

УДК 553.431 : 552.323.5 (447.8)

В.Г. Мельничук¹, А.М. Поліщук², Г.В. Мельничук²

¹ Національний університет водного господарства та природокористування
33028, м. Рівне, Україна, вул. Соборна, 11
E-mail: ezelin@rambler.ru

² Рівненська геологічна експедиція ПДРГП "Північгеологія"
33018, м. Рівне, Україна, вул. Курчатова, 11

МІНЕРАЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ЗРУДЕНІННЯ НИЖНЬОВЕНДСЬКИХ ТРАПОВИХ КОМПЛЕКСІВ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ

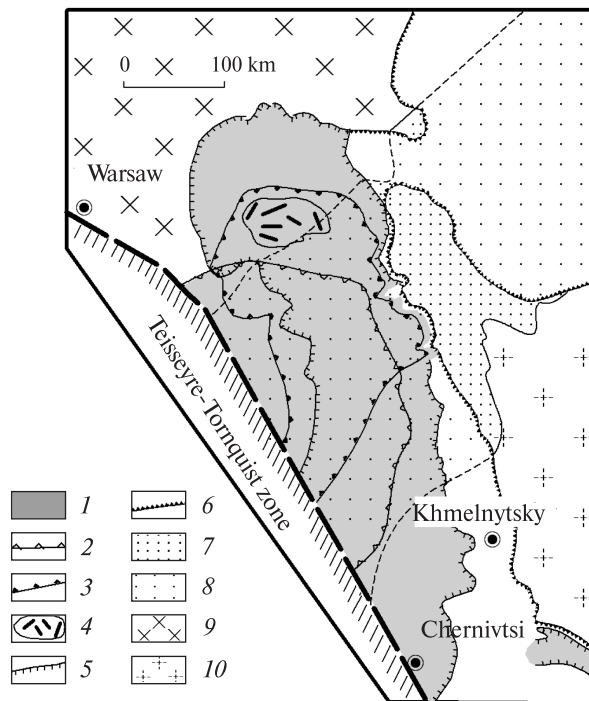
Нижньовендські трапові комплекси південно-західної частини Східноєвропейської платформи суттєво відрізняються за асоціаціями магматичних мінералів та їхнім хімічним складом, що свідчить про еволюцію трапового магматизму за участі процесів диференціації і контамінації магм. Асоціації вторинних мінералів мають зональний розподіл і утворились внаслідок метагенезу і гідротермального метаморфізму трапів в умовах цеолітової та преніт-пумпелітової фацій. Поширене у трапах Волині самородномідне і благороднометалеве (срібло, золото) зруденіння найхарактерніше для верхньоприп'ятського комплексу (толейтові базальти, туфи, долерити). Узагальнено дані з мінералогії нижньовендських трапових комплексів південно-західної частини Східноєвропейської платформи. Розглянуто мінералогічні чинники мідного зруденіння трапів, морфотипи і мінеральний склад мідних руд, морфологію та компонентний склад виділень срібла та золота, їхній розподіл у породах і мінералах.

Вступ. Мінералогічні дослідження нижньовендських трапів, поширених в осадовому чохлах південно-західної частини Східноєвропейської платформи (СЄП), започатковані на Волині вченими Польського геологічного інституту [32–37]. Ними вперше описані мінерали вивержених порід краю — базальтів, туфів, брекчій, і різноманітні прояви гідротермальної, зокрема мідної, мінералізації. До 1970-х рр. мінералогічні дослідження трапів були зосереджені переважно у пригоринських базальтових кар'єрах Рівненщини. У відомій фундаментальній праці [14] детально досліджені петрогенні та епігенетичні мінерали базальтів і туфів, проаналізовано їхній хімічний склад, виділені типоморфні мінеральні асоціації, розглянуті умови утворення і можливий генезис мінералів. Пізніше досліджено мінеральний склад окремих трапових розрізів Прип'ятського валу, Волинського палеозойського підняття, Брестської западини та Волино-Подільської моноклінали [2, 15, 23, 25, 31].

© В.Г. МЕЛЬНИЧУК, А.М. ПОЛІЩУК,
Г.В. МЕЛЬНИЧУК, 2011

У сучасних мінералогічних дослідженнях трапів Волині досягнуто певних успіхів: проведено ідентифікацію практично всіх первинних та вторинних мінералів, визначено їхній хімічний склад, особливості габітусу, умови та послідовність утворення [3, 5, 10, 13, 16, 28–30], вивчено кристаломорфологію самородної міді [9], запропоновано генетичні моделі міднеутворення [4, 16, 24]. Дані щодо мінералогії трапів регіону на сьогодні розпорошені по багатьох виробничих звітах, наукових працях і потребують узагальнення, що відповідало б останнім досягненням у вивченні їх геологічної будови, речовинного складу і рудних корисних копалин, якими є мідь та супутні їй благородні метали.

Мінералогічні особливості трапових комплексів. За низкою особливостей речовинного складу, будови і просторово-часової позиції нижньовендські трапи південно-західної частини СЄП були розділені [18] на декілька магматичних (трапових) комплексів (рисунок; таблиця), які мають індивідуальні мінералогічні риси.



Трапові комплекси нижнього венду в південно-західній частині СЄП (докрейдовий і доверхньовендський зрізи): 1 — трапові комплекси нижнього венду; 2—5 — контури поширення трапових комплексів (2 — західнобузького, 3 — верхньоприп'ятського, 4 — брестського, 5 — біловезько-подільського); 6 — східний контур поширення волинської серії; 7, 8 — рифейські теригенні відклади Волино-Оршанського авлакогену та його контур (7 — на донизньовендській, 8 — на домезозойській поверхнях); 9, 10 — архейсько-нижньопротерозойський кристалічний фундамент (9 — Фенноскандійський, 10 — Сарматський мегаблоки)

Lower-Vendian trappean complexes of the south-western part of East-European platform (Cretaceous and Pre-Upper-Vendian sections): 1 — trap complexes of the Lower-Vend; 2—5 — trap complexes spread contours (2 — Zakhidnobuzkiy, 3 — Verkhnyoprypyatskiy, 4 — Brestskiy, 5 — Bilovezko-Podilskiy); 6 — Volyn series eastern spread contour; 7, 8 — Riphean terrigenous sediments of the Volyn-Orshanskiy avlakogen and contour (7 — on the Pre-Lower-Vendian, 8 — on the Premesozoic surface), 9, 10 — Archean Lower-Proterozoic crystalline basement (9 — Fennoscandian, 10 — Saratian megablocks)

Західнобузький траповий комплекс найдревніший, поширений в основному в басейні р. Західний Буг на площі близько 45 тис. км². До нього віднесені численні покриви олівінових базальтів і пов'язані з ними вулканокластичні утворення загальною потужністю до 265 м, відомі в сучасних стратиграфічних схемах нижнього венду України як заболотівська світа волинської серії, у Східній Польщі — нижня частина славатицької серії. Складовими комп-

лексу є локальні покриви пікритів і олівінових базальтів, подекуди розкриті свердловинами серед олігоміктових відкладів горбашівської світи, а також асоціації субвулканічних базальтових порфіритів (пікропорфіритів) та верлітових габро, що трапляються в нижній частині розрізу волинської серії.

