

УДК 553.071 (477)

С.М. Бондаренко

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: sbond@igmof.gov.ua

МІНЕРАЛІЗАЦІЯ Au-As ТИПУ В ДОКЕМБРІЙСЬКИХ КОМПЛЕКСАХ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА ТА ГОЛОВНІ ЧИННИКИ ЇЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ

Наведено результати дослідження просторового розповсюдження рудної мінералізації золото-арсенового (Au-As) типу в ендегенних комплексах докембрію Українського щита. Вказано основні її мінералого-геохімічні особливості та чинники рудного контролю локалізації. Зроблено висновки про генезис мінералізації та її зв'язок з вуглецевмісними протолітами в зонах гранітизації. Встановлено, що мінералізація поширена в протерозойських родовищах орогенного типу, які формувалися під час тектоно-магматичної активізації у відносно вузькому часовому інтервалі (2,15–1,8 млрд рр. тому). Золоторудні родовища переважно є полігенними і лише поєднання багатьох чинників забезпечувало оптимально сприятливі умови для розвитку зруденіння Au-As типу. Оцінено металогенічну значущість мінералізації цього типу та перспектив можливого промислового використання.

Ключові слова: золото, арсенопірит, золото-арсеновий тип, графітвмісні товщі, рудоконтрольні розломи.

Вступ. Аналіз мінералогічних та геохімічних даних щодо деяких архейських та майже 30 золоторудних об'єктів протерозойського віку Українського щита (УЩ) дозволяє стверджувати, що головним мінералого-геохімічним типом ендегенної золоторудної мінералізації на переважній більшості з них є золото-арсеновий (Au-As). Всі інші типи, а це золото-кварцовий та золото-сульфідний, зафіксовані досить обмежено. Подекуди у межах родовища можуть одночасно розвиватися кілька типів, пов'язаних генетично [5, 14]. Кожен із типів характеризується специфічними умовами поширення, мінеральним складом та геохімічними особливостями, має різні парагенетичні асоціації золота, його мінерали-концентратори та типоморфні особливості [5, 6].

Основним мінералого-геохімічним критерієм для виділення типів руд вважаємо комплекси рудогенних елементів, що визначають склад головних продуктивних асоціацій мінералів. Систематика руд за мінералого-геохімічними ознаками дозволяє встановити гене-

тичні зв'язки між хімічними елементами, мінералами, вмісними породами та процесами, які переважали в ході рудоутворення. Виділення Au-As типу руд враховує історичний досвід типізації та запропоновані раніше різними дослідниками таксонометричні категорії та класифікаційні схеми.

У більш глобальних металогенічних побудовах залежно від характеру розподілу золота в рудоутворювальному процесі ті родовища, де переважає цей тип зруденіння, відносять до золото-сульфідної (арсенідної) формації [24].

Мінералізація Au-As типу на більшості рудопроявів УЩ, незалежно від варіацій кварц-сульфідного співвідношення, характеризується постійним речовинним складом. Головні рудні індикаторні мінерали, що визначають мінералогічну та геохімічну основу мінералізації Au-As типу, — залістисті арсенідно-сульфоарсенідні асоціації: арсенопірит, льолінгіт та нікель-кобальтові арсеніди і сульфоарсеніди.

Руди мають незначний вміст золота (1–4 г/т, в окремих пробах до 10–50), важкозбагачувані і належать до єдиного речовинно-технологічного типу. Au-As руди як технологіч-

ний тип об'єднують декілька природних типів. Лабораторно-технологічна вивченість руд Au-As типу показує, що вміст арсенових мінералів у рудах досить значний — 1—3 %, а в гравітаційному концентраті — до 24, інколи до 60 % [26]. Практично постійно в рудах є графіт. Відсоток вільного золота незначний і змінюється навіть у межах окремих рудопроявів. У рудах встановлено близько 40 рудних мінералів, які мають різне відношення безпосередньо до золота. На численних рудних об'єктах проведено порівняння мінерального складу та послідовності формування головних золоторудних асоціацій, яке показало відсутність істотних відмінностей між ними [6].

Геохімічний фон руд, окрім арсену, визначають вісмут, телур, бор, стибій, сірка, вуглець (графітовий).

Морфологія проявів руд золота цього типу досить різноманітна: окварцьовані лінійні тіла, лінзи, гнізда, розгалужені жильно-прожилкові системи. Нерівномірна вкрапленість золотоносної сульфідно-арсенідної мінералізації з характерними роздувами і пережимами доповнює складну картину рудних тіл, геологічні границі яких розмиті.

Окрім УЩ цей тип проявлений і в інших регіонах України: у Мармароському масиві (родовище Сауляк) та у Донбасі (Остробугорське, Бобринецьке родовища, Михайлівський рудопрояв).

Особливості поширення Au-As мінералізації в докембрійських комплексах УЩ. Геологічна будова докембрійського кристалічного фундаменту УЩ характеризується значним різноманіттям структурно-речовинних комплексів, що відрізняються за складом, структурним положенням, інтенсивністю метаморфічних та ультраметаморфічних перетворень, віком та характером основних петротипів. Практично представлений повний розріз докембрійського фундаменту від древніх палеоархейських до неопротерозойських утворень. Поведінка золота та умови поширення Au-As мінералізації в залежності від вмісних товщ мають свої особливості.

Архей. У родовищах, що приурочені до архейських зеленокам'яних структур, наявні руди різноманітних мінеральних типів, серед яких виділяють золото-колчеданний, золото-кварцовий, золото-сульфідно-кварцовий (пірит-арсенопіритовий) та золото-поліметалічний [14]. Прояви золоторудної мінералізації

Au-As типу відомі й на деяких архейських родовищах Середнього Придніпров'я та Приазов'я, але вони не домінують і за своїм геолого-структурним положенням та мінералого-геохімічними характеристиками відрізняються від протерозойських. Найбільш відомі родовища, пов'язані з такими геологічними обстановками [30]: 1 — приурочені до кислих вулканітів та субвулканічних інтрузивів метадацит-тоналіт-плагіограніт-порфірової формації; 2 — локалізуються в контакті з породами залізисто-кременистої формації; 3 — тяжіють до кислих порід метадацит-базальтової формації; 4 — трапляються у змінених ультрабазитах метакомаїт-толейтової формації. Рудовмісними в межах родовищ є зони розсланцювання та метасоматичної переробки, приурочені до екзоконтактних частин дайкових тіл кислого складу або до зовнішніх частин палеовулканічних споруд. Золоторудна мінералізація локалізується в зонах розсланцювання основних вулканітів (у метагабродіабазах, метадіабазах, спелітах, прорваних тілами метадацитів і метаріолітів). Рудні тіла представлені жильно-прожилковими зонами і золотоносними гідротермально-метасоматичними жилами. У метасоматично змінених кератофірах і гранітах Верхівцевської структури вмісні кварц-серіцит-карбонатні породи містять золото-пірит-арсенопіритову мінералізацію. Золото у самородному вигляді наявне в кварці, у тонкодисперсному — в арсенопіриті [41]. У деяких золоторудних перетинах кількість арсенопіриту зростає до 55 % від загального об'єму рудних мінералів. Основним мінералом-концентратом золота на родовищі Балка Широка є пірит, рідше — арсенопірит (за високого його вмісту). Зруденіння характеризується нерівномірним розподілом сульфідів (пірит, галеніт, сфалерит, рідше халькопірит, піротин, арсенопірит, марказит, сульфосолі). Самородне золото фіксується у вигляді включень у галеніті, арсенопіриті та кварці [30]. На Сергіївському родовищі Au-As тип зруденіння локалізується в карбонат-кварц-амфіболових метасоматитах Північної рудоносної зони та супроводжується піротин-піритовою мінералізацією з арсенопіритом [30].

На Потоківській ділянці Верхівцевської структури золото виявлено в ультраосновних породах в асоціації з нікеліном, маухеритом, орселітом, кобальтином, халькопіритом, борнітом. У березітах, що розвиваються по кера-

Рис. 1. Схема розташування проявів Au-As мінералізації та аномалій арсену в геологічних комплексах УЩ: I – тектонічні мегаблоки (I – Волинський, II – Дністровсько-Бузький, III – Росинсько-Тікицький, IV – Інгульський, V – Середньопридніпровський, VI – Приазовський); 2 – граніти рапаківі коростенського комплексу; 3 – метаморфічні осадово-вулканогенні товщі; 4 – області поширення графітвмісних порід; 5 – аномалії арсену; 6 – розломи; 7 – границі мегаблоків; 8 – прояви золото-арсенової мінералізації (1 – Киянський, 2 – Стрийський, 3 – Іванківський, 4 – Чермерпільський, 5 – Савранський, 6 – Майське родовище, 7 – Мостовий, 8 – Овражний, 9 – Контактний, 10 – Бандурківський, 11 – Софіївський, 12 – Клишівське родовище, 13 – Східноюр'ївський, 14 – Жовторіченський, 15 – Жовтянський, 16 – Чортомлицький, 17 – Сергіївське родовище, 18 – Суразьке родовище)

