

УДК 549.283 (477)

**Н.М. Лижаченко<sup>1</sup>, С.М. Бондаренко<sup>2</sup>,  
С.І. Курило<sup>2</sup>, В.О. Сьомка<sup>2</sup>, О.В. Грінченко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ДУ "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України"  
03680, м. Київ-142, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34-а  
E-mail: albeet@ukr.net

<sup>2</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, м. Київ-142, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com

<sup>3</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
03022, м. Київ, Україна, вул. Васильківська, 90  
E-mail: alexgrin@univ.Kiev.ua

## **ЗОЛОТОРУДНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ В СКАРНАХ БАНДУРКІВСЬКОГО РУДОПРОЯВУ (ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК, УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)**

---

Досліджено золоторудну мінералізацію в контактово-метасоматичних породах Бандурківського рудопрояву, що локалізується у межах Братського синклінорію на заході Інгільського мегаблоку. Розглянуто геологічні умови положення рудопрояву у регіональних геолого-тектонічних структурах. Охарактеризовано основні типи вмісних порід та положення золоторудної мінералізації в розрізі глибоких свердловин. Досліджено особливості поведінки самородного золота, його типові парагенезиси та асоціації. Серед останніх — сполуки Ві, Те, Аs (бісмути, мальдоніт, телуриди Ві, льолінгіт, арсенопірит, нікелін, герсдорфіт та ін.), які є постійною складовою полімінеральних субмікроскопічних зростків — агрегатів із самородним золотом. За результатами мікрозондового аналізу виявлено, що переважає "скарнове" високопробне золото, а в січних тілах мікроклінових гранітів присутнє низькопробне субмікроскопічне "арсенопіритове" золото. Констатується, що у формуванні золоторудної мінералізації значну роль відіграє вуглецева речовина.

*Ключові слова:* самородне золото, мінеральні асоціації, рудна мінералізація, Бандурківська структура, Український щит.

**Вступ.** Бандурківська граніто-гнейсова структура є досить складним утворенням з огляду на геолого-структурну, тектонічну будову та загальну мінералого-геохімічну різноманітність. У межах структури виявлено декілька родовищ та рудопроявів урану (Лозоватське, Калинівське, Бандурківське, Виноградівське), рудопроявів золота, які в металогенічному плані мають досить схожі риси. Порівняння рудних об'єктів свідчить про їх значну подібність за геологічною будовою та геофізичними характеристиками. Не зважаючи на той факт, що на перший погляд рудні об'єкти золота та урану просторо-

во тяжіють один до одного і спостерігається певна синхронність (рубіж 2 млрд) у формуванні головних генетичних руд цих металів, умови їхньої локалізації в більшості випадків не співпадають.

Бандурківський рудопрояв золота за багатьма мінералого-геохімічними рисами мало чим принципово відрізняється від аналогічних золоторудних об'єктів Братського синклінорію, що були виявлені за останній час в ореолі впливу субмеридіональної Братсько-Звенигородської тектонічної зони. Щодо перспективності цієї структури на рудне золото вказували В.М. Кобзар, О.М. Комаров [7, 8]. У межах зони систематично фіксували геохімічні аномалії, пункти підвищеного вмісту, рудопрояви

© Н.М. ЛИЖАЧЕНКО, С.М. БОНДАРЕНКО,  
С.І. КУРИЛО, В.О. СЬОМКА, О.В. ГРІНЧЕНКО, 2017

та родовища золота та рідкісних металів, що стало основою для виокремлення трьох перспективних ділянок — Хмелівської, Липнязької та Бандурківської. У північній частині Братського синклінорію (Хмелівська ділянка) відомі прояви золотої мінералізації в асоціації з рідкіснометалевими родовищами — Мостове (Au), (Ta, Nb), Полохівське (Li), приурочені до тектонічних зон із інтенсивним проявом процесів метасоматичних змін та окварцювання у біотитових гнейсах [3, 4, 12].

Рудопрояви Липнязької ділянки (Овражний, Контактний, Степовий, Станкувацький) у вигляді досить щільного напівкільця розташовані в основному навколо однойменного Липнязького гранітного масиву. Варто зазначити, що у північній та північно-західній частинах масиву рудна концентрація золота спостерігається в його екзоконтактних зонах окварцювання гідротермально змінених (епідот-амфіболітова фація) амфіболітів, гнейсів [3—5]. Поруч із золоторудними об'єктами присутні рудопрояви Li, Nb, Ta, пов'язані з рідкіснометалевими пегматитами та метасоматитами.

Геологічні особливості положення рудопроявів Бандурківської ділянки дещо відрізняються від охарактеризованих вище рудопроявів Липнязької групи, насамперед, положенням в областях майже суцільного прояву метаморфізму гранулітової фації. Найбільш контрастною золоторудна мінералізація є в екзоконтактних зонах навколо Бандурківського куполоподібного масиву, де під час проведення пошукових робіт на Лисогірсько-Підгороднянській площі геологи КП "Кіровгеологія" виявили два рудопрояви золота: Бандурківський та Софіївський.

Ще раніше у південно-західній частині Братського синклінорію (східний екзоконтакт Вознесенського масиву І.В. Носирев та ін. [14]) зафіксували Ахтовий рудопрояв, де було виділено три типи золоторудної мінералізації: власне золоторудна, арсенопіритова та галеніт-кіноварна [10]. Мінеральний склад руд Бандурківського рудопрояву виявився типовим для рудопроявів і родовищ золото-сульфідного (Au-As) типу. Від часу відкриття рудопрояв більше не досліджували, у зв'язку з чим залишилися нез'ясованими питання щодо його геологічної будови та мінералогічних особливостей.

**Мета досліджень.** Вивчити мінеральний склад золоторудної мінералізації Бандурківського рудопрояву золота. З'ясувати головні зо-

лотоносні парагенезиси й асоціації. Дослідити хімічний склад самородного золота та парагенних золоту рудних мінералів. Виявити закономірності поширення золоторудної мінералізації та особливості її генезису в умовах контактово-метасоматичних перетворень вмісних порід.

**Постановка проблеми.** Геологічні особливості положення Бандурківського рудопрояву відрізняються від типових проявів золоторудної мінералізації Інгульського мегаблоку Українського щита (УЩ) розташуванням в областях метаморфізму гранулітової фації, а також локалізацією серед високотемпературних скарнових асоціацій. Виявлення закономірностей умов локалізації мінералізації в комплексі з дослідженням мінералогії продуктивних золоторудних асоціацій та безпосередньо самородного золота рудопрояву необхідне для прогнозно-пошукових робіт у межах Братського синклінорію.

**Фактичний матеріал і методи досліджень.** Матеріал представлений керном свердловин, отриманим під час виконання геолого-пошукових робіт ПЗЕ-46 КП "Кіровгеологія". Рудну мінералізацію вивчено за керном свердловин 0421 та 0444, вмісні породи — у св. 0421.

Вивчення петрографо-мінералогічних особливостей вмісних порід, самородного золота, рудних мінералів виконано за допомогою класичних петрографо-мінералогічних методів. Дослідження кількісного хімічного складу асоціацій рудних мінералів та особливостей їх внутрішньої будови проведено методами електронної мікроскопії та локального мікроаналізу за допомоги рентгенівських мікроаналізаторів JXA-733 та JXA-8200. Аналітичні дослідження здійснено на базі Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семіненка (ІГМР) НАН України (аналітик С.І. Курило) та Технічного центру НАН України (аналітик В.Б. Соболев).