Мінералогічні особливості вивержених порід західнобузького комплексу дозволяють віднести їх до родини пікробазальтів та пікродолеритів. У мінеральному складі основної маси базальтів переважають плагіоклази (40 %) та моноклінний піроксен (35 %), апоолівінові утворення складають 5—10 %. Титаномагнетиту, палагоніту та зміненої речовини мезостазису значно менше, модальний олівін зустрічається рідко і заміщений майже повсюди ідингситом, боулінгітом, серпентином та хлоритом. Середній вміст нормативного олівіну сягає 19 % (найвище значення серед вивержених порід волинської серії), тому ці базальти ми відносимо до групи олівінових. Із акцесорних мінералів у базальтах наявні апатит, сфен, лейкоксен. За співвідношенням і ступенем ізоморфізму породоутворювальних мінералів встановлюється наступний порядок їх кристалізації: $Ol \rightarrow An_{66-60} + Cpx \rightarrow An_{70-57} + TiMt \rightarrow Cpx + An_{47-34} + TiMt$ [21].

Верлітові габро складені, %: псевдоморфозами серпентину по олівіну — 36,7 (29,9—41,2), моноклінними піроксенами — 18,1 (13,5—20,5), плагіоклазом — 39,7 (30,8—50,6), рудними мінералами — 0,3 і серпентинізованими мезостатичними ділянками — 5,2.

Основними асоціаціями гідротермальних мінералів у породах західнобузького комплексу є: хлорит + смектити + Ca-Na цеоліти + ломонтит + преніт ± вайракіт, хлорит + смектити + ломонтит + преніт ± самородна (сульфідна) мідь, хлорит + смектит + преніт + альбіт + анальцим ± кальцит. Вони належать переважно до пренітової зони гідротермально-метасоматичних змін [16] і мають регіональне поширення. Сульфіди міді представлені здебільшого халькозином і поширені в нижній частині трапового розрізу.

Верхньоприп'ятський траповий комплекс частково перекриває західнобузький і поширений в басейні верхньої течії р. Прип'ять на площі понад 50 тис. км². Складений пачками різнозернистих червоноколірних туфів і низькотитанистих толейтових базальтів та лавокластитів загальною потужністю до 327 м, що

належать до бабинської та лучичівської світ (Україна), середньої частини славатицької серії (Східна Польща) та першої товщі ратайчицької світи (Південно-Західна Білорусь). Ймовірними складниками комплексу є також субвулканічні сили глиноземистих габродолеритів осовської асоціації, поширені серед відкладів поліської серії середнього-верхнього рифею та на контакті з нижньовендською горбашівською світою в основі розрізу волинської серії.

Мінеральний склад вивержених порід верхньопріп'ятського комплексу відповідає толейтовим базальтам. Інтерстиції базальтів містять 1—15 % вулканічного скла, заміщеного палатонітом. Вміст породоутворювальних мінералів зазвичай непостійний, %: плагіоклази — від 65—70 до 45—50, моноклінні піроксени — від 20—25 до 35—40, рудні мінерали — 5—10. Серед них чітко виділяються [28] два мінеральних парагенезиси, що відповідають двом етапам кристалізації: перший складається з глибинних, часто гломерофірових вкраплень

плагіоклазу An_{87-80} та авгіту $En_{44}Fs_{18}Wo_{38}$ (центральна частина фенокристив) — $En_{40}Fs_{22}Wo_{38}$ (крайова частина), другий включає плагіоклаз складу $An_{69}Ab_{29}Or_2$ — $An_{58}Ab_{39}Or_3$, авгіт $En_{42} \times Fs_{18}Wo_{40}$ до $En_{29}Fs_{36}Wo_{36}$, піжоніт $En_{54}Fs_{36} \times Wo_{10}$ — $En_{45}Fs_{44}Wo_{11}$ та низькотитанистий магнетит. Фенокристали плагіоклазу і піроксену іноді утворюють доволі значні скупчення (кластери), що за петрографічним складом відповідають габро. В окремих випадках серед базальтів трапляються поодинокі зерна апоолівіну. В облямітках доростання навколо лейст плагіоклазу іноді розвинутий лужний польовий шпат $An_2Ab_{27}Or_{71}$. Рудні мінерали в знакових кількостях представлені магнетитом, піротином, хромітом, хромшпінелідами та самородною міддю. Із акцесорних мінералів у базальтах присутні апатит, сфен, лейкоксен, циркони. Вік останніх, визначений іон-іонним методом [26], коливається в межах близько 1470—2000 млн рр. і, згодом, є свідченням їх захоплення базальтовою магмою із древніх порід літосфери. Вулканокластичні по-

Нижньовендські трапові комплекси південно-західної частини СЄП та їх співвідношення зі стратонами нижнього венду

Lower-Vendian trappean complexes of the south-western part of East-European platform and their correlation with Lower-Vendian strata

Трапові комплекси	Магматичні породи	Структурно-фаціальні зони і підрозділи трапів			
		Біловезька	Брестсько-Волинська	Волино-Подільська	Подільська
Біловезько-подільський	Високотитанисті габродолерити		Хотешівська асоціація		
	Високотитанисті базальти і феробазальти	Верхні верстви вишніцької серії	Якушівські верстви забродівської світи, третя товща ратайчицької світи	Слущка світа	Віньковецькі верстви грушкінської світи
Брестський	Дацити та їх туфи		Друга товща ратайчицької світи		
Верхньопріп'ятський	Глиноземисті габродолерити		Осовська асоціація		
	Толейтові базальти, базальтові туфи		Лучичівська світа, бабинська світа, середня частина славатицької серії, перша товща ратайчицької світи	Бабинські верстви пригоринської світи	
Західнобузький	Верлітові габро, пікропорфірити		Берестецька асоціація		
	Апоолівінові базальти, базальтові туфи		Заболотівська світа, нижня частина славатицької серії		
	Пікрити, апоолівінові базальти		У складі горбашівської світи		

Примітка. Трапові комплекси розміщені у віковій послідовності знизу вгору (від найдавніших).