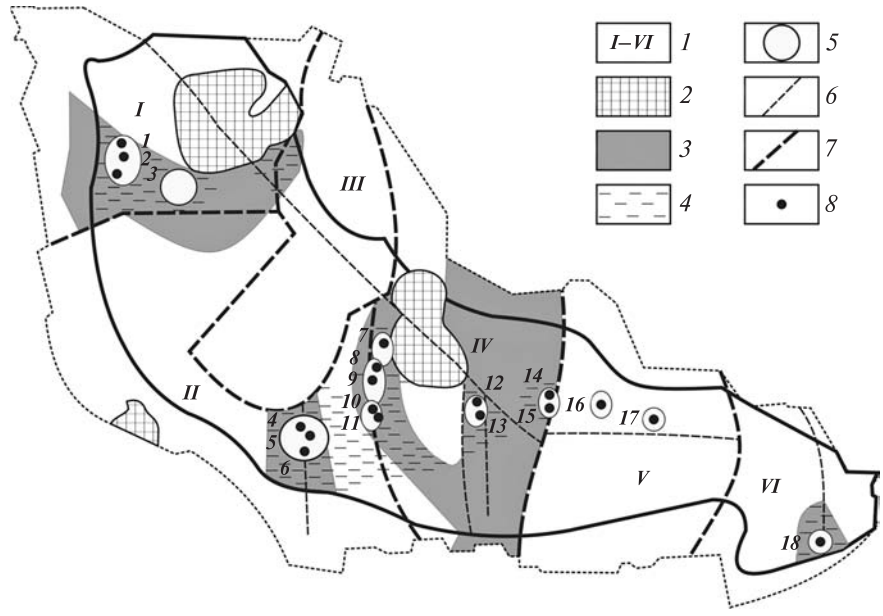


Fig. 1. Scheme of distribution of manifestations of Au-As mineralization and arsenic anomalies found in geological complexes of the Ukrainian Shield: 1 – tectonic megablocks (I – Volyn, II – Dniester-Bug, III – Rosynsk-Tikych, IV – Ingul, V – Middle Dnieper, VI – Azov); 2 – rapakivi granites of Korosten complex; 3 – metamorphic sedimentary-volcanogenic associations; 4 – areas of distribution of graphite bearing rocks; 5 – arsenic anomalies; 6 – faults; 7 – megablock limits; 8 – manifestations of gold-arsenic mineralization (1 – Kyianka, 2 – Stryivka, 3 – Ivankivka, 4 – Chemerpil, 5 – Savran, 6 – Maiske deposit, 7 – Mostove, 8 – Ovrazhne, 9 – Kontaktove, 10 – Bandurkivka, 11 – Sofiiivka, 12 – Klyntsi deposit, 13 – East-Yuriiivka, 14 – Zhovta Richka, 15 – Zhovtianka, 16 – Chertomlyk, 17 – Sergiivka deposit, 18 – Surozh deposit)

тофірах і гранітах, золото фіксується в асоціації з арсенопіритом [39]. У Сорокинській зоні (Сорокинський та Андріївський рудопрояви) арсенопірит і льолінгіт встановлені в магнетитвмісних кварцитах і окварцьованих амфіболітах та розглядаються як надійні індикатори золотого зруденіння [27].

Протерозой. Металогенічною особливістю поведінки золота в протерозойських граніт-гнейсових комплексах УЩ є домінування на родовищах та рудопроявах Au-As типу зруденіння. Мінералізація поширена на всіх мегаблоках щита (окрім Росинсько-Тікицького). Протерозойські родовища та рудопрояви належать переважно до орогенного типу і формувалися на пізніх стадіях орогенного етапу [49]. Головні ознаки, що відрізняють їх від інших золоторудних родовищ [50] такі: 1) продуктивні рудні асоціації характеризуються виключно переважанням золота ($Au \gg Ag$, за низького вмісту Cu, Pb, Zn); 2) вмісні породи представлені метавулканітами і турбідит-сланцевими відкладами протерозойського віку, деформованими пізніше (акреційні призми —

колізійні орогени); 3) геохімічна асоціація елементів ($Au, Ag \pm As \pm B \pm Bi \pm Sb \pm Te \pm W$); 4) метаморфогенний генезис з можливою суттєвою роллю вуглецевої речовини.

Волинський мегаблок. Золоте зруденіння Au-As типу в цьому блоці виявлено головним чином у межах Новоград-Волинської западини і частково у Сквирсько-Кочерівській тектонічній зоні [13].

У Новоград-Волинській западині (товщі) відомі три рудопрояви ендегенного золота (Стрийський, Киянський, Іванківський), які формувалися за подібних геолого-тектонічних умов і мають багато спільних рис як в речовинному складі вмісних порід, так і безпосередньо руд [8]. У регіональному плані встановлюється чіткий просторовий зв'язок між комплексними Au-As-Vi геохімічними ореолами типової Au-As мінералізації та збагаченими графітом супракрустальними товщами (рис. 1).

Новоград-Волинську западину вважають конседиментаційною структурою вулканотектонічної природи. Однойменна товща, яка є го-

ловною складовою супракрystalного розрізу збагаченої золотом рудоносною Ярунської площі, через несхожість з типовими розрізами терівської серії слугувала об'єктом вивчення та дискусій для дослідників регіону — А.Я. Хатунцевої [43] та В.М. Скобелева [40].

Зруденіння в більшості випадків контролюють розривні порушення та метасоматичні зони, особливо якщо останні знаходяться в екзоконтакті гранітних масивів.

Золоте зруденіння у вигляді штокверків та зон окварцювання локалізується в екзоконтактах алохтонних тіл мусковіт-біотитових гранітів Киянського та Смолдирівського масивів, а найчастіше — серед графітвмісних мікрогнейсів біотитового й амфібол-біотитового складу новоград-волинської світи. У кварцпрожилкових зонах ендоконтакту мінералізацію контролюють розривні порушення північно-західного та північно-східного простягання та їхні перетини. Аналіз умов локалізації та особливостей мінерального складу цих рудопроявів золота вказує на універсальний процес їх формування в інтервалі 2100—1800 млн рр. [8, 15].

Підвищена золотоносність (Au — 0,04—3 г/т) суміщається з інтенсивним геохімічним арсеновим ореолом з вмістом металу до 5,5 кг/т. Ореол загалом співпадає з контуром графітвмісних порід, що розкриті в цій частині площі глибокими свердловинами.

Формування рудної мінералізації Au-As типу відбувалося в декілька стадій. На дорудній стадії утворювалися головним чином оксиди титану та заліза, на продуктивній — арсенідно-сульфоарсенідно-сульфідні асоціації з самородним золотом, вісмутом та телуридами вісмуту. Переважає золото проби 850—910 у вигляді субмікроскопічних включень в арсенідах та сульфоарсенідах. Серед рудних мінералів поширені сульфідні (піротин, пірит, халькопірит), мінерали арсену (арсенопірит, льолінгіт), графіт.

Дністровсько-Бузький мегаблок належить до типових грануліт-гнейсових областей УЩ і має будову, що визначається насамперед поєднанням у типових розрізах найдревніших структурно-речовинних комплексів архею та протерозою. У межах мегаблоку золото розповсюджено досить нерівномірно і рудна концентрація його виявлена головним чином у прилеглому до Голованівської шовної зони Синицівському блоці другого порядку, точніше — на значній за розмірами ділянці, яку виділяють як

Савранське рудне поле (СРП) [35] або Саврансько-Синицівську площу [4].

СРП розташоване в північно-східній частині зони зчленування Дністровсько-Бузького геоблоку та Голованівської шовної зони. Сучасні уявлення про структуру та геологічну будову СРП формувались протягом 20 років у ході вивчення геології золоторудних об'єктів цього району. Найбільш дослідженими є Майське родовище та численні рудопрояви (Квітка, Чемерпільський, Савранський, Полянецький, Глибочек, Східнокапустянський та ін.).

Кожен з названих об'єктів характеризується певними особливостями геологічного розвитку, що, в свою чергу, позначається на поведінці золота в процесі рудоутворення. Практично в кожному з цих об'єктів наявний Au-As тип зруденіння. Вміст золота (переважно 0,1—1 г/т) фіксується в інтервалах з піротин-льолінгіт-арсенопіритовою (часто з арсенідами нікелю та кобальту) або халькопірит-піротин-арсенопіритовою мінералізацією.

Чемерпільський рудопрояв є типовим для СРП об'єктом з Au-As типом зруденіння. Рудопрояв розташований у північній частині одноїменної структури, тектонічна будова якої зумовлена поєднанням плікативних, диз'юнктивних та лускато-здвигових зрушень.

Товщі, які вміщують золоте зруденіння, мають строкатий склад і належать до бузької серії. Серед метаморфічних утворень найбільш поширеними є глиноземисті біотитові плагіогнейси з перемінним вмістом гранату, графіту, силіманіту, кордієриту, інколи піроксену та ставроліту; роговообманково-біотитові плагіогнейси і кристалосланці з піроксеном і гранатом, а також амфіболіти, скарновані кальцифіри. У межах рудопрояву широко розвинуті плагіограніти, біотитові граніти і мігматити.

Зруденіння виявлено в зонах окварцювання гранат-амфіболових та гранат-амфібол-піроксенових скарнів. Вміст золота в рудних зонах змінюється від 1 до 7 г/т. Рудоносні метасоматити збагачені рудними мінералами (до 4—10 %). Найпоширенішими є сульфідні (піротин, пірит, халькопірит), арсеніди (льолінгіт, нікелін), сульфоарсеніди (арсенопірит, герсдорфіт), оксиди (ільменіт, магнетит) та графіт. Досить рідко трапляються самородний вісмут, вісмутин, молібденіт, телуриди вісмуту. З останнім мінералом та арсенопіритом асоціює золото.

