

ГЕОЛОГІЧНІ ТА РУДНО-ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГРАФІТОВИХ ГНЕЙСІВ І СУЛЬФІДНО-ГРАФІТО-КВАРЦОВИХ ПОРІД ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЗВЕНИГОРОДСЬКО-БРАТСЬКОЇ ЗОНИ РОЗЛОМІВ (ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК, УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

Б.Н. Іванов ¹

М.О. Донський ², donskoy@nas.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0002-3037-6346>

С.М. Бондаренко ², sbond.igmr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7948-3583>

В.О. Сьомка ², syomka1949@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5202-4045>

О.Б. Бондаренко ²

¹ ПЗЕ № 46, КП «Кіровгеологія»

55222, с-ще Підгородна, Первомайський р-н, Миколаївська обл., Україна

² Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України

03142, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна

Розглянуто геологічні та рудно-геохімічні особливості графітових гнейсів і сульфідно-графіт-кварцових порід північної частини Звенигородсько-Братської тектонічної зони західної частини Інгульського мегаблоку (Український щит). Структура зони характеризується наявністю багатьох нерівномірно поширених субмеридіональних швів бластомілонітів, мілонітів, катаклазитів. Ці породи перешаровані зі слабо тектонізованими і незмінними вмісними. Аналітично в межах структури встановлений підвищений вміст комплексу рудних елементів (Cu, Zn, Mo, Ag, Au, As частково Pt, Pd), які визначають геохімічну спеціалізацію графітових гнейсів і сульфідно-графіт-кварцових порід. Виділено дві ділянки інтенсивної графітизації та сульфідизації: в північно-східній частині площі та в обрамленні Липнязького граніт-мігматитового масиву. Кількість графіту в мінералізованих зонах сягає 20 %, інколи в гематит-кварц-графітових і брекчіях є до 30—40 % графіту. Сульфіди утворюють тонку вкрапленість або формують розгалужену сітку різноорієнтованих прожилків і займають до 10 % об'єму порід. Сульфіди представлені піротином, піритом, халькопіритом, сфалеритом, арсенопіритом, молібденітом. Аналіз просторового поширення зон графітизації і золоторудного окварцювання вказує на їхню належність до двох самостійних процесів.

Ключові слова: графіт, сульфідно-графіт-кварцові породи, сульфіди, срібло, золото, Звенигородсько-Братська зона розломів, західна частина Інгульського мегаблоку.

Вступ. У західній частині Інгульського мегаблоку Українського щита (УЩ) виділяється Звенигородсько-Братська зона розломів (ЗБЗР), якій властиві різномасштабні родовища та рудопрояви урану, рідкісних металів (Li, Rb, Cs, W, Ta, Nb, Sn), золота та срібла. За металогенічною значимістю ЗБЗР на УЩ поступається лише Криворізько-Інгулецькій і характеризується певними особливостями геологічної будови та розвитку рудних процесів як у просторі, так і в часі. Раніше зону

розглядали як важливу тектонічну структуру в межах ураноносної провінції [5]. Геолого-пошукові роботи на інші види корисних копалин, насамперед золота і рідкісних металів, уздовж ЗБЗР та в екзоконтакті Липнязького граніт-мігматитового масиву (ЛГММ) виконували здебільшого геологи ГПЕ № 47, КП «Кіровгеологія». За результатами буріння з 1986 по 1997 р. були виявлені родовища літію (Полохівське, Станкуватське), численні прояви золота, вольфраму, танталу. У

розрізах глибоких свердловин рудоносних зон досить часто наявний породний комплекс графітовмісних порід, який, на думку багатьох дослідників, мав опосередкований вплив на геохімію рудних елементів і загалом на процеси рудоутворення [14, 15]. Цей комплекс переважно представлений графіт-гранат-біотитовими метапелітами та метасоматичними утвореннями кварц-графіт-сульфідного складу. У характеристиках останніх у геологічній літературі трапляється досить широка гама термінів: «мінералізовані зони зминання», «зони сульфідизації у вуглецево-теригенних породах», «рудоносні чорносланцеві породи», «зони графітоносних катаклазитів та мілонітів». Зони вуглецевмісних сульфідизованих порід зазвичай мають регіональні масштаби і тому часто становлять значний інтерес як потенційні промислові об'єкти благородних халькофільних металів у Братській синкліналі. Крім того, вони можуть бути потенційним джерелом корисних рудних компонентів [12, С. 195—199].

Аналіз попередніх досліджень. *Геологічне положення та поширення вуглецевмісних порід у регіональних структурах.* У геологічній будові ЗБЗР характерна наявність багатьох нерівномірно розповсюджених субмеридіональних швів бластомілонітів, мілонітів, катаклазитів. Названі породи перешаровані зі слабо тектонізованими і незміненими вмісними породами. Потужність деяких швів досягає перших десятків метрів. Саме ці тектоніти та розломи переважно визначають особливості зони.

ЗБЗР чітко проявляється в регіональному геомагнітному полі, розділяючи зони його максимумів і мінімумів, а також відображається лінійними аномаліями та смугами короткохвильової складової верхньої частини розрізу земної кори.

Загальна ширина ЗБЗР становить приблизно 20 км, а простежується вона як єдина структура у вигляді витягнутої смуги у субмеридіональному напрямку на 230 км уздовж західного контакту різновікової інтрузивно-магматичної системи — Корсунь-Новомиргородського анортозит-рапаківі-гранітного плутону та Новоукраїнського масиву (рис. 1) [6, 7]. Із південного заходу вона обмежена ви-

ступом гранулітової основи Голованівського блоку (шовної зони). Загальну субмеридіональну симетрію регіону підкреслюють численні масиви ультраметаморфічних гранітів кіровоградського комплексу (PR_1) та лінійна складчастість, яка простежується у товщах метаморфічних утворень рошавівської та кам'яно-костовацької світ інгуло-інгулецької серії протерозою PR_1 . Серед метаморфічних порід, поширених із північно-східного і південно-західного флангу структури, переважають гнейси, кристалосланці, амфіболіти, кварцити, кальцифіри (скарноїди) та ін. Кристалосланцево-гнейсова група представлена біотитовими, гранат-біотитовими, кордієритовими, амфіболовими, піроксеновими, графітовими різновидами. З останніми часто просторово пов'язані зони графітизації і сульфідно-графіт-кварцові породи.

