

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.04.077>

УДК 549.553.277

Б.І. Слободян<sup>1</sup>, В.І. Павлишин<sup>2</sup>, С.М. Бондаренко<sup>2</sup>,  
Л.М. Степанюк<sup>2</sup>, В.О. Сьомка<sup>2</sup>, С.І. Курило<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ДП “Українська геологічна компанія”  
02088, м. Київ, Україна, пров. Геофізиків, 10  
E-mail: sbiv@ukr.net

<sup>2</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М.П. Семененка НАН України  
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com, stepaniuk@nas.gov.ua,  
sbond.igmr@gmail.com, kurylo.sergiy@gmail.com

## САМОРОДНОМЕТАЛЕВО-СУЛЬФІДНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ПЕРЖАНСЬКОГО РУДНОГО ВУЗЛА (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

Наведено результати дослідження рудних мінералів Пержанського рудного вузла (Український щит (УЩ)), які належать до класу самородних елементів і сульфідів. Пержанський рудний вузол (який ще називають рудно-тектонічним), за розмаїттям мінеральних видів і геохімічним спектром наявних у ньому елементів не має собі рівних в межах УЩ. У цій структурі виявлено близько 70 мінералів, які належать до різних класів — силікатів і алюмосилікатів, оксидів, фосфатів, сульфідів, галоїдів, самородних елементів. Чимало з них уперше виявлено в Україні, а деякі рідкісні мінерали відомі лише в декількох районах світу. Сульфідні руди переважно мають галеніт-борніт-халькозин-халькопирит-сфалеритовий склад із вмістом сульфідів 5—20 % і локалізуються у зонах окварцювання, катаклазу, калішпатизації та грейзенізації пержанських гранітів. Галеніт — панівний сульфідний мінерал у рудних тілах: 10—60 % від загального об’єму поліметалевої мінералізації. За даними мінераграфічних досліджень, у зонах вторинного сульфідного збагачення наявні декілька генерацій галеніту. Самородне срібло концентрується винятково в зонах вторинного сульфідного збагачення з сульфідами — аргентитом, штрмейеритом. Значна кількість срібла концентрується у вторинних сульфідах міді (халькозині, бетехтіниті, ковеліні, дигеніті) за рахунок прояву ізоморфізму  $Ag^{1+} \rightarrow Cu^{1+}$ . В асоціації зі сріблом виявлено електрум та самородну мідь. Зроблено висновок, що самороднометалево-сульфідна мінералізація формувалася у зоні дії глибинних розломів під час і після кристалізації магми пержанського граніту внаслідок активізації флюїдних потоків.

*Ключові слова:* самороднометалево-сульфідна мінералізація, Пержанський рудний вузол, Український щит.

**Вступ.** Цікаву та практично важливу сторінку в історії геологічного дослідження Українського щита (УЩ) започаткував професор Б.О. Гаврусевич [10]. На підставі геохімічного аналізу власноруч зібраного на Житомирщині матеріалу (1955—1958), він у 1958 р. спрогнозував у пержанському інтрузивному комплексі наявність власних мінералів берилію. Невдовзі було відкрито унікальне Пержанське родовище. У складі його сульфідної мінералізації Б.О. Гаврусевич діагностував шість мінералів: молібде-

ніт, пірит, халькопирит, арсенопирит, галеніт, піротин. Привертає увагу відсутність у цьому списку парагенетичного супутника галеніту — сфалериту. І хоча останній згодом було виявлено, все ж він, на нашу думку, залишився малопоширеним неперспективним мінералом через мінералого-геохімічні особливості співіснування Zn і Ве у даній геологічній обстановці. Детальніше про це нижче.

Пержанський рудний вузол (ПРВ), який ще називають Пержанським рудно-тектонічним вузлом [22], за розмаїттям мінеральних видів і геохімічним спектром наявних у ньому елементів не має собі рівних в межах УЩ. У цій структурі виявлено близько 70 мінералів, які

© Б.І. СЛОБОДЯН, В.І. ПАВЛИШИН,  
С.М. БОНДАРЕНКО, Л.М. СТЕПАНЮК,  
В.О. СЬОМКА, С.І. КУРИЛО, 2017

належать до різних класів — силікатів і алюмосилікатів, оксидів, фосфатів, сульфідів, галогенідів, самородних елементів [2, 4, 5, 10, 14–16, 22, 27]. Чимало з них уперше виявлено в Україні, а деякі рідкісні мінерали ПРВ відомі лише в декількох районах світу [22, 23, 27]. Серед хімічних елементів — REE, рідкісні та розсіяні (Be, Li, Rb, Cs, Tl, W, Sn, Nb, Ta, Th, U), халькофільні (Mo, Cu, Pb, Zn, Cd, Bi, Te, In), благородні (Ag, Au). Такий спектр елементів видається вдалим для майбутніх інвестиційних проектів. Ці руди С.В. Нечаєв назвав колись рудами десятиелементної формації (за аналогією з відомою в металогенії п'ятиелементної).

Від кінця 1950-х рр. цю територію тривалий час досліджували з метою виявлення розсипного каситериту і тантало-ніобатів [6, 9]. Пізніше в межах цієї структури тривали інтенсивні роботи, скеровані на пошуки та розвідку берилієвих руд [6, 9, 13]. Маємо результат — Пержанське родовище берилію, яке майже півстоліття тому детально розвідано і підготоване до експлуатації. Останні геологічні роботи в цьому районі (початок 2000-х рр.) пов'язані з оцінкою ДП "Північгеологія" промислових концентрацій флюориту та циркону (Яструбецький масив). У зв'язку з комплексним складом руд ПРВ, виникла проблема геологічного довивчення цього унікального району, яке значною мірою залежатиме від кон'юнктури ринку. І тому доцільно на новому рівні звернутися до мінералогії і геохімії ПРВ, застосувавши весь арсенал сучасних методів дослідження рудної речовини.

**Об'єкти та методи дослідження.** Для вивчення рудних мінералів Пержанського рудного вузла застосовано класичні методи мінералогії. Дані щодо хімічного складу мінералів отримано за допомогою електронно-мікроскопічних (електронний мікроскоп *JSM-6700F*, мікрозонди: *JСХА-733* (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) ім. М.П. Семененка НАН України) та *ЖХА-8200* (Технічний центр НАН України)).

**Геологія Пержанського родовища.** Центральним об'єктом ПРВ є Пержанське родовище, якому присвячено чимало праць [2, 12, 15–20, 22, 31]. З них впливають такі його найголовніші особливості [17]:

1) примежове геотектонічне положення (на краю УЩ) і ймовірно, пов'язана з цим приуроченість до складного тектонічного вузла (області мезопротерозойської активізації) у всь-

чому крилі Суцанського насуву, що має північно-західне падіння;

2) розміщення в сублужних гранітах пержанського комплексу, що зазнали сильної динамічної деформації й метасоматичної зміни;

3) приналежність до фенакіт-гентгельвінової формації,

4) рудна зона родовища — різнорозмірні тіла метасоматитів, у яких виявлено підвищений вміст Be, Zn, Zr, Li, Ta, Nb, TR, Th, Sn, Mo, Pb та ін., а також самородне срібло і електрум.

Пержанське родовище — класичний приклад мінералоутворення, яке відбувалося наче за командою деформівних сил, які відкрили дорогу для проникнення мінералоутворювальних (перетворювальних) флюїдів. Справджуються слова Д.П. Григор'єва: у природі спочатку діє фізика, потім — хімія. У нашому випадку маємо послідовне поєднання інтенсивних механічних деформацій (динамометаморфізму) і лужного калій-натрієвого метасоматозу, з яким пов'язується зруденіння, зосереджене у метасоматитах. Рудні метасоматити діляться на [17]: кварц-польовошпатові; польовошпатові (альбіт-мікроклінові, іноді мікроклін-альбітові); кварц-слюдисто-польовошпатові; слюдисто-кварц-польовошпатові; зрідка слюдисто-польовошпатові; кварц-польовошпатові грейзени з різним вмістом слюд.