У межах Чемерпільської пошукової ділянки І.П. Сергєєвим [39] було виявлено рудні пере-

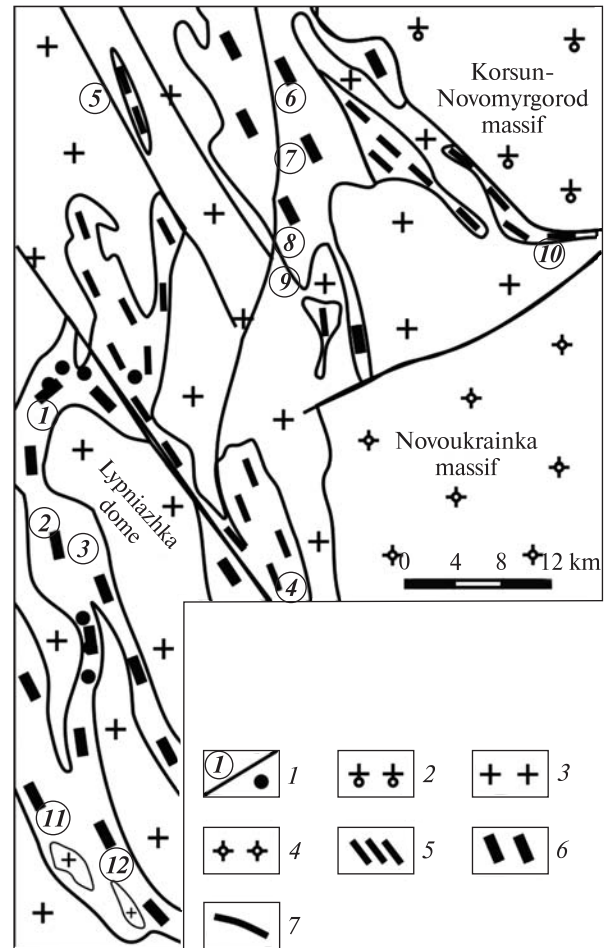
Рис. 2. Геологічна схема розміщення рудопроявів золота в західному обрамленні Корсунь-Новомиргородського плутону та Новоукраїнського масиву (за даними КП "Кіровогеологія"): 1 — рудопрояви та точки мінералізації; 2 — граніти рапаківі коростенського комплексу; 3 — апліт-пегматоїдні граніти та мігматити кіровоградського комплексу; 4 — граніти новоукраїнського комплексу; 5 — гнейси біотитові, графіт-біотитові інгуло-інгулецької серії; 6 — плагіогнейси глиноземисті, амфіболіти інгуло-інгулецької серії; 7 — розломи. Рудопрояви: 1 — Овражний; 2 — Контактний; 3 — Станкуватський; 4 — Степовий; 5 — Тимофіївський; 6 — Мостовий; 7 — Північноберезівський; 8 — Березівський; 9 — Центральний; 10 — Улянівський; 11 — Бандурківський; 12 — Софіївський

Fig. 2. Geological scheme of distribution of gold ore manifestations in the western frame of Korsun-Novomyrgorod pluton and Novoukrainka massif (according to SE "Kirovgeology"): 1 — ore manifestations and mineralization points; 2 — rapakivi granites of Korosten complex; 3 — aplite-pegmatitic granites and migmatites of Kirovograd complex; 4 — granites of Novoukrainka complex; 5 — biotitic and graphite-biotitic gneisses of Ingul-Ingulets suite; 6 — aluminous plagiogneisses, amphibolites of Ingul-Ingulets suite; 7 — faults. Ore manifestations: 1 — Ovrzhnyi; 2 — Kontaktov; 3 — Stankuvatsky; 4 — Stepnoy; 5 — Timofiiivka; 6 — Mostove; 7 — North-Berezivka; 8 — Berezivka; 9 — Central; 10 — Ulianiivsky; 11 — Bandurkivka; 12 — Sofiiivka

тини з високим вмістом, %: вісмуту, телуру та свинцю — $>0,1$, а також арсену — $0,2$. Аномальний вміст їх спостерігався в зоні контакту гнейсів і кристалосланців з гранат-графітвмісними біотитовими мігматитами.

Як відомо, для Майського родовища характерне переважання золото-кварцового типу [5, 7], але детальні дослідження просторового розподілу золоторудної мінералізації у розрізах, за даними буріння глибоких свердловин, підтвердили наявність гніздового зруденіння Au-As типу в північній частині родовища. У просторових співвідношеннях золото-кварцового (Au-Q) та Au-As типів зруденіння виявляються елементи зональності [5]. Так, у північній частині родовища в полях поширення реліктів (порід гранулітової фації) золото встановлено з льолінгіт-арсенопіритовою асоціацією, а золото-кварцові асоціації домінують серед мігматитів у південній частині родовища.

Досить нестійкий зв'язок між арсеном та золотом встановлений і в інших рудопроявах Дністровсько-Бузького району (Демів'ярський, Капітанський, Голованівський та ін.)



Інгульський мегаблок. У межах цієї тектонічної структури практично на всіх золоторудних об'єктах домінує Au-As тип зруденіння. Численні рудопрояви та родовища розташувалися вздовж напрямку західного та східного обрамлення центрального осьового антиклінального підняття Корсунь-Новомиргородського анортозит-рапаківігранітного плутону та Новоукраїнського масиву трахітоїдних гранітів і монзонітів (Братський і Інгульський синклінорії) (рис. 1).

За даними геологічних досліджень, структурний план Братського блоку (західне обрамлення) визначається чергуванням антиформних структур з ядрами масивів граніт-мігматитового складу та синформних структур, що їх розділяють, і виповнені гнейсами й амфіболітами кам'яно-костовацької та рошачівської світ. У межах синклінорії виділяється Братсько-Звенигородська структурно-металогенічна зона (СМЗ) з різномасштабними родовищами та рудопроявами урану, рідкісних (Li, Rb, Cs, Ta, Nb, W, Sn) і благородних металів (Au, Ag), яка за своєю металогенічною

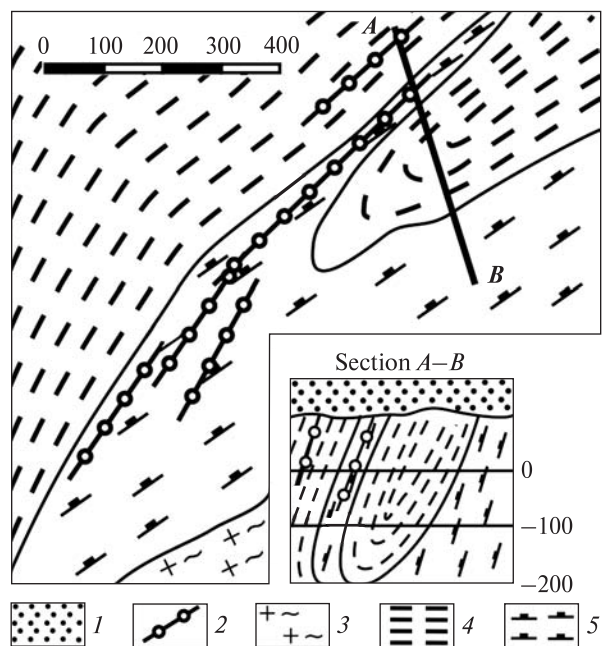


Рис. 3. Геологічна схема та розріз Овражного рудопрояву (за даними КП "Кіровгеологія"): 1 — породи чохла; 2 — рудні зони; 3 — граніти та мігматити Липнязького масиву; 4 — гнейси гранат-біотитові, плагіогнейси графітові інгуло-інгулецької серії; 5 — амфіболіти інгуло-інгулецької серії; 6 — прояви золоторудної мінералізації

Fig. 3. Geological scheme and section of Ovrazhny ore manifestation (according to SE "Kirovgeology"): 1 — cover rocks; 2 — ore zones; 3 — granites and migmatites of Lypniashka massif; 4 — garnet-biotite gneisses, graphite plagiogneisses of Ingul-Ingulets suite; 5 — amphibolites of Ingul-Ingulets suite; 6 — manifestations of gold mineralization

значущістю поступається на УЩ лише Криворізько-Інгулецькій СМЗ.

За особливостями регіонального тектонічного розвитку, інтенсивністю метаморфізму і процесів гранітизації золоторудні об'єкти Братського синклінорію були умовно розділені на три групи: Хмельівська, Липнязька, Бандурківська.

Хмельівська група. До складу Хмельівської групи рудопроявів віднесено низку слабодосліджених об'єктів: Мостовий, Тимофіївський, Північноберезівський, Березівський, які просторово приурочені до північної частини Братського синклінорію (рис. 2).

Серед загальних регіональних структур району, де поширені ці рудопрояви, на даному етапі вивченості слід виділити Хмельівську синкліналь та Березівську антикліналь. В останній широко розвинені дрібні куполи і брахіантиклінальні структури, просторово згру-

повані в єдину структуру субмеридіонального простягання — Шевченківсько-Березівський гранітизаційний вал [25].

Хмельівська синкліналь є однією із найбільших структур району і простягається в субмеридіональному напрямку на понад 80 км та має ширину 10—15 км. У типових розрізах супракрустальної товщі переважають біотитові гнейси, з ними перешаровуються графіт-кордієрит-біотитові, гранат-біотитові з графітом та силіманітом, біотит-амфіболові, піроксенові та біотит-піроксен-амфіболові гнейси. Періодично розрізи доповнюють амфіболіти, кристалосланці та скарноїди. Метаморфіти розсічені різноманітними за морфологією тілами апліт-пегматоїдних гранітів та пегматоїдних жил. У рудоносних зонах розвинені процеси скарнування та грейзенізації.

Структурні елементи району ускладнено серією розривних порушень, приналежних до Звенигородсько-Ганнівської зони розломів.

Численні геохімічні аномалії золота, вісмуту та арсену також зафіксовані в локальних зонах ендо- і екзоконтактів Корсунь-Новомиргородського плутону [6, 18].

Мостовий рудопрояв є найбільш типовим для цієї групи, загальні уявлення про його геологічну будову ґрунтуються на результатах вивчення матеріалів, отриманих з розрідженої сітки свердловин, пробурених майже 30 років тому геологами Черкаської експедиції та КП "Кіровгеологія". Разом з менш відомими рудними об'єктами (Висківський, Ярошівський), рудопрояв Мостовий входить до складу Петро-острівського рудного поля [5], розташованого в межах поширення Звенигородсько-Ганнівської зони розломів. Порооди, що вміщують золоте зруденіння, представлені здебільшого біотитовими гнейсами з прошарками кордієрит-, піроксен-, амфібол- та графітвмісних відмін. Максимальний вміст золота (до 50 г/т) було встановлено в кварцовій жилі на контакті гнейсів з апліт-пегматоїдними тілами [5]. Золото фіксується в асоціації з арсенопіритом, льолінгітом та сульфідами.