роди (туфи, брекчії) складені уламками магматичних порід: зміненого вулканічного скла, базальтів, шлаків, туфів, а також мінералів: плагіоклазів, піроксенів, рудних. Вулканічне скло значною мірою заміщено мікрокристалічними хлоритами і смектитами ряду монтморилоніт — сапоніт. У хлоритизованих зеленоколірних туфах місцями присутня тонкорозсіяна вкрапленість самородної міді [12, 17].

Глиноземисті габродолерити складені, %: плагіоклазом — 40—70, моноклінним піроксеном — 10—45, інтерстиційною речовиною та рудними мінералами. Гідротермальна мінералізація габродолеритів досліджена не достатньо. Відомо лише, що в них є прожилки кальциту і ділянки хлоритизації та озалізнення.

Гідротермальні мінерали у вивержених породах верхньоприп'ятського комплексу утворюють агрегати з анальциму, хлоритів, смектитів, цеолітів, халцедону, кварцу, кальциту, гідрооксидів заліза. Зустрічаються також преніт, пумпеліт і ломонтит. Серед цеолітів найпоширеніші натроліт, морденіт, томсоніт, птілоліт, гейландит. Типоморфними асоціаціями гідротермальних мінералів є: кальцит + стильбіт + анальцим (вайракіт), стильбіт + анальцим + натроліт (томсоніт, птілоліт, гейландит), стильбіт + морденіт + халцедон ± самородна мідь, ломонтит + сколецит + натроліт. Вони належать в основному до нижньої цеолітової зони гідротермально-метасоматичних змін [16] і мають регіональне поширення. Найрозповсюдженіший анальцим зазвичай цементує уламки і місцями складає до 30—45 % об'єму вулканокластитів [1]. Епігенетичні рудні мінерали представлені в знакових кількостях гематитом, піритом, халькопіритом.

У зональних базальтових покривах від їх країв до центру спостерігається зміна наступних парагенезисів мінеральних новоутворень: 1) стильбіт + анальцим; 2) стильбіт + хлорит; 3) морденіт + кварц (халцедон). Самородно-мідне зруденіння локалізоване у фронтальній морденіт-халцедонової зоні колони гідротермально-метасоматичних змін [24].

Преніт-пумпелітовий мідевмісний парагенезис утворився за температури 300—400 °С та тискові 1,7—4,5 кбар [5, 6]. Значення температури гомогенізації газиво-рідинних включень, досліджені [3] у кварці та інших мінералах нижньої цеолітової зони в Рафалівському вузлі, коливаються від 100 до 335 °С. Ізотопний склад кисню розчинів, що спричинили

мінералізацію ($\delta^{18}\text{O}$ від + 6,05 до + 8,25 ‰), відповідає такому для "магматичної" води [4].

Брестський комплекс кислих вивержених порід (друга товща ратайчицької світи нижнього венду [18]) локально розвинутий між трапами верхньоприп'ятського і біловезько-подільського комплексів у Підлясько-Брестській западині на площі 2,4 тис. км². Кислі ефузивні представлені андезитодацитами, піжонітовими дацитами, ріодацитами нормального ряду та трахіріодацитами сублужного ряду [11].

Мінералогічні особливості брестського комплексу кислих вивержених порід різко відрізняють їх від базальтоїдів інших трапових комплексів регіону.

За [11], андезитодацити містять порфірові вкраплення (не більше 5 %) плагіоклазу (андезин-лабрадор № 45—55) та псевдоморфози хлориту і серпентину, рідше хлориту і гідрослюди по ортопіроксену. Основна маса містить близько 10 % мікролітів плагіоклазу (олігоклаз-андезин) і до 3 — найдрібніших рудних зерен. Характерна присутність незначної кількості листуватих агрегатів бурого калішпату, що тісно асоціюють з фенокристалами плагіоклазу.

Піжонітові дацити містять 7—10 % порфірових вкраплень плагіоклазу (андезин-лабрадор № 45—65) і гіперстену. Основна маса сфероліт-гіалопелітової структури — вулканічне скло кислого складу, що містить 10—15 % голчастих мікролітів плагіоклазу (андезин-лабрадор № 45—53) та 10 % зерен піроксену (піжоніт) та сфероліти бурого калішпату.

Ріодацити в основній масі містять, %: бурий пелітизований калішпат — 40—50, алотріоморфні зерна кварцу — 15—25, мікроліти кислого плагіоклазу — 10—15 і дрібні дендрито-подібні виділення рудного мінералу — 3—4. Серед порфірових вкраплень, що становлять 5—10 % породи, переважають альбітизований плагіоклаз та псевдоморфози ортопіроксену, заміщеного хлорит-серпентиновим агрегатом, інколи у поєднанні з гідробіотитом.

Трахіріодацити містять 5—10 % порфірових вкраплень, які представлені зернами розкладеного плагіоклазу і псевдоморфозами по ортопіроксену (агрегатами хлориту і гідрослюди або хлориту і серпентину). Основна маса на 50—70 % складена сферолітами бурого калішпату, що їх проросли лейсти кислого плагіоклазу (10—15 % об'єму породи), та містить 15—25 % алотріоморфних зерен кварцу.

Вторинні зміни найінтенсивніше проявлені в андезитодацитах. Це хлоритизація, гідролізація, монтморилонізація вулканічного скла, піроксенів; альбітизація, карбонатизація, серицитизація плагіоклазів. Окремі гнізда та прожилки в кислих породах утворюють кварц, сульфід, барит, карбонати, хлорит.

На кислих ефузивах брестського комплексу сформована кількадеметрові кора вивітрювання, представлена зоною початкових змін каолінітового профілю за участі змішаношаруватих мінералів.

