

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, м. Київ, просп. Акад. Палладіна, 34  
E-mail: sbond@igmof.gov.ua

<sup>2</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННІ «Інститут геології»  
03022, м. Київ, вул. Васильківська, 90  
E-mail: alexgrin@univ.kiev.ua

## ЕНДОГЕННЕ ЗОЛОТО В ДОКЕМБРІЙСЬКИХ КОМПЛЕКСАХ ВОЛИНСЬКОГО МЕГАБЛОКА (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

*Досліджено самородне золото та його парагенезиси в докембрійських ендеогенних рудопросях Волинського мегаблока Українського щита. Розглянуто геологічні умови концентрації благородного металу у двох головних регіональних геолого-тектонічних структурах. У Новоград-Волинській западині (Киянський, Стрийський рудопросяи) самородне золото виявлено переважно у вигляді ксеноморфних тонкодисперсних (5–25 мкм) включень в арсенопіриті, льолінгіті, рідше у кварці. За результатами мікрозондових досліджень, золото в арсенопіриті має пробу 850–910, у кварці та серед породоутворювальних мінералів – 930–990. Установлено рідкісний мінерал – тетраурикупрід  $AuCu$  ( $Cu$  – 25 %). У парагенезисі із золотом домінують телуриди бісмуту: хедлеїт ( $Bi_7Te_3$ ), пільзеніт ( $Bi_4Te_3$ ), жозейт-В ( $Bi_4(S,Te)_2$ ) і самородний бісмут.*

*У Сквирсько-Кочерівській зоні (Поташнянський рудопрося) самородне золото має широкий діапазон проби. За деяким винятком, встановлено практично безперервний ряд від високопробного золота до золотомісного срібла. Срібло домінує в ранній продуктивній асоціації (халькопірит–борніт–халькозин–ковелін–гесит–богдановичит ( $AgBiSe_2$ )–низькопробне золото ( $Au_{60}Ag_{20}$ )–електрум ( $Au_{65}Ag_{35}$ )–кюстеліт ( $Au_{25}Ag_{75}$ )–золотисте срібло ( $Au_9Ag_{91}$ )). Пізня золото-телуридна асоціація (високопробне золото ( $Au_{90}Ag_{10}$ )–вейсит ( $Cu_{2-x}Te$ )–алтаїт ( $PbTe$ )–фробергіт ( $FeTe_2$ )–мелоніт ( $NiTe_2$ )–телуровісмутит ( $Bi_2Te_3$ )) характеризується переважанням високопробного золота. Виявлено першу сполуку селену в межах Українського щита – богдановичит.*

*Ключові слова:* самородне золото, арсенопірит, телуриди, золото-арсеновий тип, мінералізація, рудопрося.

**Вступ.** Незважаючи на низку, здавалось, сприятливих у металогенічному плані загальних геотектонічних, магматичних і метаморфно-метасоматичних умов для рудоконцентрації у Волинському мегаблоці Українського щита (УЩ), знахідки ендеогенного рудного золота були вкрай рідко [1, 2, 11, 12, 15]. Тільки останнім часом золоте зруденіння в цьому мегаблоці виявлено в межах Новоград-Волинської западини та Сквирсько-Кочерівської тектонічної зони. Слід зазначити, що в межах мегаблока систематично фіксували геохімічні аномалії, пункти підвищеного вмісту золота та окремі прояви благороднометалевої мінералізації [1, 3–5, 7, 8, 10, 14]. В металогенічних побудовах у Волинській структурно-металогенічній зоні (СМЗ) виділяють три перспективні золоторудні райони: Поліський, Кочерівський і Новоград-Волинський [5].

У межах Поліського району підвищений вміст золота (до 1 г/т) установлено в скарнах східного обрамлення Каменського масиву (Беларусь). Самородне золото наявне у вигляді включень у халькопіриті та сфалериті, в асоціації з каролітом, борнітом, самородним сріблом, геситом, а також телуридами свинцю і бісмуту [11].

В Суцано-Пержанській зоні збагаченими на благородні метали виявилися лужні (рибекітові та егіринові) пержанські граніти, з якими пов'язані рудоносні мікроклініти (пертозити). За даними пробірного та спектрально-хімічного аналізів, максимальні значення для золота (до 3 г/т) отримано у польовошпатових метасоматитах з накладеною сульфідною мінералізацією (халькопірит + галеніт + сфалерит + борніт + халькозин). При цьому концентрація срібла варіювала від 150 до 1 % [12]. Певною мірою збагаченими золотом виявились апікальні частини Яструбецького сієнітового масиву. В західному екзоконтакті цього масиву, серед жильних кварц-біотит-мікроклінових метасоматитів, установлено благороднометалеву мінералізацію в асоціації з галенітом, піритом та арсенопіритом [11].

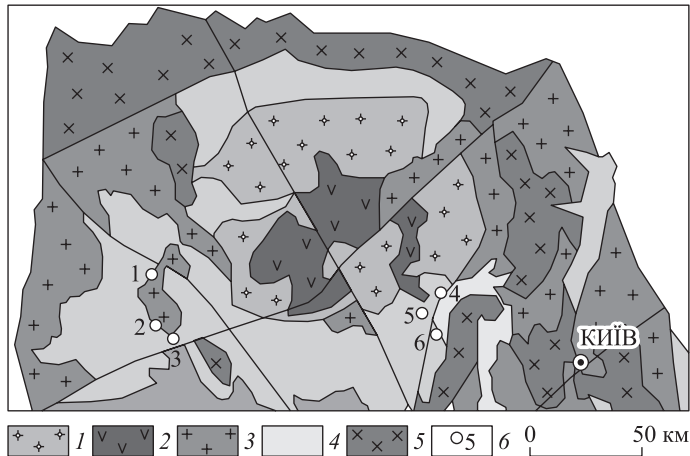
У межах Сквирсько-Кочерівської тектонічної зони (Кочерівський район) виділено 6 перспективних на золото ділянок (Папирнянська, Чудинська, Білківська, Красилівська, Водотіївська і Корнинська), приурочених до тектонічних зон з інтенсивним проявом процесів метасоматичних змін та окварцювання [3, 5, 8]. Про наявність золота в розрізах Кочерівської синклінальної структури уперше згадував у геологічних звітах Р.М. Довгань. Вивчаючи фракції штучних шліхів із силікатно-карбонатних сланців кочерівської світи, В.М. Вербицький [4] виявив у пробах видиме під мікроскопом золото.