Типоморфні ознаки кварцу, слюд і польових шпатів метасоматитів свідчать про таке [10, 11, 18, 27–30]:

1. Формування рудних метасоматитів здійснювалося за участю у флюїдній фазі  $\text{CO}_2$ , F, S,  $\text{H}_2\text{O}$  (дані термобарогеохімії й інфрачервоної спектроскопії кварцу та слюд);

2. У мікрокліні, сидерофіліті та кварці метасоматитів вміст елементів-домішок і електронно-діркових центрів, у порівнянні з аналогічними мінералами гранітів, істотно знижений, часто до мінімальних концентрацій;

3. Два ряди слюд — сидерофіліт-Fe-мусковіт і сидерофіліт-протолітійоніт-цинвальдит-лепідоліт-Fe-мусковіт — надійний позитивний критерій рідкіснометалевості метасоматитів.

Поява у метасоматитах Fe-мусковіту-1M (а не звичайного для цього мінералу політипу 2M<sub>1</sub>) засвідчує прояв середньо-низькотемпературного рудного процесу та його результату — сульфідної й золото-срібної мінералізації.

4. Пержанське родовище, у порівнянні з іншими потенційно рідкіснометалевими метасоматитами України (гранітів кам'яномогиль-

ського типу, лізниківських гранітів), зазнало найменшого ерозійного зрізу (за даними розподілу політипних модифікацій слюд на вертикальному розрізі інтрузій).

5. Напрошується таке порівняння — рідкіснометалеві метасоматити пержанського комплексу ізофаціальні з камерними пегматитами Коростенського плутону, мінералогічно є дещо подібними, але істотно різні за остаточним рудним результатом, оскільки формувалися за неоднакових тектонічних умов, що спричинило різний ступінь відкритості їхніх мінералогенетичних систем, а саме більш відкрити систему у першому випадку. Можна сказати ще й так: Пержанське родовище є метасоматичним аналогом первісно магматичних камерних пегматитів Волині.

*Мінералогія Пержанського родовища.* Хоча мінералогію Пержанського родовища, у тому числі сульфідних руд, у різний час і з різним ступенем детальності вивчали досить ретельно [4, 5, 22—25, 27], досі немає єдиного уявлення про природу цього типу зруденіння та зв'язок його з берилієвим зруденінням. Серед гранітоїдів пержанського комплексу відомо декілька проявів поліметалевої мінералізації, які просторово суміщені з рудами берилію та з різноманітними метасоматитами включно з грейзенами. Інформація про Ag-поліметалеву мінералізацію широко відображена в наукових публікаціях дещо пізніше — на початку 1980 рр. [22—26]. Тоді роботи на родовищі були практично призупинені і перспективи сульфідної мінералізації остаточно не з'ясовані. Вважається, що в межах Пержанського рудного поля перспективними на срібне зруденіння є Північна й Східна рудоносні структури (у межах Ве родовища) та рудопрояви: Західний, Кар'єр, Сирницький [21]. Окрім того, поліметалева мінералізація з надкларковим сріблом присутня в грейзенах (с. Юрове). Часто в межах ПРВ Ag-сульфідне зруденіння пов'язане із зонами окварцювання та сульфідизації слюдистопольовошпатових метасоматитів і пержанських гранітів.

Срібло концентрується винятково в зонах вторинного сульфідного збагачення, що відповідає класичній схемі мінералоутворення. Воно, згідно з класичною схемою мінералоутворення, притаманне зонам вторинного сульфідного збагачення, спочатку екстрагується в зонах окиснення з первинних сульфідів і подальше мігрує у вигляді розчинного сульфату сріб-

ла, та врешті-решт відкладається у формі самородного срібла разом із вторинними сульфідами міді, свинцю в асоціації з аргентитом(?) і штрмейеритом. Значна кількість срібла концентрується у вторинних сульфідах міді (халькозині, ковеліні, дигеніті) за рахунок прояву ізоморфізму  $Ag^{1+} \rightarrow Cu^{1+}$ . За результатами лабораторно-технологічного дослідження представницької проби із рудних метасоматитів із сульфідами вагою 37 кг (шахта № 2), проведеного 1983—1984 рр. ВГО "Північукргеологія", вміст корисних компонентів склав: Ag — 213—280 г/т, Pb — 8,5—8,9 %, Zr — 1,36—1,42 %, Cu — 0,86—1,12 % [21]. За оптимістичним сценарієм, бортовий вміст срібла складав 50 г/т за середнього вмісту його в руді 143 г/т і середньої потужності рудних інтервалів 1,44 м (потужність варіює від 0,2 до 4,9 м) [21]. Основними рудними мінералами вважали галеніт, сфалерит, халькопірит, халькозин, ковелін, борніт, гентгельвін. За даними досліджень тих же науковців, мінеральна форма срібла — прустит і тетраедрит. Згодом у Центральній лабораторії ВГО "Північукргеологія" та Інституті мінеральних ресурсів (м. Сімферополь) з'ясовано, що срібло концентрується в галеніті у вигляді тонкорозсіяних домішок, а також у власних мінералах: пруститі ( $Ag_3AsS_3$ ) та аргентиті ( $Ag_2S$ ) [21].

Напрацьовані ефективні схеми збагачення, які дозволяють вилучати майже 70 % срібла [21]. За даними узагальнених аналітичних результатів щодо сріблоносності Пержанського рудного поля (це понад 3000 спектральних, близько 2000 атомно-адсорбційних, десятки пробірних аналізів), у третині проб виявлено підвищений вміст Ag, який коливається від перших грамів до 2100 г/т [21]. В окремих штуфах сульфідизованих польовошпатових метасоматитів концентрація срібла сягала 1 %. У пробах із накладеною сульфідною мінералізацією (халькопірит + галеніт + сфалерит + борніт + халькозин) поряд із високою концентрацією срібла (до 2000 г/т), зафіксовано золото (до 3 г/т) [23]. Серед жильних кварц-біотит-мікроклінових метасоматитів у апікальних частинах західного екзоконтакту Яструбецького сієнітового масиву виявлено кюстеліт в асоціації з галенітом, піритом та арсенопіритом [24, 26].

Структурне положення Пержанського родовища та проявів Ag-сульфідної мінералізації узгоджується з положенням Сушано-Пержанської тектоно-метасоматичної зони, що про-

стягається в північно-східному напрямку приблизно на 150 км вздовж північно-західного екзоконтакту Коростенського плутону. Рудні тіла мають згідне залягання з простяганням основних структурних елементів зони. За падінням рудні зони простежені до 400 м. У деяких випадках Ag-сульфідна мінералізація поширюється до глибини 1200 м (сверд. 21-С). Речовинним фоновим наповненням рудоносних зон є породи пержанського комплексу, до складу якого входять крупнозернисті гнейсоподібні лейкократові граніти (пержанські, порфіроподібні масивні граніти сирницького та львовківського типу). Власне пержанські граніти — це середньозернисті рожеві, світло-сірі, червонувато-бурі, смугасті порфіробластові породи, складені, %: мікроклін-пертитом — 40—50, кварцом — 30—40, сидерофілітом — 1—7, альбітом — 5—20, гратчастим мікрокліном — 1—6; часто містять егірин і лужний амфібол. Окрім того, в них спостерігаються мусковіт, алюмофториди, амазоніт тощо. Інтенсивно метасоматично змінені граніти, які зазвичай називають апогранітами, супроводжуються граніт-порфірами, грейзенами, жилоподібними тілами мономінеральних польовошпатових метасоматитів і кварцовими жилами. Метасоматоз спричинив появу розмаїтих акцесорних мінералів: циртоліту, ксенотиму, монациту, флюориту, мартиту, магнетиту, ільменорутилу, ільменіту, молібденіту, ториту, бастнезиту, каситериту, колумбіту, алюмофторидів.

