з ореолами Au. Ореоли золота із вмістом до 0,1 г/т мають ширину до кількох сотень метрів. За простяганням ореоли Au й As простежені на всьому родовищі.

Проблема виявлення площового геохімічного розшукового показника-ознаки й досі не вирішена.

Геохімічні аномалії золота й супутніх елементів характерні для порід Кіровоградської геохімічної області в зонах тривалих тектонічних порушень глибинного закладення й метасоматозу регресивного та прогресивного етапів. Прогресивний (дорудний) метасоматоз як підготовчий етап рудоутворення зумовлював рух більших об'ємів сидерофільних і літофільних елементів у межах тектонометасоматичних зон. Для регресивної (метасоматично-гідротермальної) стадії, яка супроводжувалася привнесенням і відкладенням халькофільних та рудних елементів під час продуктивного етапу, на мінеральному рівні виділено такі асоціації:

- високотемпературну льолінгіт-арсенопірит-кварцову;
- середньотемпературну арсенопірит-піротин-кварцову;
- низькотемпературну золото-сульфідно-кварцову.

Унаслідок багаторазової відновлюваності рудного процесу ці мінеральні асоціації наклались одна на одну, що утруднює інтерпретацію геохімічної інформації.

Під час вивчення результатів спектрального, спектрозолотометричного і пробірного аналізів зареєстровано висококонтрастні аномалії золота, арсену й бісмуту. Супутні елементи (Ag, Cu, Mo, W) утворюють контрастні й слабкоконтрастні (зрідка висококонтрастні) аномалії.

Аномалії Au приурочені до рудних тіл, утворюють навколо них безперервні первинні ореоли: за вмісту 0,1 г/т і більше їхня потужність становить 10–64 м, за вмісту до 0,015 г/т – сотні метрів. Первинні ореоли арсену, поширені в межах рудної зони, просторово контролюють ореоли Au із вмістом понад 0,1 г/т. На перший погляд чіткий позитивний на мінеральному рівні кореляційний зв'язок золото–арсенопірит на геохімічному рівні не настільки однозначний. Це зумовлено, вочевидь, етапністю рудогенних процесів. Наприклад, початкові стадії власне рудного процесу відбувалися за максимальної активності арсену; відповідні рудні зони містять As від 0,005 до перших часток відсотка. У всій рудній зоні його супроводжує дрібне золото на рівні сотих, іноді десятих часток грама на тонну. З арсенідів на цьому етапі утворювалися льолінгіт і арсенопірит, рідше сафлорит, які тісно зрощені один з одним і зазвичай приурочені до гнейсів, що можна пояснити наявністю в гнейсах заліза. На пізніших стадіях значення арсену менше; відповідно, самородний бісмут, мальдоніт, вісмутин, герсдорфіт і більше золото відкладаються в локальних інтенсивно скварцьованих ділянках, підсилюючи попередню мінералізацію й формуючи рудні тіла. У цьому разі концентрації золота є на рівні понад 1,0 г/т, As – в інтервалі 0,10–0,33, рідше – 0,5–1,0 %. Отже, високий вміст Au (1 г/т і більше) асоціює з порівняно низьким вмістом As (0,1–0,5 %), а зниженому вмісту Au (0,2–0,8 г/т) відповідає вищий вміст As (0,8–1,0 % і більше), хоча в цілому по рудній зоні ореоли арсену просторово практично збігаються з ореолами золота.

Аномалії Ві характерні для олігоклазо-кварцових метасоматитів рудного типу (жилки, прожилки, лінзи, відокремлення) і для пегматоїдних гранітів.