ЛГММ розміщується в західній частині Братського синклінорію і характеризується видовженою в північно-західному напрямку формою у вигляді монокліналі. Масив входить у серію купольних структур, об'єднаних в Шевченківсько-Березівський гранітизаційний вал, який трасується в субмеридіональному напрямку і виходить за межі площі. Північно-західне обрамлення структури складене графітовмісними гнейсами, кристалосланцями, амфіболітами та ультрабазитами. Підпорядковане поширення у межах розрізу мають кварцити та скарноїди. З'ясовано, що інтрузія жильних гранітоїдних утворень ЛГММ формувалася у досить вузькому віковому інтервалі, 2040—2020 млн рр. тому [16], і вона є близька за часом утворення до основної маси гранітоїдів кіровоградського комплексу. Це, разом з геологічними даними, дає підстави припустити, що рудні процеси в межах ЗБЗР відбувалися приблизно у цьому ж віковому інтервалі [16]. Наймолодші породи західної частини Інгульського мегаблоку представлені гранітами рапаківі і габроїдами Корсунь-Новомиргородського плутону (PR_2).

Детальніший геологічний опис, результати досліджень графітовмісних порід та рудної мінералізації ЛГММ та його обрамлення викладено в наукових працях С.В. Нечаєва, Б.Н. Іванова, С.М. Бондаренка, В.О. Сьомки,