Біловезько-подільський траповий комплекс наймолодший, поширений на площі близько 100 тис. км² від Біловежжя в Польщі до Молдови (рисунок). Трапи комплексу з півночі на південь представлені: вишніцькою серією (до 94 м), третьою товщею ратайчицької світи (до 200 м), якушівськими верствами (до 135 м), случькою світою (до 70 м) та віньковецькими верствами (до 75 м). У центральній частині трапової провінції вони складені численними (до 7) зональними покривами титанистих базальтів та феробазальтів, перешарованих бурокірними вулканокластичними брекчіями, агломератовими, лапілієвими та псефітовими туфами базальтів, а у периферійних частинах — кількома покривами титанистих платобазальтів, перешарованими вулканоміктовими осадовими відкладами (аргіліти, алевроліти, пісковики і гравеліти). Субвулканічними складовими біловезько-подільського трапового комплексу є, на нашу думку, сили титанистих габро і габродолеритів хотешівської асоціації, поширені в основному серед рифейських відкладів польської серії.

У титанистих базальтах комплексу вміст породоутворювальних мінералів зазвичай неоптимальний, %: плагіоклаз — від 65—70 до 45—50, піроксени — від 20—25 до 35—40, титаномагнетит та інші рудні мінерали — 5—10. В інтерстиціях міститься 1—15 % заміщеного палагонітом вулканічного скла (до 73 мас. % SiO₂), іноді наявний кварц. У базальтах немає олівіну та встановлені піроксени рядів авгіт — фероавгіт і піжоніт — залістий піжоніт.

Плагіоклази фенокристалів першої генерації мають лабрадор-бітовнітовий склад An₆₈₋₇₃ і зональну будову: вміст Са змінюється від центру (An₇₂) до периферії (An₅₂), а плагіоклази основної маси мають лабрадоровий склад — An₅₅ [28]. Клінопіроксени теж представлені різними генераціями. Найбільші індивіди (роз-

міром близько 0,2 × 0,8 мм) складу En₃₉Fs₂₁Wo₄₀ містять понад 2 мас. % Al₂O₃, тобто це низькоалюмінієві авгіти, часто з зональною структурою. Центральна частина цих зональних зерен збагачена на Са та Mg і збіднена на Fe. Дрібні зерна (0,02—0,04 мм) мають склад піжоніту — En₄₃Fs₄₆Wo₁₁. В інших випадках серед піроксенів основної маси визначені фероавгіт (до En₂₉Fs₃₅Wo₃₆) і залістий піжоніт (до En₄₁ × Fs₅₀Wo₉). Титаномагнетит у базальтах містить велику кількість TiO₂ — від 14 до 31 % (від 0,40 до 0,88 ф. о. Ti). Акцесорні мінерали представлені апатитом, сфеном, лейкоксеном, цирконом. Вік останніх з базальтів якушівських верств, визначений U-Pb методом (іон-іонний мікрозонд), становить 549 ± 29 млн рр. [26].

Титанисті габродолерити силових інтрузій складені, %: плагіоклазом — 50—70, моноклініним піроксеном — 15—35, рудними мінералами (магнетитом, титаномагнетитом) — подекуди до 15. Вони утворюють безолівінові та олівінові (від 1—5 до 16—20 %) диференціати, подеколи з троктолітовими шлірами. Іноді долерити містять невелику кількість бурого біотиту та окремі тонкі голочки апатиту.

Згідно із даними [29], польові шпати долеритів мають витриманий склад — An₆₇Ab₃₁ × Or₂ — An₆₃Or₃₅Or₂, а облямівка доростання може розкислюватись до An₄₄Ab₅₁Or₅. Вміст FeO в плагіоклазах коливається від 0,46 до 0,95 %. Плагіоклаз у середньозернистих долеритах — це андезин (An₄₂₋₅₀), рідше — бітовніт (An₇₁₋₇₇); у дрібнозернистих — лабрадор (An₅₂₋₆₅). Клінопіроксени (авгіти) з долеритів мають доволі обмежені варіації складу — від En₄₁Fs₁₆Wo₄₃ до En₃₁Fs₂₅Wo₄₄. Зональність слабо проявлена — порівняно з центральними зонами кристалів їхні крайові частини виявляються на два-три номери більш залістими. Вміст Al₂O₃ варіює від 2,70 у різновидах складу Fs₁₈ до 1,35 % у різновидах складу Fs₂₅, концентрація TiO₂ в авгітах долеритів зменшується від 1,67 у найбільш магнезійних різновидах до 0,92 % у залістистих. Вміст Na₂O не вищий від 0,40 %. Водночас у клінопіроксени з високотитанових долеритів зафіксовано [20] наявність до 6,7 мол. % жадеїтового міналу. Олівіни з високотитанових долеритів містять до 82—85 % форстеритового міналу [2].

Склад ільменіту досить далекий від стехіометричного — вміст Ti та Fe²⁺ в ільменіті долеритів зазвичай становить 0,91—0,96 та 0,75—0,91 ф. о. відповідно. Ільменіт, окрім 91 мол. %

ільменітового міналу, містить також 5,8 % гейкілітового, 1,2 — пірофанітового та 2,0 — гематитового міналів [29].

Гідротермальні зміни габродолеритів хотешівської асоціації полягають у хлоритизації та серпентинізації, виповненні мигдалин і тріщин карбонатами, розвиткові різного роду смектитів, оксидів та гідроксидів заліза.

У центральній частині досліджуваної трапової провінції на Волині основними асоціаціями гідротермальних мінералів у базальтах і вулканокластитах біловезько-подільського комплексу є хлорит + смектити + халцедон ± ± стилбїт ± морденїт ± гейландит, хлорит + ± смектити + морденїт + халцедон ± самородна (сульфїдна) мідь. Вони належать переважно до верхньої цеолітової зони гідротермально-метасоматичних змін [16] і мають регіональне поширення в межах волинської серії нижнього венду. До складу зазначених мінеральних асоціацій можуть також входити гізінгерит, палагоніти, хлорофейт і яшмоїди — продукти більш ранньої, догідротермальної, стадії мінералоутворення, а також найбільш пізні карбонати, вермикулїт, селадонїт і сульфїди.