В окремих точках північної та західної частин Сквирсько-Кочерівської зони середній вміст золота у сульфідизованих графіт-біотитових гнейсах становив 0,15 г/т, максимальний (0,3—4 г/т) визначено в зонах окварцювання гідротермальномінієних (епідот-амфіболітова фація) гнейсів. Золоторудна мінералізація супроводжується низькотемпературною пірит-халькопіритувою асоціацією.

Під час проведення пошуково-розвідувальних робіт у 1994—1997 рр. на Забілочівсько-Водотіївській площі, геологи експедиції № 49 Казенного підприємства (КП) «Кіровгеологія» відкрили рудопрояви золота Межирицький, Білківський і Поташнянський (рис. 1) [14]. У першому прояві методом атомної абсорбції та хіміко-спектральним аналізом у брекчованому та пропілітизованому біотитовому гнейсі концентрація золота дорівнювала 6—9 г/т. До складу золоторудної мінералізації входить парагенетична асоціація пірит + піротин + халькопірит + сфалерит + галеніт. У Білківському рудопрояві в зонах катаклазу та сульфідизації скарнованих гнейсів зафіксовано вміст благородного металу 28 г/т. У Поташнянському рудопрояві золото виявлено мінералогічно.

Перші на Волинському мегаблоці УЩ рудопрояви ендегенного золота (Стрийський, Киянський, Іванівський) відкрили геологи КП «Кіровгеологія» у Новоград-Волинському районі (рис. 1) [2]. Відомий також Вільшанський прояв золотої мінералізації [5].

Крім зазначених проявів золоторудної мінералізації золото трапляється і серед магматичних та інтрузивних комплексів Волинського мегаблока. Так, у сульфідах із меланократового габро-інтрузиву «Годиха» (південне облямування Букинського масиву) виявлено вміст золота до 11,83 г/т. У межах Красногірсько-Житомирської зони встановлено мінералізацію золота на Гулянській ділянці, що просторово тяжіє до південно-західного екзоконтакту Коростенського плутону. Підвищена концентрація золота (до 0,3 г/т) пов'язана з комплекс-



**Рис. 1.** Схематична геологічна карта розміщення рудопроявів золота в межах Волинського мегаблока: 1 — граніти рапаківі; 2 — мафіти; 3 — граніти та мігматити; 4 — метаосадові породи; 5 — гранодіорити та діорити; 6 — рудопрояви золота (1 — Стрийський, 2 — Киянський, 3 — Іванівський, 4 — Межиріцький, 5 — Поташнянський, 6 — Білковський)

**Fig. 1.** Schematic geological map of distribution of gold manifestations in Volyn megablock: 1 — rapakivi granites; 2 — mafites; 3 — granites and migmatite; 4 — metaterrigenous rocks; 5 — granodiorites and diorites; 6 — gold ore manifestations (1 — Stryivka, 2 — Kiyanka, 3 — Ivanivka; 4 — Mezhyrichchya, 5 — Potashnia, 6 — Bilkovka)

ними геохімічними аномаліями бісмуту, міді, срібла, молібдену, свинцю серед окварцьованих та сульфідизованих основних порід дайкового комплексу [8].

*Мета роботи* — дослідити типові ознаки ендогенного золота в рудопроявах Волинського мегаблока УЩ. Установити головні його рудні парагенезиси та асоціації. Провести аналіз геологічних умов локалізації золотої мінералізації. На підставі отриманих результатів оцінити перспективність золоторудних проявів.

*Методи досліджень.* Для вивчення самородного золота і рудних мінералів застосовували класичні методи мінераграфії. Дослідження самородного золота та його парагенезисів проведено в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) ім. М.П. Семененка НАН України за допомогою растрового електронного мікроскопа JSM-6700F (фірми JEOL). Дані щодо хімічного складу самородного золота отримано за допомогою мікрозондових приладів JXA-5 (ІГМР), JСХА-733, JXA-8200 (Технічний центр НАН України).

**Результати досліджень і обговорення. Самородне золото Новоград-Волинської западини.** Два головні в регіональному плані рудопрояви формувались у подібних геолого-тектонічних умовах і мають багато спільних рис у речовинному складі вмінних порід і безпосередньо руд.

Стрийський рудопряв просторово збігається з крайовою частиною комплексного Au-As-Vi геохімічного ореола площею близько 7 км<sup>2</sup>, що знаходиться на південно-західному замиканні Гульської структури, серед гранітів і графітовмісних мікрогнейсів біотитового і амфібол-біотитового складу. Золоторудна мінералізація розміщується в кварцових жилах ендоконтакту. Рудна зона орієнтована в широтному напрямку. В загальних рисах ореол збігається з контуром графітовмісних порід, розкритих в цій частині площі свердловинами.

У смолдирівській структурі подібний Киянський рудопряв локалізований в екзо-ендоконтактових зонах однойменного гранітного масиву. Вмісні породи

представлені вуглецевмісними біотит-плагіоклазовими мікрогнейсами, гнейсами, амфіболітами, кристалосланцями новоград-волинської світи, що знаходяться серед гранодіоритів і гранітів. Порооди різною мірою змінені в умовах ультраметаморфізму — окварцьовані та частково перетворені в тонкосмугасті мігматити. Повсюдно в розрізі закартовано великозернисті біотитові граніти пегматоїдного вигляду. В рудоносних зонах ритмічне перешарування згаданих метаморфітів доповнюють прошарки метаультрамафітів.

У межах рудоносних структур поширені тектонічні елементи, що утворилися в умовах складчастих пластичних деформацій. Зруденіння в більшості випадків приурочене до ділянок перетинання і спряження різноманітних розломів. Загалом будова рудних тіл досить мінлива: штокверки, окремі тіла, окварцьовані лінійні зони. Невитримані потужності, нерідко складне лінування на фоні тектонічних порушень суттєво впливають на кондиції руд.

Здебільшого золото-арсенова мінералізація локалізована на окремих ділянках у зальбандах та екзоконтактах кварцових прожилків.

Золоторудна мінералізація в рудопроявах характеризується доволі сталим набором рудних мінеральних асоціацій та золотоносних парагенезисів. Виділено три стадії золоторудного мінералоутворення, що в порядку утворення від ранніх до пізніших характеризуються набором стійких мінеральних комплексів: дорудна (оксидна), представлена ільменітом; власне золоторудна (продуктивна) — асоціації самородного золота з арсенідами і сульфоарсенідами заліза, сульфідами, самородним бісмутом і телуридами; пострудна — утворення сульфідів, карбонатів і гідроксидів заліза.