**Геологічне положення.** У загальному геолого-тектонічному плані Бандурківський рудопрояв локалізується в західній частині Інгульського мегаблоку в межах центральної частини Братського синклінорію (Інгуло-Інгулецька структурно-фаціальна зона (СФЗ) [1, 9]. Братський синклінорій як єдина структура простежується у субмеридіональному напрямі смугою вздовж західного контакту осьового підняття (Корсунь-Новомиргородський плутон — Новоукраїнський масив), яке трасує трансгресійну зону

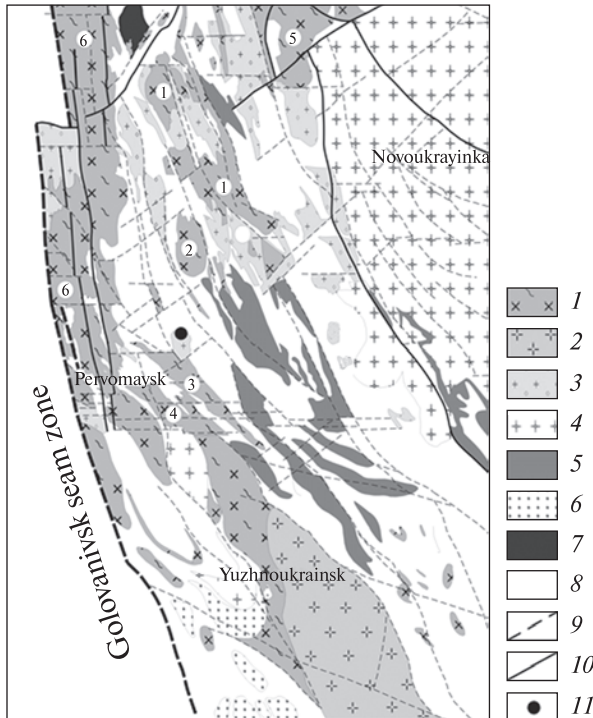


Рис. 1. Схема геологічної будови середньої частини Братського синклінорію (схема побудована за матеріалами ГДП-200 аркушів, Пervomaysk, Новоукраїнка, Любашівка, Вознесенськ): 1–3 — гранітоїди кіровоградського комплексу, 1 — граніти і мігматити, 2 — Вознесенський масив, 3 — апліто-пегматойдні граніти; 4 — гранітоїди новоукраїнського комплексу; 5 — утворення плагіогранітоїдного складу; 6 — ендербіти та чарнокіти гайворонського комплексу; 7 — метаморфічні утворення бузької серії; 8 — інгуло-інгулецька серія не розчленована; 9 — другорядні розломи; 10 — регіональні розломи; 11 — Бандурківська купольна структура. Цифри на схемі: 1–5 — масиви кіровоградського комплексу (1 — Липнязький, 2 — Михайлівський, 3 — Благодатненський, 4 — Безіменний, 5 — Глодоський); 6 — гранітоїди нерозчленовані

Fig. 1. The geological scheme of the Bratskyi synclinorium middle part (scheme is based on materials additional study of geological area 1 : 200000 scale by Pervomaysk, Novoukrainka Lyubashivka, Voznesensk sheets): 1–3 — granites of Kirovograd complex (1 — granite and migmatite, 2 — Voznesenskyi masife, 3 — aplite-pegmatite granites); 4 — granites of Novoukrainskyi complex; 5 — plagiogranitoids; 6 — enderbite and charnockite of Gayvoronskyi complex; 7 — undivided metamorphic formation of Bug series; 8 — undivided Ingul-Ingulets series; 9 — main faults; 10 — regional faults; 11 — Bandurkiv'ska dome structure. The numbers on the scheme: 1–5 — massifs of Kirovograd complex (1 — Lypnyazhskiy, 2 — Mychailivskiy, 3 — Blahodatnenskiy, 4 — Bezimennyi, 5 — Hlodoskiy); 6 — undifferentiated granitoids

розсуву Херсон — Смоленськ [6]. Із заходу він обмежений виступом гранулітової основи Голованівського блоку (Пervomays'ka СФЗ), на сході — центральним осьовим підняттям Кіро-

воградського блоку (Звенигородсько-Ганнівська СФЗ) (рис. 1).

Власне Бандурківська структура являє собою синклінальну складку, простежену у субмеридіональному напрямі більш ніж на 18 км, шириною 2–5 км, що переходить в антикліналь. До східного крила синкліналі приурочене Калинівське родовище, в межах Бандурської антикліналі — Лозоватське родовище, які разом становлять Лозоватсько-Калинівське рудне поле. У межах цих об'єктів геологічна будова Бандурківської структури вивчена найбільш повно.

Зона золотоносної мінералізації Бандурківського рудопрояву охоплює західну частину Бандурської синкліналі, що простягається на 8,5 км. За геолого-геофізичними даними мінералізована зона розташована в межах зони підвищеної електропровідності порід, тобто приурочена до графітовмісних гнейсів із сульфідною мінералізацією.

Бандурківський рудопрояв був вивчений за кількома профілями свердловин. Найбільший вміст золота виявлено у південній частині рудопрояву, де він представлений товщею порід — рудною зоною потужністю від 50 м на півночі, що зменшується до 20 м на південному-заході, з середнім кутом падіння 55°. Зона складена гнейсами гранат-графіт-біотитовими у покрівлі, кальцифірами у центрі та графіт-біотитовими у підшві.

Морфологія і розміри рудних тіл Бандурківського рудопрояву поки що остаточно не визначені. Передбачається, що вони мають пластинко- або лінзоподібну форму, їхня потужність змінюється від десятків сантиметрів до перших метрів, а протяжність не перевищує перші сотні метрів. Існують аргументовані припущення, що Бандурківський рудопрояв за характеристикою розрізів являє собою серію рудних жил та покладів, що залягають в товщі субзгідно з вмісними породами. Досить часто розгалужені ділянки зруденіння зближуючись об'єднуються в більші ореоли, геологічні границі яких розмиті. За текстурно-структурними особливостями переважають вкраплено-гніздовий і прожилково-вкраплений тип руд. Середня масова доля золота у рудних покладах оцінена приблизно в 2,4 г/т за середньої потужності 2,04 м.

**Результати досліджень.** Петрографічна характеристика. У розрізі св. 0421, Бандурківська структура складена метаморфічними породами кам'яно-костовацької та рошахівської

світ інгуло-інгулецької серії, ультраметаморфічними утвореннями кіровоградського комплексу. Золоторудна мінералізація тяжіє до графіт-діопсидових екзоскарнів.

Метаморфічні породи *рощахівської світи* представлені біотитовими, графіт-біотитовими, гранат-біотит-кордієритовими гнейсами та плагіогнейсами.

*Біотитові плагіогнейси* сланцюватої та нечітко гнейсоподібної текстури. Структура гломео-гранобластова, дрібнозерниста з середнім розміром зерен 0,2–0,4 мм. Мінеральний склад, %: плагіоклаз — 62–59, біотит — 20–27, кварц — 8–12, серед акцесорних — апатит, циркон.

