

МЕТОДИКА РОЗРІЗНЕННЯ ЗА РІВНЕМ ЗНАЧУЩОСТІ СУПУТНІХ ЗОЛОТУ МІНЕРАЛІВ У КОНГЛОМЕРАТАХ

О.Ю. Шестаков

*Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: olshes@i.ua
Кандидат геологічних наук, науковий співробітник.*

Мінерали-супутники золота в конгломератах, як і воно само, за походженням поділяються на алотигенні (успадковані від материнських порід) та аутигенні (сформовані в осадовій породі вже після її утворення). Алотигенні й аутигенні мінерали-супутники мають різне і нерівноцінне значення як пошукові ознаки золотого зруденіння. Тому є необхідність у методиці розрізнення походження мінералів-супутників золота в цих породах. Різниця генезисів супутніх золоту мінералів проявляється у відмінностях характеристик зв'язку золота з ними. На прикладі золотоносних конгломератів Білорівницької структури Волинського блоку Українського щита показано різний характер зв'язку золота з супутньою йому мінералізацією алотигенного (циркон, ільменіт, апатит) та аутигенного (пірит) генезису в цих породах. Відмінності характеристик зв'язку мінералів-супутників золота з останнім проявляються в різних: а) конфігураціях областей скупчення точок побудови графіків зв'язку вмістів золота і його супутніх мінералів; б) кутах нахилу цих графіків. Спільність походження супутніх золоту мінералів в конгломератах визначається за близькістю вказаних показників. Запропоновано методику розпізнавання різних за генезисом мінералів-супутників золота шляхом застосування кореляційно-регресійного аналізу. Вона полягає в тому, що через кутові коефіцієнти в рівняннях регресії, що описують зв'язки золота з мінералами-супутниками, визначаються кути нахилу відповідних цим рівнянням графіків регресії, а далі за допомогою порівняння близькості кутів нахилу робиться висновок про алотигенність (сингенетичність) чи аутигенність (епігенетичність) відповідних золотому зруденінню мінералів-супутників.

Ключові слова: конгломерати; золото; мінерали-супутники; генезис; характер зв'язку; кореляція; регресія.

THE METHODS OF DISTINCTION OF ACCESSORY MINERALS OF GOLD IN ACCORDANCE WITH GRADE OF THEIR IMPORTANCE IN CONGLOMERATES

O.Yu. Shestakov

*Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: olshes@i.ua
Candidate of geological sciences, scientific worker.*

Accessory minerals of gold in conglomerates, as well as gold itself, are broken up into two groups: allothigenic (inherited from mother rocks) and authigenic (formed in sedimentary rock after its formation) relatively to genesis of them. Allothigenic and authigenic accessory minerals have different and unequal significance as the search signs of gold metallization. Therefore, there is a need for a methodology for distinguishing of the origin of the accessory minerals of gold in these rocks. The difference of the genesis of the the accessory minerals of gold is reflected in the difference of the character of relationship of gold with them. The different character of relations of gold with allothigenic (zircon, ilmenite, apatite) and authigenic (pyrite) accessory mineralization in these rocks (the gold-bearing conglomerates of the Bilokorovichy structure of the Volyn block of the Ukrainian shield are mentioned as an instance) is pointed out. The difference of the relationship character of gold with the accessory minerals of it come out in different: a) configurations of accumulation areas of points for plotting the relationship of the concentration of gold and its associated minerals; b) the angles of inclination of these graphs. The common origin of the accessory minerals of gold in the conglomerates is showed by the proximity of these indicators. The method of distinguishing of different genesis accessory minerals of gold applying correlation-regressional analysis is proposed. It consists in the fact that using the angular coefficients in the regression equations describing the relationship of gold with the accessory minerals, the slope angles of the regression graphs corresponding to this equation are determined. Then, comparing the proximity of the slope angles, the conclusion about allotigenicity (syngeneticity) or autogenicity (epigeneticity) of the accessory minerals of gold metallization is made.