**Сульфідні руди** переважно мають галеніт-борніт-халькозин-халькопірит-сфалеритовий склад із вмістом сульфідів від 5 до 20 %. Вони зазвичай локалізовані у зонах окварцювання, катаклазу, калішпатизації та грейзенізації в пержанських гранітах. Характерні текстури руд (мають епігенетичну природу): густовкраплені, вкраплені, гніздо- та прожилково-вкраплені. Залежно від умов мінералоутворення формуються істотно галеніт-сфалеритові, галенітові, халькопірит-сфалерит-галенітові, молібденітові типи сульфідної мінералізації. Кожен з виділених типів має певні особливості поширення, варіації мінерального складу, що, в свою чергу, позначається на поведінці елементів у процесі рудоутворення. При цьому промислова значущість кожного із типів суттєво інша, що необхідно враховувати під час виконання прогнозно-металогенічних побудов.

Мінеральний склад сульфідних руд досить мінливий. Головні рудоутворювальні мінера-

ли: галеніт, борніт, халькозин, халькопірит, сфалерит. Другорядне значення мають дигеніт, ковелін, бетехніт. Рідкісними є самородне срібло, Cu-Pb-бісмути, штрмейерит, аргентит, електрум, самородна мідь. Серед акцесорних мінералів, виявлених у рудах, — гентгельвін, фенакіт, циркон, торит, ксенотим, тантало-ніобати, монацит, вольфраміт, каситерит, Fe-Ti оксиди, флюорит, паризит-бастнезит тощо.

**Галеніт** — панівний сульфідний мінерал у рудних тілах, він складає 10—60 % загального об'єму поліметалевої мінералізації. В зонах вторинного сульфідного збагачення, за даними мінераграфічних досліджень, виділяються декілька генерацій галеніту. Рання генерація (галеніт-1) найпоширеніша і представлена розсіяним, густовкрапленим різновидом, що входить до типової тріади сфалерит — галеніт — борніт (халькопірит). Середній розмір агрегатів галеніту становить 0,3—2 мм. Інколи сульфід формує гніздові скупчення до 1—2 см у перетині в асоціації зі слюдою та кварцом. Галеніт другої генерації трапляється у зонах вторинного сульфідного збагачення, утворюючи мірмекітові зростки з борнітом і облямівки навколо вторинних сульфідних мінералів. Окрім того, галеніт виявлено в інших різноманітних ситуаціях — від поодиноких зерен у гранітах, до густої вкрапленості в складі практично моносульфідної мінералізації. Цікаво, що, за даними аналізів, у галеніті зі згаданої вище мінералізації вміст срібла досить низький — ~1—3 г/т. За даними мікрозондового аналізування, склад галенітівсталий майже за відсутності елементів-домішок (таблиця, ан. 3—5). У зв'язку з цим твердження деяких дослідників про генетичний зв'язок між сріблом і галенітом виглядає не зовсім вірним [21]. Наявність декількох генерацій галеніту підтверджено і результатами вивчення ізотопного складу свинцю в них [1], який свідчить не лише про різні умови утворення, та, можливо, різний час їхньої кристалізації, але і про різні джерела рудної речовини.

**Сфалерит** — парагенний із галенітом і халькопіритом сульфід, має обмежене і нерівномірне поширення в сульфідних рудах. Істотне підвищення вмісту мінералу (до 10—20 %) спостережено в мікроклінових метасоматитах і грейзенах поблизу с. Юрове. Поведінка мінералу в процесі рудного мінералоутворення значною мірою подібна до ранніх сульфідів свинцю та міді. Виявлено також дві генерації сфалериту, які кристалізувалися синхронно з



халькопіритом і галенітом. Пізній сфалерит трапляється у вигляді облямівок навколо борніту. За даними мікрозондового аналізу, у ранньому сфалериті присутні залізо та кадмій (таблиця, ан. 6), а в пізніших різновидах зафіксовано значні домішки кадмію (таблиця, ан. 7). У вигляді продуктів розпаду в матриці сфалериту встановлено гринокіт — уперше у докембрійських комплексах УЩ. Наявність сульфідів кадмію виявлено безпосередньо в гентгельвінових рудах Пержанського родовища, а в по-

ліметалевих рудах за допомогою мікрозондового аналізу визначені висококадмієві різновиди в ізоморфному ряду CdS — ZnS (перехідні від гринокіту до вюрциту) [25].

**Халькопірит** за поширенням в рудах поступається лише галеніту, інколи — борніту та сфалериту. За часом утворення виділяються дві генерації. Ранній халькопірит-1 поширений у парагенезисі галеніт + сфалерит + халькопірит, а пізній халькопірит-2 трапляється у вигляді облямівок і голчастих агрегатів серед

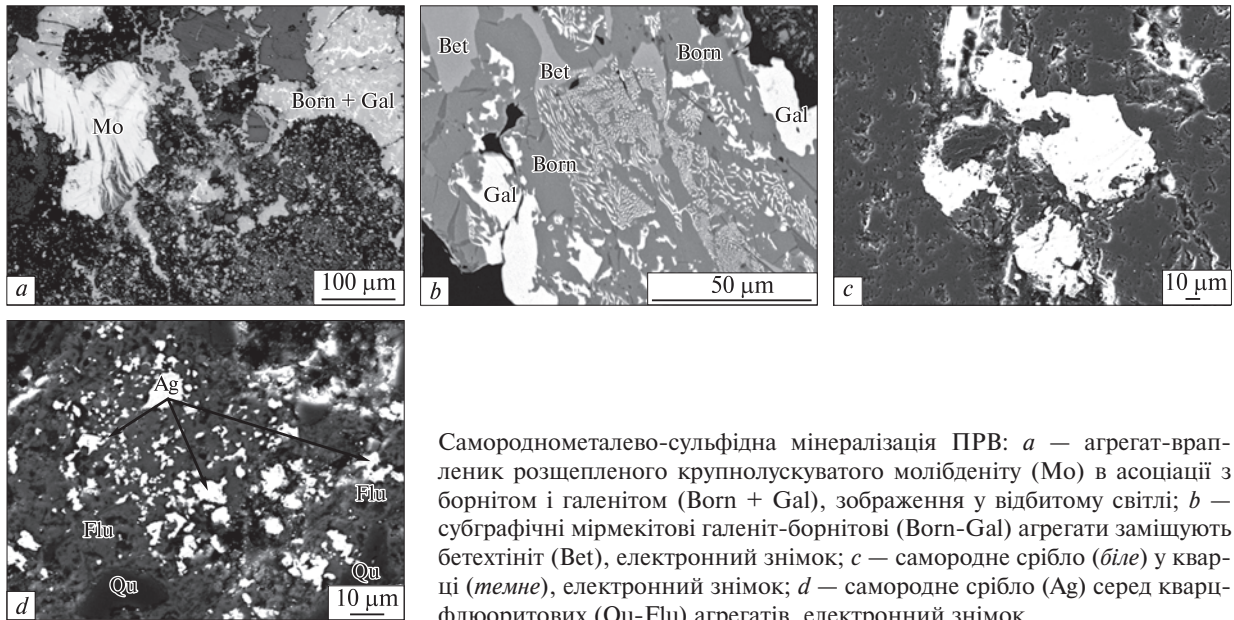
#### Результати мікрозондового аналізування сульфідів та самородних елементів ПРВ, мас. %