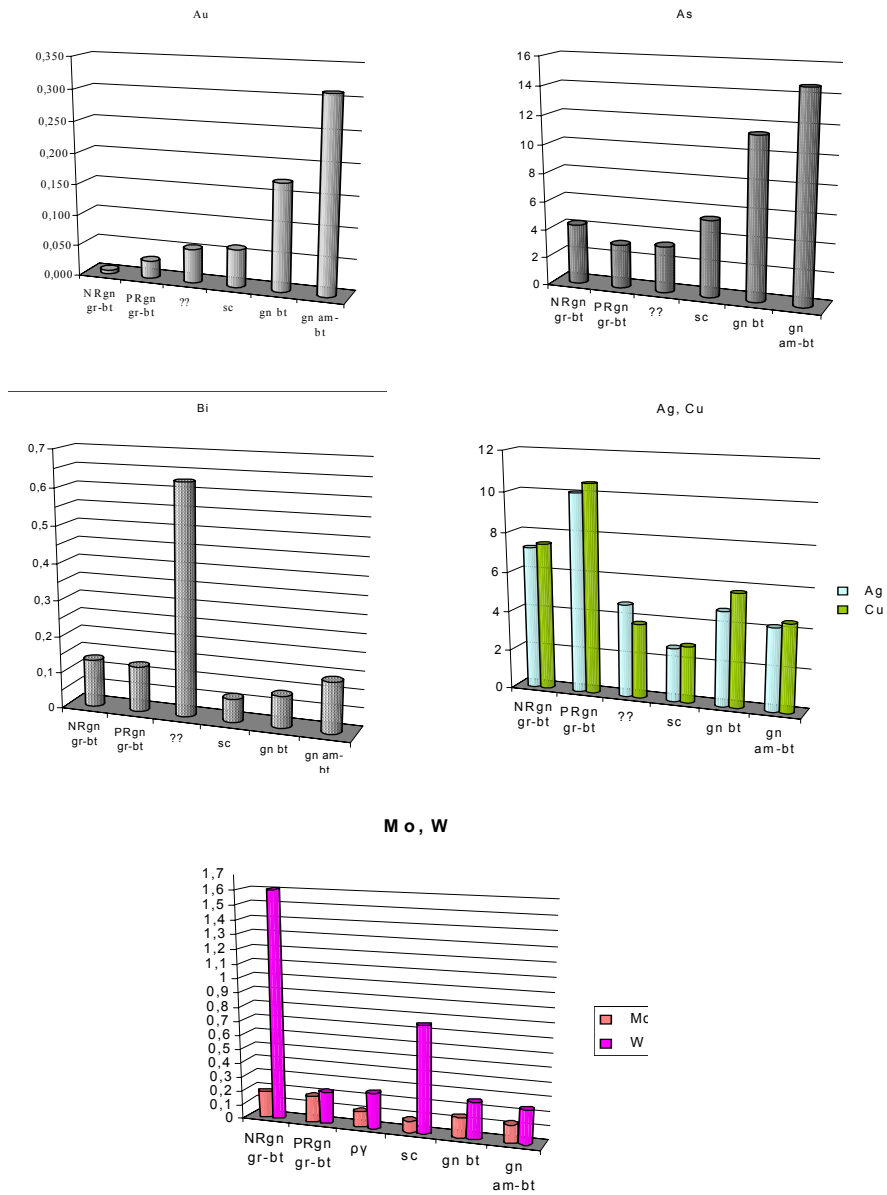
Генетична природа цих аномалій різна. Аномалії Ві у звичайних для Кіровоградського геоблока жилоподібних пегматоїдних гранітах, що мають рідкіснометалеvu спеціалізацію, сформувалися раніше, ніж золота мінералізація, й розміщені, головню, за межами рудної зони. А в рудних тілах бісмут концентрувався в олігоклазо-кварцових породах у процесі рудогенезу, осаджуючись разом із золотом у вигляді самородного бісмуту, мальдоніту й вісмутину. Підвищений вміст Ві від $0,2 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ % у рудній зоні свідчить про підвищений (понад 0,1 г/т) вміст золота й можливу наявність багатих рудних тіл, а вищі вмісти (за рідкісними винятками) прямо приурочені до багатих рудних тіл. Двоїста природа бісмуту утруднює геохімічне опрацювання даних. Завжди потрібно розділяти бісмут гранітний і рудний.

У процесі аналізу коефіцієнтів варіації, кореляції й питомої рудоносності для блоків з багатими рудами виявлено, що варіаційні ряди замикають Au, As, Ві та W, значення коефіцієнтів варіації яких значно “відірвані” від значень іншої групи елементів за значимого позитивного кореляційного зв'язку Au, As й Ві.

На гістограмах, що відображають нагромадження рудогенних елементів у різних породах (див. рисунок), чітко видно, що As, Au і частково Ві зосереджені в амфіболовмісних породах і перебувають на фоновому рівні у гранат-біотитових гнейсах, чим визначені межі рудної зони.

Водночас нагромадження Ag, Cu, Mo, W, як і їхній аномальний вміст, приурочені, головню, до крайових частин рудної зони і флангів родовища, складених гранат-біотитовими і гранат-кордієрит-біотитовими гнейсами.

Ряд вертикальної геохімічної зональності має такий вигляд: As₁, Au₁-Zn, Mo-Ni, Mn, Pb, Ag, Cu-As₂, Au₂-Tl-W-Sn, Li, P, Bi, Be.



Гістограми середнього вмісту елементів у породах Клиньцівського родовища:

NRgn gr-bt – гнейс гранат-біотитовий надрудного блока; PRgn gr-bt – гнейс гранат-біотитовий підрудного блока; py – граніти; sc – скарноїди та діоритоподібні породи; gn bt – гнейс біотитовий; gn am-bt – гнейс амфібол-біотитовий.