Key words: conglomerates; gold; accessory minerals; genesis; relation character; correlation; regression.

МЕТОДИКА РАЗДЕЛЕНИЯ ПО УРОВНЮ ЗНАЧИМОСТИ МИНЕРАЛОВ-СПУТНИКОВ ЗОЛОТА В КОНГЛОМЕРАТАХ

О.Ю. Шестаков

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: olshes@i.ua
Кандидат геологических наук, научный сотрудник.

Минералы-спутники золота в конгломератах, как и оно само, по происхождению делятся на аллотигенные (унаследованные от материнских пород) и аутигенные (сформированные в осадочной породе уже после её образования). Аллотигенные и аутигенные минералы-спутники имеют разное и неравноценное значение как поисковые признаки золотого оруденения. Поэтому есть необходимость в методике, с помощью которой можно было бы различать происхождение минералов-спутников золота в этих породах. Различный генезис сопутствующих золоту минералов проявляется в неодинаковом характере связи золота с ними. На примере золотоносных конгломератов Белоковоревичской структуры Волинского блока Украинского щита показан разный характер связи золота с сопутствующей ему минерализацией аллотигенного (циркон, ильменит, апатит) и аутигенного (пирит) генезиса в этих породах. Различия характера связи сопутствующих золоту минералов с последним проявляются в разных: а) конфигурациях областей скопления точек построения графиков связи содержаний золота и его минералов-спутников; б) углах наклона этих графиков. Общность происхождения сопутствующих золоту минералов в конгломератах определяется по близости указанных показателей. Предложена методика распознавания различных по генезису минералов-спутников золота путём применения корреляционно-регрессивного анализа. Она состоит в том, что через угловые коэффициенты в уравнениях регрессии, описывающих связь золота с минералами-спутниками, определяются углы наклона соответствующих этим уравнениям графиков регрессии, а далее с помощью сравнения близости углов наклона делается вывод об аллотигенности (сингенетичности) или аутигенности (эпигенетичности) соответствующих золотому оруденению минералов-спутников.

Ключевые слова: конгломераты; золото; минералы-спутники; генезис; характер связи; корреляция; регрессия.