#### Microprobe analyzes of sulfides and native elements of Perga ore knot, wt. %

Номер аналізу	Fe	Cu	Pb	Ag	Cd	Te	Bi	Zn	S	Σ
<i>Халькопірит</i>										
1	32,01	33,80		0,00			0,00		34,10	99,91
2	32,32	33,03		0,00			0,00		34,61	99,96
<i>Галеніт</i>										
3	0,00	0,00	86,11	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	13,65	99,78
4	0,04	0,01	85,93	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	14,12	100,12
5	0,01	0,00	85,47	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	13,51	99,02
<i>Сфалерит</i>										
6	4,19	64,66	0,02	0,00	0,56	0,49	0,00	0,00	29,47	99,39
7	2,23	63,58	0,01	0,00	2,84	0,39	0,00	0,00	31,71	100,76
<i>Борніт</i>										
8	11,38	62,17		0,68					25,26	99,49
9	10,17	64,05		0,14					25,66	100,02
<i>Бетехніт</i>										
10	2,67	59,45	17,41	0,42					18,36	98,31
11	1,17	60,54	16,29	0,24					17,88	99,12
<i>Халькозин</i>										
12		77,90	0,23	0,26			0,03	0,00	20,58	99,00
13		76,43	0,07	0,15			0,03	0,08	20,67	97,43
<i>Ковелін</i>										
14	1,45	65,17	0,04	0,30				0,00	33,18	100,14
15	1,84	64,96	0,05	0,18		0,00		0,00	32,75	99,77
<i>Си-Рв-вісмутин</i>										
16	0,03	4,28	3,54	0,05	0,00	0,00	72,51	0,00	17,90	98,31
17	0,00	2,16	4,05	0,01	0,00	0,00	73,45	0,00	18,42	98,09
<i>Гесит</i>										
18	0,00	0,00	1,24	62,92		35,61		0,00	0,37	100,14
<i>Самородне срібло</i>										
20	0,00	0,01	0,00	99,37		0,00	0,00	0,00	0,01	99,39
21	0,01	0,00	0,00	100,25		0,00	0,00	0,00	0,01	100,27
<i>Самородна мідь</i>										
22	0,52	97,86	0,00	0,02		0,00	0,00	0,00	0,27	98,67

Примітка. Ан. 1, 2, 6—13, 15—17, 19—22, виконані на мікрозонді: JCXA-733 (ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України, аналітик С.І. Курило); ан. 3—5, 14, 18 — на приладі JXA-8200 (Технічний центр НАН України, аналітик В.Б. Соболев).

Note. The analyzes 1, 2, 6—13, 15—17, 19—22 are made on a microprobe: JCXA-733 (M.P. Semenenko IGMOF of the NAS of Ukraine, analyst S.I. Kurylo), analyzes 3—5, 14, 18 on the JXA-8200 device (Technical Center of the NAS of Ukraine, analyst V.B. Sobolev).



Самороднометалево-сульфідна мінералізація ПРВ: *a* — агрегат-впа-ленник розщепленого крупнолускуватого молібденіту (Mo) в асоціації з борнітом і галенітом (Born + Gal), зображення у відбитому світлі; *b* — субграфічні мірмекітові галеніт-борнітові (Born-Gal) агрегати заміщують бетехтініт (Bet), електронний знімок; *c* — самородне срібло (біле) у кварці (темне), електронний знімок; *d* — самородне срібло (Ag) серед кварц-флюоритових (Qu-Flu) агрегатів, електронний знімок

Native metallic sulfide mineralization Percha ore knot: *a* — aggregate-ore shot of splitted large-flaky molybdenite (Mo) in association with bornite and galenite (Born + Gal), image in reflected light; *b* — subgraphic myrmekites galenite-bornite (Born-Gal) aggregates replace bethehtinite (Bet), electronic image; *c* — native silver (white) in quartz (dark), electronic image; *d* — native silver (Ag) among quartz-fluorite (Qu-Flu) aggregates, electronic image

борніту та халькозину. Суттєвих елементів-домішок у складі мінералу не виявлено (таблиця, ан. 1, 2).

**Борніт** — типовий мінерал сульфідних асоціацій у зонах сульфідного збагачення в асоціації з бетехтінітом, халькозином, галенітом-2. Кількість його різна — 5—50 % сульфідної маси. Борніт кількісно поступається галеніту і досить часто утворює мірмекітові зростки з ним і халькозином. Борніт постійно успадковує морфологію прожилкових та алотріоморфнозернистих агрегатів раннього халькопіриту, про що свідчить наявність численних включень в останньому. Зазвичай співвідношення між цими мінералами, спостережене в аншлифах, може виглядати інакше, наприклад, голчасті включення вторинного халькопіриту-2 у борніті. За даними мікрозондового аналізування, у складі борніту домішки срібла сягають 0,68 % (таблиця, ан. 8).

**Молібденіт** — характерний мінерал Пержанського рудного вузла. Його виявлено майже в усіх гранітоїдах — від яструбецьких сієнітів і пержанських гранітів до різноманітних метасоматитів та кварцових жил. На відміну від інших описаних вище сульфідів, молібденіт зазвичай утворює рівномірно розсіяну вкрапленість субідоморфних індивідів (рисунок, *a*) і агрегатів у гранітах часто без видимого зв'язку

зі сполуками сірки. Найгустіші вкраплення молібденіту виявлено в зонах тріщинуватості біотит-мікроклін-пертитових метасоматитів. У тріщинах трапляються огранені кристали молібденіту до 2 см у перетині та мономінеральні скупчення у вигляді дрібних гнізд. Розмір окремих крупнолускуватих агрегатів сягає 2—3 мм у перетині. Молібденіт виділяється пізніше кварцу, польових шпатів і слюд. Між лусками молібденіту спостерігаються виділення пізніх інших сульфідів.

У деяких штуфах метасоматитів вміст розсіяного вкраплення ідіоморфних дипірамідальних кристалів молібденіту сягає 10—20 % від загального об'єму породи. Дипіраміда на кристалах молібденіту — рідкісна габітусна форма [32]. Її поява на індивідах молібденіту зумовлена їхнім переважним ростом уздовж головної кристалографічної осі [0001], супроводжуваного виродженням граней пінакоїда {0001}. За даними рентгеноструктурних досліджень дипірамідального кристала, молібденіт належить до гексагонального політипу  $2H$  з параметрами елементарної комірки  $a = 3,164$  (1),  $c = 12,311$  (2) Å [32].

Молібденіт часто асоціює з галенітом, сфалеритом і халькопіритом, а в зонах вторинного сульфідного збагачення — з борнітом, халькозином, дигенітом, ковеліном, бетехтінітом і

сріблом. У зонах окварцювання та мілонітизації пержанських гранітів поряд із лусками і листочками молібденіту трапляються його волокнисті агрегати. Домішки ренію і селену в молібденітах відсутні [32].

**Пірит** — рідкісний мінерал у сульфідних рудах, особливо в зонах інтенсивного розвитку процесів вторинного сульфідного збагачення. Найчастіше поширений серед сфалерит-галенітових агрегатів у вигляді окремих метакристалів та ідіобластичних скупчень із численними включеннями останніх. Пірит завжди виглядає як більш ранній реліктовий мінерал серед сульфідів. Про це свідчать численні факти заміщення його зерен халькопіритом.

**Піротин** фіксується зрідка: його знахідки обмежені лише окремими включеннями в піриті. Значно частіше мінерал спостерігається в яструбецьких сієнітах.