На границі з кумінгтоніт-плагіоклазовим скарном (201,3 м) об'ємний вміст біотиту може сягати 50–60 %. Така порода за складом відповідає плагіоклаз-біотитовому кристалосланцю. Текстура його, подібно до біотитових плагіогнейсів, сланцювата, структура гломео-гранолепідобластова, дрібно-середньозерниста з середнім розміром зерен 0,3–1,7 мм.

*Гранат-біотит-кордієритові гнейси* (107,84; 118,7 м) наявні в інтервалі глибин 90–240 м. Текстура сланцювата, структура гломео-лепідогранобластова, дрібнозерниста з середнім розміром зерен 0,3–0,8 мм. У окремих зразках (118,7 м) поодинокі зерна кордієриту та гранату можуть сягати 2–5 мм, зумовлюючи порфіробластову структуру. Мінеральний склад, %: головні — плагіоклаз — 40–60, кварц — 15–20, біотит — 10–25; другорядні: гранат — 5–7, мікроклін — 2–5; серед акцесорних — апатит, циркон; рудні мінерали: піротин, халькопірит, ільменіт, анатаз — поодинокі зерна (п. з.).

*Графіт-біотитові плагіогнейси* (121 м) у вигляді окремих лінз та прошарків потужністю до 10 м залягають серед гранат-біотитових гнейсів. Це породи темно-сірого забарвлення сланцюватої текстури. Інколи трапляються смужки, більш насичені біотитом, потужністю 1–4 мм. Структура гломео-, лепідогранобластова, за абсолютним розміром зерен може змінюватись від дрібнозернистої (0,1–0,5 мм) до дрібно-середньозернистої (0,3–1,7 мм). Поодинокі зерна кварцу та гранату сягають 1,5–2,5 мм і обумовлюють елементи порфіробластової структури. Мінеральний склад, %: головні — плагіоклаз — 31–47, кварц — 23–27, біотит — 18–23, графіт — 10–13; другорядні — гранат — 2–3; акцесорні — циркон.

Верхня частина кам'яно-костовацької світи представлена *серпентинізованими кальцифірами*. Це породи світло-сірого із зеленкуватим відтінком забарвлення з характерним цукроподібним зламом. На глибині від 201–220 м контактує з графіт- та графіт-тремоліт-діопсидовими екзоскарнами. Контакт між ними переважно чіткий, рідше розмитий. Луски флогопіту та (менш виражено) зерна кальциту спрямовані в одному напрямі, зумовлюючи приховану сланцювату та гнейсоподібну текстури. Структура гетерогранобластова, дрібно-середньозерниста із середнім розміром зерен 0,5–2,5 мм, петельчаста. Мінеральний склад кальцифірів, %: головні — кальцит — 40–70, серпентин — 10–40; другорядні — флогопіт — близько 1–5, діопсид — 0–4; рудні мінерали — 1–2.

Метасоматичні породи представлені графіт-діопсидовими скарнами. Вони знаходяться на межі графіт-біотитових плагіогнейсів рощахівської світи та серпентинізованих кальцифірів кам'яно-костовацької на глибині 200–220 м. Власне *графіт-діопсидовий екзоскарн* темно-сірого, майже чорного забарвлення, масивної текстури. Структура лепідогранобластова, за розміром зерен може змінюватись від гломеобластової дрібнозернистої (середній розмір зерен 0,1–0,3 мм) до гетеробластової середньозернистої (1–4 мм). Мінеральний склад, %: діопсид — 65–90, графіт — 10–30, тремоліт — 0–15, флогопіт — п. з.; рудні мінерали — (герсдорфіт, пірит, арсенопірит) — 1–2.

Ультраметаморфічні утворення представлені двопольовошпатовими аплітоподібними гранітами *кіровоградського комплексу*, що локалізуються у вигляді окремих січних жил переважно у верхній частині розрізу свердловини.

Аплітоподібний граніт представлений світло-сірою масивною текстурою. Структура від нерівномірно-, дрібно- до середньо-крупнозернистої з середнім розміром зерен від 0,3 до 4,8 мм. За ідіоморфізмом зерен — алотріоморфнозерниста. Мінеральний склад, об'ємні %: мікроклін — 35–40, плагіоклаз — 20–25, кварц — 30–35, біотит — 3–5, мусковіт — 3–5; акцесорні мінерали: циркон, апатит — п. з.; рудні мінерали: сульфід — п. з.

За результатами ізотопно-геохімічних досліджень уранітнів із рудоносних кварц-біотит-амфібол-піроксен-мікроклінових метасоматитів, вік уранового зруденіння в Калинівському родовищі складає  $2038,7 \pm 0,7$  млн рр. [18].

Рудна мінералізація. В межах св. 0421 зона зруденіння припадає на глибинний інтервал 201—220 м. Геохімічний фон зруденіння, окрім арсену, визначають Вi, Те, В, Sb, S, Мо, С (графітовий). Нерівномірна вкрапленість золотоносною графіт-арсенідною мінералізацією слугує головним і досить простим мінералогічним критерієм виявлення рудного золота. Виділяються три стадії рудного мінералоутворення, які характеризуються набором стійких мінеральних асоціацій: 1) дорудна (оксидна) — представлена ільменітом; 2) власне золоторудна (продуктивна) — з типовими асоціаціями самородного золота з арсенідами і сульфоарсенідами Fe, Ni, Со, сульфідами, графітом, телуридами бісмуту, інтерметалічними сполуками; 3) пострудна, що визначається розвитком піриту, гідроксидів заліза та титану. Рудна мінералізація першої та третьої стадії має об'єкт

поширення, тож зупинимося на детальній характеристиці золоторудної стадії.

*Льолінгіт* ( $FeAs_2$ ) належить до типових і найбільш ранніх за часом утворення мінералів золотоносних асоціацій і наявний в рудах у різній кількості. В рудах арсенід заліза кількісно значно поступається арсенопіриту. До особливостей хімічного складу арсеніду належить систематична присутність Ni і Со в складі катіонної частини, та S і Sb — в аніонній (табл. 1).

*Арсенопірит* ( $FeAsS$ ) — головний індикатор рудного мінералу. В гідротермальному процесі сульфоарсенід заліза утворюється за рахунок більш раннього льолінгіту у вигляді складних за формою об'єктів, псевдоморфних зернистих мас, або ж утворює самостійні ідіоморфні зростки. Морфологія зерен арсенопіриту характеризується значною різноманітністю — від пластинчастих, короткопризматичних індиві-