Вступ

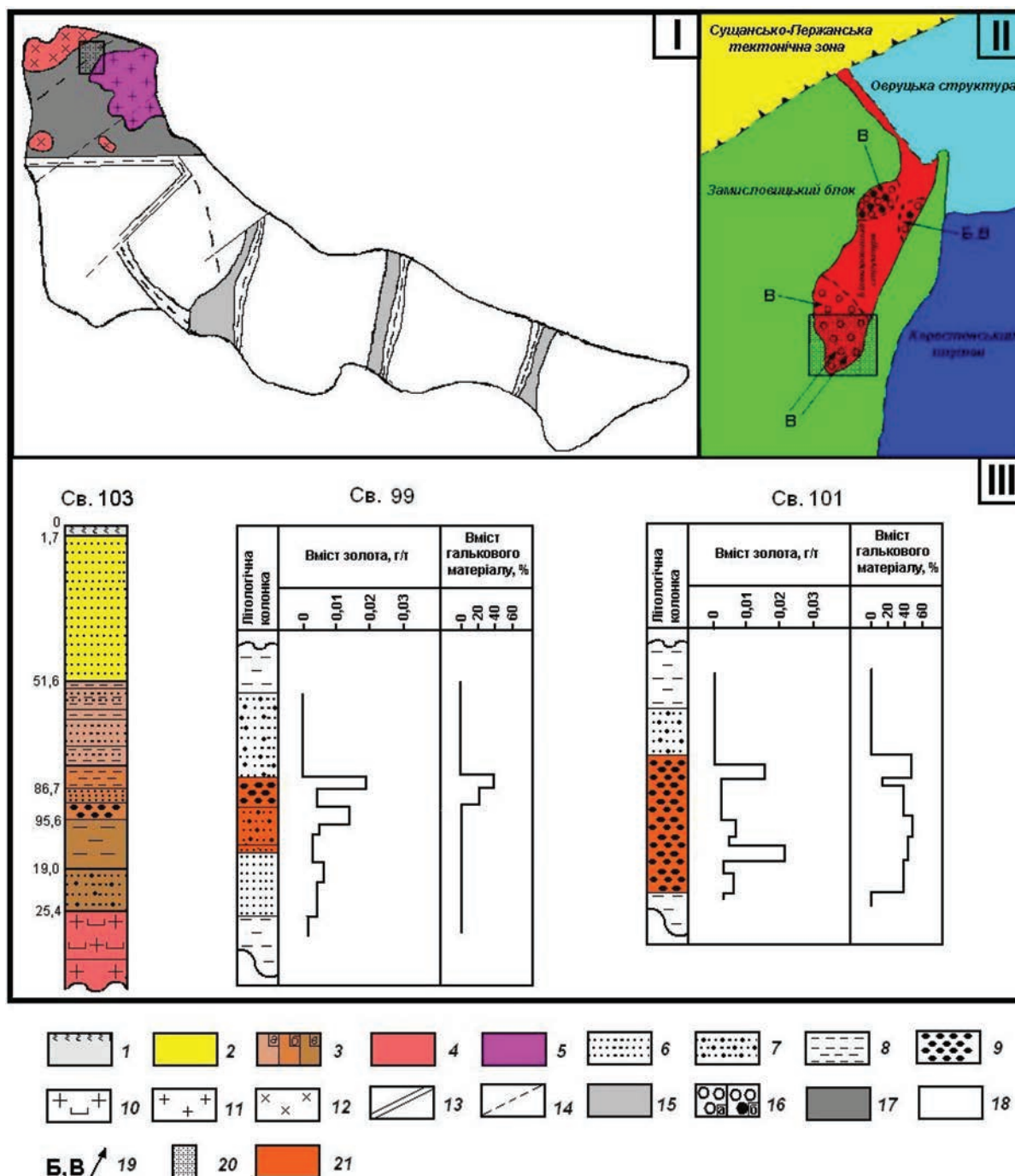
Родовища золота в конгломератах є значущими об'єктами для видобування цього благородного металу. Важливими пошуковими ознаками золотого зруденіння в цих породах є мінерали, що його супроводжують. За співпоширенням контурів підвищених вмістів золота та таких мінералів (у плані та розрізі) можна зробити висновок про розташування золотого зруденіння на опошукваних площах, а також про джерела та механізм утворення того чи іншого золоторудного родовища конгломератового типу. Характерні мінерали металоносних конгломератів поділяються, як і мінерали всіх осадових порід, на алотигенні (успадковані від материнських порід) та аутигенні (сформовані в осадовій породі вже після її утворення). Відповідно до відмінностей свого генезису ті та інші несуть різну і нерівноцінну інформацію про утворення та подальше перетворення конгломератів та їхнього зруде-

ніння. У зв'язку з цим є необхідність у методиці розрізнення походження мінералів-спутників золота в цих породах. Така методика розроблена автором на прикладі золотоносних конгломератів Білоковоревичької структури.

Загальна геолого-літологічна характеристика досліджуваної площі

Район досліджень розташований у межах Волинського граніт-амфіболіто-гнейсового мегаблоку Українського щита – УЩ (рис. 1). Білоковоревичька палеозападина знаходиться в північній частині Волинського мегаблоку вздовж північно-західної границі Коростенського плутону. На північному заході вона обмежена Суцансько-Пержанською тектонічною зоною, на північному сході по Центральнокоростенському розлому межує з Овруцькою рифтогенною структурою, а на півдні центриклінально замикається (рис. 1) [Высоцкий, Костенко, 1982а; Костенко, 2016].