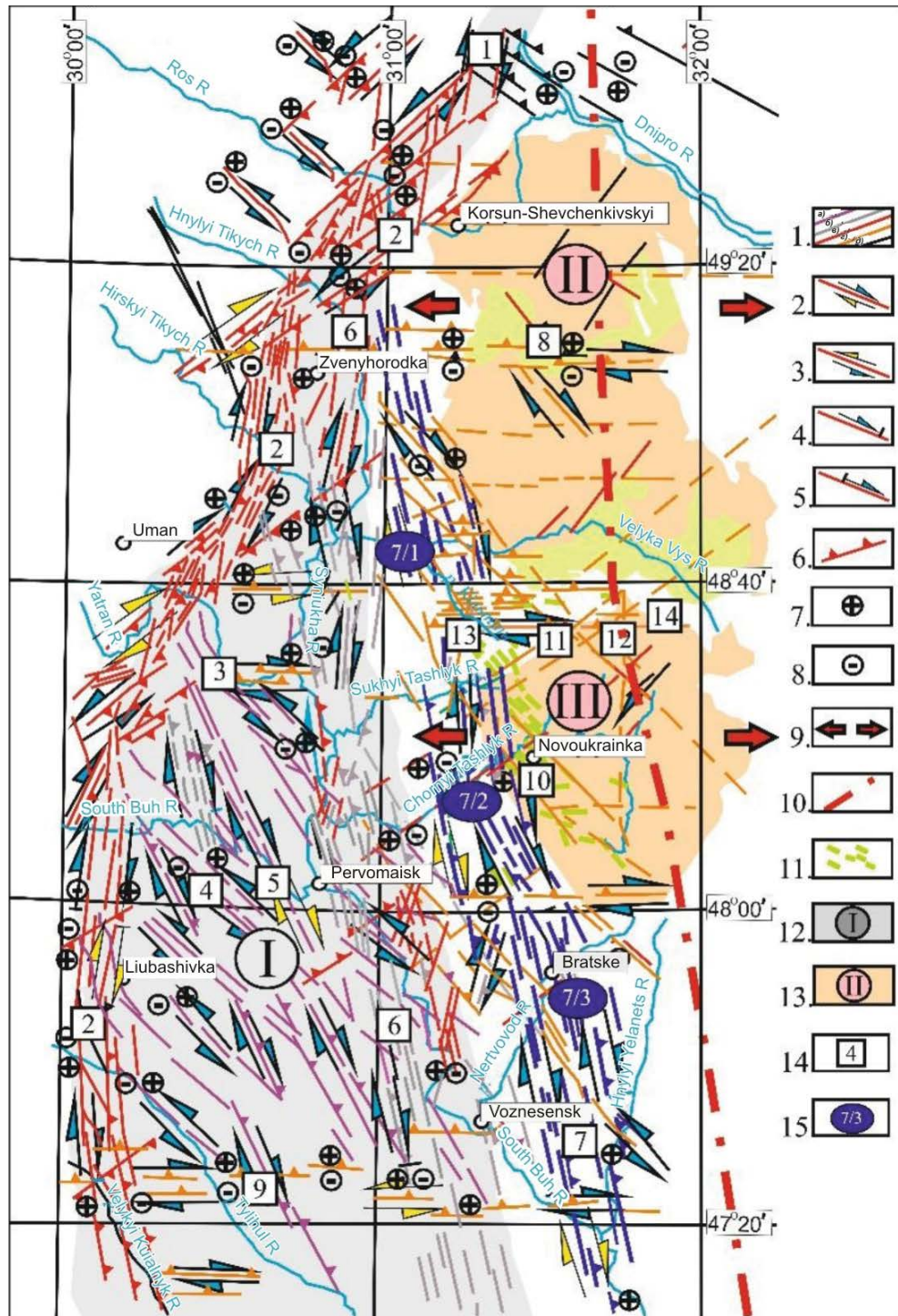


Рис. 1. Фрагмент структурно-тектоніфічної схеми Інгільського мегаблоку, адаптовано з [6, 7]: 1 — ешелоновані і елементарні сколи зон розломів, що утворилися в: а) — неогархії (AR_1), б) — неогархії-ранньому протерозої (AR_2 - PR_{1-1}), в) — початку раннього протерозою (PR_{1-1}), г) — кінці раннього протерозою (PR_{1-1}), д) — вік не відомий; кінематичні знаки (сині — під час закладення, жовті — під час головної фази активізації): 2 — правий зсув, 3 — лівий зсув, 4 — скидо-зсув, 5 — підкидо-зсув, 6 — напрям падіння, 7 — припідняте крило, 8 — опущене крило, 9 — напрям розсуну центральної частини Інгільського мегаблоку; 10 — міжрегіональний тектонічний шов Херсон-Смоленськ; 11 — дайки діабазів, габро-діабазів та ін.; 12 — I Голованівська шовна зона; 13 — масиви гранітоїдів і їх номери: II — Корсунь-Новомиргородський плутон, III — Новоукраїнський масив; 14 — номери зон розломів; 15 — номери зон сколювання: 7/1 — Надлакська—1, 7/2 — Піщанобродська, 7/3 — Братська. Зони розломів (номери в квадратах): 1 — Ядлов-Трактемирівська; 2 — Тальнівська; 3 — Ємільвська; 4 — Врадіївська; 5 — Довгопристанська; 6 — Первомайська; 7 — Звенигородсько-Братська; 8 — Смілянська; 9 — 15 — Конкська; 10 — Новоукраїнська, 11 — Глодська; 12 — Новокостянтинівська, 13 — Новопавлівсько-Ярошевська (південна частина), 14 — Суботсько-Мошоринська

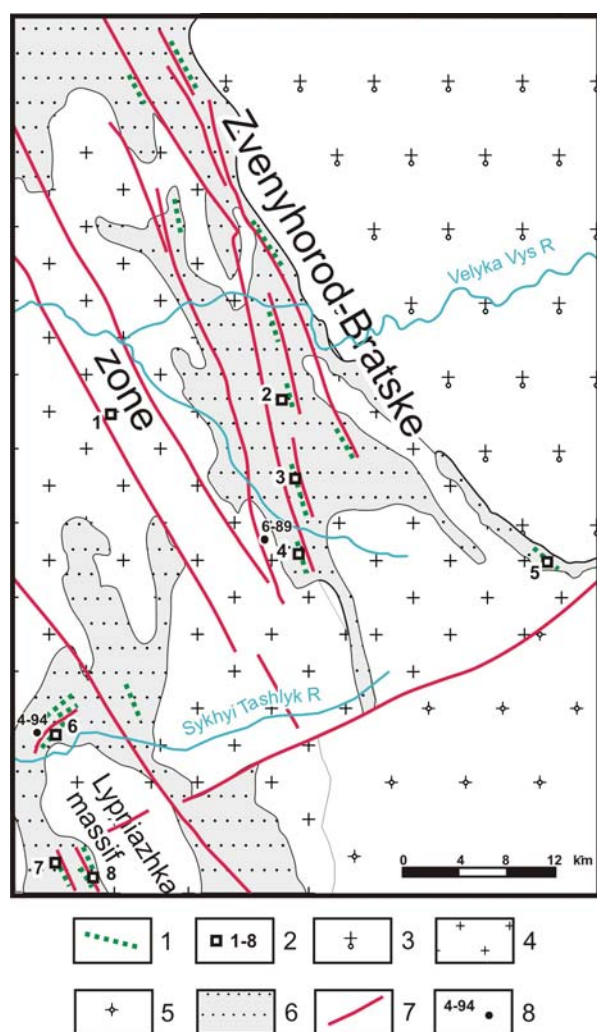


Рис. 2. Схема поширення графітових гнейсів і сульфідно-графіт-кварцових порід у західній частині Інгульського мегаблоку: 1 — ділянки і зони значного поширення графітових гнейсів і пов'язаних з ними сульфідно-графіт-кварцових порід; 2 — рудопрояви і прояви золота та їх номери: 1 — Тимофіївське, 2 — Мостове, 3 — Північно-Березівське, 4 — Березівське, 5 — Улянівське, 6 — Овражне, 7 — Станковатське, 8 — Контактне; 3 — Корсунь-Новомиргородський плутон, граніти рапаківі та основні породи, PR_2 kn; 4 — граніти і мігматити кировоградського комплексу PR_1 kg; 5 — Новоукраїнський масив, граніти та основні породи, PR_1 nu; 6 — гнейси, кристалосланці, амфіболіти, кварцити, кальцифіри та ін., інгуло-інгулецька серія, PR_1 ; 7 — розломи, 8 — свердловини

В.Н. Кобзаря, Г.М. Яценка, В.А. Рябенка та низки інших фахівців.

Рудоносність вуглецевмісних товщ. У межах УЩ, зокрема західної частини Інгульського мегаблоку, наявні численні прояви золотої мінералізації Au-As мінералого-геохімічного типу [2]. Однією з характерних ознак цих об'єктів є просторовий зв'язок із графі-

товмісними гнейсами. Доречно сказати, що просторовий зв'язок проявів золота і вуглецевих порід характерний металогенії золоторудних родовищ різних формаційних типів. З вуглецем у цих випадках майже завжди асоціюють сульфідні, серед яких зазвичай переважають пірит і піротин [10]. Відомо, що зони, збагачені на вуглецеву речовину та сульфідні, генетично пов'язані з осадовим, гідротермально-осадовим циклом у протерозойських протолітах. За віком процеси накопичення вуглецю у вмісних породах передують основним рудним етапам територіально пов'язаних із ними родовищ золота [10].

Геохімічний спектр, що характеризує породи вуглецево-теригенних (чорносланцевих) товщ, багатий і різноманітний. До його переліку входять золото, елементи платинової групи, а також Mo, Zn, Cu, Pb, V, Ni, Cr, P та ін. [10, 12]. Зони вуглецевмісних сульфідизованих порід зазвичай мають регіональні масштаби і тому часто становлять значний інтерес як потенційні промислові об'єкти благородних халькофільних металів.