Липнязька група. У регіональних металогенічних побудовах рудопрояви та родовища рідкісних металів та золота, що розміщуються навколо Липнязького масиву, як правило, належать до рудних об'єктів Первомайсько-Трахтемирівської металогенічної зони [9]. Якщо геологічна вивченість умов локалізації та мінерального складу рідкіснометалевих родо-

вищ, розташованих навколо Липнязької структури, вважається задовільною, то золоторудні прояви (Овражний, Станкуватський, Контактний, Степовий) взагалі мало відомі широкому загалу.

Овражний рудопрояв на даному етапі геологічних досліджень району є найбільш охарактеризованим і типовим [18, 22], він приурочений до північно-західного крила замикавання Липнязького купола (рис. 3).

Золотоносність рудопрояву досліджено по профілях глибоких структурно-пошукових свердловин. У розрізі вмісних товщ переважають гнейси, амфіболіти кам'яно-костовацької світи інгуло-інгулецької серії та різні за складом гранітоїди.

Гнейси найбільш поширені в пачках перешарування контрастних за складом порід. Вони в різній мірі збагачені графітом (1–40 %). Серед графітвмісних гнейсів та сланців виділяються біотит-графітові, біотит-гранат-графітові, амфібол-біотит-графітові, силіманіт-гранат-біотит-графітові та інші відміни.

Амфіболіти залягають переважно у вигляді пластів та лінз. Контакти амфіболітів з вмісними породами різні: різкі або розпливчасті з утворенням проміжних перехідних порід.

Кварцити складають лінійні зони довжиною до 300–400 м і потужністю від перших метрів до 60–70 м.

Гранітоїди, включаючи мігматити, складають до 30–50 % типових розрізів вмісних порід. Мігматити більш поширені безпосередньо в зонах контакту з Липнязьким масивом.

Загалом, у межах рудопрояву за результатами буріння було виділено чотири золотоносні зони, концентрація металу в яких становить 0,1–9 г/т (рис. 3). Для рудопрояву Овражний характерний підвищений вміст золота і за межами рудоносних зон головним чином у графітвмісних товщах.

До складу золоторудної мінералізації входять арсеніди Fe, Ni, Co та сульфоарсеніди, сульфідні, телуриди, самородні елементи (графіт, вісмут).

Бандурківська група. Одноіменний рудопрояв та ще декілька дрібних рудопроявів були виявлені геологами КП "Кіровгеологія" в західній частині Братського синклінорію Інгульського мегаблоку. Геологічні особливості положення Бандурківського рудопрояву дещо відрізняються від типових проявів золоторудної мінералізації Інгульського мегаблоку, перш

за все, своїм положенням в областях поширення метаморфізму гранулітової фації. За даними геологічних робіт, структурний план району визначається чергуванням антиформних структур з ядрами масивів граніт-мігматитового складу та синформних структур, що їх розділяють, і вивпнені гнейсами кам'яно-костовацької і рошаківської світ. Встановлено, що цей прояв скарнового типу.

Золоторудна мінералізація просторово тяжіє до південно-східного елементу екзоконтактової частини Бандурківського купола. Останній складений звичайними біотитовими і гранат-біотитовими гранітами з переважанням лейкократових і пегматоїдних відмін. Мінеральний склад гранітоїдів близький до вознесенських гранітів [44].

Метаморфічні утворення екзоконтакту представлені біотитовими, гранат-, кордієрит-, графіт-біотитовими гнейсами, кристалосланцями, амфіболітами з прошарками кальцифірів. Всім товщам властива присутність пошарових та січних тіл гранітоїдів. Укорінення гранітоїдів на рубежі 2 млрд рр. тому спричинило процеси контактово-реакційного метасоматозу на контакті з карбонатними породами, що, в свою чергу, призвело до формування золотоносних скарнів. Якщо не брати до уваги окремі золотовмісні парагенетичні асоціації, то руди в межах рудопрояву характеризуються доволі одноманітним складом: арсеніди та сульфоарсеніди Fe, значно рідше Ni, Co, графіт, сульфідні Fe та Cu, мінерали Bi. Завдяки мінераграфічним дослідженням встановлені такі рудні мінерали: льолінгіт, арсенопірит, нікелін, герсдорфіт, вісмутин, сфалерит, мальдоніт.

В Інгульській синкліналі (східне обрамлення Новоукраїнського плутону і Корсунь-Новомиргородський масив) виділяється субмеридіональна Кіровоградська СМЗ, яка простягається серед гнейсових товщ інгуло-інгулецької серії, що зазнали регіональної мігматизації та гранітизації (кіровоградський комплекс). Низка невеликих родовищ та рудопроявів зі зруденінням Au-As типу (Клинцівська група) локалізується в межах дрібних тектоно-метасоматичних зон.

Клинцівська група — Клинцівське та Східноур'ївське родовища і Губівський рудопрояв, контролюється Клинцівсько-Конівським розломом. Зруденіння обмежене контуром останців гнейсів, що простягається в північно-східному напрямку. Рудовмісна гнейсова тов-

ща (флішоїдна метаграувакова формація, за [29]) є досить монотонною, з ритмічним перешаруванням істотно біотитових різновидів з підпорядкованим гранатом, кордієритом, графітом. Розріз товщі ускладнюється малопотужними прошарками скарноїдів, а також пошаровими і січними тілами жильних гранітів і пов'язаних з ними приконтактних змін. Товща метаморфізована в умовах амфіболітової фації. В обрамленні родовищ широко розвинені гранітоїди: амфіболові плагіомігатити, біотитові граніти, включаючи порфіробластичні. Січне положення відносно гнейсів і гранітоїдів займають дайки діабазів і діабазових порфіритів.

Рудні тіла представлені кварцовими жилами і зонами прожилково-вкрапленої мінералізації, найчастіше вони майже не виражені візуально, а визначаються лише за підвищеним окварцюванням і збільшенням вмісту золота та арсену. Рудні тіла мають потужність 0,5—5,0 м і простежуються на 25—100 і більше метрів, утворюючи зони завдовжки 1,5—3,0 км. Вміст золота в рудах 3—8 г/т, часто досить нерівномірний — від десятих часток до 34,5 г/т, а в окремих пробах — до 153,8 [45]. Золото вільне, міститься головним чином у кварці та арсенопіриті. Вміст сульфідів не перевищує 6 %. Окрім сульфідів (арсенопірит, льолінгіт, піротин, пірит, халькопірит) встановлено графіт, мальдоніт, самородний вісмут, золото та інші мінерали [42].

У Криворізько-Кременчуцькій зоні рудопрояви золота відомі на трьох стратиграфічних рівнях: у конгломерат-пісковиково-кварцитовій товщі скелюватської світи, у залізисто-кременисто-сланцевих утвореннях саксаганської світи і вуглистих сланцях гданцевської світи [12, 14]. На нижньому рівні середній вміст золота в лінзоподібних тілах піритизованих конгломератів — 0,2 г/т, місцями підвищується до 7, а в січних кварцових прожилках — до 10 [19]. У залізистих кварцитах другого рівня максимальний вміст золота становить 0,17—0,24 г/т. На верхньому рівні золотом найбільш збагачені (до 3—4 г/т) вуглецеві сланці зі спесартином [19]. У Жовторіченському рудопрояві максимальна концентрація золота фіксується на контакті кварцитів з графітовими сланцями [38]. Серед мінералів-супутників золота — арсенопірит та льолінгіт, що може свідчити про наявність Au-As типу зруденіння. Так, рудоносна зона в Жовтянському ру-

допрояві локалізується згідно з простяганням магнетитових та безрудних метасоматитів з графітвмісними сланцями [21]. Найбільш значна концентрація золота спостерігається в зонах сульфідизації (піротин, арсенопірит, льолінгіт) поблизу контактів кварцитів та вуглецевих сланців.

Головні чинники рудного контролю розміщення мінералізації Au-As типу. Утворення рудних значень концентрації золота того чи іншого генетичного типу тісно пов'язано із загальною міграцією елементів у ході перетворень низки структурно-речовинних комплексів. В.О. Нарсеев [32] стверджував, що для виникнення золотого зруденіння необхідно щонайменше три етапи концентрації металів: седиментаційний, діагенетичний, термально-метаморфічний.

За загальноприйнятими уявленнями, в металогенії золота рудоутворення залежить від багатьох чинників, серед яких головними вважають тектонічний, магматичний, стратиграфічний, структурно-літологічний, мінералого-геохімічний. Зрозуміло, що всі ці чинники взаємопов'язані, що, в свою чергу, зумовлено загальною еволюцією геологічних процесів у докембрії УЩ. Необхідно також враховувати деякий суб'єктивізм у застосуванні відповідних критеріїв, що часто зумовлено різним ступенем вивченості об'єктів та рівнем деталізації умов концентрації золота.

Оскільки золоторудні об'єкти, що містять Au-As мінералізацію, часто не позначаються гравімагнітними полями, у ході інтерпретації структурно-тектонічного положення слід послугоуватись комплексом ознак.

Геотектонічний фактор — це вибіркова приуроченість корисного компонента до окремих блоків земної кори, які характеризуються певними особливостями геотектонічного режиму протягом тривалої історії розвитку.

Особливістю геологічної будови докембрію УЩ є наявність збагачених вуглецем палеопротерозойських прогинів та локальних западин, на зразок Новоград-Волинської. Первинне накопичення золота приблизно одночасно відбувалося в епікратонних прогинах (задугових басейнах — Тетерівському, Інгульському, Синицівському) [17]. Вивчаючи вікове стратиграфічне співвідношення флішоїдно-метаграувакових товщ Інгульського мегаблоку і Криворізької структури, Г.М. Яценко та І.С. Паранько [46] припускали одновіковність чечеліївської та гданцівської світи, що, в

свою чергу, дозволяє прогнозувати (за аналогією з Клинецьким родовищем) пошуки промислової концентрації золота в межах розвитку згаданих утворень Кривбасу. Свого часу, торкаючись проблем стратиграфії центральної частини УЩ, Є.Б. Глеваський зауважував, що басейн накопичення осадів криворізької серії неможливо обмежити виключно однойменною вузькою прирозломною смугою і для її "трогових" реконструкцій не існує фаціальних підтверджень. Подібне відмічає і В.К. Бутирін [12] щодо взаємних переходів криворізької та інгуло-інгулецької серій у верхній частині розрізу (гданцівська — радіонівська, чечеліївська) і в середніх (саксаганська — артемівська). Деяку подібність літологічного контролю новгород-волинської товщі з золотоносними утвореннями інгуло-інгулецької серії в межах Клинецького рудного поля відзначав І.Б. Щербаков [44].