У периферійній частині трапової провінції на Поділлі серед базальтів біловезько-подільського комплексу типоморфними гідротермальними мінералами є карбонати, зокрема кальцит, які асоціюють переважно з кварцом, халцедоном, хлоритом, інколи за участі сульфїдів (пірит, халькопірит, халькозин) та гідроксидів заліза. У осадово-пірокластичних породах наявний цемент двох типів. Перший — тонкозернистий (ймовірно, діагенетичний), складений монтморилонїтом, гідрослюдами, хлоритом, гідроксидами заліза. Другий перекристалізований, поїкілітовий (очевидно, гідротермальний), представлений кальцитом, сидеритом, баритом, анальцимом. Гідротермальний цемент реакційний, кородує теригенний і заміщує монтморилонїт-гідрослюдистий матеріал. Гідротермальна мінералізація тут належить до карбонатної зони [16] і проявлена локально.

Температура гомогенізації газозово-рїдинних включень, виміряна у прожилковому кальциті з Шепетівсько-Хмельницької площі становить 78—227 °С, у бариті — 157—214 [27]. Для кальциту встановлені такі ізотопні значення вуглецю — $\delta^{13}\text{C}$ від +1,0 до -20,4 ‰ та ізотопний склад кисню $\delta^{18}\text{O}$ від +3,6 до +16,9 ‰ з води розчину, що спричиняє мінераліза-

цію, який відповідає такому у "формаційній" воді [27].

Рудна мінералізація трапових комплексів.

Рудна мінералізація у нижньовендських трапах регіону найповніше досліджена на Волині, де в межах Волинського міднорудного району оцінено прогнозні та перспективні ресурси міді в трапових комплексах і виконана оцінка їх перспективності на благородні метали [22]. З'ясовано, що мідне зруденіння трапів має площадний характер і належить до стратиформного типу та самородномідної рудної формації. Найбільші перспективи щодо виявлення родовищ міді пов'язуються з трапами верхньоприп'ятського комплексу (бабинська та лучичівська світи). У них встановлено більше, ніж у інших комплексах, інтервалів керна потужністю ≥ 1 м з самородномідною мінералізацією, отримано максимальну кількість проб з промисловим вмістом міді ($\geq 0,1$ ‰). На основі цих та інших даних [18] верхньоприп'ятський комплекс розцінюється як комплекс рудогенеруючий і рудокалізуючий.

Мідні руди в трапах регіону характеризуються виділеннями самородної міді кількох морфотипів [17]. Виділяються розсіяно-вкраплене, гніздове, прожилково-вкраплене, жовнове самородномідне зруденіння та їхні комбінації. Провідна роль належить розсіяно-вкрапленим бідним рудам у базальтах і туфах. Разом з тим значно поширені комбінації морфотипів самородномідного зруденіння (місцями із самородками), які репрезентують багаті руди.

Мінеральний склад мідних руд визначений домінуванням серед мідних мінералів виділень самородної міді, яка утворює багатогранники, їх зростки, дендрити та агрегати різних форм. Найбільш поширеними габітусними формами росту кристалів самородної міді є ромбододекаедр і тетрагексаедр, а куб і октаедр частіше належать до другорядних [9]. Одним з найпоширеніших сульфїдів міді, що асоціює з самородною міддю, є халькозин. Інші мінерали міді належать до таких мінералогічних класів: сульфїди та близькі до них сполуки — халькозин, дигенїт, халькопірит, борніт, ковелін, ідаїт, нукунедаміт, талнахіт, тенантит; оксиди, гідроксиди — куприт, тенорит, деляфосит; силікати — хризокола; карбонати — малахіт, азурит; сульфати — халькантит; фосфати — бірюза; інтерметалічні сполуки — купроаурит, рожковїт [10]. Трапляється цинковистий різновид самородної міді,

подібний за складом до латуні. У мідних рудах іноді присутні самородні метали — залізо, хром, срібло, нікель.

За хімічним складом самородна мідь Волинні є надзвичайно чистим мінералом. Основні домішки в ній — залізо і срібло, %: Fe — від 0,01 до 3,54; Ag — від 0,01 до 0,37. Окрім того, присутній Au (до 0,03 %) та інколи сліди паладію. Вищий вміст домішок Fe і Ag властивий міді бідних руд з розсіяно- та смугасто-вкрапленим морфотипом мінералізації масивних базальтів та туфів, нижчий — міді порівняно багатих руд з прожилково-вкрапленим та самородковим типом мінералізації.

Мінералогічні чинники мідного зруденіння у трапах регіону базуються на існуванні стійких зв'язків між міддю, іншими мінералами та їхніми асоціаціями, а також особливостями самих знахідок самородної міді (форми її виділень, хімічний склад, морфологічні типи мідної мінералізації тощо). Основні мінеральні індикатори самородномідного зруденіння — асоціації типоморфних гідротермальних мінералів за участі міді, зокрема — кварцові та морденіт-халцедонові агрегати гідротермальних новоутворень, з якими самородна мідь має парагенетичний зв'язок, а також виділення споріднених з міддю інших самородних металів (заліза, срібла, золота, нікелю). Наявність у породах самородної міді тих чи інших морфотипів виступає ознакою ймовірності бідних чи багатих руд. Для бідних руд характерна розсіяно-вкраплена самородномідна мінералізація, для багатих — прожилково-вкраплена, жовново-самородкова і, особливо, суміщення зазначених морфотипів. Показником багатих руд служить також наявність у породах ідіоморфних виділень самородної міді, особливо досконалих багатогранників та двійників кристалів простих форм ($\{111\}$, $\{100\}$, $\{110\}$ і $\{hk0\}$), що свідчать про пересичення розчинів міддю [9].

Благороднометалева мінералізація у трапах регіону. Найкраще вивчено срібло [7], виділення якого зустрічаються в асоціації з самородною міддю та автономно. Вміст срібла становить 97,55—99,64 %. Морфологія виділень самородного срібла різноманітна — ідіо- та геліоїдоморфні кристали, дендрити, ксеноморфні масивні агрегати, а також покриття мідних кристалів. Максимальний вміст срібла (15,8 г/т) визначено в туфах бабинської світи на мідепрояві Жиричі (св. 5848, горизонт 2А,

гл. 475,9—476,2 м). Срібло також міститься в самородній міді, у монофракціях якої з рудовмісних порід рудопрояву Жиричі ($n = 51$) середній вміст срібла становить 706 г/т, а Рафалівської площі ($n = 79$) — 564 г/т. З підвищенням вмісту Cu у породах закономірно підвищується коефіцієнт кореляції в парі Cu—Ag. Якщо використовувати для розрахунків лише значення вмісту Ag (хімічний аналіз) понад 3 г/т, то цей коефіцієнт складе 0,71 за $n = 32$, тобто більше ніж удвічі перевищить критичне значення цього показника для 5 %-го рівня значимості.