*Арсенопірит* — типовий мінерал, головний надійний індикатор золоторудного процесу на всіх проявах. Особлива генетична функція цього мінералу полягає в тому, що основна маса золота концентрується безпосередньо в його матриці. Морфологія виділень арсенопіриту в рудопроявах Яруньської площі варіює від короткопризматичних ізометричних до довгопризматичних голчастих агрегатів. Іноді агрегати сульфоарсеніду заліза набувають списоподібного обрису. В рудах Киянського рудопояву виявлено арсенопірит двох генерацій.

*Льолінгіт* обмежено наявний на ділянках прояву інтенсивної арсенової мінералізації. Як правило, мінерал спостерігався у вигляді реліктових включень серед арсенопіриту, що свідчить про його раніше утворення.

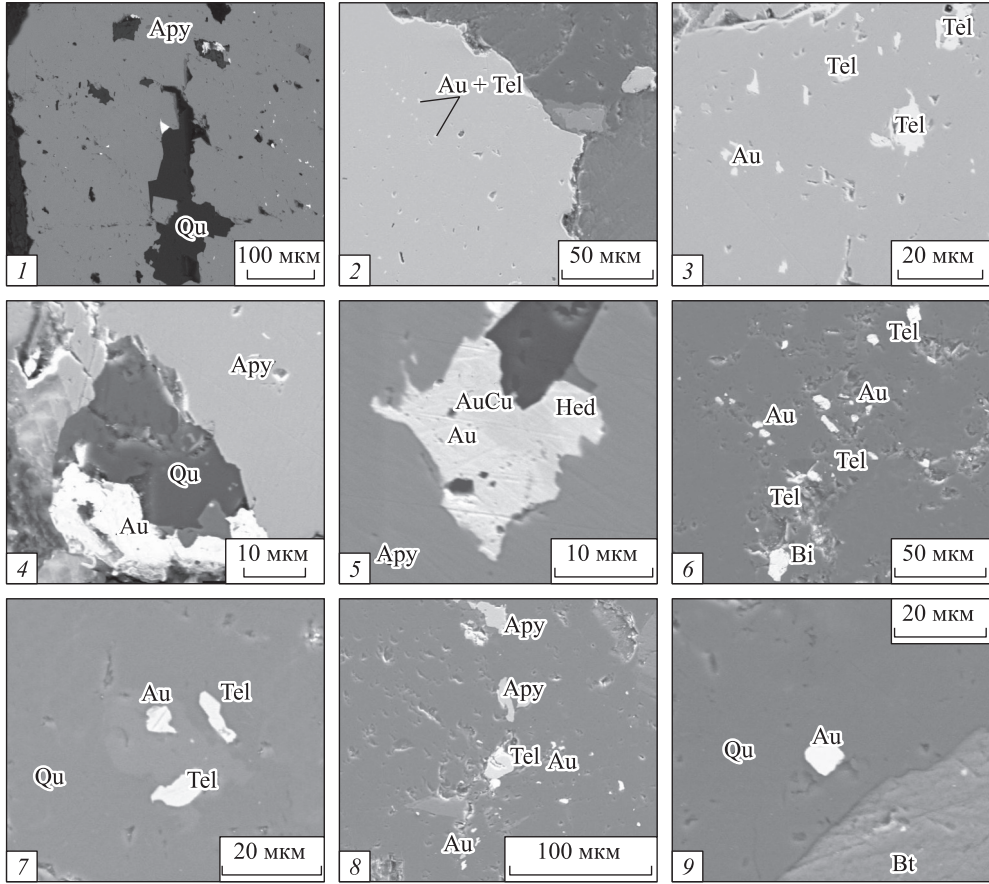
Крім залізо-арсенової мінералізації в метаперидотитах Іванівського рудопояву встановлено суттєво кобальт-нікель-арсенові асоціації, до складу яких входять сафлорит, кобальтин, нікелін, маухерит, герсдорфіт.

*Самородне золото* в рудах знаходиться переважно (80—90 %) у тонкодисперсному стані безпосередньо в арсенопіриті (рис. 2, 1—3). Частина золота відкладалась у кварці поблизу виділень мінералів арсену (рис. 2, 4—6). Як показали мінеграфічні дослідження, стосовно арсенопіриту та льолінгіту золото відкладалося з деяким запізненням, про що свідчать численні факти часткової цементації золотом міжгранулярного простору в роздробленому арсенопіриті, а також заповнення в ньому пустот і мікротріщин. Часто золото має закономірні складні й доволі завуальовані зв'язки з матрицею. На наш погляд, входження «невидимого золота» в арсенопірит зумовлене не ізоморфізмом, а механічним включенням або атомарним розсіюванням у дислокаціях і мікротріщинах.

Згідно з результатами дослідження самородного золота під рудним мікроскопом, за морфологічними особливостями його умовно можна розділити на чотири основні групи:

- подовжені агрегати та пригнічені мікропрожилки, що заповнюють мікротріщинки та двійникові шви у мінералах-матрицях;





**Рис. 2.** Самородне золото в рудопроявах Новоград-Волинської западини. Електронне зображення (BSE): 1 — тонкодисперсне золото і телуриди (світле) в арсенопіриті (Ару), Киянський рудопрояв, св. 50—37<sup>б</sup>, гл. 127,4 м; 2 — самородне золото (Au) і телуриди (Tel) в арсенопіриті (Ару), Стрийвський рудопрояв, св. 50—33, гл. 172,3 м; 3 — золото (Au) і телуриди (Tel) серед арсенопіриту (Ару), те саме; 4 — велике виділення відносно золота (Au) на краю зерна арсенопіриту (Ару), те саме; 5 — включення золота (Au), тетрааурикуприду (AuCu) і хедлєйту (Hed) в арсенопіриті (Ару), те саме; 6 — самородне золото (Au), самородний бісмут (Bi), телуриди (Tel) у кварці, Стрийвський рудопрояв, св. 50—33, гл. 198,4 м; 7—9 — золото (Au), телуриди (Tel) разом з арсенопіритом (Ару) у кварці, Стрийвський рудопрояв, св. 50—33, гл. 172,3 м