**Самородне срібло** поширене у зонах вторинного сульфідного збагачення. Воно тут завжди асоціює з борнітом, халькозином, ковеліном, зрідка з молібденітом. Інколи присутні тісні зростки зі штрмейєритом(?) та акантитом(?). Морфологія зерен досить різноманітна — прожилкові, витягнуті та заокруглені агрегати (рисунок, *c*), а також дрібні виділення, які досить часто набувають геміідіоморфного обрису. Гнізда дрібного самородного срібла спостерігаються серед кварц-флюоритових агрегатів (рисунок, *d*). Найбільші зерна амебоподібної форми сягають 1 мм за видовженням. Мінерографічні дослідження свідчать, що кристалізація срібла відбувалась з деяким запізненням стосовно інших сульфідів, про що свідчать численні факти часткової цементації сріблом порожнин та мікротріщин у сульфідах. За результатами мікрозондового аналізування, у мінералі домішок інших елементів не виявлено (таблиця, ан. 20, 21)

**Електрум** зафіксовано в такій геологічній ситуації, як і срібло [24].

**Самородна мідь** — рідкісний мінерал у метасоматично змінених зонах пержанських гранітів. Окремі включення міді в халькозині зафіксовано в асоціації з самородним сріблом в керні зі свердловини на глибині майже 1200 м. Найвні елементи-домішки у мінералі мають переважно механічну природу (таблиця, ан. 22).

**Халькозин** — поширений мінерал сульфідних руд, утворювався переважно за рахунок більш раннього борніту. Цей факт зумовив морфологію виділень мінералу — облямівки,

неповні і повні псевдоморфози. Мінерал досить часто містить домішки срібла (таблиця, ан. 12, 13).

**Дигеніт** рентгенометрично діагностований в асоціації з галенітом-2, ковеліном, халькозином і самородним сріблом у сульфідних рудах та слабо мінералізованих метасоматичних зонах.

**Ковелін** — рідкісний вторинний мінерал. У більшості випадків виник за рахунок халькопіриту. Результати мікрозондового аналізування мінералу наведено в таблиці (ан. 14, 15).

**Бетехтініт** — теж рідкісний мінерал зон вторинного сульфідного збагачення, детально досліджений раніше [23]. Просторово-часове положення мінералу в загальних процесах сульфідного мінералоутворення визначено характером його зростків із галенітом і борнітом. Окрім чітких контактів із галенітом, є своєрідні реакційні зони, утворені внаслідок розпаду бетехтініту. При цьому первинний бетехтініт розпадається на метастабільні фази, які часто пізніше змінюються і перетворюються на субграфічні мірмекітові зростки галеніт-борніт (рисунок, *d*).

**Си-Рв-бісмути** фіксується у вигляді субмікроскопічних включень у борніті. Наявність мінералу підтверджено мікрозондовим аналізом (таблиця, ан. 16, 17).

**Штрмейєрит(?)** часто фіксується в асоціації з самородним сріблом. Через надто малий розмір зростків, у складі яких є халькозин, борніт, сфалерит, мінерали срібла, вивчений слабо. Ідентифікація мінералу вимагає додаткових досліджень.

**Гесит** фіксується зрідка у вигляді субмікроскопічних включень (30—100 мкм у перетині) в галеніті. Просторове положення та морфологія виділень указують на можливе його утворення одночасно з раннім галенітом. Результати мікрозондового аналізування геситу наведено в таблиці (ан. 18).

**Обговорення результатів.** Попри досить тривалу історію вивчення ПРВ, генезис Пержанського родовища і сульфідних руд залишається предметом наукових дискусій. Берилієва та срібно-сульфідна мінералізації мають певні просторово-часові відношення, зумовлені загальною еволюцією процесів рудоутворення та формуванням породних комплексів регіону. Особливо це стосується співіснування генетично різних типів зруденіння, які не передбачено класичними металогенічними побудова-

ми. Зокрема, поява сульфідних руд (первинних) — явище не характерне для мінералогенії рідкіснометалевих гранітів. З літературних джерел відомо, що сульфідні руди формувалися в різні геологічні епохи (від докембрію до кайнозою) і здебільшого тяжіють до прогинів, накладених на серединні масиви. Часто залягають серед вулканогенних порід кислого складу.

Існує чимало геохімічних фактів, які засвідчують зв'язок між берилієвою і сульфідною мінералізацією [4, 22, 33]. Подвійна природа берилієвого зруденіння (з одного боку, берилій — класичний літофільний елемент, а з іншого — у складі гентгельвіну маємо халькофільні елементи (S, Zn, Cd)), свідчить про особливу роль гідротермально-метасоматичних процесів, які сприяли формуванню рудних концентрацій. Імовірно, понадкларкове накопичення багатьох рудних компонентів відбувалося на магматичній та післямагматичній стадіях. Сублужні та лужні гранітоїди пержанського комплексу первинно були збагачені на Be, Pb (польові шпати), Zn (егірин, арфедсоніт, ганіт, ільменіт). Унаслідок реалізації метасоматичних перетворень частина елементів перевідкладалась у тектонічних зонах, що призвело до утворення рудних концентрацій берилію, сульфідів, срібла. Це поширена гіпотеза [20] утворення Пержанського родовища. Утворення мінералів благородних металів відбувалося на тлі широкого розвитку процесів вторинного сульфідного збагачення.

Варто торкнутися генетичних питань у ширшому контексті. Насамперед зазначимо, що вікові співвідношення мінералів і дані термобарогеохімії свідчать про середньо-низькотемпературне ( $\leq 300$  °C) гідротермальне походження сульфідного зруденіння. Be-Zn зруденіння має пневматолітово-гідротермальне походження. Дискусійним, на наш погляд, є джерело походження сірки та металів сульфідів, у тому числі сірки та металів основної корисної копалини — гентгельвіну, який у родовищі певною мірою був конкурентом сфалериту.

Генезис Пержанського родовища чи не найбільше досліджували Л.Б. Зубков та ін. [20]. За їхніми даними, гентгельвін утворився, як зазначено вище, у пневматолітово-гідротермальну стадію (500—300 °C), тісно пов'язаний із метасоматичними процесами, які спричинили перерозподіл і мобілізацію рудних компонентів, запозичених із гранітів у процесі взаємодії з ними флюїдів, природу яких остаточно не

з'ясовано. Однак кінцевий результат вражає — число мінеральних видів у метасоматитах, у порівнянні з гранітом, зросло майже у сім разів, а число сульфідів з чотирьох збільшилося до 11.

Гентгельвін кристалізувався за відсутності Al у розчинах та за підвищеного вмісту Si й високої концентрації (активності) Be, Zn, S. Сприяла росту гентгельвіну підвищена температура, відновні умови мінералоутворення та обов'язкове співвідношення Be : Si : S : Zn, яке орієнтовно відповідало 1 : 2,5 : 0,5 : 4 [20].

Зниження температури ( $\leq 300$  °C) та підвищення активності сірки, наприклад за рахунок дисоціації  $H_2S$ , сприятиме утворенню фенакіту та сульфідів або, за надлишку Si і дефіциту S, — вілеміту, можливо, фенакіту.

Дослідники [20] також вважають, що у більшості випадків для утворення гентгельвіну Be, як і інші елементи, не були привнесені, а бралися *in situ* — шляхом вилюговування з його більш ранніх берилієвих мінералів, відсутніх у родовищі [22], або з берилійвмісних породоутворювальних і рудних мінералів.

Специфічною геохімічною рисою Пержанського родовища, яка відрізняє його, зокрема, від родовищ берилію грейзенової формації, є висока активність Zn у мінералоутворювальних розчинах, виявлена у кристалізації гентгельвіну та Be-вілеміту.