Отже, широке коло фактичних даних дозволяє нам зробити припущення про існування декількох палеопротерозойських басейнів, що синхронно розвивались. Ймовірно, в результаті дії послідовних процесів седиментації, ката- і метазенезу у них відбувалась мобілізація і концентрація золота в зонах інфільтраційного відновного епігенезу.

Структурний фактор. Головними регіональними структурними факторами контролю золотого зруденіння є глибинні розломні структури — зони, до яких приурочені рудопрояви [30, 34, 35]. На це вказує приуроченість рудопроявів даного типу мінералізації до тектонічних структур (Тальнівська, Михайлівська, Звенигородсько-Ганнівська, Кіровоградська, Криворізько-Кременчуцька, Кочерівська та інші зони). Як правило, вони мають тривалий розвиток, неоднорідні і розміщуються безпосередньо серед гетерогенних товщ, до складу яких входять вуглецьвісні гнейси, кристалосланці, амфіболіти, кальцифіри, скарни, кварцити та різноманітні гранітоїди. Встановлено, що складчасті структури високих порядків не мають суттєвого значення, зруденіння в більшості випадків контролюють розривні порушення та метасоматичні зони, особливо якщо останні знаходяться поблизу екзоконтактів з масивами і граніт-гнейсовими куполами (Київський, Липнязький, Бандурківський, Новоукраїнський та ін.). Локальними чинниками рудного контролю є структурні пастки, бар'єри, зони перетину різноспрямованих роз-

ривних структур, зони розсланцювання, екранування, дроблення, шар'яжно-насувні дислокації, контакти товщ та тіл із контрастними фізико-хімічними властивостями, що забезпечують сприятливі умови для осадження гідротермальних рудоносних розчинів.

Літостратиграфічний фактор. Загальновідомо, що генетичні особливості Au-As руд досить специфічні і значно відрізняються від інших типів руд, особливо поширених серед вулканогенних та плутогенних формацій. Au-As тип, можливо, єдиний, що має опосередкований зв'язок з протолітами — високометаморфізованими графітвмісними товщами. Особливо це контрастно проявлено в зонах тектонічних порушень навколо екзоконтактних зон гранітних масивів і граніт-гнейсових куполів. Детальний порівняльний аналіз докембрію різних регіонів УЩ вказує на існування певного стратиграфічного контролю в закономірностях розповсюдження вуглецьвісних формацій та золоторудних проявів (рис. 1). Графітвмісні гнейси і сланці, як правило, завершують вертикальний розріз метаморфізованих осадово-вулканогенних товщ Дністровсько-Бузького, Інгульського, Волинського мегаблоків та Криворізько-Кременчуцької зони і можуть бути використані як своєрідні маркувальні горизонти для глобальної кореляції. Продуктивні товщі, збагачені графітом, входять до складу верхніх світ бузької серії архею, тетерівської, інгуло-інгулецької, криворізької серій палеопротерозою. Золотовмісними є як грануліт-, так і граніт-гнейсові комплекси амфіболітової фації. У плані рудоносності вирізняється Інгульський мегаблок, у межах якого виявлено десятки проявів мінералізації Au-As типу та родовища (Клинецьке, Східноур'ївське).

Для характеристики золотовмісних порід використовують багато різних термінів: "мінералізовані зони зминання", "зони сульфідизації у вуглецево-теригенних породах", "рудоносні чорносланцеві породи", "зони рудоносних катаклазитів та мілонітів". Особливе металогенічне значення вуглецевих товщ, що створювали сприятливу відновну обстановку, та геохімічні бар'єри формування руд відзначали свого часу В.А. Білоус [2] та С.В. Нечаєв [33]. На основі комплексу даних щодо Білоцерківсько-Одеської гнейсо-гранулітової області спочатку Ю.А. Кузнецов [28], а потім О.В. Драгомирецький [20] встановили існування певного зв'язку між концентрацією золота та древніми

вуглець- і залізовмісними товщами. Прояви золотого зруденіння серед графіт-біотитових гнейсів Західноінгулецької структурно-металогенічної зони (Балахівське графітове родовище) Л.В. Бочай [9] відносив до золото-вуглецевої формації.

У більшості випадків руди просторово тяжіють до літологічної асоціації кварцит — графітовий гнейс. Золотовмісними породами є вторинні кварцити, мікросланці або мікрогнейси, склад яких змінюється, %: біотит (15—35); кварц (20—70); польовий шпат (3—20); гранат (0—25); графіт (1—30). Очевидно, роль літологічного фактора полягає в тому, що специфічні за складом товщі (вуглецьвмісні) спричинюють локальні зміни таких важливих параметрів рудних систем, як окисно-відновний потенціал, кислотність-лужність, активність сірки, кисню та зміни парціального тиску H_2O і CO_2 .

Магматичний фактор. Не зважаючи на значну тривалість протерозойського періоду (практично 2 млрд рр.), формування золоторудних родовищ відбувалось у відносно вузькому інтервалі часу 2,15—1,8 млрд рр. Практично на всіх докембрійських щитах з цим періодом пов'язана тектоно-магматична активізація, яку супроводжували регіональний метаморфізм, ультраметаморфізм, гранітизація та ремобілізація рудної речовини.

В.М. Клочков [23] зазначав, що продуктивно у формуванні численних проявів золоторудної мінералізації в областях впливу Кіровоградського орогену була саме Волинська епоха тектогенезу (2000—1700 млн рр. тому). Остання характеризувалася посторогенним геодинамічним режимом з тектоно-термальними перетвореннями раніше сформованих комплексів і поширенням кремній-лужного метасоматозу та діафорезу. Слід зауважити, що самі граніти практично завжди безрудні, а рудоносними є різноманітні метасоматити, які формувалися на постмагматичних стадіях. Зруденіння приурочене головним чином до периферії куполів і особливо пограничних зон зминання. Процеси, що призводять до накопичення промислових значень концентрації корисних копалин у гранітоїдах, обумовлені передусім узагальненою роллю летких компонентів і гідротермальних розчинів, що накопичуються і активізуються на пізніх стадіях диференціації магматичної системи. Метасоматичні процеси в рудоносних зонах, як прави-

ло, формуються в екзоконтактах гранітних масивів і набувають ознак, властивих кислотному вилуговуванню (кварц-біотитові метасоматити).

Мінералого-геохімічний фактор. За мінералого-геохімічними особливостями та поведінкою золота Au-As тип мінералізації на УЩ мало чим відрізняється від подібних типів на інших золоторудних родовищах, пов'язаних із метаморфізованими теригенними вуглецьвмісними комплексами протеро-, палео- та мезозойського віку [1, 11]. Більшість дослідників вказують на існування у вуглецевих товщах геохімічного зв'язку благородного металу з арсеном [5, 16] як на геохімічну ознаку золотого зруденіння, хоча прямі кореляційні зв'язки між металами інколи і невиразні. Нами встановлено просторовий зв'язок між графітвмісними товщами, геохімічними аномаліями арсену та рудною концентрацією золота на регіональному рівні (рис. 1).

Присутність органічної речовини забезпечувала активне відновне середовище регіонального масштабу в значному інтервалі глибини та температури, завдяки чому створювалися сприятливі умови для відкладення та концентрації рудогенних елементів. Як відомо, роль вуглецю в формуванні родовищ — утворення відновної обстановки у ході мінералоутворення, виконання каталітичних і адсорбційних функцій, проявлення буферних реакцій та геохімічних бар'єрів. Саме у вуглецевих товщах важливий вплив на розчинність та міграцію золота в гідротермальних процесах відіграє арсен. Схоже, що золото переносилося у формі агресивних високолетких вуглець-сірко-арсеновистих сполук [5], які екстрагували розсіяне в породі золото, що призвело до його концентрації у рудних мінералах (арсенідах та сульфоарсенідах Fe, Ni, Co). Безпосередньо в зонах прояву золоторудної мінералізації Au-As типу встановлено кореляційні зв'язки між золотом та арсеном, золотом та вісмутом. Породи найчастіше бувають золотоносними, коли відбувається одночасне підвищення вмісту вуглецю та халькофільних елементів. До складу можливих комплексів, що переносять золото та вісмут, окрім арсену входять вуглець, сірка, інколи — бор.

Арсен, на відміну від вуглецю, концентрується локальніше у межах майже лінійних тектонічних структур (Тальнівська, Михайлівська, Звенигородсько-Ганнівська, Кіровоградсь-

ка, Гульсько-Білокоровицька, Кочерівська зона). Аномалії арсену (>0,1–1 %) знаходяться, відповідно, у межах відомих золоторудних полів (рис. 1). Так, у Дністровсько-Бузькому мегаблоці Чемерпільська та Демов'ярська геохімічні аномалії розташовані в Савранському та Голованівському рудних полях, а в Інгульському блоці — Петроострівська, Липнязька, Бандурківська аномалії просторово корелюють з низкою рудопроявів золота в Братському синклінорії. У Волинському блоці (Новоград-Волинська структура) — Ярунська аномалія з рудопроявами золота — Киянським, Стрийвським та Іванківським.