Таблиця 1. Хімічний склад арсенідів та сульфоарсенідів  
Table 1. Chemical composition of arsenides and sulfoarsenides

| Номер аналізу                | Fe    | Co   | Ni    | S     | As    | Au   | Ag   | Sb   | Bi   | Σ      | Fe/As + S | As/S  |
|------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|-----------|-------|
| <i>Льолінгіт</i>             |       |      |       |       |       |      |      |      |      |        |           |       |
| 1*                           | 16,40 | 2    | 11,70 | 0,10  | 70,20 | 0    | 0    | 0,40 | 0    | 100,8  | 0,23      | 702   |
| 2                            | 27,43 | 0,06 | 1,76  | 1,64  | 67,98 | 0,13 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 99,03  | 0,39      | 41,56 |
| 3                            | 19,73 | 2,97 | 5,78  | 1,15  | 69,68 | 0,04 | 0,00 | 0,22 | 0,00 | 99,57  | 0,28      | 60,65 |
| 4                            | 19,29 | 3,36 | 5,80  | 1,01  | 68,86 | 0,00 | 0,01 | 0,17 | 0,00 | 98,50  | 0,28      | 68,14 |
| 5                            | 16,86 | 1,86 | 9,53  | 1,06  | 71,84 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 101,29 | 0,23      | 67,64 |
| 6                            | 19,25 | 2,28 | 5,93  | 0,94  | 70,13 | 0,00 | 0,02 | 0,11 | 0,00 | 98,66  | 0,27      | 74,61 |
| 7                            | 19,00 | 2,36 | 6,08  | 1,02  | 72,00 | 0,00 | 0,01 | 0,09 | 0,00 | 100,56 | 0,26      | 70,59 |
| 8                            | 19,11 | 2,37 | 6,03  | 0,99  | 72,58 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 101,25 | 0,26      | 73,31 |
| 9*                           | 22,40 | 1,70 | 5,31  | 1,18  | 67,93 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,00 | 98,76  | 0,32      | 57,57 |
| 10*                          | 21,07 | 2,65 | 6,46  | 0,96  | 68,31 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 99,68  | 0,30      | 71,16 |
| 11*                          | 26,70 | 0,00 | 1,51  | 1,33  | 69,86 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 99,99  | 0,38      | 52,53 |
| <i>Арсенопірит</i>           |       |      |       |       |       |      |      |      |      |        |           |       |
| 12                           | 31,98 | 0,82 | 0,13  | 20,18 | 49,30 | 0,06 | 0,02 | 0,21 | 0,00 | 102,70 | 0,46      | 2,44  |
| 13                           | 33,84 | 0,70 | 0,11  | 20,90 | 47,04 | —    | —    | —    | —    | 102,59 | 0,5       | 2,25  |
| 14                           | 30,99 | 1,37 | 1,18  | 20,49 | 44,44 | 0,01 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 98,66  | 0,48      | 2,17  |
| 15                           | 30,67 | 1,23 | 0,81  | 21,18 | 47,01 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 101,05 | 0,45      | 2,22  |
| <i>Нікелін та герсдорфіт</i> |       |      |       |       |       |      |      |      |      |        |           |       |
| 16*                          | 8,3   | 11,2 | 16,30 | 10,60 | 44,80 |      |      |      |      | 97,2   |           |       |
| 17*                          | 0,8   |      | 42,40 | 0,70  | 54,90 |      |      | 0,3  |      | 99,1   |           |       |

Примітка. Ан. 1—8, 10, 11, 14, 15, 17 — св. 0421, гл. 209,5 м, графіт-діопсидовий екзоскарн, рудна асоціація — самородне золото-бісмутин-тетрадиміт-жозейт-мальдоніт-нікелін-арсенопірит-льолінгіт-сфалерит-молібденіт; 12, 13 — св. 0444, гл. 229,7 м; 16 — св. 0421, гл. 211,5 м, плагіоклаз-графіт-діопсидовий ендоскарн, рудна асоціація — герсдорфіт-пірит-арсенопірит; 9 — св. 0421, гл. 277,0 м саліт-біотит-графітовий гнейс, рудна асоціація — льолінгіт-арсенопірит. Аналітики: \* В.В. Соболев, решта — С.І. Курило.

Note. An. 1—8, 10, 11, 14, 15, 17 — borehole 0421, depth 209.5 m, graphite-diopside ekzoskarn, ore association — native gold-bismuthinite-tetradymite-joseite-maldonite-nikeline-arsenopyrite-lollingite-sphalerite-molybdenite, 12, 13 — borehole 0444, depth 229.7 m; 16 — plagioclase-graphite-diopside endoskarn, ore association — hersdorffite-pyrite-arsenopyrite, borehole 0421, depth 211.5 m; 9 — salite-biotite-graphite gneisses, ore association — lollingite-arsenopyrite, borehole 0421, depth 277.0 m. Analytics: \* V.V. Sobolev, another — S.I. Kurylo.

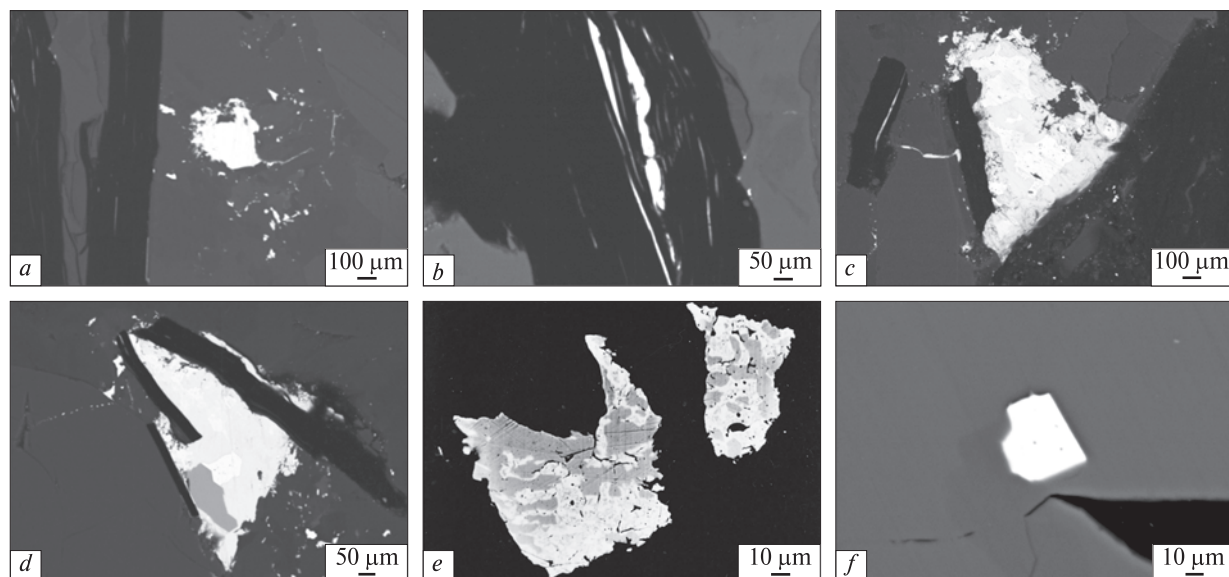


Рис. 2. Електронно-мікроскопічні зображення рудної мінералізації другої стадії, режим відбитих електронів (BSE): *a, b* — бісмутин в асоціації з графітом (табл. 2, ан. 5), *c* — золото у зростанні з бісмутином та в асоціації з графітом; *d* — золото у зростанні з бісмутином, льолінгітом та графітом; *e* — інтерметалічні сполуки міді та олова; *f* — золото, включене в арсенопірит

Fig. 2. Photo of ore mineralization by electron-microscope, stage back scattered electrons: *a, b* — bismuthinite in association with graphite (Table 2, an. 5), *c* — gold in ingrowth with bismuthinite and in association with graphite; *d* — gold in ingrowth with bismuthinite, lollingite and graphite; *e* — intermetallic compound of copper and tin; *f* — gold included in arsenopyrite

дів, довгопризматичних ідіобластів, до алотріоморфнозернистих вкраплеників 0,1–1 мм у перетині.