Золоторудні прояви західної частини Інгульського мегаблоку поділяються на Хмелевську і Липнязьку групи (рис. 2). Хмелевська група представлена Тимофіївським, Мостовим, Північно-Березівським, Березівським та Улянівським проявами золота. Липнязька група охоплює Овражне, Станковатське і Контактне проявлення. Усі вони просторово пов'язані з полями розвитку графітизованих порід, а золоторудний процес обох груп — із навколорудним окварцюванням.

Золоторудні окварцьовані породи детально описані в геологічній літературі [13]. Графітові гнейси та пов'язані з ними сульфідно-графіт-кварцові різновиди вивчені значно менше, що і визначає мету цієї публікації.

Мета дослідження. Визначення поширення графітових гнейсів і сульфідно-графіт-кварцових порід, їхніх геохімічних властивостей і особливостей просторового зв'язку із зонами золоторудного окварцювання проявів Хмелевської та Липнязької груп.

Фактичний матеріал і методика робіт. Матеріалом для аналітичних досліджень слугували архівні матеріали КП «Кіровогеологія», отримані протягом буріння (металометричні

проби). Проби відбирали переважно з незміненних порід за допомогою методу пунктирної борозни з кроком опробування 4—5 м. Зони графітизації, окварцювання та сульфідної проробки перекривалися керновими пробами завдовжки не більше 1—1,5 м однієї проби. У пробах обох типів визначали Au, Pt, Pd, Ag, Cu, Zn, Mo, Bi, As (табл.). По всьому ряду порід, охарактеризованих у таблиці, розрахований середній вміст елементів. Вміст Bi і As точно встановити не вдалося через «докларкову» кількість цих елементів та низьку чутливість спектрального аналізу щодо них. Але у золотоносних окварцьованих породах число цифрових визначень As і Bi зростає до 40—50 %.

Результати та їх обговорення. 1. *Особливості поширення та мінеральний склад графітовмісних гнейсів і сульфідно-графіт-кварцових порід.* Графітова мінералізація найяскравіше проявлена в тих частинах розрізу, де наявні пласти графіт-біотитових, гранат-графіт-біотитових гнейсів. Уздовж сланцюватості таких порід часто розвиваються накладені зонки мікрокатаклазу і мілонітизації, де кількість тонковкрапленого графіту сягає 5—7 %. З ними зазвичай просторово пов'язані сульфідно-графіт-кварцові породи, які є кінцевим продуктом цього процесу. Останні зберігають текстурно-структурний рисунок вихідних гнейсів, але мають підвищений вміст кварцу, графіту (до 20 %) та сульфідів. Інколи у розрізі є гематит-кварц-графітові брекчії, які містять 30—40 % графіту. Сульфіди утворюють тонку вкрапленість або формують розгалужену сітку різноорієнтованих прожилків і займають до 10 % об'єму порід. Вони представлені піротином, піритом, халькопіритом, сфалеритом, арсенопіритом, молібденітом. У більшості випадків переважають сульфіди заліза (пірит і піротин). Наявність останнього часто спричиняє підвищену магнітну чутливість порід, унаслідок чого графітові гнейси і сульфідно-графіт-кварцові породи чітко вирізняються в магнітних полях і на графіках магнітного каротажу.

2. *Геологічне положення та поширення графітових гнейсів і сульфідно-графіт-кварцових порід.* За результатами глибокого буріння ви-

ділено дві ділянки інтенсивної графітизації та сульфідизації: в північно-східній частині площі та в обрамленні Липнязького граніт-мігматитового масиву (рис. 2). В обох випадках процес графітизації відбувався в «строкатій» товщі метаморфітів, у складі яких, поряд із переважно біотитовими, графіт-біотитовими гнейсами, трапляються амфіболіти, кварцити, кальцифіри. Характерною ознакою північно-східної частини площі є чітко проявлений зв'язок зон окварцювання, графітизації та сульфідної проробки з системою розломів ЗБЗР. Одна із таких зон трасується вздовж західного контакту Корсунь-Новомиргородського плутону (правобережжя р. Велика Вись). Потужність інтервалів інтенсивного окварцювання і графітизації сягає тут 110—135 м. Інша аналогічна зона тягнеться до північного флангу Мостового рудопроаяву. Її потужність коливається від 60 до 170 м. Далі на південь розломи ЗБЗР просторово контролюють основні прояви золота Хмелевської групи. В межах найліпше вивченого Березівського прояву ширина зони графітизації сягає 150 м (св. 6-89, інтервал 450—600 м). Усередині цього інтервалу виділяються сім тіл сульфідно-графіт-кварцових порід потужністю від трьох до 18 м.

На південь від Овражного рудопроаяву інтенсивність графітизації падає. Відносно стійкий ореол графітизованих порід шириною до 80 м фіксується в південній частині Станковатського рудопроаяву золота. В районі Контактного рудопроаяву незначна за масштабом (потужність приблизно 10 м) зона графітизації простежується на північному фланзі останнього.

3. *Геохімічні особливості графітизованих гнейсів і сульфідно-графіт-кварцових порід.* Геохімічна спеціалізація графітизованих порід визначена комплексом рудних елементів (Cu, Zn, Mo, Ag, Au, As частково Pt, Pd) (табл.). Три перші з них пов'язані відповідно з халькопіритом, сфалеритом і молібденітом. Є припущення, що срібло не утворює власних мінералів, а розсіюється у вигляді ізоморфних домішок у сульфідах [3]. Попри все, срібло тяжіє до характерніших типових елементів графітизованих порід. Його серед-

ній вміст збільшується від 0,08—0,1 в незмінених різновидах і до 0,6—1,9 г/т у графітових гнейсах та сульфідно-графіт-кварцових породах. На підставі цього рудна мінералізація останніх раніше була виділена в особливий колчеданно-срібний тип [3].