Регіональні ознаки існування позитивної геохімічної кореляції Au та As в глобальних масштабах відомі на Канадському щиті (округ Кобальт), в Китаї (південна частина платформи Янцзи), в США (штат Невада), Росії (Верхоянсько-Колімска складчаста область), в Узбекистані та Казахстані [51, 47, 31]. У багатьох класифікаціях золоторудних родовищ виділяються в тому чи іншому вигляді золото-льолінгітовий, золото-арсенопіритовий, золото-аурипігмент-реальгаровий, золото-піритовий та вісмутин-арсенопіритовий типи руд. За переконаннями І.Я. Некрасова [32], всі ці типи родовищ слід об'єднати в одну золотоносну вісмут-арсенову формацію, специфіка якої полягає в тому, що золото відкладається разом з мінералами арсену (льолінгіт, арсенопірит, Аспірит, реальгар, аурипігмент, бляклі руди, арсеніди нікелю та кобальту) та вісмуту (самородний вісмут, телуриди вісмуту, вісмутин).

За відсутності виражених процесів навколорудних змін вмісних порід з метою оконтурювання і дослідження зон золоторудної мінералізації вивчають мінералогічні ореоли розповсюдження арсенових асоціацій (арсенопірит-льолінгіт). Саме ці мінерали є головними носіями тонкодисперсного і невидимого золота [48]. В окремих випадках золото спостерігається в нікеліні та герсдорфіті.

І.Б. Благонядьожин [3] подібні за речовинним наповненням родовища відносив до золото-арсенового типу формацій малосульфідних руд відносно великих глибин. Н.В. Петровська [37] припускає, що з глибиною золото практично повністю набуває вигляду включень у сульфюарсенідно-арсенідних асоціаціях і саме глибинність формування родовищ визначає сульфідно-кварцове співвідношення в рудах. Встановлено, що для рудопроявів захід-

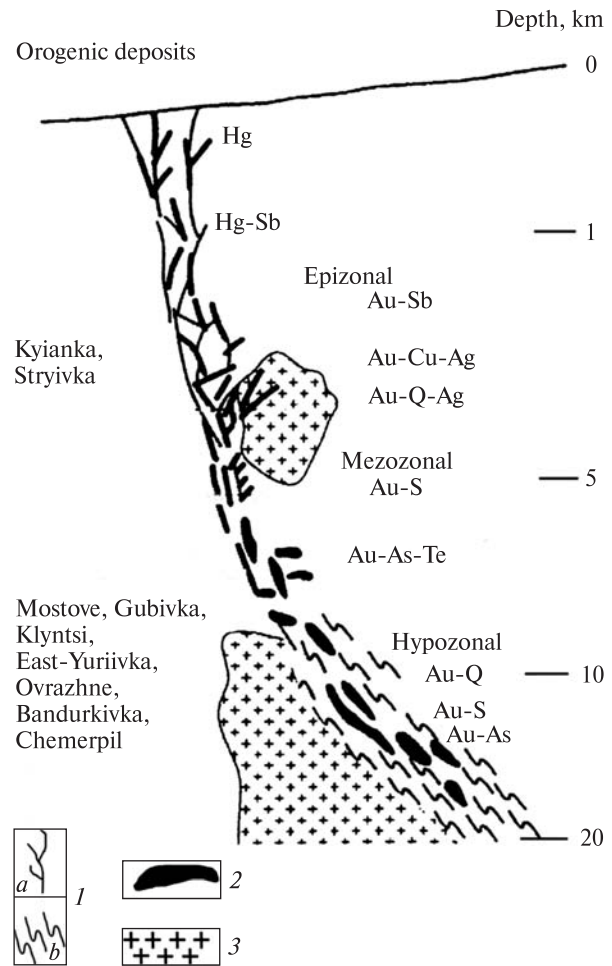


Рис. 4. Рівні глибин формування орогенних золоторудних родовищ, за Groves [50] з авторськими доповненнями: 1 — структура (а — крихка, б — пластична), 2 — рудні тіла, 3 — граніти і гнейси

Fig. 4. Levels of depths of formation of orogenic gold deposits according to Groves [50] with author's additions: 1 — structure (a — brittle, b — plastic), 2 — ore bodies, 3 — granites and gneisses

ної частини УЩ характерне зростання з глибиною ролі арсенідів (льолінгіт, нікелін) як основної матриці, що вміщує золото.

Якщо для визначення глибинності формування золоторудної мінералізації скористатися відомою схемою, запропонованою свого часу для золоторудних родовищ орогенного типу Groves [50], то Au-As мінералізація формувалася на значній глибині: мезозона — 6–12 км, гіпозона — >12 (рис. 4). Глибинність золоторудного процесу досить часто має дещо умовний характер, оскільки визначається не лише глибиною, а й тиском флюїдів.

Фізико-хімічні умови формування золоторудної мінералізації Au-As типу Мостового ру-

допрояву, за даними М.Д. Братуся [10], характеризуються такими параметрами: T — 350—230 °С, P — 150—115 МПа. На підставі даних термобарогеохімічного вивчення включень та мінералого-парагенетичного аналізу руд золота Овражного рудопрояву, Т.О. Павлюк та І.В. Попівняк [36] встановили, що гомогенізація включень відбувалась у близькому температурному діапазоні 370—200 °С. Відповідно до запропонованої нами схеми, продуктивний етап охоплює лише одну стадію мінералоутворення.

Висновки. Au-As тип мінералізації є найбільш поширеним на щиті і виявлений на всіх мегаблоках, окрім Росинсько-Тикицького. Встановлено, що геологічні закономірності концентрації рудного золота на УЩ тісно пов'язані з глобальною еволюцією кори, в результаті чого золото зазнало неодноразового перерозподілу, починаючи від первинного вулканізму та седиментозу до метаморфізму, ультраметаморфізму, гранітизації та гідротермально-метасоматичних змін. Золоторудні родовища в більшості своїй є полігенними і лише поєднання багатьох чинників рудної концентрації забезпечувало оптимально сприятливі умови для розвитку зруденіння Au-As типу.

Детальний порівняльний аналіз на регіональному рівні вказує на існування певного стратиграфічного контролю в закономірностях розповсюдження високометаморфізованих вуглецьвмісних формацій та золоторудних проявів, особливо в екзоконтактних зонах гранітних масивів.

Картування геохімічних ореолів арсену в поєднанні з інформацією про склад золотоносних парагенезисів і аналіз вмісних структурних елементів дозволяють досить впевнено встановлювати перспективні на золото ділянки. У більшості випадків за відсутності виражених процесів навколорудних змін вмісних порід з метою оконтурювання зон локалізації золоторудної мінералізації використовують мінералогічні ореоли розповсюдження арсенових асоціацій (арсенопірит-льолінгіт). Саме ці мінерали є головними носіями тонкодисперсного і невидимого золота.

Переважає більшість із описаних чинників рудної концентрації дозволяє моделювати процес формування мінералізації Au-As типу, а отримані закономірності умов локалізації зруденіння — екстраполювати їх (з певними зауваженнями) на інші райони УЩ.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Абдулин А.А.* Наномінералогія золота золоторудних месторождений основных промышленных типов // *Отеч. геология.* — 2000. — № 5. — С. 20—40.
2. *Білоус В.А.* Метаморфогенная мінералізація золота в докембрійських породах Українського щита // *Тез. докл. XII Всесоюз. металлоген. совещ. "Металлогенія докембрія і метаморфогенне рудообразование"*. — Київ, 1990. — С. 54—55.
3. *Благонадежин Б.И.* Металлогенія золота в ранньому протерозої // *Металлогенія докембрія і метаморфогенне рудообразование.* — Київ, 1993. — С. 28—36.
4. *Бобров О.Б., Сіворонов А.О., Степанюк Л.М. та ін.* Геологічна позиція та вік гранітів Майського золоторудного родовища (Середнє Побужжя) // *Мінерал. журн.* — 1999. — 21, № 4. — С. 83—86.
5. *Бондаренко С.М.* Золоторудна мінералізація західної частини Українського щита : Автореф. дис. ... канд. геол. наук. — К., 2009. — 22 с.
6. *Бондаренко С.М., Грінченко О.В., Іванов Б.Н., Сьомка В.О.* Мінералого-геохімічні особливості уранового та золотого зруденіння Братсько-Звенигородської металогенічної зони // *Геологія та генезис рудних родовищ України (сучасний стан, нові підходи, проблеми, рішення)* : 36. матеріалів наук.-техн. наради (Київ, 27—29 квіт. 2004 р.) — К. : Департамент Держ. геол. служби Держ. ком. природ. ресурсів України, 2004. — С. 81—83.
7. *Бондаренко С.Н., Грінченко А.В., Семка В.А.* Мінералого-геохімічні типи золоторудної мінералізації західної частини Українського щита // *Самородне золото: типоморфізм мінеральних асоціацій, умови формування месторождений, задачі прикладних досліджень* : Матеріали Всерос. конф., посвящ. 100-літтю Н.В. Петровської (Москва, ІГЕМ РАН, 29—31 марта 2010). — М. : ІГЕМ РАН, 2010. — Т. 1. — С. 79—81.
8. *Бондаренко С.М., Сьомка В.О., Паталаха М.Є., Коляда В.В.* Золоторудна мінералізація Новоград-Волинської товщі (Український щит) // *Актуальні проблеми геохімії, мінералогії, петрології та рудотворення* : Тези доп. Міжнар. наук. конф. (Київ, 19—20 лют. 2009 р.). — К., 2009. — С. 6.
9. *Бочай Л.В., Галецький Л.С., Кумин Э.А.* Металлогенічне районування території України на золоті орудення // *Проблеми золотоносності недр України* : Сб. науч. тр. — Київ, 1997. — С. 94—109.
10. *Братусь М.Д.* Параметри рудогенеруючих флюїдів Петроострівського золото-рідкіснометалевого рудного поля Кіровоградського блоку (Український щит) // *Мінерал. журн.* — 2000. — 22, № 1. — С. 73—80.
11. *Буряк В.А.* Умови формування месторождений золота метаморфогенно-гідротермального типу // *Метаморфогенне рудообразование.* — М. : Наука, 1977. — С. 185—197.
12. *Бутирін В.К., Євтехов В.Д., Паранько Ш.С., Бабинін О.К.* Проблема золотоносності докембрію криворізько-кременчуцької структурно-формацій-