**Fig. 2.** Native gold in ore manifestations of the Novograd-Volyn depression. Electronic image (BSE): 1 — finedisperse gold and tellurides (light) in arsenopyrite (Apy), Kiyanka ore manifestation, borehole 50—37<sup>b</sup>, depth 127.4 m; 2 — native gold (Au) and tellurides (Tel) in arsenopyrite (Apy); Stryivka ore manifestation, borehole 50—33, depth 172.3 m; 3 — gold (Au) and tellurides (Tel) among arsenopyrite (Apy), the same; 4 — segregations of relatively large gold (Au) on margin of arsenopyrite grain (Apy), the same; 5 — inclusion of gold (Au), tetraauricupride (AuCu) and hedleyite (Hed) in arsenopyrite (Apy), the same; 6 — native gold (Au), native bismuth (Bi), tellurides (Tel) in quartz, Stryivka ore manifestation, borehole 50—33, depth 198.4 m; 7—9 — gold (Au), tellurides (Tel) together with arsenopyrite (Apy) in quartz, Stryivka ore manifestation, borehole 50—33, depth 172.3 m

• переважання близьких до ізометричних, округлих, краплеподібних зерен, що у вигляді дрібнодиспергованих включень в асоціації з телуридами нерівномірно розпорошені в матриці арсенопіриту (рис. 2, 1—3); розмір золотин здебільшого субмікроскопічний (2—30 мкм у поперечнику);

Таблиця 1. Результати мікрзондових аналізів самородного золота із рудопроявів Новоград-Волинської тектонічної структури, %

Table 1. Microprobe analyses of native gold from ore manifestations of Novograd-Volyn tectonic structure, in weight

№ з/п	Au	Ag	Cu	Bi	Te	Sb	S	As	Σ
<i>Киянський рудопрояв</i>									
1	58,40	39,01	0,00	0,13	0,11	0,00	Сліди	—	97,65
2	86,25	12,73	0,18	0,22	сл.	—	—	—	99,38
3	88,16	10,64	0,00	0,34	0,26	—	—	—	99,40
4	90,03	10,17	0,06	0,05	0,08	—	—	—	100,39
5	86,13	12,02	0,00	0,17	0,05	0,00	0,00	—	98,37
6	87,45	10,94	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	98,46
<i>Стрийський рудопрояв</i>									
7	95,12	2,95	0,59	0,42	—	—	—	0,24	99,32
8	94,71	4,06	0,35	0,28	—	—	—	0,08	99,48
9	87,16	9,38	3,30	—	—	—	—	0,19	100,03
10	74,09	3,42	19,94	—	—	—	—	0,21	97,66
11	90,95	5,50	0,64	0,03	—	—	—	—	97,12
12	91,72	4,68	—	5,44	—	—	—	—	101,84
13	93,21	6,89	—	0,06	0,03	0,00	0,00	0,01	100,20
14	90,43	7,76	0,03	0,13	0,11	—	—	—	98,46
15	88,76	9,47	0,38	0,74	—	—	—	—	99,35
16	95,61	4,86	0,22	0,08	—	—	—	—	100,77
17	96,05	3,19	0,12	0,16	—	—	—	—	99,52
18	95,17	3,80	0,00	0,05	0,00	—	—	—	99,02
19	92,72	5,62	0,15	—	—	—	—	—	98,49
20	89,02	10,20	0,04	0,04	0,00	—	—	—	99,30

Примітка. 1 — електрум, включення в арсенопириті, св. 50—37<sup>6</sup>, гл. 127,4 м; 2, 3 — золотини в асоціації з жозейтом-В, св. 0—37<sup>6</sup>, гл. 154,8 м; 4—6 — включення в арсенопирит-льолінгітовому агрегаті; 7 — ізольоване зерно у кварці, св. 0—33, гл. 172,3 м; 8 — зерно на краю арсенопиритового агрегату; 9 — включення — зростки з тетраурикупримом в арсенопириті; 10 — тетраурикуприм; 11 — пластинчасте включення в арсенопириті; 12 — дрібні зростки з телуридами бісмуту, там само; 13 — 15 — дрібні зерна в асоціації з телуридами серед піротин-арсенопиритових агрегатів, там само; 16, 17 — золотинки геміодіоморфної форми у кварці, св. 50-33, гл. 171,3 м; 18, 19 — зростки з телуридами бісмуту в кварці, там само; 20 — включення в арсенопириті, св. 50—33, гл. 171,3 м. Аналізи виконано в Технічному центрі АН України на приладі JСХА-8200 (№ 36, 42—45, аналітик В.Б. Соколов), решта — на приладі JXA-5 в ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України (аналітик Л.І. Канунікова).

- відносно великі золотини (до 0,1 мм у поперечнику) навколо арсенопирит-льолінгітових агрегатів (рис. 2, 4);
- утворення у кварці (рис. 2, 6—8), близькі до геміодіоморфного класу внаслідок проявам елементів полігональності в їх зовнішньому вигляді (рис. 2, 9).

За результатами мікрзондових досліджень установлено, що золото в арсенопириті має пробу 850—910, а так зване вільне золото, яке трапляється у кварці та серед породоутворювальних мінералів, більш високопробне — 930—990 (табл. 1). Типоморфна особливість золота Ярунської площі — наявність у його складі домішок міді в межах від 0,01 до 3 %. У рудах Стрийського рудопрояву

в асоціації з хедлєйтом і самородним золотом в арсенопіриті встановлено надзвичайно рідкісний мінерал золота — тетрааурикуприд ( $\text{AuCu}$ ) (рис. 2, 5).

Телуриди надзвичайно поширені в рудах на всіх вищезгаданих рудопроявах. Поведінка телуридів у процесі рудного мінералоутворення багато в чому подібна до поведінки золота. Їх генетичний зв'язок із золотом підтверджується постійною просторовою близькістю та наявністю численних зростків (рис. 2, 1—3, 5—7). Інколи ореоли поширення телуридів у рудних зонах значно перевищують ореоли золота. Au-Te парагенезиси формувалися за дифузійного перерозподілу металів у мінералах-концентраторах: арсенопіриті та льолінгіті або ж безпосередньо поряд з ними, серед породоутворювальних мінералів. Спостерігається майже повне домінування сполук телуру з бісмутом. У системі Bi—Te встановлено такі індивідуалізовані фази: хедлєйт ( $\text{Bi}_7\text{Te}_3$ ), пільзеніт ( $\text{Bi}_4\text{Te}_3$ ), жозеїт-В ( $\text{Bi}_4(\text{S},\text{Te})_3$ ).

Самородний бісмут фіксуємо досить рідко в асоціації з телуридами і самородним золотом (рис. 2, б).

Графіт і антроксоліт — доволі поширені сполуки в золоторудних асоціаціях. Причому великолусковатий графіт спостерігається безпосередньо в кварцових прожилках, а антроксоліт поширений у складі золотоносних парагенезисів в екзоконтактних зонах біотитизації.