Графітові гнейси і сульфідно-графіт-кварцові породи мають підвищений вміст платиноїдів. Ця особливість стає помітною вже в графітовмісних, слабо графітизованих гнейсах. Зі зростанням інтенсивності процесу продовжується зростання вмісту Pt і Pd. Їхня максимальна кількість пов'язана з сульфідно-графіт-кварцовими породами (Pt — 0,2 г/т, Березівський рудопрояв, св. 6-89, глибина 520—526 м; Pd — 0,0536 г/т, північно-східний фланг Овражного рудопрояву, св. 4-94, глибина 255—263 м (табл.)).

Весь комплекс графітовмісних порід в абсолютній більшості випадків характеризується підвищеним середнім вмістом Au до 0,014—0,04 г/т (максимальні значення 0,6 г/т). Водночас значна частина порід безрудні, середній вміст Au не перевищує середніх значень для незмінених гнейсів. До них належать сульфідно-графіт-кварцові породи висячого боку Овражного золоторудного прояву (св. 4-94, інтервал 230—280 м). Середній вміст Au становить у цьому випадку загалом 0,004 г/т. Це вказує на те, що поведінка золота є неоднозначною. Накладання золотоносного прожилкового окварцювання на графітові гнейси відзначав В.М. Клочков у рудах Контактного прояву [8]. На мікроскопічному рівні між колчеданно-срібною і пізнішою, золото-арсеновою мінералізацією спостерігаються досить неоднозначні відношення [3].

Ще одна геохімічна ознака графітизованих порід: невисокий «докларковий» вміст Bi і As. Ймовірно, арсенова та бісмутова мінералізація не є характерною для змін, пов'язаних із графітизацією. Натомість у золоторудних зонах обидва з названих елементів є обов'язковими (типоморфними). Середній вміст As в окварцьованих золотоносних породах рудопроявів Хмелевської і Липнязьської груп коливається від 200 до 400, Bi — від 2 до 10 г/т. Максимальна кількість цих елементів сягає 6000 (As) і 400 (Bi) г/т. На їхній підвищений вміст впливають арсеніди, суль-

фоарсеніди, самородний бісмут, бісмутові телуриди та інші мінерали [4].

4. Проблема просторового зв'язку графітизованих порід із зонами золоторудного окварцювання рудопроявів Хмелевської і Липнязької груп. Нагадаємо, що золоторудний процес західної частини Інгульського мегаблоку пов'язаний з навколорудним окварцюванням, що накладається на метаморфіти інгуло-інгулецької серії та гранітоїди кіровоградського комплексу. На площі золоторудних рудопроявів Хмелевської і Липнязької груп процеси золоторудного окварцювання і сульфідно-графіт-кварцової проробки найчастіше просторово поєднані. Графітизовані породи «ділянок поєднання» вирізняються збільшеним (0,014—0,04 г/т) середнім вмістом Au. Максимальна кількість його сягає 0,6 г/т. Однак залишилося невизначеним: чи пов'язано золото з формуванням графітизованих порід, чи це є результатом пізнішого золоторудного окварцювання?

Окрім розглянутого варіанту «поєднання», зони сульфідно-графіт-кварцової проробки іноді розвиваються самостійно. Одна з таких зон відстежується у висячому боці Овражного рудопрояву золота (св. 4-94). У графітових гнейсах і сульфідно-графіт-кварцових породах відсутні будь-які ознаки пізнішого золоторудного окварцювання. Середній вміст Au зменшується тут до середніх значень у гнейсах (0,004 г/т), а решта рудних елементів характеризуються дещо підвищеним вмістом. Мабуть, до цього випадку треба додати мало золотоносні окварцьовані графітизовані гнейси правобережної частини р. Велика Вись та північного флангу Мостового рудопрояву.

Зони золоторудного окварцювання також можуть розвиватись автономно і не мати просторового зв'язку а ні з графітовими гнейсами, а ні з сульфідно-графіт-кварцовими породами. Така ситуація властива деяким рудопроявам золота Хмелевської групи, що може вказувати на наявність двох самостійних процесів.

Загальні петрографічні дослідження графітовмісних порід опосередковано вказують на значний вплив гранітоїдів на зміну мінерального складу вмісних порід, а також на

формування рудної мінералізації та варіацію ізотопного складу вуглецю [10].

Саме у вуглецевих товщах важливий вплив на розчинність і міграцію золота в гідротермальних процесах відіграє арсен. У загальному розрізі докембрію УЩ і в інших регіонах виокремлюються подібні вуглецево-сульфідні товщі, вихідна поліелементна геохімічна спеціалізація яких ставить їх у розряд потенційно рудоносних. У глибокометамор-

фізованих комплексах Середнього Побужжя подібні утворення за участю графіту «кварц-біотит-графітові сегрегації» з сульфідами, за даними В.Г. Яценка [17], поширені у Завалівському родовищі.

Наявні визначення віку порід золоторудних проявів ЗБЗР виявляють належність їх до протерозойського циклу активізації (2,1—1,70 млрд рр. тому). За літературними даними аналогічні рудоносні структури спостері-