Для висвітлення генетичних проблем під іншим кутом зору, звернімося спочатку до кристалохімії берилію і цинку. За даними М.В. Белова [3], існує кристалохімічний паралелізм між мінералами Zn і Be. Так, бромеліт —  $BeO$  паралелізується з цинкітом —  $ZnO$ ; фенакіт  $Be_2[SiO_4]$  — з вілемітом  $Zn_2[SiO_4]$ ; штучна сполука  $Na_4Be_2Si_2O_8$  — з такою ж  $Na_4Zn_2Si_2O_8$  тощо. Водночас ізоморфізм між Be і Zn обмежений (див., наприклад, Be-вілеміт Пержанського родовища) через істотну відмінність розміру їхніх іонних радіусів. Тому ці та інші структурно однотипні мінерали Be і Zn не утворюють змішаних кристалів, тобто існують фактично як самостійні види, допоки в кристалічну структуру Be мінералу не входить сірка, об'єднуючи ці елементи. У мінералоутворювальному середовищі великі іони сірки заповнюють раніше сформовані цеоліто(содаліто)подібні порожнини, сконструйовані Si- і Be-тетраедрами. Водночас Zn у вікнах "китайських ліхтариків" [3] ліквідує недонасиченість трьох киснів між Si і Be, тобто зароджується гентгельвін —  $Zn_4[BeSiO_4]_3S$ .



Виникає питання — звідки до достатньо високотемпературного мінералу (~500 °C) потрапила сірка. Сірководень  $H_2S$  за такої температури існує в недисоційованому стані. Точної відповіді немає, тому будемо апелювати до сульфідної сірки, вилученої, наприклад, із сульфідноносних ультраосновних порід у формі  $S^{2-}$ , яка, ймовірно, за донорно-акцепторним механізмом кластеризується з  $Zn$  —  $([Zn_4S]^{6+})$  у порожнинах каркаса. Таким чином, за високої температури та витриманому, зазначеному вище співвідношенні  $Be$ ,  $Si$ ,  $S$ ,  $Zn$ , сфалерит, як і інші сульфідні, не кристалізується. Останні, як відомо (зокрема, з наших даних), утворюються після гентгельвіну, який існує у формі щонайменше трьох генерацій, і є досить поширеним. Іншими словами, під час зниження температури (до 350—300 °C) і переході розчинів у типові гідротерми починають утворюватися сульфідні. Знову постає питання про джерело сірки у мінералоутворювальних розчинах.

Якщо небезпідставно припустити (у метасоматитах, у порівнянні з гранітами, сульфідна мінералізація зростає щонайменше на порядок), що за автосоматичною концепцією [19], сульфідна мінералізація не уповні забезпечена сіркою, то виникає потреба у доцільності пошуку нових джерел сірки. До цього спонукають типові для родовища леткі компоненти —  $CO_2$  і  $F$ , зафіксовані у різних формах породоутворювальними мінералами [29], гетерогенна будова метасоматитових тіл і кристалів гентгельвіну, семиразове зростання числа мінеральних видів у ряду граніт → метасоматит. Виникає також сумнів щодо лише внутрішнього (гранітного) джерела берилію, оскільки його ізоморфне входження в структуру по-

родоутворювальних мінералів гранітів дуже обмежене — вміст  $BeO$  у польових шпатах становить у середньому 0,004 %, у сидерофіліті — 0,02 %, тобто воно відбувається лише на рівні мікроізоморфізму.

Ми не випадково виокремили вище пункт, який стосується певної аналогії рідкіснометалевих метасоматитів Пержанського родовища і камерних пегматитів Коростенського плутону. У зв'язку з цим звернімося до нової концепції, яка висвітлює складний полігенетичний процес формування камерних пегматитів [8]. Забігаючи наперед скажемо, що родовища, у тому числі сульфідні, полігенетичного походження, з практичного погляду, як правило, є цікавішими, ніж звичайні.

Ця концепція відводить вагому роль тектонічному чиннику, вплив якого розмаїто представлений у районі Пержанського родовища. Отже, відповідно до цієї концепції, у зоні дії глибинних розломів передбачається, що під час і після кристалізації магми пержанського граніту, підходили глибинні флюїдні потоки [7], збагачені на  $F$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $S$ ,  $Be$ ,  $Zn$ ,  $Pb$ ,  $Ag$  тощо, які спільно з внутрішніми компонентами остаточно сформували Пержанське родовище, в тому числі рідкіснометалево-зруденіння, алюмофторидні асоціації, флюоритове родовище, срібно-сульфідну мінералізацію. Якщо останню розглядати в контексті щойно згаданої концепції, то відкривається широка перспектива для прогнозу промислового сульфідного срібно-свинцевого зруденіння.

Нині ми володіємо ще недостатнім фактичним матеріалом для остаточного підтвердження цієї концепції, тому необхідні подальші дослідження.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бартницький Е.Н., Нечаев С.В., Стульчиков В.А. Модельный возраст и некоторые генетические особенности галенитов Украинского щита // Геохимия и рудообразование. — 1985. — Вып. 13. — С. 13—23.
2. Безпалько Н.А. Петрологія і аксесорні мінерали гранітів та метасоматитів Північної Волині. — К. : Наук. думка, 1970. — 163 с.
3. Белов Н.В. Очерки по структурной минералогии. — М. : Недра, 1976. — 344 с.
4. Беспалько Н.А., Луцько В.Ф., Металіди С.В., Сльши Р.А. Классификация метасоматитов Сущано-Пержанской зоны // Геохимия и рудообразование. — 1978. — № 7. — С. 16—24.
5. Бондаренко С.Н., Самойлович Л.Г., Нечаев С.В. Новые данные по минералогии и геохимии вольфрама Северо-Западной части Украинского щита // Минерал. журн. — 1987. — 9, № 5. — С. 91—95.
6. Висоцький Б.Л., Ликов Л.І., Приходько В.Л. та ін. Геолого-економічна оцінка Пержанського рудного поля // Зб. наук. пр. УкрДГРІ. — 2005. — № 1. — С. 172—179.
7. Возняк Д., Галабурда Ю., Бельський В., Довбуш Т. Нове бачення особливостей умов формування Пержанського берилієвого родовища на Українському щиті // Фундаментальне значення і прикладна роль геологічної освіти і науки : Матеріали міжнар. наук. конф. (Львів, 7—9 жовт. 2015 р.) / Відп. ред. М. Павлунь. — Львів, 2015. — С. 37—39.