Рис. 1. Загальна схема розташування району досліджень в межах УЩ (I) [Костенко, 2016], його тектонічної будови (II), геологічного розрізу та золотоносності продуктивної частини останнього (III) [Высоцкий, Костенко, 1982а]
1 – ґрунтово-рослинний шар та пухкі утворення четвертинного віку; 2 – утворення озерацької світи; 3 – утворення нижньобілоковоревичької підсвіти (ритми: а – перший, б – другий, в – третій); 4 – породи докембрійського кристалічного фундаменту (габродіорит-граніти крижанівської світи нижнього протерозою); 5 – габро-анортозит-граніти середнього протерозою; 6 – пісковики; 7 – пісковики гравелітові; 8 – сланці філітовидні; 9 – конгломерати; 10 – докембрійська кора вивітрювання по гранітах і гранодіоритах; 11 – граніти; 12 – гранодіорити; 13 – межі мегаблоків; 14 – основні глибинні розломи; 15 – міжблокові шовні зони; 16 – площі розвитку конгломератів (а – олігоміктових, б – поліміктових); 17 – об'єкт досліджень – Волинський мегаблок з нижньо-



і середньопротерозойськими масивами і плутонами (див. позначення 4,5) в ньому; 18 – інші мегаблоки; 19 – гадані області розвантаження палеопотоків у Білорівницькій структурі (Б – базального типу, В – внутрішньоформаційного типу); 20 – розташування району досліджень у межах Волинського мегаблоку (I) і ділянки детальних пошуків у межах району досліджень (II), на якій розташовані св. 103, 99, 101 (III); 21 – зони збагачення золотом у продуктивній товщі

Fig. 1. The general scheme of the location of the research area within the Ukrainian Shield (I) [Костенко, 2016], its tectonic structure (II), the geological cut and the gold content of the productive part of it (III) [Высоцкий, Костенко, 1982a]
 1 – soil-vegetative strata and loose rocks of the Quaternary age; 2 – rocks of the Ozeryanska suite; 3 – rocks of the Lower-Bilokorovychi subsuite (rhythms: a – the first, б – the second, в – the third); 4 – rocks of the Precambrian crystalline base (gabbro-diorite-granites of the Kryzhanivska suite of the lower Proterozoic); 5 – gabbro-anorthosite-granites of middle Proterozoic; 6 – sandstones; 7 – gravelite sandstones; 8 – phyllite shales; 9 – conglomerates; 10 – Precambrian weathering crust on granites and granodiorites; 11 – granites; 12 – granodiorites; 13 – boundaries of megablocks; 14 – main deep faults; 15 – interblock sutural zones; 16 – areas of development of conglomerates (a – oligomiktian, б – polymiktian); 17 – the object of research – Volyn megablock with lower and middle Proterozoic massives and plutons (look denotations 4,5) in its; 18 – other megablocks; 19 – the assumed areas of dumping of the paleostreams in the Bilokorovychi structure (Б – basal type, В – internformational type); 20 – the location of the research area within the Volyn megablock (I) and detailed exploration areas within the research area (II), where holes 103, 99, 101 (III) are located; 21 – zones of gold enrichment in the productive strata

На породах кристалічного фундаменту (КФ) залягають докембрійські кори вивітрювання (КВ), що належать до доовруцької, дотолкачівської та допольської епох короутворення [Додатко, 1978]. В межах Білокоровицької грабен-синклінали плащоподібно розповсюджена також білокоровицька реліктова метаморфізована КВ ранньопротерозойського віку, що залягає на докембрійських утвореннях КФ [Высоцкий, Костенко, 1982a]. Перекриваються КВ вулканогенно-осадовими утвореннями пугачівської серії того ж віку (білокоровицька та озерянська світи). Ці утворення представлені філітовими сланцями, аргілітами, дрібно- та середньозернистими кварцовими пісковиками, гравелітовими пісковиками, конгломератами нижньобілокоровицької підсвіти (які і є предметом даного дослідження), а також поліміктовими кварцовими і польовошпатово-кварцовими пісковиками верхньобілокоровицької підсвіти; останні виходять по периферії структури під четвертинні відклади і на денну поверхню.