Хімічний склад арсенопіриту не завжди відповідає стехіометричному із незначними варіаціями As і S у межах від  $\text{Fe As}_{0,9}\text{S}_{1,1}$  до  $\text{Fe} \times \text{As}_{1,1}\text{S}_{0,9}$ . Успадковуючи від свого попередника — льолінгіту досить значний вміст кобальту (до 2,01 %), арсенопірит характеризується таким співвідношенням (середнє): Co/Ni — 7,5; Fe/S + As — 0,51; As/S — 2,69. Кількісний та якісний склад елементів-домішок варіює у досить значних межах (табл. 1). Нікель і кобальт присутні в більшості проаналізованих арсенопіритів. Кількісні параметри вмісту цих елементів є мінливими навіть у межах окремих рудних тіл. Переважна кількість мікрозондових визначень вказує на відсутність благородного металу в складі арсенопіриту.

Арсеніди та сульфоарсеніди Ni і Co поширені переважно у скарнах. Ni і Co багато в чому подібні до поведінки залізистих аналогів цих сполук. Результати мікрозондового аналізування цієї групи мінералів наведено в табл. 1.

Сульфідні асоціації мають досить обмежене поширення у рудних зонах і представлені переважно бісмутином, молібденітом, халькопіритом, пентландитом та сфалеритом. Як пра-

вило це окремі поодинокі ксеноморфні зерна, які окрім сульфіду бісмуту, мають слабкий просторовий зв'язок із золотом.

Халькопірит ( $\text{CuFeS}_2$ ) утворює ксеноморфні зерна і формує розсіяну вкрапленість у породах. Містить незначні домішки Ni та As.

Пентландит ( $(\text{Ni, Fe})_9\text{S}_8$ ) утворює полум'яно-подібні вrostки в піротині — продукти розпаду твердого розчину.

Сфалерит ( $\text{ZnS}$ ) у вигляді ксеноморфних виділень розміром 0,0–1,2 мм у перетині в породі розподілений рівномірно. Зрідка заміщує більш ранній арсенопірит. В аншліфах сірий із низькою відбивною здатністю. За результатами мікрозондового аналізування визначено підвищені домішки Cd та Mn.

На цьому фоні дещо підвищена присутність сульфіду молібдену, що утворює скупчення вигнутих тонких пластинок, лусок розміром 0,2–0,6 мм у довжину. Хімічний склад близький до стехіометричного Mo — 61,3 %, S — 38,4 %.

Графіт (C) — надзвичайно поширений рудний мінерал. За досить значної кількості (до 20–40 %) сприймається як породоутворювальний у складі графітових гнейсів, кальцифірів, скарноїдів та майже мономінеральних графітитів, трапляється у вигляді дрібних лусок або пластинок, розміщених у зростках за

спайністю у слюдах та хлориті. Переважає дрібний графіт (0,01—0,08 мм у перетині), а крупнолузкуватий характерний для кальцифірів та скарноїдів. Інколи серед агрегатних скупчень графіту спостерігаються самородне золото та інтерметалічні сполуки складу (CuSn) (рис. 2).

**Інтерметалічні сполуки міді та олова (CuSn)** були виявленні у графіт-діопсидових екзоскар-

нах (св. 0421, гл. 211,0 м, рис. 2). Вони утворюють складні за формою зростки з графітом розміром 0,04—0,2 мм у перетині. Внутрішня структура агрегатів відповідає типовим структурам розпаду твердих розчинів. Дрібні зерна, які на перший погляд здаються гомогенними утвореннями, у ході подальшого електронно-мікроскопічного вивчення в аншлифах виявля-

Таблиця 2. Мікрозондові аналізи мінералів золото-бісмутин-телуридної мінералізації

Table 2. Microprobe analyses of gold-bismuthinite-telluride mineralization

| Номер аналізу                     | Fe   | Cu   | S     | As   | Au    | Ag    | Sb   | Bi    | Te    | Σ      | Проба |
|-----------------------------------|------|------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|
| <i>Бісмутин</i>                   |      |      |       |      |       |       |      |       |       |        |       |
| 1                                 | 0,16 | 0,02 | 20,72 | 1,85 | 0,4   |       |      | 78,53 |       | 101,68 | —     |
| 2                                 | 0,03 |      | 20,05 | 1,56 | 0,9   |       |      | 76,86 | 0,01  | 99,41  | —     |
| 3                                 | 0    | 0    | 20,67 | 1,47 | 0,29  | 0,03  | 0,00 | 76,90 | 0,15  | 99,51  | —     |
| 4                                 |      | 0,05 | 20,45 | 1,1  | 0,44  | 0,01  | 0,08 | 79,37 |       | 101,5  | —     |
| 5                                 |      | 0,02 | 20,57 | 0,81 | 2,15  |       |      | 78,33 | 0,03  | 101,9  | —     |
| 6                                 |      |      | 17,41 | 0,09 | 0,39  |       |      | 70,52 | 1,95  | 90,36  | —     |
| 7*                                |      |      | 18,18 |      | 0,09  |       |      | 81,26 | 0,1   | 99,63  | —     |
| 8*                                |      |      | 19,52 |      | 3,04  |       |      | 79,2  | 0     | 101,76 | —     |
| <i>Бісмутини телуру та золота</i> |      |      |       |      |       |       |      |       |       |        |       |
| 9*                                | 0,3  | 0,03 |       |      | 63,94 | 3,07  | 0,05 | 30,21 |       | 97,6   | —     |
| 10*                               | 0    | 0,2  | 4,11  |      | 0,38  | 0,13  | 0,12 | 60,2  | 34,36 | 99,5   | —     |
| 11*                               | 0    | 0    | 3,23  |      | 0,27  | 0     | 0,1  | 70,4  | 23,61 | 97,61  | —     |
| <i>Самородне золото</i>           |      |      |       |      |       |       |      |       |       |        |       |
| 12                                | 0,04 |      | 0,12  |      | 94,73 | 1,14  | 0,03 | 2,34  | 0,06  | 98,46  | 962   |
| 13                                |      |      |       |      | 93,36 | 3,1   |      | 3,49  |       | 99,95  | 934   |
| 14*                               | 0,1  | 0,04 | 0     | 0,01 | 94,52 | 2,12  |      | 0,4   |       | 97,19  | 973   |
| 15*                               | 0,01 | 0,01 | 0     | 0,08 | 92,55 | 7,15  |      | 0,19  |       | 99,99  | 926   |
| 16*                               | 0,03 | 0    | 0,01  |      | 93,41 | 4,73  |      | 0,02  |       | 98,2   | 951   |
| 17*                               | 0,12 | 0,01 | 0,06  |      | 90,67 | 6,26  |      | 0,01  |       | 97,13  | 933   |
| 18*                               | 1,05 | 0    | 0,34  | 1,4  | 76,24 | 16,92 | 0,12 | 0     |       | 96,07  | 794   |
| 19*                               | 0,21 | 0    | 0,02  | 0,23 | 78,81 | 18,03 | 0,03 | 0     |       | 97,33  | 810   |
| 20                                |      |      |       |      | 79,47 | 20,20 |      |       |       | 99,67  | 797   |