У разі визначення показника зональності не виділяють елементів-індикаторів першого порядку (передрудного метасоматозу), ряд зональності складають з елементів другого порядку (рудогенних). Наявність у ряді зональності двох максимумів золота, арсену й інших елементів свідчить про складний, нерівномірний їхній розподіл. Зменшення кореляційних зв'язків Au–Bi і збільшення – Au–As у вертикальній колоні родовища зверху вниз, а також постійна кореляція Bi з рудогенними елементами свідчать про ймовірну заміну золото-сульфідно-кварцової асоціації продуктивними арсенопірит-піротин-кварцовою та льолінгіт-арсенопірит-кварцовою. Малі градієнти показників зональності (один, рідше два порядки) свідчать про великий вертикальний розмах зруденіння та тривалий глибинний рудогенез.

За результатами геохімічних досліджень виявлено паралельну перспективну на золоторудну мінералізацію структуру, яку розкрили двома свердловинами, віддаленими від рудної зони. Структура розташована за 250 м на захід від краю рудної зони й виражена неоконтуреними висококонтрастними ореолами золота й арсену (профілі №№ 31 і 54), на які необхідно звернути увагу під час планування подальших геологорозвідувальних робіт.

Прямими геохімічними розшуковими ознаками золоторудної мінералізації клинцівського типу є наявність висококонтрастних аномалій Au, As, Bi, середня потужність яких становить 40 м і які приурочені до зон інтенсивної метасоматичної переробки. Непряма розшукова ознака – контрастні аномалії Ag, Cu, Mo та W як елементів-індикаторів флангів рудних зон.

Виконані роботи свідчать, що для об'єкта такого рангу, як Клинцівське родовище (середнє за запасами), потрібно звертати увагу на потужність рудної зони: вона становить у середньому 40 м з коливаннями від 10 до 64 м. У разі виконання розшукових робіт кроком навіть 50 м можна легко пропустити продуктивне зруденіння. Щоб уникнути цього, ми рекомендуємо згущати мережу свердловин глибинної геохімії, а під час деталізаційних робіт у профілях – згущати відстань між свердловинами до 25 м, а іноді й до 12,5 м.

У межах Кіровоградської металогенічної (геохімічної) області виявлено два золоторудні родовища – Юріївське та Клинцівське, розташовані, відповідно, у Надеждівсько-Юріївській та Клинцівсько-Коневській структурно-металогенічних зонах. За ступенем вивченості Клинцівське родовище посідає перше місце. Нині накопичено величезний обсяг фактичного матеріалу, однак через різноманітні обставини оброблений він недостатньо. Зрозуміло, що для виконання подальших розвідницьких, розшукових і регіональних робіт у межах Кіровоградської геохімічної області необхідне еталонне родовище, на якому за допомогою геохімічного моделювання потрібно виявити розшукові геохімічні ознаки. Тому на Клинцівському родовищі доцільно виконати спеціалізовані тематичні роботи.

1. *Аверин Ю.А., Зарицкий А.И., Лебедь Н.И., Макивчук О.Ф.* Перспективы золотоносности территории Украины // Геол. журн. 1992. № 4. С. 38–44.
2. *Бабынин А.К., Гурский Д.С.* Особенности и условия формирования золоторудной минерализации на Кировоградском блоке Украинского щита. К., 1991.
3. *Яценко Г.М., Бабинін О.К., Росихіна А.І.* Металогенія золота протерозою Українського щита // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. 1994. Вип. 12. С. 23–45.

**CHARACTERISTIC GEOCHEMICAL INDICATIONS OF GOLD DEPOSITS
IN THE CENTRAL PART OF THE UKRAINIAN SHIELD
(ON THE EXAMPLE OF KLYNTSI DEPOSIT)**

O. Fal'kovytsch

*Northern State Regional Geological Enterprise "Pivnichgeologiya"
Geofizykyiv St. 10, UA – 02088 Kyiv, Ukraine
E-mail: ngeoloyi@ukrpakt.net*

The basic geochemical indications of gold deposits in the central part of the Ukrainian shield are determined. It is established, that geochemical anomalies of gold and accompanied elements are characteristic for the rocks of the Kirovohrad geochemical area in the zones of long-living deep-seated tectonic dislocations and metasomatic processes of regressive and progressive stages.

Key words: geochemistry, gold deposits, Ukrainian shield.

Стаття надійшла до редколегії 27.07.2005
Прийнята до друку 06.09.2005