Геохімічні особливості графітових гнейсів і сульфідно-графіт-кварцових порід

Pt	Pd	Au	Ag	Cu	Zn	Mo	Bi	As
1. Незмінні породи								
1.1. Гнейси біотитові, гранат-біотитові								
$\frac{0,002 (60)}{н.м. — 0,017}$	$\frac{0,002 (60)}{0,001 — 0,014}$	$\frac{0,004 (2720)}{н.м. — 0,03}$	$\frac{0,08 (2720)}{н.м. — 0,4}$	$\frac{40 (2720)}{30 — 150}$	$\frac{90 (2720)}{30 — 200}$	$\frac{2 (2720)}{н.м. — 5}$	н.м. — 5	н.м. — 100
1.2. Амфіболіти								
$\frac{0,003 (17)}{0,02 — 0,006}$	$\frac{0,003 (17)}{0,001 — 0,015}$	$\frac{0,004 (1520)}{0,003 — 0,014}$	$\frac{0,08 (1520)}{н.м. — 0,8}$	$\frac{50 (1520)}{10 — 80}$	$\frac{80 (1520)}{30 — 200}$	$\frac{1 (1520)}{н.м. — 3}$	н.м. — 5	н.м. — 100
1.3. Графітовмісні, інколи мало графітизовані гнейси								
$\frac{0,004 (115)}{н.м. — 0,008}$	$\frac{0,011 (115)}{0,001 — 0,08}$	$\frac{0,005 (188)}{0,003 — 0,05}$	$\frac{0,1 (188)}{0 — 0,8}$	$\frac{60 (188)}{10 — 500}$	$\frac{100 (188)}{< 30 — 1000}$	$\frac{6 (188)}{1 — 10}$	н.м. — 8	н.м. — 200
2. Графітизовані гнейси і сульфідно-графіт-кварцові породи								
2.1. Хмелевська група								
2.1.1. Мостовий рудопрояр золота [1]								
н.в.	н.в.	$\frac{0,017 (86)}{0,003 — 0,6}$	$\frac{0,71 (86)}{0,1 — 5,0}$	$\frac{105 (86)}{10 — 1000}$	н.в.	н.в.	$\frac{1 (86)}{0,5 — 10}$	$\frac{65 (86)}{50 — 600}$
2.1.2. Північно-Березівський рудопрояр золота								
$\frac{0,01 (9)}{0,004 — 0,016}$	$\frac{0,017 (9)}{0,007 — 0,027}$	$\frac{0,014 (170)}{0,003 — 0,6}$	$\frac{0,6 (170)}{0,1 — 2,0}$	$\frac{90 (170)}{10 — 800}$	$\frac{200 (170)}{< 30 — 400}$	$\frac{5 (170)}{1 — 20}$	н.м. — 30	н.м. — 200
2.1.3. Березівський рудопрояр золота, св. 6-89, інтервал 450—600 м								
$\frac{0,008 (48)}{< 0,002 — 0,2}$	$\frac{0,012 (48)}{0,002 — 0,04}$	$\frac{0,04 (48)}{0,003 — 0,6}$	$\frac{0,8 (48)}{0,2 — 3,0}$	$\frac{110 (48)}{50 — 300}$	$\frac{250 (48)}{100 — 400}$	$\frac{4 (48)}{1 — 20}$	н.м. — 5	н.м. — 200
2.2. Липнязька група								
2.2.1. Овражний рудопрояр золота								
$\frac{0,01 (88)}{н.м. — 0,06}$	$\frac{0,013 (88)}{0,001 — 0,05}$	$\frac{0,015 (88)}{0,003 — 0,1}$	$\frac{1,0 (88)}{0,1 — 30}$	$\frac{200 (88)}{20 — 500}$	$\frac{500 (88)}{60 — 2000}$	$\frac{9 (88)}{1 — 40}$	н.м. — 9	н.м. — 300
2.2.2. Висячий бік Овражного рудопрояву золота, св.4-94, інтервал 230—280 м								
$\frac{0,009 (36)}{0,002 — 0,02}$	$\frac{0,018 (36)}{0,001 — 0,0536}$	$\frac{0,004 (36)}{н.м. — 0,15}$	$\frac{1,9 (36)}{0,8 — 5,0}$	$\frac{200 (36)}{80 — 400}$	$\frac{450 (36)}{100 — 1500}$	$\frac{10 (36)}{3 — 40}$	н.м. — 10	н.м. — 200

Примітки. Вміст елементів — в г/т; у числівнику — середнє, в знаменнику — межі зміни вмісту, в дужках — кількість визначень; Pt, Pd визначались пробірним з атомно-абсорбційним завершенням (пробірна лабораторія ІГМР НАН України), Au — хімічно-спектральним (центральна лабораторія КП «Кіровгеологія»), решта елементів — спектральним напівкількісним аналізом (центральна лабораторія КП «Кіровгеологія»); нижче аналітичної межі визначення елементу — н. м.; елемент не визначався — н. в. Кількість визначень для Bi і As відповідає кількості визначень для елемента у сусідньому стовпчику ліворуч. Аналітичні межі визначення елементів (г/т): Pt — 0,002, Pd — 0,001, Au — 0,003, Ag — 0,1, Cu — 10, Zn — 30, Mo — 1, Bi — 1, As — 100.

гаються також у докембрії інших щитів [11]. Особливого металогенічного значення набувають ділянки перетину вуглецевих товщ великими системами конседиментаційних довготривалих розломів глибинного закладення, що контролювали розміщення ділянок мобілізації, перерозподілу та нагромадження рудної речовини в умовах пізньометаморфічних і метасоматичних перетворень товщ.

Висновки.

1. Графітові гнейси і сульфідно-графіт-кварцові породи досить суттєво поширені в північно-східній частині ЗБЗР та в обрамленні ЛГММ. Потужність зон графітизації та сульфідної проробки змінюється від перших метрів до 150 м. Усередині таких зон, в ділянках із найінтенсивнішими змінами, утворюються сульфідно-графіт-кварцові породи у вигляді «розмитих» зон потужністю до 15–20 м. Протяжність останніх у поєднанні з сульфідно-графіт-кварцовими породами змінюється від перших сотень до 700 м.

2. Геохімічну спеціалізацію графітизованих порід визначають Cu, Zn, As, Ag, Mo Au і ЕПГ. Вміст цих елементів зростає від незмінених гнейсів до графітовмісних різновидів і далі в бік сульфідно-графіт-кварцових порід. Особливо це показово для срібла, середній вміст якого в ряду петрогенетичних перетворень зростає у понад 20 разів — від 0,08

до 1,9 г/т. Водночас поведінка золота є неоднозначною. Можливо лише стверджувати, що інколи вміст золота дещо зростає відносно кларкових значень.