**Золото у Потапнянському рудопрояві.** Рудопрояв локалізований в західному екзоконтакті Кочерівського масиву, що характеризується розвитком мережі плікативних і розривних порушень. Загальні уявлення про геологічну будову прояву ґрунтуються за результатами вивчення матеріалів експедиції № 49 КП «Кіровгеологія» [14].

За даними розрізів окремих глибоких свердловин рудовмісна товща є контрастною за складом пачкою перешарування гранітизованих біотитових і амфібол-біотитових гнейсів, які пронизані ін'єкціями жилоподібних тіл апліт-пегматоїдних порід кварц-мікроклінового та біотит-кварц-мікроклінового (+мусковіт) складу.

Золото-срібна мінералізація спостерігається переважно в кварцовожильних виповненнях серед амфібол-біотитових плагіогнейсів. Мінеральний склад найменш змінених відмін останніх таких (%): плагіоклаз (30—55); амфібол (30—35); кварц (10—15); мікроклін, епідот (2—3); кварц (10—15).

Золотоносні кварцові прожилки часто лінзоподібної форми, не витримані за простяганням, мають виражений січний характер щодо загальної орієнтації гнейсів. Потужність прожилків не перевищує 10 см. Рудний кварц — світло-сірий до прозорого, складений агрегатами із зазубреними обрисами, має хвилясте погасання. У кварці розвинута тріщинуватість у двох взаємоперпендикулярних напрямках. Кварц насичений різними включеннями породоутворювальних (польові шпати, епідот, карбонат), акцесорних і рудних мінералів. У зальбанді кварцового прожилку встановлено новоутворення барієвого польового шпату (гіалофану,  $\text{BaO}$  — 2,84—7,88 %) та вольфрамовмісного рутилу ( $\text{WO}_3$  — 4 %).

Рудна мінералізація, яка супроводжує золото, характеризується широким набором мінеральних видів — від самородних елементів до сульфідів, телуридів і навіть селенідів.

Виділено декілька послідовних стадій в процесі золоторудного мінералоутворення: рання сульфідна, середня сульфідна (малопродуктивна), пізня золото-срібна (продуктивна) з вторинними сульфідами і телуридами.

Рання сульфідна стадія тісно пов'язана з процесами діафорезу і характеризується розвитком виключно піриту, який значно поширений у збагачених золотом зальбандах кварцових жил і безпосередньо у вмісних породах.

Середня сульфідна стадія є епігенетичною щодо ранньої сульфідної та акцесорної мінералізації. На цій стадії формувалась прожилково-вкраплена, розсіяна, рідше гніздова суттєво халькопїритова мінералізація з незначною кількістю сфалериту.

Пізня продуктивна сульфідно-золото-срібна (з телуридами і селенідами) стадія є полімінеральною. Мінерали благородних металів утворювалися на фоні широкого розвитку процесів вторинного сульфідного збагачення. На цій стадії відбувався диференційований перерозподіл рудних мінералів, що дає змогу виділити кілька співіснуючих типоморфних парагенетичних асоціацій.

Асоціація халькопїрит-2 — борніт — халькозин — ковелін — гесит  $Ag_2Te$  — богдановичит ( $AgBiSe_2$ ) — низькопробне золото  $Au_{80}Ag_{20}$  — електрум ( $Au_{65}Ag_{35}$ ) — кюстеліт ( $Au_{25}Ag_{75}$ ) — золотисте срібло дуже рідко набуває повністю завершеного вигляду, але просторово доволі чітко простежується і тяжіє до центральних зон кварцових жил.

Золото поширене в рудах досить нерівномірно і тяжіє до зальбандів кварцових прожилків. Проба золота варіює у достатньо широкому діапазоні. За деяким винятком, мікрозондовим аналізом встановлено практично безперервний ряд від низькопробного золота до золотовмісного срібла  $Au_5Ag_{95}$  (табл. 2, ан. 1—11).

Низькопробне золото ( $Au_{80}Ag_{20}$ ) виявлено у вигляді тонкодисперсних включень у халькопїриті в парагенній асоціації з геситом і богдановичитом (рис. 3, 3, табл. 2, ан. 6, 7).

Електрум ( $Au_{65}Ag_{35}$ ) трапляється надзвичайно рідко. Кулястої форми зростки мінералу з геситом установлено по краях зерна халькопїриту (рис. 3, 4). Наявність золота у пробі підтверджено мікрозондовим аналізом (табл. 2, ан. 7).

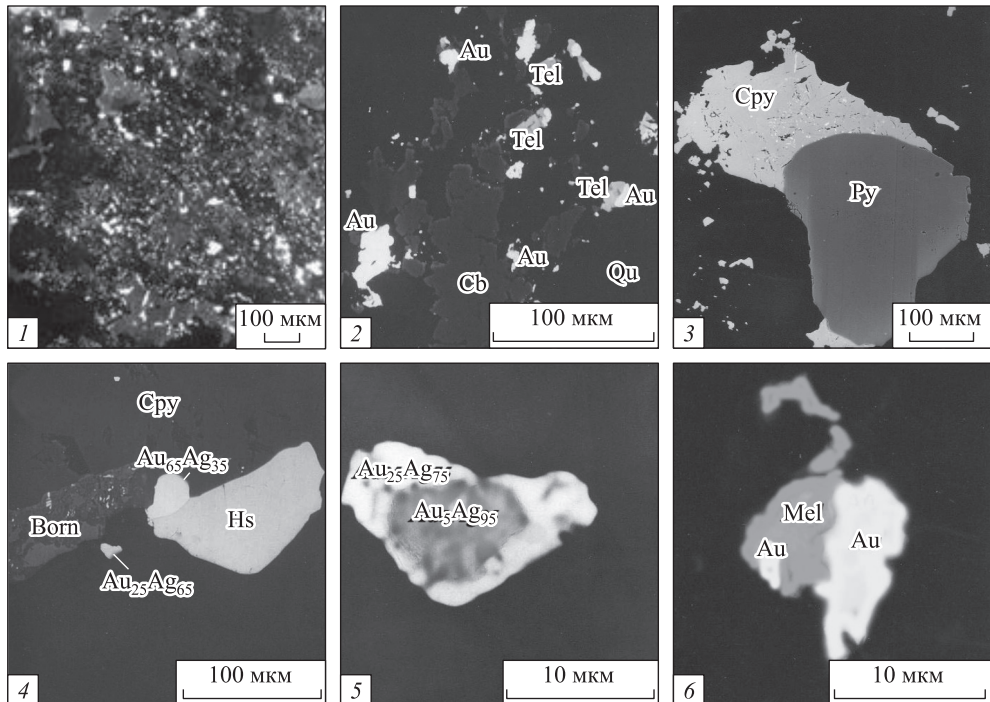
Таблиця 2. Результати мікрозондових аналізів мінералів золота та срібла із руд Поташнянського рудопрояву, %