Примітка. Ан. 1—16 — св. 0421, гл. 209,5 м — самородне золото, льолінгіт, нікелін, тридиміт жозейт, мальдоніт, сфалерит: 1, 2 — Ві у зростанні: самородне золото + льолінгіт + графіт; 3 — Ві, включений у графіт; 4 — Ві + дрібні зерна золота серед загальної маси; 5 — зростання Ві + самородне золото + графіт; 6 — Ві — у загальній масі в асоціації з графітом; 7, 8 — бісмутин в асоціації з самородним золотом, льолінгітом, нікеліном, тетрадимітом, жозейтом, мальдонітом, сфалеритом та молібденітом із золотоносного графіт-діопсидового екзоскарну, св. 0421, гл. 209,5 м; 9 — мальдоніт; там само; 10 — тетрадиміт, там само; 11 — жозейт; там само; 12 — Au у зростанні Ві + льолінгіт + графіт; 13 — Au у зростанні Ві + льолінгіт + графіт; 14, 15 — зростки з телуридами бісмуту і бісмутином, св. 0421, гл. 209,5 м; 16, 17 — включення в графіті, св. 0421, гл. 209,5 м; 18, 19 — дрібні включення в арсенопіриті, св. 0444, гл. 249,6 м; 20 — включення в льолінгіті, св. 0444, гл. 229,7 м. Аналітики: \* В.Б. Соболев, решта — С.І. Курило

Note. An. 1—16 — borehole 0421, depth 209.5 m — native gold, lollingite, nikeline, tetradymite, joseite, maldonite, sphalerite: 1, 2 — bismuthinite in intergrowth with: native gold + lollingite + graphite; 3 — bismuthinite includes in graphite; 4 — bismuthinite + small grains of gold among the matrix; 5 — intergrowth of bismuthinite + native gold + graphite; 6 — bismuthinite in the total mass in association with graphite; 7, 8 — bismuthinite in association with native gold, lollingite, nikeline, tetradymite, joseite, maldonite, sphalerite, molybdenite of gold-graphite-diopside ekzoskarn, borehole 0421, depth 209.5 m; 9 — maldonite, the same; 10 — tetradymite, the same; 11 — joseite; the same; 12 — Au in intergrowth with Bi + lollingite + graphite; 13 — Au with growth of Bi + lollingite + graphite; 14, 15 — intergrowth of bismuth telluride and bismuthinite, borehole 0421, depth 209.5 m; 16, 17 — inclusion in graphite, borehole 0421, depth 209.5 m; 18, 19 — small inclusion in arsenopyrite, borehole 0444, depth 249.6 m; 20 — inclusion in lollingite, borehole 0444, depth 229.7 m. Analytics: \* V.B. Sobolev, another — S.I. Kurylo.

ли двофазну будову: 1) жовта в аншліфах (фаза  $\text{Cu} > \text{Sn}$ ),  $\text{Cu} - 83,79$ ,  $\text{Sn} - 15,13$ ,  $\text{Pb} - 0,42$ ,  $\text{S} - 0,1$ ,  $\text{Fe} - 0,08$ , *сума* —  $99,52$  ваг. %; 2) біла —  $\text{Cu} - 65,87$ ,  $\text{Sn} - 33,70$ ,  $\text{Pb} - 0,11$ ,  $\text{Fe} - 0,06$ ,  $\text{Au} - 0,12$ , *сума* —  $99,86$  ваг. %.

Як відомо, самородні метали, їх тверді розчини та інтерметалічні сполуки досить часто мають змінний склад, який не завжди відповідає валентним співвідношенням складових елементів. Класифікуючи самородні метали та інтерметалічні сполуки, А.В. Округін [17] подібні сполуки відносив до виду нігліту сімейства станідів ( $\text{Cu}_6\text{Sn}_3$ ). Утворення згаданих вище фаз відбувалося в результаті розпаду за евтектоїдною реакцією на фази. Попри дещо різні властивості ці елементи повинні утворювати обмежені тверді розчини з різними проміжними сполуками. Н.С. Нікольський [15] стверджує, що для виділення олова в самородній формі необхідне відновне середовище (поле заліза).

**Золото-бісмутин-телуридна асоціація** поширена в локальних ділянках виклинювання та спіралеподібного підгортання мікроскладок біотит(кварц)-графітового складу в діопсидових скарнах. До парагенних золоту рудних мінералів належать мальдоніт ( $\text{Au}_2\text{Bi}$ )?, жозейт-В ( $\text{Bi}_4\text{Te}_2\text{S}$ )?, тетрадиміт ( $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ )? (табл. 2). При цьому слід вказати, що діагностика цих мінералів ґрунтується лише на поодиноких мікрозондових визначеннях та спостереженнях в рудному мікроскопі, тому точна ідентифікація ультрадрібних агрегатів вимагає додаткових досліджень. Результати мікрозондового аналізування мінералів наведено у табл. 2.

*Самородне золото* трапляється у вигляді скупчень дрібних зерен, що заповнюють мікротріщинки або частково розташовуються згідно зі спайністю у флогопіті та графіті. Іноді трапляються досить крупні (0,1—0,3 мм у перетині) алотріоморфнозернисті золото-бісмутинові агрегати, часто приурочені до лусок графіту (рис. 2, *c, d*). Присутність субмікроскопічного золота фіксується інколи в арсенопіриті із пегматоїдних гранітоїдів (рис. 2, *f*), які інтродують метаморфічну товщу. Таке золото має досить низьку пробність — 794—810 (табл. 2, ан. 19—20). Решта аналізів показують значення високопробного золота — 935—980 (табл. 2, ан. 12—17). Серед елементів-домішок постійно фіксується лише бісмут — від 0,2 до 0,4 %. Домішки золота та  $\text{Bi}$  пов'язані із захопленням матриці бісмутових мінералів золота.

*Бісмутин* ( $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ) утворює складні проростання з самородним золотом у вигляді тонких корозійних облямівок та структур взаємопроростання. У породі має приуроченість до лусок графіту, зрідка наявний у поодиноких зернах (рис. 2, *a—d*). Домішки золота за хімічним складом обумовлені механічними включеннями самородного золота (табл. 2, ан. 12—17).

**Висновки.** Золоторудна мінералізація Бандурківського рудопрояву головним чином локалізується у скарнах серед глибокометаморфізованих комплексів докембрію. Певний досвід у вивченні подібних рудних об'єктів вже є. Перш за все це мінералізація в Капітанівському рудопрояві [19], в екзоконтакті Липнязького купола (В.О. Синіцин, В.С. Монахов, 1992) та інших об'єктів у межах субширотної "гранулітової дуги" УЩ. У досить схожих умовах формувалося Карабаське родовище золота на Уралі, де зруденіння пов'язане з гранат-діопсидовими зонами [16].