8. *Возняк Д.К., Павлишин В.І.* Фізико-хімічні умови формування та особливості локалізації заноришевих пегматитів Волині (Український щит) // Мінерал. журн. — 2008. — 30, № 1. — С. 5—20.
9. *Войновський А.С., Бочай Л.В., Нечаєв С.В. та ін.* Комплексна металогенічна карта України. Поясн. записка, 1 : 500 000 / УкрДГРІ, Держ. геол. служба Мінекоресурсів України. — К., 2002. — 336 с.
10. *Гаврусевич Б.О.* Основні риси мінералогії Пержанського інтрузивного комплексу // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Геол. — 1962. — № 5, Вип. 1. — С. 33—37.
11. *Галабурда Ю.А., Павлишин В.І., Красильщикова О.А. и др.* Типоморфные особенности кварца из метасоматических образований (на примере метасоматитов северо-западной части УЩ и Криворожского бассейна) // Региональная и генетическая минералогия. — 1978. — Вып. 1. — С. 48—58.
12. *Галецкий Л.С.* Гентгельвиновое оруденение — новый высококачественный тип бериллиевого сырья // Геология рудн. месторождений. — 1971. — № 3. — С. 21—30.
13. *Галецкий Л.С., Шевченко Т.П., Черніснюк Н.М.* Нові уявлення про геологічну структуру та металогенію територій України // Геол. журн. — 2008. — № 3. — С. 74—83.
14. *Грінченко О.В., Бондаренко С.М., Сьомка В.О.* Срібло в протерозойських комплексах західної частини Українського щита (особливості поширення, мінералого-геохімічні аспекти) // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Геол. — 2006. — Вип. 37. — С. 17—20.
15. *Гурвич С.И., Брусицина М.В., Дусяцкий В.А., Луныко В.Ф.* Новый перспективный тип бериллиево-цинкового оруденения // Разведка и охрана недр. — 1962. — № 8. — С. 3—6.
16. *Гурвич С.И., Зубков Л.В., Галецкий Л.С.* Геолого-минералогические особенности бериллиевого оруденения, связанного с гентгельвином // Сов. геология. — 1965. — № 2. — С. 29—44.
17. *Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И., Кулиш Е.А., Нечаев С.В., Третьяков Ю.И., Шумлянский В.А.* Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. I. Металлические полезные ископаемые / Науч. ред. Н.П. Щербак, А.Б. Бобров. — Киев-Львов : Центр Европы, 2005. — 785 с.
18. *Гурський Д.С., Чорнокур І.Г.* Пержанське родовище берилію (геологія та перспективи освоєння в контексті світових і вітчизняних тенденцій розвитку мінерально-сировинної бази рідкісних металів) // Мінеральні ресурси України. — 2009. — № 4. — С. 22—32.
19. *Зинченко О.В., Павлишин В.И.* Конституционные и типоморфные особенности слюды метасоматитов // Минерал. сб. — 1980. — № 34, вып. 2. — С. 53—61.
20. *Зубков Л.В., Галецкий Л.С., Металиди С.В.* Минералы гельвиновой группы и их месторождения. — Киев : Наук. думка, 1976. — 215 с.
21. *Кондратенко П.А., Костенко М.М.* Перспективи сріблоносності Пержанського рудного поля // Мінеральні ресурси України. — 2015. — № 2. — С. 7—11.
22. *Металиди С.В., Нечаев С.В.* Суцано-Пержанская зона (геология, минералогия, рудоносность). — Киев : Наук. думка, 1983. — 136 с.
23. *Нечаев С.В., Бондаренко С.Н., Егорова Л.Н.* Бетехтинит — первая находка на Украине // Минерал. журн. — 1986. — 8, № 1. — С. 84—87.
24. *Нечаев С.В., Бондаренко С.Н., Бучинская К.М. и др.* Минеральная форма золота и серебра в интрузивных сиенитах и метасоматитах Украинского щита // Докл. АН СССР. — 1986. — 289, № 6. — С. 1483—1487.
25. *Нечаев С.В., Бондаренко С.Н., Бучинская К.М., Бондаренко И.Н.* Новые разновидности минеральных видов в природном ряду гринокит-вюрцит // Минерал. журн. — 1994. — 16, № 3/4. — С. 85—89.
26. *Нечаев С.В.* Серебро и золото Пержанского рудного узла (информация и не только к размышлениям) // Геолог України. — 2011. — № 1. — С. 90—104.
27. *Нечаев С.В., Козак С.А., Бондаренко С.Н.* Самородные индий и железо в оловоносных грейзенах Украинского щита // Минерал. журн. — 1987. — 9, № 5/6. — С. 74—78.
28. *Павлишин В.И.* Некоторые возможности прогнозирования рудоносности гранитоидов на основе информации по типоморфизму породообразующих минералов (на примере гранитоидов Украинского щита) // Минералогические критерии оценки рудоносности. — Л. : Наука, 1981. — С. 84—89.
29. *Павлишин В.И.* Типоморфизм кварца, слюд и полевых шпатов в эндогенных образованиях. — Киев : Наук. думка, 1983. — 232 с.
30. *Рокачук Т.А., Павлишин В.И.* Термолюминесцентные особенности щелочных полевых шпатов из районов редкометальной и урановой минерализации // Конституция и свойства минералов. — 1976. — Вып. 10. — С. 79—92.
31. *Романюк Л.С.* Геолого-структурна позиція Пержанського рідкіснометалевого району // Геол. журн. — 2013. — № 2. — С. 37—42.
32. *Сьомка В.О., Квасниця І.В., Бондаренко С.М., Сьомка Г.В.* Дипірамідальні кристали молібденіту Пержанського рудного району (Яструбецький масив, Волинський мегаблок Українського щита) // Мінерал. журн. — 2015. — 37, № 3. — С. 37—44.
33. *Шпанов Е.П.* Группа гельвина // Типоморфизм минералов. Справ. / Под ред. Л.В. Чернышевой. — М. : Недра, 1989. — С. 136—143.

Надійшла 26.06.2017

## REFERENCES

1. Bartnytskyi, E.N., Nechaev, S.V. and Stulchikov, V.A. (1985), *Geochemistry and Ore formation*, Vyp. 13, Kyiv, UA, pp. 13-23.
2. Bezpalko, N.A. (1970), *Petrolohiia i aktsesorni mineraly hranitiv ta metasomatytyv Pivnichnoi Volyni*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 163 p.
3. Belov, N.V. (1976), *Ocherki po strukturnoi mineralohii*, Nedra, Moscow, RU, 344 p.
4. Bespalko, N.A., Lunko, V.F., Metalidi, S.V. and Slysh, R.A. (1978), *Geochemistry and Ore formation*, No. 7, Kyiv, UA, pp. 16-24.
5. Bondarenko, S.M., Samoilovich, L.H. and Nechaev, S.V. (1987), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 9, No. 5, Kyiv, UA, pp. 91-95.
6. Vysotskyi, B.L., Lykov, L.I., Prykhodko, V.L. and et al. (2005), *Zb. nauk. pr. UkrDGRI*, No. 1, Kyiv, UA, pp. 172-179.
7. Voznyak, D., Galaburda, Yu., Belskyy, V. and Dovbush, T. (2015), *Materialy mizhnar. nauk. konf., Lviv, 7-9 zhovt. 2015*, in Pavlun, M. (ed.), I. Franko Lviv Univ., Lviv, UA, pp. 37-39.
8. Voznyak, D.K. and Pavlyshyn, V.I. (2008), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 30, No. 1, Kyiv, UA, pp. 5-20.
9. Voynovskyy, A.S., Bochay, L.V., Nechaev, S.V. and et al. (2002), *Kompleksna metalohenichna karta Ukrainy, Poyasn. zapyska, 1:500 000*, UkrDGRI, Derzh. heol. sluzhba Minekoresursiv Ukrainy, Kyiv, UA, 336 p.
10. Havrusevych, B.O. (1962), *Proc. of the Kyiv Univ., Ser. geol.*, No. 5, Vyp. 1, Kyiv, UA, pp. 33-37.
11. Galaburda, Yu.A., Pavlyshyn, V.I., Krasilshchikova, O.A. and et al. (1978), *Rehionalnaia i heneticheskaia mineralohia*, Vyp. 1, Kyiv, UA, pp. 48-58.
12. Galetskyi, L.S. (1971), *Geology of Ore deposits*, No. 3, Nauka, Moscow, RU, pp. 21-30.
13. Galetskyi, L.S., Shevchenko, T.P. and Chernienko, N.M. (2008), *Geol. Journ.*, No. 3, Kyiv, UA, pp. 74-83.
14. Grinchenko, O.V., Bondarenko, S.M. and Syomka, V.O. (2006), *Proc. of the Kyiv Univ., Ser. geol.*, Vyp. 37, Kyiv, UA, pp. 17-20.
15. Gurvich, S.I., Brusnitsina, M.V., Dusiatskyi, V.A. and Lunko, V.F. (1962), *Razvedka i okhrana nedr*, No. 8, RU, pp. 3-6.
16. Gurvich, S.I., Zubkov, L.V. and Galetskiy, L.S. (1965), *Sov. geologiya*, No. 2, RU, pp. 29-44.
17. Hursky, D.S., Esypchuk, K.E., Kalinin, V.I., Kulish, E.A., Nechaev, S.V., Tretyakov, Yu.I. and Shumlyanskyy, V.A. (2005), *Metallic and non-metallic deposits of Ukraine*, Vol. I, *Metallic deposits*, in Shcherbak, M.P. and Bobrov, O.B. (eds), Tsentr Evropy press, Kyiv-Lviv, UA, 785 p.
18. Hurskyi, D.S. and Chornokur, I.H. (2009), *Mineral. resursy Ukrainy*, No. 4, Kyiv, UA, pp. 22-32.
19. Zinchenko, O.V. and Pavlyshyn, V.I. (1980), *Mineral. sbornik*, No. 34, Vyp. 2, Lviv, UA, pp. 53-61.
20. Zubkov, L.V., Galetskyi, L.S. and Metalidi, S.V. (1976), *Mineraly helvinovoi hruppy i ih mestorozhdenia*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 215 p.
21. Kondratenko, P.A. and Kostenko, M.M. (2015), *Mineral. resursy Ukrainy*, No. 2, Kyiv, UA, pp. 7-11.
22. Metalidi, S.V. and Nechaev, S.V. (1983), *Sushchano-Perzhanskaia zona (heolohiia, mineralohiia, rudonosnost)*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 136 p.
23. Nechaev, S.V., Bondarenko, S.M. and Egorova, L.N. (1986), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 8, No. 1, Kyiv, UA, pp. 84-87.
24. Nechaev, S.V., Bondarenko, S.M., Buchinskaia, K.M. and et al. (1986), *Dokl. AN SSSR*, Vol. 289, No. 6, Moscow, RU, pp. 1483-1487.
25. Nechaev, S.V., Bondarenko, S.M., Buchinskaia, K.M. and Bondarenko, I.N. (1994), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 16, No. 3-4, Kyiv, UA, pp. 85-89.
26. Nechaev, S.V. (2011), *Geolog of Ukraine*, No. 1, Kyiv, UA, pp. 90-104.
27. Nechaev, S.V., Kozak, S.A. and Bondarenko, S.M. (1987), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 9, No. 5-6, Kyiv, UA, pp. 74-78.
28. Pavlyshyn, V.I. (1981), *Mineralohicheskie kriterii otsenki rudonosnosti*, Nauka, Leningrad, RU, pp. 84-89.
29. Pavlyshyn, V.I. (1983), *Typomorphism of quartz, mica and feldspars in endogenous formations*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 232 p.
30. Rokachuk, T.A. and Pavlyshyn, V.I. (1976), *Constitution and properties of minerals*, Vyp. 10, RU, pp. 79-92.
31. Romanyuk, L.S. (2013), *Geol. Journ.*, No. 2, Kyiv, UA, pp. 37-42.
32. Syomka, V.O., Kvasnytsya, I.V., Bondarenko, S.M. and Syomka, G.V. (2015), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 37, No. 3, Kyiv, UA, pp. 37-44.
33. Shpanov, E.P. (1989), *Typomorphism of minerals*, in Chernysheva, L.V. (ed.), Moscow, Nedra, RU, pp. 136-143.