Table 2. Microprobe analyses of gold and silver minerals from ores of Potashnia ore manifestation, in weights

Номер аналізу	Au	Ag	Cu	Te	S	Sb	Pb	Fe	Σ	Проба
1	96,01	3,20	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	99,61	968
2	93,45	4,86	0,31	0,04	0,00	0,00	0,00	0,24	98,90	951
3	92,82	4,40	0,28	0,48	0,00	0,00	0,09	0,31	98,38	955
4	91,65	7,17	0,19	0,00	0,11	0,00	0,00	0,08	99,20	927
5	90,03	8,36	0,06	0,00	0,05	0,00	0,00	0,17	98,67	915
6	80,05	17,01	0,32	0,00	0,10	0,00	0,00	0,38	97,86	825
7	71,93	27,56	0,07	0,00	0,01	0,00	0,35	0,00	99,92	723
8	25,29	71,57	0,31	0,02	0,09	0,00	0,00	0,12	97,40	261
9	23,34	70,81	0,98	0,60	0,19	0,00	0,00	0,36	96,28	248
10	8,18	91,33	0,16	0,08	0,10	0,00	0,00	0,11	99,97	—
11	3,71	94,80	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	98,65	—

Примітка: 1—3 — високопробне золото у кварці; 4, 5 — золото у зростках з карбонатом і кварцом; 6 — низькопробне золото в халькопїриті; 7 — електрум, зростки з геситом; 8, 9 — кюстеліт, фаза із неоднорідного агрегату; 10, 11 — фаза золотовмісного срібла, св. 42—522, гл. 67,0 м. Аналізи виконані на приладі JCSA-733 (аналітик В.Б. Соболев).





**Рис. 3.** Електронне зображення (BSE) самородного золота на Поташнянському родовищі (св. 42—522, гл. 67,0 м): 1 — розсіяна золото-телуридна мінералізація серед кварц-карбонатних агрегатів; 2 — золото (Au) в асоціації з телуридами (Tel); 3 — золотонесний халькопірит (Cpy) обростає ранній пірит (Py); 4 — асоціація борніт (Born)—електрум ( $Au_{65}Ag_{35}$ )—кюстеліт ( $Au_{25}Ag_{75}$ )—гесит (Hs) в халькопіриті (Cpy); 5 — складний агрегат—золотисте срібло ( $Au_{25}Ag_{95}$ )—кюстеліт ( $Au_{25}Ag_{75}$ ); 6 — зростки мелоніту (Mel) із золотом (Au)

**Fig. 3.** Electronic image (BSE) of native gold in Potashnia deposit (borehole 42—522, depth 67.0 m): 1 — disseminated gold-telluride mineralization among quartz-carbonate aggregates; 2 — gold (Au) in association with tellurides (Tel); 3 — gold-bearing chalcopyrite (Cpy) overgrowing early pyrite (Py); 4 — association of bornite (Born)—electrum ( $Au_{65}Ag_{35}$ )—kustelite ( $Au_{25}Ag_{75}$ )—hessite (Hs) in chalcopyrite (Cpy); 5 — complex aggregate—golden silver ( $Au_{25}Ag_{95}$ )—kustelite ( $Au_{25}Ag_{75}$ ); 6 — intergrowths of melonite (Mel) with gold (Au)

Кюстеліт ( $Au_{25}Ag_{75}$ ) і золотовмісне срібло  $Au_{25}Ag_{95}$  виявлено у вигляді окремих фаз під час мікрозондових досліджень гетерогенної золотини із молочно-білого кварцу (рис. 3, 5). У межах локальності зонда в центральній частині агрегату виявлено фазу, що за складом відповідає сріблу з вмістом золота від 3,71 до 8,18 % (табл. 2, ан. 10, 11), а периферійні зони — однорідні, за складом близькі до кюстеліту (табл. 2, ан. 8, 9).

В.П. Самусіков [13] звернув увагу на існуючу неоднорідність фаз високосрібних складів. На його думку, можливо, золото кюстелітового складу є не твердим розчином або інтерметалевою сполукою, а дисперсною сумішшю самостійних часточок самородного золота та срібла.

Пізня стадія характеризується розвитком золото-телуридних парагенезисів зі значним розмаїттям телуридів (вейсит ( $Cu_{2-x}Te$ ) — алтаїт ( $PbTe$ ) — фробергіт ( $FeTe_2$ ) — мелоніт ( $NiTe_2$ ) — телуровісмутит ( $Bi_2Te_3$ )) і високопробного золота ( $Au_{90}Ag_{10}$ ).

Високопробне золото ( $Au_{90}Ag_{10}$ ) здебільшого «вільне» і виповнює інтерстиції між зернами кварцу або формує зростки з карбонатом і телуридами у

вигляді гнізд, шліроподібних скупчень (рис. 3, 2). Інколи золотини входять до складу полімінеральних зростків з телуридами (рис. 3, 2, б).

Морфологія виділень субмікроскопічних зерен доволі різноманітна: заокруглені краплеподібні, витягнуті агрегати, а також дрібні часточки, які досить часто набувають гемідіоморфного обрису. Найбільші золотини амебоподібної форми досягають 40—60 мкм за видовженням (рис. 3, 2).

За даними мікрозондового аналізу високопробне золото містить домішки міді, телуру, заліза, свинцю (табл. 2, ан. 1—5), що загалом відображає весь геохімічний спектр супутніх мінералів.

*Телуриди* золото-телуридної асоціації — досить рідкісні мінерали за хімічним складом для УЩ. Сполуки телуру є постійною складовою субмікроскопічних полімінеральних зростків — агрегатів за участю самородного золота. За подовженням розмір найбільших ксеноморфних агрегатів, де переважає вейсит, становить 40—80 мкм. Крім вейситу зафіксовано алтаїт, фробергіт, мелоніт, телуровісмутит.

**Висновки.** Ендогенне золото у Волинському мегаблоці концентрується в різноманітних геолого-тектонічних умовах, що, в цілому, не характерно для інших мегаблоків УЩ. Встановлені типові ознаки самородного золота, його парагенезиси та асоціації в Поташнянському рудопрояві та на проявах Новоград-Волинської западини суттєво різняться. Єдине, що їх поєднує, — підвищений вміст телуридів. Рудопрояви формувалися на пізніх стадіях ультраметаморфізму в інтервалі 2100—1800 млн років [6]. За класифікацією D.I. Groves [15], подібні родовища належать до орогенного типу.