Послідовність формування ендегенного зруденіння прояву золота треба розглядати в загальному контексті еволюції метасоматичних процесів із проявами зональності та рудно-мінералогічного телескопування. Мінеральний склад руд Бандурківського рудопрояву виявився типовим для рудопроявів і родовищ золото-сульфідного ( $\text{Au-As}$ ) мінералого-геохімічного типу, що мають опосередкований зв'язок з протолітами — високометаморфізованими графітовмісними товщами, де, ймовірно, відбувалося первинне накопичення як вуглецю, так і металів [2, 13]. Особливо це контрастно проявлено в зонах тектонічних порушень навко-ло екзоконтактів гранітних масивів і граніто-гнейсових куполів. У цьому випадку існування певного стратиграфічного контролю в закономірностях розповсюдження вуглевмісних формацій та золоторудних проявів підтверджується геологічними дослідженнями [7, 19, 11]. Золоторудна мінералізація прояву формувалась у відновних умовах, про що свідчить наявність у рудних зонах значної кількості графіту, інтерметалічних сполук міді та олова, арсенідів (сульфоарсенідів)  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$ . Золоторудна мінералізація представлена двома продуктивними мінеральними асоціаціями: золото-арсеновою (льолінгіт-арсенопіритовий самородний бісмут — самородне золото) і золото-бісмут-телуровою (бісмутин-сульфотелуриди  $\text{Bi}$ -мальдоніт-самородне золото).



Органічна речовина забезпечувала активне відновне середовище регіонального масштабу в значному інтервалі глибини та температури, завдяки чому створювалися сприятливі умови для відкладання та концентрування рудогенних елементів. Але в умовах ультраметаморфізму масштабна та фронтальна міграція в багатьох випадках спричиняла розсіювання металів у кількостях, що найчастіше не відповідають промисловим вимогам. Як відомо, роль вуглецю в формуванні родовищ зводиться до утворення відновної обстановки мінералоутворен-

ня та виконання каталітичних і адсорбційних функцій, прояву буферних реакцій і геохімічних бар'єрів. Золото прямо залежить від попередніх рудних асоціацій, які можуть осаджуватись у процесі метасоматичного дифузійного обміну між гідротермальними розчинами та вмісними породами.

Беручи до уваги світові тенденції динаміки росту цін на золото, можна очікувати, що ставлення до рентабельності багатьох подібних до Бандурківського прояву рудних об'єктів з часом кардинально зміниться.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Державна геологічна карта України*. Аркуш М-36-XXXII (Новоукраїнка). Центральноукраїнська серія. — 1 : 200000 / В.М. Клочков, Я.П. Білинська, О.М. Шевченко, Г.П. Хворова, Б.Д. Возгрін, Ю.К. Пійяр, Д.А. Сидорова, І.К. Пашкевич, С.С. Красовський, М.І. Орлюк, Ю.М. Веклич. — К. : УкрДГРІ, 2001. — 120 с.
2. *Бондаренко С.М.* Золоторудна мінералізація західної частини Українського щита : Автореф. дис. канд. геол. наук. — К., 2009. — 20 с.
3. *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) : Зб. матеріалів наук.-техн. наради, (Київ, 27—29 квіт. 2004 р.) / Департамент Держ. геол. служби Держ. Комітету природних ресурсів України. — К., 2004. — С. 81—83.
4. *Грінченко А.В., Бондаренко С.Н., Семка В.А.* Благороднометаллическая минерализация в эндогенных и гипергенных рудах Капитановского массива (Украинский щит) // Металлогения древних и современных океанов — 2006 : XII науч. студ. шк. (24—28 апр. 2006 г.). — Миасс : Ин-т минералогии УрО РАН, 2006. — С. 60—63.
5. *Іванов 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.
6. *Кировоградский рудный район*. Глубинное строение. Тектонофизический анализ. Месторождения рудных полезных ископаемых / Под ред. В.И. Старостенко, О.Б. Гинтова. — Киев : Прастьи луды, 2013. — 500 с.
7. *Кобзарь В.Н.* Нижнепротерозойское осадконакопление и вопросы металлогении центральной части Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1981. — 105 с.
8. *Комаров А.Н.* Структурное положение и геологическое строение Звенигородско-Анновской зоны разломов // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1978. — № 6. — С. 594—597.
9. *Комплексна металогенічна карта України (поясн. зап.)* / Гол. ред. С.В. Гошовський. — К. : УкрДГРІ, 2003. — 326 с.
10. *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.
11. *Мельничук Э.А., Нечаев С.В., Бондаренко С.Н., Семка В.А.* Новое рудопроявление благородных металлов на Украинском щите // Докл. АН УССР. — 1989. — № 2. — С. 15—19.
12. *Нечаев С.В., Семка В.А.* Скарны Украины. — Киев : Наук. думка, 1989. — 212 с.
13. *Нечаев С.В.* Минералы висмута и мышьяка в западной части Украинского щита // Геол. журн. — 1988. — № 3. — С. 86—90.
14. *Носырев И.В., Крамских Е.П., Робул В.М., Савченко М.И.* Находка золота в кварцевых жилах Украины // Докл. АН СССР. — 1973. — 210. — № 4. — С. 929—930.
15. *Никольский Н.С.* Роль глубинных флюидов в самородном минералообразовании // Самородные металлы в изверженных породах : Тез. докл. — Якутск : Изд. ЯФ СО АН СССР, 1981. — С. 30.
16. *Овчинников Л.Н.* Контактно-метасоматические месторождения Среднего и Северного Урала // Тр. Свердлов. горн.-геол. ин-та. — 1960. — Вып. 39. — С. 494.
17. *Округин А.В.* Кристаллохимические основы классификации минералов класса самородных металлов и интерметаллических соединений // Самородное элементообразование в эндогенных процессах : Тез. докл. Всесоюз. конф., Ч. 1. — Якутск : Изд. ЯФ СО АН СССР, 1985. — С. 30—34.
18. *Степанюк Л.М., Бондаренко С.М., Іванов Б.Н., Довбуш Т.І., Курило С.І., Сьомка В.О., Шестопалова О.Є.* Геохро-

нологія Ватутінського уранового родовища (Інгільський мегаблок Українського щита) // Геохімія та рудоутворення. — 2014. — Вип. 4. — С. 18—25.

19. Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Павлюк В.М., Корнієнко П.К., Бондаренко І.М. Золотоносні скарни Капітанівського рудного поля (Дністровсько-Бузький район Українського щита) // Мінерал. журн. — 2006. — 28, № 2. — С. 94—107.