Кайнозойські утворення представлені породами неогенового та четвертинного віку. Перші поділяються на: 1) полтавську світу, розповсюджену в центральній частині та облямуванні структури (кварцові піски, супіски, кварцові дрібнозернисті пісковики з обвугленими органічними рештками, вторинні каоліни); 2) сарматський ярус (строкатоколірні глини і піски з прошарками обвуглених рослинних решток), що залягає переважно на КВ. Другі розвинені повсюдно, окрім місць виходу порід КФ на денну поверхню. Це гляціальні, флювіогляціальні середньopleйстоценові піски та суглинки, що трапляються в облямуванні Білокоровицької структури, алювіальні, алювіально-делювіальні, еолові, болотяні (голоценові супіски, мулистоглинисті відклади, торф) [Высоцкий, Костенко, 1982a].

Стратиграфічне розміщення, будова та склад порід золотоносного горизонту

Білокоровицька світа нижнього протерозою, яка є предметом даного дослідження, з кутовою і стратиграфічною неузгодженістю залягає на докембрійській КВ. За літологічним складом вона поділяється на дві підсвіти [Костенко, 2017]: нижню (потужністю 60-150 м) і верхню (потужністю понад 500 м). Перша характеризується ритмічною будовою: у ній виділяються два

трансгресивних макроритми та один трансгресивно-регресивний. Потужність макроритмів сягає 30 м. Нижні трансгресивні ритми мають трикомпонентну будову. Кожний з них починається грубозернистими породами (гравелітами й гравійними пісковиками або конгломератами) і завершується тонкозернистими – аргілітами і філітоподібними сланцями з прошарками алевролітів і домішками туфогенного матеріалу. Верхній трансгресивно-регресивний макроритм являє собою пачку перешарування дрібнозернистих пісковиків, алевролітів і аргілітів або філітоподібних сланців також з домішками туфогенного матеріалу. Друга підсвіта представлена потужною товщею різнозернистих поліміктових і кварцитоподібних пісковиків, серед яких трапляються сили діабазів і діабазових порфіритів. Озерянська світа середнього протерозою приурочена до центральної частини Білокоровицької структури і залягає без перериву на верхньобілокоровицьких пісковиках. Складена монотонною пачкою перешарування серицит-кварцових, серицит-хлорит-кварцових сланців, аргілітів та алевролітів.

Конгломерати, розвинені серед порід нижньобілокоровицької підсвіти, утворюють два горизонти, пов'язані з різними стратиграфічними рівнями. Потужність конгломератового горизонту в межах Білокоровицької структури змінюється від 1,0 до 6,5 м (максимальна – 13,5 м – зафіксована на західному борті). Будова горизонту складна, невитримана по розрізу і площі. Конгломерати містять прошарки й лінзи різнозернистих пісковиків потужністю від 0,1 до 2,8 м. На північ, північний схід і схід потужність горизонту зменшується, а конгломерати фаціально заміщуються гравелітами й пісковиками [Матковський, Сливко, 2015].