Відповідно до результатів досліджень, за комплексом мінералогічних ознак і пошукових критеріїв рудопрояви Новоград-Волинської товщі подібні до багатьох інших золоторудних об'єктів золото-арсенового типу УЩ. Насамперед це просторова локалізація серед вуглецевмісних протерозойських супракрystalльних товщ в екзоконтактах обрамлення гранітних, мігматит-гранітних структур [1]. Золоторудна мінералізація утворюється на постгранітизаційному регресивному етапі в пористо-тріщинних зонах циркуляції гідротермальних розчинів, нагрітих за рахунок теплового поля гранітоїдних масивів. Вмісні породи зазнають окварцювання, діафоричних змін (мусковітизація, хлоритизація). Аналіз умов локалізації та особливостей мінерального складу згаданих рудопроявів золота вказує на універсальний процес їх формування [2]. Головною продуктивною мінеральною асоціацією є льолінгіт — арсенопірит — золото самородне. При цьому роль сульфідів у процесі концентрації благороднометалевої мінералізації є доволі неоднозначною, а їх наявність взагалі є часто зовсім не обов'язковою. За результатами мікрозондових досліджень встановлено, що золото в арсенопіриті має пробу 850—910, так зване вільне золото, яке трапляється у кварці та серед породоутворювальних мінералів, більш високопробне — 930—990. Серед типових елементів-домішок переважає мідь — до 3%. Парагенними до золота є телуриди бісмуту та самородний бісмут.

Цей тип відіграє значну роль у загальному балансі рудного золота в ендегенних рудопроявах і родовищах УЩ, які поширені насамперед серед протерозойських високометаморфізованих вулканогенно-осадкових товщ Інгульського та Дністровсько-Бузького мегаблоків. Досить значні подібності спостерігаються в мінеральному складі головних золоторудних асоціацій та продуктивних парагенезисів. На відміну від інших орогенних родовищ і рудопроявів західної частини УЩ, що формувалися в умовах амфіболітової та гранулітової фацій, золоторудні об'єкти Ярунської площі вигідно вирізняються порівняно незнач-

ним (2—2,5 км) рівнем еродованості [6]. Останній факт засвідчує можливі перспективи поширення багатішого зруденіння на глибину.

Поташнянський рудопрояв за мінералого-геохімічними особливостями є нетрадиційним для глибокометаморфізованих (гранулітова та амфіболітова фації) докембрійських утворень УЩ [1]. Рівень метаморфізму порід, розкритих у рудних зонах цього прояву, не перевищує епідот-амфіболітову фацію, а мінералізація приурочена до крайових та апікальних частин масиву — мікроклінових гранітів у найменш еродованій частині західного району щита — Кочерівській структурі. Мінералізація належить до типових близькоповерхневих утворень і геохімічно спеціалізована на Ag, Au, Te, Se, S. Подібна золото-срібна мінералізація (із сульфідами, телуридами та селенідами), за уявленнями О.С. Юшко-Захарової [9], належить до малоглибинних (до 1 км). Поташнянський рудопрояв може слугувати індикатором можливого прихованого родовища, що виходить на сучасну поверхню своїм верхньорудним виклинюванням. Співвідношення між благородними металами у Поташнянському рудопрояві характеризується переважанням срібла над золотом. Срібло входить до складу ранішої продуктивної асоціації (халькопірит—борніт—халькозин—ковелін—гесит—богдановичит—низькопробне золото—електрум—кюстеліт—золотисте срібло. Золото-телуридна асоціація (високопробне золото—вейсит—алтаїт—фробергіт—мелоніт—телуровісмутит) відзначається переважанням золота.

Факт наявності мінералізації цього типу великою мірою підвищує перспективність пошуків золотого зруденіння в межах Сквирсько-Кочерівської зони.

Результати вивчення золоторудної мінералізації зазначених вище рудопроявів ще раз підтверджують той факт, що не існує єдиного універсального процесу перенесення та відкладення золота, який можна було б застосовувати для різних родовищ. Фізико-хімічні умови петро- і рудогенезу часто різняться, як, відповідно, і властивості мінералізуючих флюїдів. Все це впливає на склад парагенних асоціацій та типоморфізм самородного золота.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Бондаренко С.М.* Золоторудна мінералізація західної частини Українського щита: Автореф. дис. ... канд. геол. наук. — К., 2009. — 22 с.
2. *Бондаренко С.М., Сьомка В.О., Паталаха М.Є., Коляда В.В.* Золоторудна мінералізація Новоград-Волинської товщі (Український щит) // Актуальні проблеми геохімії, мінералогії, петрології та рудоутворення. Міжнар. наук. конф. (Київ, 19—20 лют. 2009) — К., 2009.
3. *Бочай Л.В., Галецький Л.С., Кумин Э.А.* Металлогеническое районирование территории Украины на золотое оруденение // Проблемы золотоносности недр Украины: Сб. науч. тр. — Киев, 1997. — С. 94—109.
4. *Вербицкий В.Н., Вербицкая Э.И.* Проявление золоторудной минерализации в докембрии северо-запада Украинского щита // Геол. журн. — 1979. — № 5. — С. 148—150.
5. *Гурский Д.С.* Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. Металлические полезные ископаемые / [под ред. Н.П. Щербака, А.Б. Боброва]. — Киев; Львов: Центр Европы, 2005. — 783 с.
6. *Гейко Ю.В., Глухов А.П., Кривдик С.Г., Цымбал С.Н.* Вулканиды среднего и кислого состава Новоград-Волинского блока Украинского щита и перспективы его рудоносности // Геология і магматизм докембрію Українського щита: Зб. статей. — К., 2000. — С. 148—149.
7. *Костенко М.М.* Перспективи золото- та платиноносності північно-західного району Українського щита // Регіональні геологічні дослідження в Україні і питання створення держгеолкарти-2000: Тези доп. Наук.-виробн. наради геологів-зйомщиків України (м. Гурзуф, 17—22 вер.). — К., 2001. — С. 163—167.
8. *Комплексна металогенічна карта України.* Поясн. зап. / [гол. ред. С.В. Гошовський]. — К.: УкрДГРІ, 2003. — 326 с.