Мінералізація золота, ймовірно, супутня міднорудному зруденінню, властива всьому Волинському міднорудному району. Серед трапів нижнього венду знакові знахідки (поодинокі кристали, кульки, пластинки) і хімічні аномалії (≥ 1 г/т) золота встановлені у 21 пункті, найбільше — в бабинській і лучичівській світах верхньоприп'ятського комплексу. Зокрема, у нижньому базальтовому покриві лучичівської світи, за даними пробірного аналізу, вміст золота понад 1 г/т встановлено в 12 пробах, за максимального значення 13,84 г/т у важкій фракції і 8,17 — у легкій, середнє на породу — 9,56 (св. 4400/74, гл. 98,4—99,0 м). Ці аномальні значення золота є унікальними для базальтів, тому потребують додаткового підтвердження. За положенням у базальтовому покриві золотоносні проби тяжіють до межі змінених мигдалекам'яних і слабозмінених масивних базальтів. Такі ділянки, як правило, знаходяться у фронтальній частині колони гідротермально-метасоматичних змін, поза межами морденіт-халцедонової зони, що контролює самородномідну мінералізацію в базальтах [18, 24].

Компонентний склад виділень золота змінюється в таких межах (22 визначення [8]), %: Au — 74,32—99,9, Ag — 0,00—9,29, Cu — 0,00—22,68, Fe — 0,00—3,55. Підвищений вміст золота визначений у монофракціях самородної міді. Для Рафалівської ділянки він в середньому становить 23,72 г/т ($n = 60$), а в окремих випадках сягає 110.

Висновки. Нижньовендські трапові комплекси південно-західної частини СЄП суттєво відрізняються за складом асоціацій породотворювальних магматичних мінералів та хімічними характеристиками. Це є свідченням складної еволюції трапового магматизму, що відбувався, ймовірно, за участі процесів диференціації та контамінації магм.

Асоціації вторинних мінералів серед порід трапової формації свідчать про метагенез і гідротермальний [19] метаморфізм в умовах цеолітової та преніт-пумпелітової фацій. Вони підпорядковані регіональній зональності (пренітова, цеолітова, карбонатна зони) і закономірно поширюються від країв до середини базальтових покривів.

Самородномідне і благороднометалеве зруденіння приурочені переважно до трапів верхньоприп'ятського комплексу. Мінеральний склад мідних руд визначається домінуванням серед мідних мінералів виділень самородної міді, рідше — халькозину. Благороднометалеве зруденіння супутнє самородномідному, тому мідні руди Волині можна вважати комплексними.

Вивчені мінералогічні особливості нижньовендських трапових комплексів і мідних руд південно-західної частини СЄП створюють можливість глибшого обґрунтування мінералогічних критеріїв міденості трапів, моделей мінералоутворення і оптимальних схем промислового вилучення міді та супутніх благородних металів з руд, а також поповнюють багатий науковий доробок з мінералогії регіону.

1. Богданов Г.О., Верджиховський О.М., Долецький С.П. та ін. Цеоліт-сметитові туфи Рівненщини : біологічні аспекти використання / За ред. М.П. Сороки. — Рівне : Волин. обереги, 2005. — 184 с.
2. Воловник Б.Я. Петрологія и мінералогія траппової формації Вольно-Подолії : Автореф. дис. ... канд. геол.-мінерал. наук. — Львов, 1971. — 16 с.
3. Деревська К.І. Палеогеотермальний режим літогенезу та гіпогенного рудоутворення в межах Балтійсько-Дністровської перикратонної зони прогинів в рифей-фанерозої : Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. — К., 2008. — 36 с.
4. Деревская К., Шумлянський В., Галецький Л. и др. Геолого-генетическая модель рудообразующей системы и поисковые признаки самородномедного оруденения в траппах Волини // Геолог України. — 2003. — № 3, 4. — С. 75—81.
5. Ємець О.В. Геохімія та мінералогія мідного та золото-поліметалічного зруденіння в геологічних структурах Предсудеття та обрамлення Українського щита : Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. — К., 2008. — 35 с.
6. Ємець О.В., Лугова І.П. Геохімічні особливості та генезис преніт-пумпеліт-вайракіт-ломонтитової асоціації рудопрояву міді Жиричі (Волинь, Україна) // Мінерал. журн. — 2006. — 28, № 1. — С. 47—57.
7. Квасниця В.М., Квасниця І.В., Косовський Я.О. Самородне срібло з вендських вулканітів Волині // Там же. — 2004. — 26, № 4. — С. 10—18.
8. Квасниця І.В., Косовський Я.О., Мельничук В.Г., Матеюк В.В. Самородне золото Західної Волині // Зап. Укр. мінерал. т-ва. — 2009. — 6. — С. 92—99.
9. Квасниця І.В., Павлишин В.І., Косовський Я.О. Самородна мідь України : геологічна позиція, мінералогія і кристалогенезис. — К. : Логос, 2009. — 171 с.
10. Косовський Я.О., Косовська О.П. До мінералогії трапів Волино-Поділля // Матеріали наук. конф. "Проблемні питання геологічної освіти і науки на порозі ХХІ століття". — Львів, 2005. — С. 53—54.
11. Кузьменкова О.Ф. Геохімія траппової формації венда Беларусі : Автореф. дис. ... канд. геол.-мінерал. наук. — Минск, 2009. — 24 с.
12. Кузьменкова О.Ф., Веретенников Н.В., Носова А.А., Котляров В.А. Медная минерализация в вулканогенной толще венда Беларусі // Мідь Волині : Наук. пр. Ін-ту фундам. досліджень / Під ред. Л.В. Шумлянського. — К. : Знання, 2006. — С. 171—178.
13. Кузьменкова О.Ф., Носова А.А., Веретенников Н.В. Мінералогія и петрогенезис вендских базальтов и долеритов Беларусі // Літасфера. — 2008. — № 1 (28). — С. 76—95.
14. Лазаренко Є.К., Матковський О.І., Винар О.М. та ін. Мінералогія вивержених комплексів Західної Волині. — Львів, 1960. — 509 с.
15. Махнач А.С., Веретенников Н.В. Вулканогенная формація верхнього протерозоя (венда) Белоруссии. — Минск : Наука и техн., 1970. — 233 с.
16. Мельничук В.Г. Гідротермальна мінералогічна зональність та метаморфізм в міденосних трапах нижнього венду Волино-Подільської плити // Мінерал. зб. ЛНУ. — 2005. — № 55, вип. 2. — С. 131—142.
17. Мельничук В.Г. Морфотипи самородномідного зруденіння в трапах Волині і оцінка їх перспективності // Мінер. ресурси України. — 2009. — № 1. — С. 15—20.
18. Мельничук В.Г. Геологія та міденосність нижньовендських трапових комплексів південно-західної частини Східноєвропейської платформи : Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. — К., 2010. — 36 с.
19. Набоко С.И. Гидротермальний метаморфізм пород в вулканических областях. — М. : Изд-во АН СССР, 1963. — 172 с.
20. Носова А.А. Петрологія позднедокембрійського і палеозойського внутріплитного базитового вулканізма Восточно-Європейської платформи : Автореф. дис. ... д-ра геол.-мінерал. наук. — М., 2007. — 58 с.
21. Носова А.А., Кузьменкова О.Ф., Веретенников Н.В. и др. Неопротерозойская Вольно-Брестская магматическая провинция на западе Восточно-Європейского кратона : особенности внутріплитного магматизма в области древней шовной зони // Петрологія. — 2008. — 16, № 2. — С. 115—147.
22. Приходько В.Л., Мельничук В.Г., Матеюк В.В. та ін. Перспективність нижньовендської трапової формації Волинського рудного району на промисловій концентрації самородної міді // Мінер. ресурси України. — 2010. — № 1. — С. 4—11.