Грубозернистий матеріал у породах слабообкатаний, дуже поганого ступеня сортування, розміщений без видимого орієнтування. Усе це та лінзоподібна форма конгломератового тіла вказують на те, що базальні конгломерати середньої частини структури є продуктами ближнього знесення – напевно, конусом винесення тимчасових гірських струмків. Характерною особливістю порід конгломератового горизонту є їх неоднорідна насиченість гальковим матеріалом. Співвідношення наповнювача й гальки в конгломератах змінюється в широких межах (вміст гальки – від 10 до 90%), однак максимально

поширені породи із вмістом галькового матеріалу 40-60%. За формою переважає еліпсоїдальна галька, рідше наявна галька ізометричної, прямокутної, дископодібної й неправильної форми. Здебільшого розмір гальки становить 0,5-2,0, зрідка 2-4 см, а в поодиноких випадках навіть 7-10 см [Матковський, Сливко, 2015]. Верхня частина конгломератового горизонту більш-менш однорідна; це середньогалькові конгломерати, які подекуди містять поодинокі більші гальки. У низах горизонту конгломерати середньо- та дрібногалькові, зростає кількість прошарків і лінз гравелітів та пісковиків. Орієнтування і сортування гальки практично не визначається. Конгломерати мають поліміктовий склад. Галька на 65-86% представлена кварцом і теригенними породами, серед яких наявні метаморфізовані (25%), перекристалізовані й окварцовані (40%) та незмінені пісковики, гравеліти, конгломерати, також є вторинні кварцити (0-2, зрідка до 12%), яшмоїди (4-9%), вулканогенні породи та розвинуті по них метасоматити (0,01-1,00%), кварц-серицитові й турмалінові метасоматити (утворені по кислих ефузивах), фельзити, окварцовані і скременілі кислі туфи, порфіроїди [Матковський, Сливко, 2015]. Виявлено залежність між складом гальки і ступенем її обкатування. Галька кварцу, кварцитів і теригенних порід переважно добре обкатана, а уламки вулканітів і пов'язані з ними утворення обкатані гірше й часто мають кутасту, неправильну форму. Дрібна галька обкатана слабше, ніж велика. Галька вторинних кварцитів має еліпсоїдально-округлу, яйцеподібну, дещо сплюснену форму. Наявні різновиди білого, темно-сірого, рідше брудно-фіолетового, сіро-жовтого кольору. Цементувальна маса конгломератів представлена різнозернистим пісковиком, псамітова частина якого на 60-80% складена кварцом, виявлено уламки кварцових порфірів, альбітофірів, кислих, рідше середніх туфів, яшмоїдів, вторинних кварцитів, розкристалізованого скла. Зерна кварцу подекуди мають гострокутну, видовжену, серпоподібну форми, що свідчить про їх туфогенне походження. Зерна зцементовані кременисто-серицитовим матеріалом. Конгломерати зазнали незначних вторинних змін, які виявились у достатньо поширеній регенерації зерен кварцу завдяки серицит-кварцовому цементу, у серицитизації, іноді хлоритизації й навіть мусковітизації, що є доказом слабого метаморфізму порід.

Мінеральний склад конгломератів і пов'язаних з ними пісковиків, гравелітів та інших порід Білорівницької світи різноманітний. У них міститься понад 80 акцесорних та інших, виявлених у незначній (акцесорній) кількості мінералів та їх різновидів [Матковський, Сливко, 2015].

Золотоносність конгломератів

Конгломерати Білорівницької структури належать до формації докембрійських золотоносних конгломератів [Костенко, 2017], з якою у світі пов'язані значні родовища металу.

Проведеними в різні роки геологознімальними та пошуковими роботами [Высоцкий, Костенко, 1982а] в конгломератах Білорівницької структури встановлено золото, розподіл якого нерівномірний, у вигляді гнізд і видовжених струменів. Вміст золота змінюється від міліграмів до 1-2 г/т в окремих пробах.

Як показали дослідження співробітників Львівського національного університету [Высоцкий, Костенко, 1982в], золото в конгломератах Білорівницької палеозападини за гранулометричними ознаками є видиме й тонкодисперсне. Тонкодисперсне золото (розмір частинок менше 0,01 мм) міститься в розсіяному стані в мінералах-носіях, переважно в гальці кварцу і сульфідах, видиме – в цементі конгломератів. За частотою зустрітості гранулометричних класів найпоширенішим є дуже дрібне, потім дрібне, алевритисте, тонкодисперсне та середньої величини золото. За морфологією виокремлено ідіоморфні, ксеноморфні і змішані форми. Золото має яскравий золотистий колір. Загалом золотини збіднені на елементи-домішки. Крім постійних елементів – срібла й міді, золото вміщує переважно лише свинець [Костенко, 2017] і залізо [Матковський, Сливко, 2015].