9. *Минералы благородных металлов*: Справочник / О.Е. Юшко-Захарова, В.В. Иванов, Л.Н. Соболева [и др.]. — М.: Недра, 1986. — 272 с.
10. *Металлиди С.В., Гурский Д.С., Бабынин А.К. и др.* Перспективы поисков золота в северо-западной и центральной частях Украинского щита // Геол. журн. — 1992. — № 4. — С. 73—78.
11. *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. — № 6. — С. 1483—1487.
12. *Нечаев С.В., Бондаренко С.Н., Семка В.А.* Рудно-геохимические особенности скарнов на юге Белоруссии // Докл. АН БССР. — 1989. — Т. 33, № 11. — С. 1032—1034.
13. *Самусиков В.П., Павлова Л.А.* Существует ли минерал «кюстелит»? // Зап. Всерос. минерал. об-ва. — 2000. — № 5. — С. 28—31.
14. *Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Паталаха М.Э., Ващенко В.П.* Геолого-структурні фактори локалізації благородно-металічної мінералізації в Кочерівській тектонічній зоні (Північно-Західний район Українського щита) // Мінерал. журн. — 2005. — Т. 27, № 3. — С. 79—89.
15. *Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M. et al.* Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types // Ore Geology Reviews. — 1998. — Vol. 13. — P. 7—27.

Надійшла 13.05.2015

С.Н. Бондаренко, В.А. Семка, А.В. Грінченко

#### ЭНДОГЕННОЕ ЗОЛОТО В ДОКЕМБРИЙСКИХ КОМПЛЕКСАХ ВОЛЫНСКОГО МЕГАБЛОКА (УКРАИНСКИЙ ЩИТ)

Исследовано самородное золото и его парагенезисы в докембрийских эндогенных рудопроявлениях Волынского мегаблока (Украинский щит). Рассмотрены геологические условия концентрации благородного металла в двух главных региональных геолого-тектонических структурах. В Новоград-Волынский впадине (Киянское, Стриевское рудопроявления) самородное золото фиксируется преимущественно в виде ксеноморфных тонкодисперсных (5—25 мкм) включений в арсенопирите, лёллингите, реже в кварце. По результатам микронзондовых исследований золото в арсенопирите имеет пробу 850—910, а в кварце и породообразующих минералах более высокопробное — 930—990. Установлен редкий минерал — тетраурикуприд  $\text{CuAu}$  (Cu — 25 %). В парагенезисе с золотом доминируют теллуриды висмута: хедлейит ( $\text{Bi}_7\text{Te}_3$ ), пильзениит ( $\text{Bi}_4\text{Te}_3$ ), жозеит-В ( $\text{Bi}_4(\text{S}, \text{Te})_3$ ) и самородный висмут.

В Сквирско-Кочеровской зоне (Поташнянское рудопроявление) самородное золото имеет более широкий диапазон пробы. За некоторым исключением, устанавливается практически непрерывный ряд от высокопробного золота до золотосодержащего серебра. Серебро доминирует в ранней продуктивной ассоциации (халькопирит—борнит—халькозин—ковеллин—гессит—богдановичит ( $\text{AgBiSe}_2$ )—низкопробное золото ( $\text{Au}_{80}\text{Ag}_{20}$ )—электрум ( $\text{Au}_{65}\text{Ag}_{35}$ )—кюстелит ( $\text{Au}_{25}\text{Ag}_{75}$ )—золотистое серебро ( $\text{Au}_5\text{Ag}_{95}$ ). Поздняя золото-теллуридная ассоциация (высокопробное золото ( $\text{Au}_{90}\text{Ag}_{10}$ )—вейсит ( $\text{Cu}_{2-x}\text{Te}$ )—алтаит ( $\text{PbTe}$ )—фробергит ( $\text{FeTe}_2$ )—мелонит ( $\text{NiTe}_2$ )—теллуровисмутит ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ )) характеризуется преобладанием высокопробного золота. Установлено первое соединение селена в пределах Украинского щита — богдановичит.

*Ключевые слова:* самородное золото, арсенопирит, теллуриды, золото-мышьяковый тип, минерализация, рудопроявление.

S.M. Bondarenko, V.O. Siomka, O.V. Grinchenko

#### ENDOGENIC GOLD IN PRECAMBRIAN COMPLEXES OF VOLYN MEGABLOCK (UKRAINIAN SHIELD)

Native gold and its parageneses found in Precambrian endogenic ore manifestations of Volyn megablock (Ukrainian Shield) are investigated. Geological conditions of precious metal concentration of two main regional geology-tectonic structures are considered. In Novograd-Volyn depression (Kyianka, Stryivka ore manifestations) native gold is found mainly as xenomorphic fine-dispersed (5—25  $\mu\text{m}$ ) inclusions in arsenopyrite, loellengite and more rarely in quartz. By results of microprobe researches it is established, that gold in arsenopyrite has assay value of 850—910

and gold that occurred in quartz and among rockforming minerals shows more high values of 930—990. Such rare mineral as tetra-auricupride  $\text{CuAu}$  (Cu — 25 %) is found. In paragenesis with gold such bismuth tellurides as hedleyite ( $\text{Bi}_7\text{Te}_3$ ), pilsenite ( $\text{Bi}_4\text{Te}_3$ ), joseite-B ( $\text{Bi}_4(\text{S},\text{Te})_3$ ) and native bismuth are predominate.

In Skvyra-Kocherov zone (Potashnja ore manifestation) native gold has a wide range of fineness. Behind some the exception practically continuous series from high-fineness gold to gold-bearing silver are established. Silver is predominant in early productive association (chalcopyrite—bornite—chalcosine—covellite—hessite—bohdanowiczite ( $\text{AgBiSe}_2$ )—high-fineness gold ( $\text{Au}_{80}\text{Ag}_{20}$ )—electrum ( $\text{Au}_{65}\text{Ag}_{35}$ )—kustelite ( $\text{Au}_{25}\text{Ag}_{75}$ )—golden silver ( $\text{Au}_5\text{Ag}_{95}$ )). Late gold-telluride association (high-fineness gold ( $\text{Au}_{90}\text{Ag}_{10}$ )—weissite ( $\text{Cu}_{2-x}\text{Te}$ )—altaite ( $\text{PbTe}$ )—frohbergite ( $\text{FeTe}_2$ )—melonite ( $\text{NiTe}_2$ )—tellurobithmutite ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ )) is characterised by predominance of high-fineness gold. For the first time selenium compound, bohdanowiczite, was found in the Ukrainian Shield.

*Keywords:* native gold, arsenopyrite, tellurides, gold-arsenic type, mineralization, ore manifestation.