- ної зони // Мінер. ресурси України. — 1999. — № 1. — С. 4—6.
13. *Вербицкий В.Н.* Оценка золотоносности докембрийских комплексов западной части Украинского щита // Проблемы золотоносности недр Украины : Сб. науч. тр. — Киев, 1997. — С. 94—109.
 14. *Воларович Г.П.* Типы месторождений золота и закономерности их размещения на Дальнем Востоке // Золоторудные формации Дальнего Востока. — М. : Наука, 1969. — С. 101—127.
 15. *Гейко Ю.В., Глухов А.П., Кривдик С.Г., Цымбал С.Н.* Вулканы среднего и кислого состава Новоград-Волынского блока Украинского щита и перспективы его рудоносности // Геология і магматизм докембрію Українського щита : Зб. ст. — К., 2000. — С. 148—149.
 16. *Геологический справочник по сидерофильным и халькофильным редким металлам* / Под ред. Н.П. Лаверова. — М. : Недра, 1989. — 460 с.
 17. *Глевоцкий Е.Б., Каляев Г.И.* Тектоника докембрия Украинского щита // Минерал. журн. — 2000. — № 2/3. — С. 77—91.
 18. *Гринченко О.В., Бондаренко С.М., Иванов Б.Н. та ін.* Особливості локалізації та речовинний склад золоторудної мінералізації в екзоконтакті Липнязького масиву // Тектоника, мінералогія, мінеральні ресурси : Сб. науч. работ ИГОС НАН и МЧС Украины. — Киев, 2005. — Вып. 11, Т. 1. — С. 151—161.
 19. *Гурский Д.С.* Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. Металлические полезные ископаемые / Под ред. Н.П. Щербака, А.Б. Боброва. — Киев-Львов : Центр Европы, 2005. — 783 с.
 20. *Драгомирецкий А.Б.* Литологические особенности золотосодержащих отложений докембрия (на примере Украинского щита) // Литология и полезные ископаемые. — 2004. — № 2. — С. 173—184.
 21. *Иванов В.Н., Гаева Н.М., Бутырин В.К., Великанов Ю.Ф.* Минералого-геохимические особенности золоторудных тел Желтянского проявления (Криворожско-Кременчугская зона) // Минерал. журн. — 2003. — № 2/3. — С. 81—87.
 22. *Иванов Б.Н., Лысенко В.В.* Об одной геологической особенности золоторудных проявлений западной части Кировоградского блока // Наукові основи прогнозування, пошуків та оцінки родовищ золота : Матеріали Міжнар. конф. — Львів, 1999. — С. 54.
 23. *Клочков В., Шевченко О., Клочков С.* Геодинаміка та історія геологічного розвитку західної і центральної частин Українського щита в ранньому докембрії // Матеріали III наук.-вироб. конф. геологів-зійомщиків України (Рівне, 8—12 верес. 2005 р.).— Рівне, 2005. — С. 136—140.
 24. *Константинов М.М.* Золоторудные провинции мира. — М. : Науч. мир, 2006. — 358 с.
 25. *Комаров А.Н.* Структурное положение и геологическое строение Звенигородско-Анновской зоны разломов // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1978. — № 6. — С. 594—597.
 26. *Котов Н.В.* Самородное золото месторождений Западного Узбекистана. — СПб. : Нев. курьер, 1995. — С. 96.
 27. *Кравченко Г.Л., Бондаренко С.Н.* Рудная минерализация Сорокинской тектонической зоны (Приазовье). 1. Сульфиды, теллуриды // Минерал. журн.— 1997. — № 2. — С. 3—14.
 28. *Кузнецов Ю.А., Гриценюк В.И., Веденев Е.В.* О проявлении золота в углеродсодержащих породах одного из районов УЩ // Минералогические критерии поисков редких и цветных металлов в пределах Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1977. — С. 86—89.
 29. *Лебедь Н.И., Андреев П.И., Любарская Г.А.* Вещественный состав и предварительная геолого-технологическая типизация золотосодержащих руд Украины // Проблемы золотоносности недр Украины. — Киев, 1997. — С. 277—284.
 30. *Монахов В.С., Загнітко В.М., Артеменко Г.В. та ін.* Вивчення рудоконтролюючих факторів основних золоторудних родовищ Українського щита : Препр. — К. : УкрДГРІ, 2002. — 64 с.
 31. *Нарсеев В.А. Фогельман Н.А.* Формационная систематика золоторудных месторождений // Формации, закономерности размещения, перспективная оценка. Золоторудные месторождения СССР. — М. : ЦНИГРИ, 1990. — Т. 5. — С. 5—17.
 32. *Некрасов И.Я.* Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. — М. : Наука, 1991. — 302 с.
 33. *Нечаев С.В.* Стратиграфическая позиция углеродистых и фациально сопряженных породных ассоциаций Украинского щита: металлогенические следствия // Матеріали III наук.-вироб. конф. геологів-зійомщиків України (Рівне, 8—12 верес. 2005 р.). — Рівне, 2005. — С. 190—192.
 34. *Нечаев С.В., Бондаренко С.Н., Семка В.А., Бугаенко В.Н.* Золоторудная минерализация Среднего Побужья // Докл. АН Украины. — 1992. — № 3. — С. 67—69.
 35. *Нечаев С.В., Бондаренко С.Н., Семка В.А., Нечаева Т.С.* Майское золоторудное месторождение // Минерал. журн. — 1994. — № 2. — С. 55—67.
 36. *Павлюк Т.О., Попівняк І.В., Ніколенко П.М.* Фізико-хімічні умови формування та оцінка перспективності золотого зруденіння Липнязького рудного вузла // Вісн. Львів. ун-ту. — 2001. — Вип. 15. — С. 83—92.
 37. *Петровская Н.В., Сафонов Ю.Г., Шер С.Д.* Формации золоторудных месторождений // Рудные формации эндогенных месторождений. — М. : Наука, 1976. — Т. 2. — С. 3—110.
 38. *Савин Б.М., Квасница В.Н., Ширинбеков Н.К. и др.* Самородное золото из вторичных кварцитов Желтореченского уран-железорудного месторождения (Криворожский бассейн) // Минерал. журн. — 1995. — № 5. — С. 3—9.
 39. *Сергеев И.П.* Мышьяково-теллуру-висмутовая минерализация в зоне Тальновского разлома // Докл. АН УССР. — 1988. — № 3. — С. 23—26.
 40. *Скобелев В.М.* Петрохимия и геохронология докембрийских образований Северо-Западного рай-