Received 26.06.2017

Б.І. Слободян<sup>1</sup>, В.І. Павлишин<sup>2</sup>, С.Н. Бондаренко<sup>2</sup>,  
Л.М. Степанюк<sup>2</sup>, В.А. Семка<sup>2</sup>, С.І. Курило<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГП "Українська геологічна компанія"  
02088, г. Київ, Україна, пер. Геофізиків, 10  
E-mail: sbiv@ukr.net

<sup>2</sup> Інститут геохімії, мінералогії  
і рудоутворення ім. Н.П. Семененко НАН України  
03142, г. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладина, 34  
E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com, stepaniuk@nas.gov.ua,  
sbond.igmr@gmail.com, kurylo.sergiy@gmail.com

#### САМОРОДНОМЕТАЛЬНО-СУЛЬФІДНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ПЕРЖАНСЬКОГО РУДНОГО УЗЛА (УКРАЇНСЬКИЙ ШИТ)

Приведены результаты исследования рудных минералов Пержанского рудного узла (Украинский щит (УЩ)), принадлежащих к классу самородных элементов и сульфидов. Пержанский рудный (называемый еще рудно-тектоническим) узел по разнообразию минеральных видов и геохимического спектра, установленных в нем элементов, не имеет равных в УЩ. В этой структуре обнаружено около 70 минералов принадлежащих к разным классам — силикатов и алюмосиликатов, оксидов, фосфатов, сульфидов, галоидов, самородных элементов. Многие из них впервые выявлены в Украине, а некоторые редкие минералы известны лишь в нескольких районах мира. Сульфидные руды преимущественно имеют галенит-борнит-халькозин-халькопирит-сфалеритовый состав с наличием сульфидов от 5 до 20 %, локализующихся в зонах окварцевания, катаклаза, калишпатизации и грейзенизации пержанских гранитов. Галенит — доминирующий сульфидный минерал рудных тел — составляет 10—60 % от общего объема полиметаллической минерализации. По данным минераграфических исследований, в зонах вторичного сульфидного обогащения присутствуют несколько генераций галенита. Самородное серебро концентрируется исключительно в зонах вторичного сульфидного обогащения, с сульфидами — аргентитом, стромейеритом. Значительное количество серебра концентрируется во вторичных сульфидах меди (халькозине, бетехтините, ковеллине, дигените) за счет проявления изоморфизма  $Ag^{1+} \rightarrow Cu^{1+}$ . В ассоциации с серебром обнаружены электрум и самородная медь. Сделан вывод, что самороднометалльно-сульфидная минерализация формировалась в зоне активизации метасоматических процессов вдоль глубинных разломов.

*Ключевые слова:* самороднометалльно-сульфидная минерализация, Пержанский рудный узел, Украинский щит.

Б.І. Slobodyan<sup>1</sup>, V.I. Pavlyshyn<sup>2</sup>, S.M. Bondarenko<sup>2</sup>,  
L.M. Stepanyuk<sup>2</sup>, V.O. Syomka<sup>2</sup>, S.I. Kurylo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> State Enterprise *Ukrainian Geological Company*  
10, Geophysic Side-Str., Kyiv, Ukraine, 02088  
E-mail: sbiv@ukr.net

<sup>2</sup> M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy  
and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142  
E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com, stepaniuk@nas.gov.ua,  
sbond.igmr@gmail.com, kurylo.sergiy@gmail.com

#### NATIVE METAL SULFIDE MINERALIZATION OF PERGA ORE KNOT (THE UKRAINIAN SHIELD)

Investigation results of ore minerals found in Perga ore knot (the Ukrainian Shield), which belong to classes of native elements and sulfides are presented. The Perga ore knot, which is also called the Perga ore-and-tectonic knot, is second to none on Ukrainian Shield as to variety of mineral species and geochemical range of elements distributed here. About 70 minerals which belong to different classes — silicates and aluminosilicates, oxides, phosphates, sulfides, haloids, native elements — are found here. Most of them are found for the first time in Ukraine, with some rare minerals being only known in several regions of the world. Sulfide ores are mainly of galenite-bornite-chalcocite-chalcopyrite-sphalerite in composition and characterized by sulfide contents ranging from 5 to 20 %. They are localized within zones of silicification, cataclasis, kalifeldspathization and greisenization of Perga granites. Galena is predominant among sulfide mineral that is found in ore bodies and it comprises 10 to 60 % of total amount of polymetallic mineralization. According to ore mineral studies there are several generation of galena found in supergene enrichment zones. Native silver is concentrated within these zones in association with such sulfides as argentite and stromeyerite. A significant amount of silver is concentrated in secondary copper sulfides (chalcocite, betekhtinite, covelline, digenite) as a result of  $Ag^{1+} \rightarrow Cu^{1+}$  isomorphism. Electrum and native copper was found in association with silver. A conclusion is drawn that native metallic sulfide mineralization was formed in the zone of activation of metasomatic processes along deep faults.

*Keywords:* native metal sulfide mineralization, Perga ore knot, the Ukrainian Shield.