23. *Савченко Н.А.* Трапповая формация рифея-нижнего палеозоя (венда) Припятского вала и западного склона Украинского щита // Базит-гипербазитовый магматизм и минералогения юга Восточно-Европейской платформы. — М. : Недра, 1973. — С. 138—151.
24. *Скакун Л., Ткачук А., Мельничук В.* Типи целітових асоціацій в гідротермальних утвореннях волинської серії // Мінерал. зб. ЛНУ. — 2003. — № 53, вип. 1—2. — С. 4—13.
25. *Ушакова З.Г.* Нижнепалеозойская трапповая формация западной части Русской платформы. — М., 1962. — 108 с. — (Тр. ВСЕГЕИ ; Т. 30).
26. *Шумлянський Л.В., Андреассон П.Г., Мельничук В.Г., Деревська К.І.* Вік формування базальтів волинської траппової формації за попередніми результатами дослідження цирконів іон-іонним мікрондовим методом // Геохімія та рудоутворення. — 2006. — № 24. — С. 21—29.
27. *Шумлянський В.А., Деревська Е.И., Сынгаевский Е.Д., Черникова Н.С.* Медно-цеолитовая минерализация в базальтовых туфах на западном склоне Украинского щита и природа минерализующих растворов // Докл. АН УССР. — 1991. — № 9. — С. 140—143.
28. *Шумлянський Л., Деревська К.* Особливості хімічного складу головних породотворних мінералів базальтів і долеритів вендських трапів Волині // Мінерал. зб. ЛНУ. — 2004. — № 54, вип. 1. — С. 48—63.
29. *Bakun-Czubarow N., Bilowolska A., Fedoryshyn Yu.* Neoproterozoic flood basalts of Zabolotyya and Babino Beds of the volcanogenic Volhynian Series and Polesie Seris dolerites in the western margin of the East European Craton // Acta Geol. Polonica. — 2002. — 52, No 4. — P. 481—496.
30. *Bilowolska A., Bakun-Czubarow N., Fedoryshyn Yu.* Neoproterozoic flood basalts of the beds of the Volhynian Series (East European Craton) // Geol. Quart. — 2002. — 46, No 1. — P. 37—57.
31. *Juskowiakowa M.* Bazalty Wschodniej Polshi // Biul. Inct. Geol. : Zbadan petrograficno-mineralogicno i geochemicznych w Polsce. — 1971. — VII, No 245. — S. 175—253.
32. *Kamiński M.* Bazalty wolynskie // Kosmos. — 1929. — 54. — S. 675—701.
33. *Malkowski St.* O zlozu miedzi rodzimej w Wielkim Mydzku na Wolyniu // Spraw. P.I.G. — 1931. — VI, z. 4. — S. 757—774.
34. *Malkowski St.* O przejawach wulkanizmu miedzy Masywem Wolynsko-Ukrainskim i Walem Kujawsko-Pomorskim // Acta Geol. Polonica. — 1951. — 2, No 4. — S. 491—595.
35. *Thugutt St.J.* O ptylocie z Mydzka na Wolyniu // Archiwum mineralogiczne Tow. Nauk. — 1933. — 9.
36. *Tokarski J.* O sanidynie w Berestowcu na Wolyniu // Kosmos. — 1929. — 53.
37. *Wojciechowski J.* Sladzi miedzi w serii osadow typu tufitow bazaltowych w Hancewiczach na Polesiu // Biuletyn P.I.G. — 1939. — No 14.

Надійшла 05.10.2011

В.Г. Мельничук, А.М. Полищук, Г.В. Мельничук

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ОРУДЕНЕНИЕ НИЖНЕВЕНДСКИХ ТРАППОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Нижневендские трапповые комплексы юго-западной части Восточноевропейской платформы существенно отличаются по ассоциациям магматических минералов и их химическому составу, что свидетельствует об эволюции траппового магматизма при участии процессов дифференциации и контаминации магм. Ассоциации вторичных минералов имеют зональное распределение и образовались вследствие метагенеза и гидротермального метаморфизма траппов в условиях целитовой и пренит-пумпеллиитовой фаций. Распространенное в траппах Волини самородномедное и благороднометаллическое (серебро, золото) оруденение наиболее характерно для верхнеприпятского комплекса (толеитовые базальты, туфы, долериты). Обобщены данные по минералогии нижневендских трапповых комплексов юго-западной части Восточноевропейской платформы. Рассмотрены минералогические факторы медного оруденения траппов, морфотипы и минеральный состав медных руд, морфология и компонентный состав выделений серебра и золота, их содержание в породах и минералах.