- она Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1987. — 140 с.
41. Стульчиков В.А., Иловайская С.В. Типы метасоматоза и их геохимическая специализация в архее Среднего Приднепровья (Верховцевская синклиналь) // *Метасоматоз и рудообразование : Тез. докл. VI Всесоюз. конф.* — Л., 1987. — С. 82—83.
 42. Фомин Ю.А., Шестаков Ю.П., Заборовская Л.П. и др. Рудные минералы Восточно-Юрьевского месторождения золота (Украинский щит) // *Мінерал. журн.* — 2003. — № 4. — С. 101—108.
 43. Хатунцева А.Я. Лептитовая формация северо-запада Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1966. — 140 с.
 44. Щербаков И.Б. Петрология Украинского щита. — Львов : ЗУКЦ, 2005. — 366 с.
 45. Яценко Г.М., Бабынин А.К., Гурский Д.С. и др. Месторождения золота в гнейсовых комплексах докембрия Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1998. — 256 с.
 46. Яценко Г.М., Паранько И.С. О формационном и стратиграфическом расчленении верхней части разреза Криворожской структуры // *Геол. журн.* — 1988. — № 5. — С. 96—104.
 47. Doyle R.W. Geochemistry of gold and its depositions // *Geol. Surv. Can.* — 1979. — **280**. — P. 94—132.
 48. Genkin A.D., Bortnikov N.S., Cabri L.J. et al. A multidisciplinary study of invisible gold in arsenopyrite from four mesothermal gold deposits in Siberia, Russian Federation // *Econ. Geol.* — 1998. — **93**. — P. 463—487.
 49. Goldfarb R.J., Groves D.I., Gardoll S. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis // *Ore Geol. Rev.* — 2001. — **18**. — P. 1—75.
 50. Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam H. et al. Orogenic gold deposits—a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit type // *Ibid.* — 1998. — **13**. — P. 7—27.
 51. Jorelmon P.A. Major Gold Belt takes shape in Nevada // *Mining. Eng.* — 1978. — No 7. — P. 12—18.
- Надійшла 28.12.2013
- ## REFERENCES
1. Abdulin, A.A. (2000), *Otechestvennaya geologiya*, No 5, Moskva, pp. 20-40.
 2. Bilous, V.A. (1990), Tezisy dokladov XII Vsesoyuznogo metallogenicheskogo soveshchaniya "Metallogeniya dokembriya i metamorfogennoe rudoobrazovanie" Kyev, pp. 54-55.
 3. Blahonadezhyn, B.Y. (1993), Metallohenyia dokembriya u metamorfogennoe rudoobrazovanye, Sb. Nauch. trudov, Kyev, pp. 28-36.
 4. Bobrov, O.B., Sivoronov, A.O. and Stepanyuk, L.M. (1999), *Mineral. zhurnal (Ukraine)*, Kyev, Vol. 21 No 4, pp. 83-86.
 5. Bondarenko, S.M. (2009), Avtoreferat. dyss... kandydata heolohicheskyyh nauk, Kyev, 22 p.
 6. Bondarenko, S.M., Hrinchenko, O.V., Ivanov, B.N. and Syomka, V.O. (2004), Sbirnyk materialiv naukovy-technichnoyi narady, Kyev, pp. 81-83.
 7. Bondarenko, S.N., Hrynchenko, A.V. and Syomka, V.A. (2010), Materialy Vserossyyskoy konferentsyy posvyashchennoy 100-letyuy N.V. Petrovskoy, Moskva, Vol. 1, pp. 79-81.
 8. Bondarenko, S.M., Syomka, V.O., Patalakha, M.Ye. and Kolyada, V.V. (2009), Tezy dopov., Naukova konferenzia, Kyev, p. 6.
 9. Bochay, L.V., Haletskyy, L.S. and Kumyn, E.A. (1997), Problemy zolotonosnosti nedr Ukrainy, Sb. nauchnyh trudov, Kyev, pp. 94-109.
 10. Bratus, M.D. (2000), *Mineral. zhurnal (Ukraine)*, Kyev, Vol. 22 No 1, pp. 73-80.
 11. Buryak, V.A. (1977), Nauka, Moskva, pp. 185-197.
 12. Butyrin, V.K., Yevtyekhov, V.D., Paran'ko, Sh.S. and Babynin, O.K. (1999), *Miner. resursy Ukrainy*, No 1, pp. 4-6.
 13. Verbytsky, V.N. (1997), Problemy zolotonosnosti nedr Ukrainy, Sb. nauch. trudov, Kyev, pp. 94-109.
 14. Volarovych, H.P. (1969), Nauka, Moskva, pp. 101-127.
 15. Heyko, Yu.V., Hlukhov, A.P., Kryvyk S.H. and Tymbal, S.N. (2000), Heolohiya i mahmatyzm dokembriya Ukrainykoho shchitya, Zb. statey, Kyev, pp. 148-149.
 16. (1989) Heolohycheskyy spravochnyk, Nedra, Moskva, 460 p.
 17. Hlevaskyy, E.B. and Kalyaev, H.Y. (1999), *Mineral. zhurnal (Ukraine)*, Kiev, Vol. 22 No 2-3, pp. 83-86.
 18. Hrinchenko, O.V., Bondarenko, S.M., Ivanov, B.N., Syomka, V.O. and Ryabokin', V.S. (2005), Tektonyka, mynerahenyia, myneral'nye resursy, Sb. nauch. rabot YHOS NAN y MChS Ukrainy, 1999, Kiev, Vyp. 11 Vol. 1, pp. 151-161.
 19. Hurskyy, D.S. (2005), Vol. 1, Tsentr Evropy, Kyev-L'vov, 783 p.
 20. Drahomyrets'kyy, A.B. (2004), *Lytolohyya y poleznyie yskopaemye*, No 2, pp. 173-184.
 21. Ivanov, V.N., Haeva, N.M., Butyrin, V.K. and Velykanov, Yu.F. (2003), *Myneral. zhurnal (Ukraine)*, Kyev, Vol. 25 No 2-3, pp. 81-87.
 22. Ivanov, V.N. and Lisenko, V.V. (1999), Naukovi osnovy prohnozuvannya, poshukiv ta otsinky rodovyshch zolota, Materialy Mizhnarodnoyi konferentsiyi, L'viv, p. 54.
 23. Klochkov, V., Shevchenko, O. and Klochkov, S. (2005), Materialy III naukovy-vyrobnychoyi konferentsiyi (Ukraine), Rivne, pp. 136-140.
 24. Konstantynov, M.M. (2006), Nauchniy myr, Moskva, 358 p.
 25. Komarov, A.N. (1978), *Dokl. Akademiy nauk USSR. Ser. B*, No 6, pp. 594-597.
 26. Kotov, N.V. (1995), *Novskyy kur'er*, Sankt-Peterburg, p. 96.
 27. Kravchenko, H.L. and Bondarenko, S.N. (1997), *Mineral. zhurnal (Ukraine)*, Kyev, Vol. 19 No 2, pp. 3-14.
 28. Kuznetsov, Yu.A., Hrytsenyuk, V.Y. and Vedenev, E.V. (1977), Naukova dumka, Kyev, pp. 86-89.
 29. Lebed', N.Y., Andreev, P.Y. and Lyubarskaya, H.A. (1997), Problemy zolotonosnosti nedr Ukrainy, Kyev, pp. 277-284.
 30. Monakhov, V.S., Zahnitko, V.M. and Artemenko, G.V. (2002), Prepynt, Vyd-vo Ukr.DHRI, Kyev, 64 p.
 31. Narseev, V.A. (1990), Formatsyonnaya systematyka zolotorudnykh mestorozhdeniy, Moskva, pp. 5-17.
 32. Nekrasov, Y.Ya. (1991), Nauka, Moskva, 302 p.
 33. Nechaev, S.V. (2005), Materialy III naukovy-vyrobnychoyi konferentsiyi, Rivne, Ukraine, pp. 190-192.

34. Nechaev, S.V., Bondarenko, S.N., Syomka, V.O. and Buhaenko, V.N. (1992), *Dokl. Akademiyi nauk Ukrainy*, No 3, pp. 67-69.
35. Nechaev, S.V., Bondarenko, S.N., Syomka, V.O. and Nechaeva, T.S. (1994), *Mineral. zhurnal (Ukraine)*, Kyev, Vol. 16 No 2, pp. 55-67.
36. Pavlyuk, T.O., Popivnyak, I.V. and Nikolenko, P.M. (2001), *Visnyk L'viv.un-tu*, Vyp. 15, pp. 83-92.
37. Petrovskaya, N.V., Safonov, Yu.H. and Sher, S.D. (1976), *Nauka, Moskva*, Vol. 2, pp. 3-110.
38. Savyn, B.M., Kvasnytsa, V.N., Shyrynbeikov, N.K., Savyna, E.N. and Latysh, Y.K. (1995), *Mineral. zhurnal (Ukraine)*, Kyev, Vol. 17 No 5, pp. 3-9.
39. Serheev, Y.P. (1988), *Dokl. Akademiyi nauk*, No 3, pp. 23-26.
40. Skobelev, V.M. (1987), *Naukova dumka*, Kyev, 140 p.
41. Stul'chykov, V.A. and Ylovayskaya, S.V. (1987), *Tez. dokl. VI Vsesoyuznoy konferentsyy: Metasomatoz y rudoobrazovanye*, Lenynhrad, pp. 82-83.
42. Fomyn, Yu.A., Shestakov, Yu.P., Zaborovskaya, L.P., Bondarenko, S.N., Lazarenko, E.E. and Bondarenko, Y.N. (2003), *Mineral. zhurnal (Ukraine)*, Kyev, Vol. 25 No 4, pp. 101-108.
43. Khatuntseva A.Ya. (1966), *Naukova dumka*, Kyev, 140 p.
44. Shcherbakov, Y.B. (2005), *ZUKTs, L'viv, Ukraine*, 366 p.
45. Yatsenko, H.M., Babynyn, A.K. and Hursky, D.S. (1998), *Naukova dumka*, Kyev, 256 p.
46. Yatsenko, H.M. and Parank'o, Y.S. (1988), *Heol. zhurnal*, No 5, pp. 96-104.
47. Doyle, R.W. (1979), *Geol. Surv. Can.*, Vol. 280, pp. 94-132.
48. Genkin, A.D., Bortnikov, N.S. and Cabri, L.J. (1998), *Econ. Geol.*, Vol. 93, pp. 463-487.
49. Goldfarb, R.J., Groves, D.I. and Gardoll, S. (2001), *Ore Geol. Rev.*, Vol. 18, pp. 1-75.
50. Groves, D.I., Goldfarb, R.J. and Gebre-Mariam, H. (1998), *Ore Geol. Rev.*, Vol. 13, pp. 7-27.
51. Jorelemon, P.A. (1978), *Mining. Eng.*, No 7, pp. 12-18.

Received 28.12.2013

С.Н. Бондаренко

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины
03680, г. Киев-142, Украина, пр. Акад. Палладина, 34
E-mail: sbond@igmof.gov.ua

**МИНЕРАЛИЗАЦИЯ Au-As ТИПА
В ДОКЕМБРИЙСКИХ КОМПЛЕКСАХ
УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА И ГЛАВНЫЕ
ФАКТОРЫ ЕЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ**

Приведены результаты исследования пространственного распространения рудной минерализации золото-

мышьякового (Au-As) типа в эндогенных комплексах докембрия Украинского щита. Указаны основные ее минералого-геохимические особенности и рудоконтролирующие факторы локализации. Сделаны выводы о генезисе Au-As минерализации и ее связи с углеродсодержащими протолитами в зонах гранитизации. Установлено, что минерализация распространена в протерозойских месторождениях орогенного типа, которые формировались во время тектоно-магматической активизации в относительно узком временном интервале (2,15—1,8 млрд лет тому назад). Золоторудные месторождения в своем большинстве полигенны и только сочетание многих факторов обеспечивает оптимально благоприятные условия для развития оруденения Au-As типа. Оценена металлогеническая значимость минерализации данного типа и перспективы возможного промышленного использования.

Ключевые слова: золото, арсенипирит, золото-мышьяковый тип, графитсодержащие толщи, рудоконтролирующие разломы.

S.M. Bondarenko

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,
Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine
34, Acad. Palladina Pr., 03680, Kyiv-142, Ukraine
E-mail: sbond@igmof.gov.ua

**MINERALIZATION OF Au-As TYPE
IN THE PRECAMBRIAN COMPLEXES
OF THE UKRAINIAN SHIELD AND MAIN
FACTORS OF ITS LOCALIZATION**

Results of research of spatial distribution of ore mineralization of gold-arsenic (Au-As) type in Precambrian complexes of the Ukrainian Shield are presented. Its basic mineralogo-geochemical peculiarities and ore localization factors are indicated. Conclusions about genesis of the mineralization and its relation with carbon-bearing protoliths in granitization zones are made. It is established, that mineralization is distributed in Proterozoic deposits of orogenic type which were formed in the process of tectonic-magmatic activation during rather short period of time (2.15—1.8 Ga). Gold deposits are mainly polygene in their nature and only combination of many factors provided favorable conditions for the development of mineralization of Au-As type. Estimation of metallogenic importance of mineralization of this type and prospects for possible industrial use are made.

Keywords: gold, arsenopyrite, gold-arsenic type, carbon-bearing strata, ore-controlling faults.