3. У межах ЗБЗР існує просторовий і генетичний зв'язок між графітовмісними гнейсами (метаморфітами) та сульфідизованими графіт-біотит-кварцовими породами (продукти кислотного вилуговування). Графіт розподіляється вздовж шаруватої структури гнейсів, формуючи розсіяну вкрапленість або концентровані зони. Сульфідно-графіт-кварцові породи мають, як порівняти з вихідними гнейсами, підвищений вміст сульфідів і графіту: кількість графіту сягає в них 20, а сульфідів — 15 %. Для більшості проявів ЗБЗР характерне просторове суміщення зон графітизації та золоторудного окварцювання; у золоторудних проявах Хмелевської і Липнязької груп існують ознаки самостійного розвитку цих процесів. Поліелементна спеціалізація характерна для порід, збагачених графітом і сульфідами.

Графітизовані гнейси та сульфідно-графіт-кварцові породи західної частини Інгульського мегаблока вирізняються широким просторовим розповсюдженням, а також підвищеним (часто аномальним) вмістом благородних, халькофільних металів і платиноїдів, що вказує на необхідність їх подальшого вивчення.

Література

1. Безвинний В.П. Рідкіснометалеве та золоте зруденіння і метасоматичні процеси Петроострівського рудного поля. *Збірник наук. праць УкрДГПІ*. 2005. № 1. С. 82—84.
2. Бондаренко С.Н., Иванов Б.Н., Сёмка В.А., Бондаренко И.Н. Проявления серебряной минерализации в западной части Кировоградского блока (Украинский щит). *Минерал. журн.* 2002. Т. 24, № 1. С. 72—79.
3. Бондаренко С.М., Сьомка В.О., Грінченко О.В., Иванов Б.Н. Про зв'язок золото-арсенової рудної мінералізації з протерозойськими графітовмісними товщами (Український щит). *Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні: Зб. тез наук. конф., присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка* (Київ, 14—16 травня 2019 р.). Київ, 2019. Т. 2. С. 25—27.
4. Бондаренко С.М. Мінералізація Au-As типу в докембрійських комплексах Українського щита та головні чинники її локалізації. *Минерал. журн.* 2014. Т. 36, № 1. С. 59—73.
5. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Отв. ред. Я.Н. Белевцев, В.Б. Коваль. Киев: Наук. думка, 1995. 396 с.
6. Гинтов О.Б., Мычак С.В. Геодинамическое развитие Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. I. *Геофиз. журн.* 2011. 33(3). С. 102—118.
7. Гинтов О.Б., Мычак С.В. Геодинамическое развитие Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. II. *Геофиз. журн.* 2011. 33(4). С. 89—99.
8. Державна геологічна карта України. Масштаб 1 : 200 000. Центральнотериторіальна серія. Аркуш М-36-XXXII (Новоукраїнка). Київ, 2001. 119 с.
9. Кировоградский рудный район. Глубинное строение. Тектонофизический анализ. Месторождения рудных полезных ископаемых. Ред. В.И. Старостенко, О.Б. Гинтов. Киев: Прастые луды, 2013. 500 с.
10. Лижаченко Н.М., Курило С.І., Бондаренко С.М., Міловський Р., Міловська С. Генезис графіту метapelітів у північно-західному обрамленні Липнязького масиву (Інгульський мегаблок Українського щита). *Минерал. журн.* 2021. Т. 43, № 2. С. 12—28. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.02.012>

11. Мележик В.А., Баслаев Л.А., Предовский А.А. и др. Углеродистые отложения ранних этапов развития Земли. Л.: Наука, 1988. 197 с.
12. Металічні і неметалічні корисні копалини України: в 2-х т. Т. 1. Відп. ред. М.П. Щербак, О.Б. Бобров. Київ-Львів: Центр Європи, 2005. 785 с.
13. Мичак С.В., Бакаржієва М.І., Орлюк М.І., Марченко А.В., Курило С.І. Внутрішня будова та кінематика Звенигородсько-Братської зони розломів Українського щита за геофізичними даними. *Геофіз. журн.* 2023. 45(3). С. 50–73. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i3.282413>
14. Нечаев С.В., Гінтов О.Б., Мичак С.В. Про зв'язок рідкоземельної, редкометальної і золоторудної мінералізації з розломно-блоковою тектонікою Українського щита. 1. *Геофіз. журн.* 2019. 41(1). С. 3–32. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158861>
15. Нечаев С.В., Гінтов О.Б., Мичак С.В. Про зв'язок рідкоземельної, редкометальної і золоторудної мінералізації з розломно-блоковою тектонікою Українського щита. 2. *Геофіз. журн.* 2019. 41(2). С. 58–83. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164450>
16. Степанюк Л., Грінченко О., Сьомка В., Бондаренко С., Курило С., Довбуш Т. Геохронологія літєносних гранітоїдів Інгільського мегаблоку (Український щит). *Вісник КНУ, Сер. Геол.* 2018. 4 (82). С. 23–28. <https://geology.bulletin.knu.ua/article/view/1353>
17. Яценко В.Г. Геология, минералогия и генезис графита Украинского щита. Київ: Логос, 2008. 127 с.