V.G. Melnichuk, A.M. Polishchuk, G.V. Melnichuk

MINERALOGICAL FEATURES AND MINERALIZATION OF LOWER-VENDIAN TRAPPEAN COMPLEXES OF SOUTH-WESTERN PART OF EAST-EUROPEAN PLATFORM

Lower-Vendian trappean complexes of the south-western part of East European platform (in age order: Zakhidnobuzkiy (West Bug), Verkhnyoprypyatskiy (West-Prypyat), Brestskiy (Brest) and Bilovezko-Podilskiy (Belovezh-Podillya) have individual mineralogical features, which evidence for the trappean magmatism evolution with participation of differentiation and contamination magma processes. The associations of secondary minerals have a zonal distribution and were formed as a result of meta-genesis and hydrothermal metamorphism of trap-rocks in zeolitic and prehnite-pumpeilitic facies condition.

The rocks of Zakhidnobuzkiy complex belong to the picrobasalt and picrodolerite family. Plagioclases, monocline pyroxene and apo-olivine aggregates predominate in their composition. The associations of epigenetic minerals (chlorite + smectite + Ca-nazeolites + laumontite + prehnite ± vairacite, chlorite + smectite + laumontite + prehnite ± native (sulfide) copper, chlorite + smectite + prehnite + albite + analcime ± calcite) mainly belong to the prehnite zone of hydrothermal-metasomatic changes.

The rocks of Verkhnyoprypyatskiy complex belong to the tholeiitic basalts and dolerite family. There are two different mineral parageneses in basalts: the former one consists of deep, often glomerophytic, plagioclase impregnations An_{87-80} and augite ones $En_{44}Fs_{18}Wo_{38}$ (central part of phenocrysts) — $En_{40}Fs_{22}Wo_{38}$ (border part), the

latter includes plagioclase with composition $An_{69}Ab_{29}Or_2$ — $An_{58}Ab_{39}Or_3$, augite $En_{42}Fs_{18}Wo_{40}$ to $En_{29}Fs_{36}Wo_{36}$, pigeonite $En_{54}Fs_{36}Wo_{10}$ — $En_{45}Fs_{44}Wo_{11}$ and low-titanous magnetite. Volcanic glass is replaced by palagonite. Ore minerals are represented by magnetite, pirrotine, chromite, chromspinel and native copper in significant quantities. The zircon age of the Luchichi layer basalts varies between 1470—2000 million years (U-Pb method, ion-ionic microprobe) and, probably, proves their capture by basaltic magma from the ancient lithosphere rocks. Hydrothermal minerals form aggregates with participation of chlorites, smectites, zeolites, quartzes, carbonates, iron hydroxides. Typomorphic associations of minerals are calcite + stilbite + analcime (vairacite), stilbite + analcime + + natrolite (thomsonite, ptilolite, heulandite), stilbite + + mordenite + chalcedony ± native copper, laumontite + + scolecite + natrolite. Prehnite, pumpeilite occur, as well. Basically, they belong to the lower-zeolitic zone of regional hydrothermal mineralization. The epigenetic ore minerals are represented by hematite, pyrite, chalcopyrite in significant quantities.

Eruptive rocks of the Brest complex are identified as andesite-dacites, pigeonitic dacites, rhyodacites of normal range and trachyrhyodacite of subalkaline range. Their secondary changes are expressed in chloritization, montmorillonitization, albitization and carbonatization. Quartz, sulfides, barite occur as individual jacks and veinlets.

Titanous basalt rock-forming minerals of Bilovezko-Podilskiy complex belong to two generations. Plagioclases of the first generation phenocrysts have labradorite-bytownite composition An_{68-73} and zonal structure: Ca content changes from centre (An_{72}) to the periphery (An_{52}), while the majority of plagioclases have labradoritic composition — An_{55} . The largest clinopyroxene individual composition of $En_{39}Fs_{21}Wo_{40}$ are low-aluminium augites. Small grains correspond to pigeonite — $En_{42}Fs_{46}Wo_{11}$, ferroaugite (to $En_{29}Fs_{35}Wo_{36}$) and to feriferous pigeonite (to $En_{42}Fs_{50}O_9$). The basalt titanomagnetites contain significant amounts of TiO_2 — from 14 to 31 %. The age of zircon from Yakushiv layer basalts is 549 ± 29 million

years (U-Pb method, ion-ionic microprobe). There is 1—15 % of volcanic glass substituted by palagonite (to 73 mass % of SiO_2) and sometimes quartz is found in the basalts' interstitium. There is no olivine in these basalts. The main associations of hydrothermal minerals in basalts and volcanoclastites of the Bilovezko-Podilskiy complex in Volyn are chlorite + smectite + chalcedony ± stilbite ± ± mordenite ± heulandite, chlorite + smectite + mordenite + chalcedony ± native (sulfide) copper. They mainly belong to the upper zeolitic zone of hydrothermal-metasomatic changes. These mineral association composites may include hisingerite, palagonites, chlorophaeite and jaspers — hydrothermal stage products and most late carbonates, vermiculite, seladonite and sulfides. Calcite, siderite, barite, quartz, chalcedony, chlorites, including sometimes analcime, sulfides (pyrite, chalcopyrite, chalcocite) and iron hydroxides are typomorphic hydrothermal trap minerals of the complex in Podillya.

Copper mineralization of the traps is of plane character and belongs to the stratiform type and native-copper ore formation. Mineral composition of ores is determined by dominance of relatively native copper allotments. Dispersed-embedded native-copper mineralization is typical of the poor ores, vein let inclusions free from impurities, nodule-nugget and, especially, combination of these morphotypes of the rich ores. Idiomorphic allotments of native copper: perfect polyhedrons and crystals' twins, are also indicators of the rich ores. Chalcocite is most widespread among sulfides. Native-copper mineralization is localized in the frontal mordenite-chalcedony zone of the column of hydrothermal changes in the basalt covers.

Noble-metal mineralization in the trap-rocks of the region is represented by silver and gold, these allotments are found in association with native copper and autonomously. The highest silver content in rocks is 18.5 g/t, gold — 9.56 g/t. Native copper also contains silver (706 g/t on the average). Gold content in copper is 110 g/t.

Native-copper and noble-metal mineralization which is widespread in the trap-rocks is most typical of the Verkhnyoprypatskiy complex.