Надійшла 23.02.2017

## REFERENCES

- Klochkov, B.M., Bilinska, Ya.P., Shevchenko, O.M., Khvorova, G.P., Vozgrin, B.D., Piyar, Yu.K., Sidorova, D.A., Pashkevich, I.K., Krasovskiy, S.S., Orlyuk, M.I. and Veklich, Yu.M. (2001), *Derzhavna geologichna karta Ukrainy, Arkush M-35-XXIV (Noukrainka), Tsentral'noukrains'ka seriia, 1 : 200000*, UkrDGRI, UA, 120 p.
- Bondarenko, S.M. (2006), *Gold mineralization in Western part of the Ukrainian Shield*, Abstract of PhD dissertation, Kyiv, UA, 20 p.
- Bondarenko, S.M., Grinchenko, O.V., Ivanov, B.N. and Syomka, V.O. (2004), *Geologija ta genezys rudnyh rodovush Ukrainy, Zb. materialiv nauk.-tehnich. narady (Kyiv, 2004), Depart. Derzh. geolog. sluzhby Derzh. komitety pryrodnyh resursiv Ukrainy*, Kyiv, UA, pp. 81-83.
- Grinchenko, O.V., Bondarenko, S.M. and Syomka, V.O. (2006), *Metalogeniya drevnich i sovremennyh okeanov, 2006, XII Nauch. studencheskaja shkola (24-28 apr. 2006)*, In-tut mineralogii UrO RAS, Miass, RU, pp. 60-63.
- Ivanov, B.N. and Lysenko, V.V. (1999), *Naukovi osnovy prognosuvannia, poshukiv ta otsinky rodovyshch zolota, Materialy Mizhnar. konf.*, Lviv, UA, p. 54.
- Starostenko, V.I. and Hintov, O.B. (ed.) (2013), *Kirovogradskiy rudnyi rajon. Glubinoe stroenie. Tektonofizicheskij analiz. Mestorozhdenija rudnyh poleznyh iskopaemyh*, Vyd-vo Prastyi lyudy, Kiev, UA, 500 p.
- Kobzar', V.N. (1981), *Lower Proterozoic sedimentation and issues of metallogeny of the Central part of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 105 p.
- Komarov, A.N. (1978), *Dokl. AN USSR. Ser. B*, No 6, Kyiv, UA, pp. 594-597.
- Goshovskiy, S.V. (ed.) (2003), *Comprehensive metallogeny map of Ukraine. Explanatory note*, UkrSGRI, Kyiv, UA, 326 p.
- Kuznetsov, Yu.O., Hrytsenyuk, V.I. and Vedenev, E.V. (1977), *Mineralogical criteria for searches rare and nonferrous metals within the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, pp. 86-89.
- Melnychuk, E.A., Nechaev, S.V., Bondarenko, S.M. and Syomka, V.O. (1989), *Dokl. AN USSR*, Kyiv, UA, No 2, pp. 15-19.
- Nechaev, S.V. and Syomka, V.O. (1989), *Scarns of Ukraine*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 212 p.
- Nechaev, S.V. (1988), *Geol. Journ.*, No 3, Kyiv, UA, pp. 86-90.
- Nosyrev, I.V., Kramskich, E.P., Robul, V.M. and Savchenko, M.I. (1973), *Dokl. AN SSSR*, Vol. 210, No 4, RU, pp. 929-930.
- Nikol'skiy, N.S. (1981), *Samorodnye metally v izverzhenykh porodah, Tez. dokl.*, Yakutskiy filial SO AN SSSR, Yakutsk, RU, p. 30.
- Ovchinnikov, L.N. (1960), *Tr. Sverdlovskogo gorno-geolog. instituta*, Vol. 39, Sverdlovsk, RU, p. 494.
- Okrugin, A.V. (1985), *Samorodnoe elementoobrasovanie v endogenykh procesah, Tez. dokl. Vsesoyus. konf.*, Pt 1, Yakutskiy filial SO AN SSSR, Yakutsk, RU, pp. 30-34.
- Stepanyuk, L.M., Bondarenko, S.M., Ivanov, B.N., Dovbush, T.I., Kurylo, S.I., Syomka, V.O. and Shestopalova O.Ye. (2014), *Geohimiya i rudoobrazovanie*, Vyp. 4, Kyiv, UA, pp. 18-25.
- Syomka, V.O., Bondarenko, S.M., Pavlyuk, V.M., Kornienko, P.K. and Bondarenko, I.M. (2006), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 28, No 2, Kyiv, UA, pp. 94-107.

Received 23.02.2017

*Н.М. Лижаченко*<sup>1</sup>, *С.Н. Бондаренко*<sup>2</sup>,  
*С.І. Курило*<sup>1</sup>, *В.А. Семка*<sup>1</sup>, *А.В. Гринченко*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ГУ "Институт геохимии окружающей среды НАН Украины"  
03680, г. Киев-142, Украина, пр-т Акад. Палладина, 34-а  
E-mail: albeet@ukr.net

<sup>2</sup> Институт геохимии, минералогии и рудообразования  
им. Н.П. Семеновко НАН Украины  
03680, г. Киев-142, Украина, пр-т Акад. Палладина, 34  
E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com

<sup>3</sup> Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко  
03022, г. Киев, Украина, ул. Васильковская, 90  
E-mail: alexgrin@univ.Kiev.ua

#### ЗОЛОТОРУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В СКАРНАХ БАНДУРКОВСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ (ИНГУЛЬСКИЙ МЕГАБЛОК, УКРАИНСКИЙ ЩИТ)

Исследована золоторудная минерализация в контактово-метасоматических породах Бандурковского рудопроявления, локализованного в пределах Братского синклинория на западе Ингульского мегаблока. Рассмотрены геологические условия концентрации благородного металла в геолого-тектонических структурах. Охарактеризованы основные типы вмещающих пород и положение золоторудной минерализации в разрезе глубоких скважин. Исследованы особенности поведения самородного золота, его типичные парагенезисы и ассоциации. Среди последних — соединения Bi, Te, As (висмутин, мальдонит, теллуриды Bi, лёллинит, арсенопирит, никелин, герсдорфит и др.) — постоянные составляющие полиминеральных субмикроскопических сростков — агрегатов с самородным золотом. По результатам микрозондового анализа выявлено, что в скарнах преобладает золото высокой пробы, а в секущих телах микроклиновых гранитов присутствует низкопробное субмикроскопическое "арсенопиритовое" золото. В формировании золоторудной минерализации значительную роль играет углеродистое вещество.

*Ключевые слова:* самородное золото, минеральные ассоциации, рудная минерализация, Бандурковская структура, Украинский щит.

*N.M. Lyzhachenko*<sup>1</sup>, *S.M. Bondarenko*<sup>2</sup>,  
*S.I. Kurylo*<sup>2</sup>, *V.O. Syomka*<sup>1</sup>, *O.V. Grinchenko*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SE "Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine"  
34-a, Acad. Palladin Av., Kyiv-142, Ukraine, 03680  
E-mail: albeet@ukr.net

<sup>2</sup> M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,  
Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladin Av., Kyiv-142, Ukraine, 03680  
E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com

<sup>3</sup> Taras Shevchenko Kyiv National University  
90, Vasylkivska Str., Kyiv, Ukraine, 03022  
E-mail: alexgrin@univ.Kiev.ua

#### SCARN GOLD MINERALIZATION OF THE BANDURKA ORE OCCURRENCES (INGUL MEGABLOCK, UKRAINIAN SHIELD)

Gold mineralization was investigated in the contact-metasomatic rocks of Bandurka structure within the Bratskyi synclinorium in the West of the Ingul megablock. The geological conditions of the noble metals concentration in geological and tectonic structures are shown. The main types of host rocks and the position of gold mineralization in the context of deep wells have been characterized. The features of the behavior of native gold, its typical parageneses and associations have been studied. The latter include compounds of Bi, Te (bismuthinite, maldonite, tellurides Bi, löllingite, arsenopyrite, nickeline, gersdorffite et al.), which are constant components of polymineral submicroscopic intergrowths — aggregates with native gold. It was revealed from the results of microprobe analysis that the high grade gold predominates in skarns and low-grade submicroscopic "arsenopyrite" gold is available in intersecting bodies microcline granites. Carbonaceous substance plays a significant role in the formation of gold mineralization.

*Keywords:* native gold, mineral associations, ore mineralization, Bandurka structure, Ukrainian Shield.