Надійшла 10.10.2025

References

1. Bezvynnyi, V.P. (2005). Rare-metal and gold mineralization and metasomatic processes of the Petroostrov ore field: *Proceedings of UkrSGEI*, No 1. pp. 82–84 [in Ukrainian].
2. Bondarenko, S.N., Ivanov, B.N., Syomka, V.A., Bugaenko, V.N. (2002). Silver mineralization occurrences in the western part of the Kirovograd block (the Ukrainian Shield). *Mineral. Journ. (Ukraine)*. **24**, No. 1. pp. 72–79 [in Russian].
3. Bondarenko, S.M., Syomka, V.O., Ivanov, B.N., Hrinchenko, O.V. (2019). About relation between gold-arsenic ore mineralization and Proterozoic graphite-bearing host stratas (Ukrainian Shield). *Achievements and Development of the Geological Sciences in Ukraine: Abstracts of Scientific Conference, dedicated to the 50th Anniversary of M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation (Kyiv, May 14–16, 2019)*. Vol. 2. pp. 25–27 [in Ukrainian].
4. Bondarenko, S.M. (2014). Mineralization of Au-As type in the Precambrian complexes of the Ukrainian Shield and main factors of its localization. *Mineral. Journ. (Ukraine)*. **36**, No. 1. pp. 59–73 [in Ukrainian].
5. Belevtsev, Ya.N., Koval, V.B. (Eds) (1995). Genetic types and regularities of location uranium of deposits in Ukraine. Kyiv, Nauk. dumka. 396 p. [in Russian].
6. Gintov, O., Mychak, S.V. (2011). Geodynamic development of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield for geological-geophysical and tectonophysical data. I. *Geophys. Journ.* **33**. No. 3. 102–118 [in Russian].
7. Gintov, O., Mychak, S.V. (2011). Geodynamic development of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield for geological-geophysical and tectonophysical data. II. *Geophys. Journ.* Vol. **33**. No. 4. 89–99 [in Russian].
8. State geologic map of Ukraine (2001). Map scale 1 : 200 000. Central-Ukrainian series. Chart map M-36-XXXII (Novoukrainka). Kyiv. 119 p. [in Ukrainian].
9. Starostenko, V.I., Gintov, O.B. (Eds) (2013). Kryvyi Rih Ore Province: deep structure, tectonical and physical analysis, ore deposits. Kyiv: Prastyie ludy. 500 p. [in Russian].
10. Lyzhachenko, N.M., Kurylo, S.I., Bondarenko, S.M., Milovsky, R., Milovska, S. (2021) Genesis of graphite in metapelites in the north-western border of the Lypniashka Massif (the Inhul domain of the Ukrainian Shield). *Mineral. Journ. (Ukraine)*. **43**. No. 2. pp. 12–28. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.02.012> [in Ukrainian].
11. Melezhiuk, V.A., Baslaev, L.A., Predovskiy et al. (1988). Carbonic fossils of early stages of Earth formation. Leningrad. 197 p. [in Russian].
12. Shcherbak, M.P., Bobrov, O.B. (Eds) (2005). Mineral deposits of Ukraine. Vol. 1. Metalliferous mineral deposits. Kyiv-Lviv: Tsentr Evropy. 785 p. [in Ukrainian].
13. Mychak, S.V., Bakarzhieva, M.I., Orlyuk, M.I., Marchenko, A.V., Kurylo, S.I. (2023). Internal structure and kinematics Zvenyhorod-Brats'k fault zone of the Ukrainian Shield based on geophysical data. *Geophys. Journ.* **45**. No. 3. pp. 50–73. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i3.282413> [in Ukrainian].
14. Nechaev, S.V., Gintov, O.B., Mychak, S.V. (2019). On the relation between the rare-earth — rare-metal and gold ore mineralization and fault-block tectonics of the Ukrainian Shield. 1. *Geophys. Journ.* **41**. No. 1. pp. 3–32. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158861> [in Russian].
15. Nechaev, S.V., Gintov, O.B., Mychak, S.V. (2019) On the relation between the rare-earth — rare-metal and gold ore mineralization and fault-block tectonics of the Ukrainian Shield. 2. *Geophys. Journ.* **41**. No. 2. pp. 58–83. <https://journals.uran.ua/geofizicheskij/article/view/164450> [in Russian].
16. Stepanyuk, L., Hrinchenko, O., Syomka, V., Bondarenko S., Kurylo, S., Dovbush, T. (2018) Geochronology of lithium-bearing granitoids of Ingul Megablock (Ukrainian Shield). *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*. **4**. No. 82. pp. 23–28. <https://geology.bulletin.knu.ua/article/view/1353> [in Ukrainian].
17. Yatsenko, V.G. (2008). Яценко В.Г. Геология, минералогия и генезис графита в Украинском щите. Київ: Логос. 127 p. [in Russian].

Received 10.10.2025

B.N. Ivanov ¹

O.M. Donskyi ², donskey@nas.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0002-3037-6346>

S.M. Bondarenko ², sbond.igmr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7948-3583>

V.O. Syomka ², syomka1949@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5202-4045>

O.B. Bondarenko ²

¹ Exploration Survey Company No 46, State Enterprise «Kirovheolohiya»,
55222, the Village of Pidhorodna, Ukraine

² M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,
34, Akad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

**GEOLOGICAL, ORE AND GEOCHEMICAL FEATURES
OF GRAPHITE GNEISSES AND SULPHIDE-GRAPHITE-QUARTZ ROCKS
OF NORTHERN PART OF THE ZVENYHOROD-BRATSKE ZONE
(THE INHUL DOMAIN, THE UKRAINIAN SHIELD)**

Geological, ore and geochemical features of graphite gneisses and sulphide-graphite-quartz rocks of the Zvenyhorod-Bratske tectonic zone located in western part of the Inhul Domain of the Ukrainian Shield have been studied. Structure of the zone is characterized with a presence of a significant amount of submeridional faults with blastomylonites, mylonites, cataclasites. They are interlayered with slightly tectonically altered and not altered host rocks. Within the structure an increased content of ore elements, such as Cu, Zn, Mo, Ag, Au, As and partially Pt, Pd were detected; they determine geochemical specialization of graphitized gneisses and sulphide-graphite-quartz rocks. Two locations of intense graphitization and sulphidization were identified: in north-eastern part of the structure; in framing of the Lypniashka granite-migmatite massif. The graphite amount in mineralized zones reaches 20%, it sometimes reaches up to 30-40% in hematite-quartz-graphite zones and breccias. Sulphide minerals form fine-grained inclusions or grid of different directions; their amount is up to 10%. Sulphides are represented with pyrrhotine, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, arsenopyrite, molybdenite. Analysis of graphitized and quartz zones indicates that they belong to two different processes.

Key words: *graphite, sulphide-graphite-quartz rocks, sulphide minerals, silver, gold, Zvenyhorod-Bratske zone, western part of the Inhul Domain.*