Генезис конгломератів і золота в них

Наведені особливості будови і складу поліміктових конгломератів центральної частини структури та їх локальний розвиток дають підстави вважати, що вони являють собою конуси виносу тимчасових гірських струмків [Костенко, 2017]. Погані обкатуваність і сортування грубоуламкового матеріалу вказує на його близьке перенесення, а склад конгломератів – на формування їх переважно внаслідок розмиву давніх вулканогенно-осадових утворень, поширених в облямуванні західної та східної бортових частин структури.

Конгломерати основного тіла південної частини структури є більш зрілого (здебільшого олігоміктового, суттєво кварцового) мінерального складу. Максимальне вивантаження грубоуламкового матеріалу, що спостерігається на двох ділянках – у західній і південній частинах тіла (рис. 1). Збільшення кількості й розміру гальки в них, складна будова конгломератового пласта (палеорельєф покривлі конгломератів нерівний з окремими лінійно видовженими «депресіями» і «горбами») і самих конгломератів на ділянках збільшення їх потужності, де виокремлюється до чотирьох конгломератових шарів, які перемежуються з прошарками пісковиків (що вказує на періодичне зменшення енергії потоку), відсутність швидких фаціальних змін гранулометричного складу порід на невеликих відстанях і водночас велика протяжність (до 10 км) конгломератового горизонту по простяганню, погане сортування уламкового матеріалу в породах і наявність гальки різного ступеня обкатаності (від поганого до доброго) – все це дозволяє зробити висновок, що конгломерати у фаціально-генетичному аспекті являють собою пролювіально-алювіальні конуси виносу, тобто вони є потоковими утвореннями. Крім того, ознаками потокових утворень слугує струменевий розподіл важких шліхових мінералів у конгломератах. Завдяки підвищеній потужності конгломератів можна виділити дві ділянки розвантаження алювію: у західному борті структури і південній частині. Це вказує на те, що було дві основні притоки річкових систем, очевидно, у дуже мілководний континентальний басейн зі слабкою гідродинамічною активністю, який не призвів до суттєвого перерозподілу псефітового матеріалу. Таким чином, можна стверджувати, що фаціальні умови нагромадження конгломератів відповідають зоні переходу між континентальними наземними алювіальними й мілководнобасейновими (озерними) фаціями. За М.М. Страховим, формування олігоміктових утворень відбувається при знівельованому рельєфі, ослабленій механічній денудації водозбірних ділянок та інтенсивному хімічному вивітрюванні материнських порід в умовах гумідного клімату. Про інтенсивне хімічне вивітрювання того часу свідчить розвиток метаморфізованої КВ на різноманітних кристалічних породах в основі білокоровицької світи, верхня зона якої представлена кварц-серицитовими породами потужністю до 7 м [Костенко, 2017].

Конгломерати сформувалися за рахунок уламковому матеріалу з двох джерел: вулканогенно-осадової товщі і порід КФ. Наявність гальки метаморфізованих теригенних порід у білокоровицьких конгломератах однозначно свідчить про те, що частина матеріалу, очевидно значна, є перевідкладеною з проміжних колекторів – більш ранніх осадових товщ. Про це говорить наявність великої кількості добре викачаних кластогенних акцесорних і рудних мінералів – окремих різновидів циркону, ільменіту, апатиту, турмаліну та ін. [Костенко, 2017]. Інше й найголовніше для основного тіла конгломератів джерело грубоуламкового матеріалу – докембрійські КВ по породах КФ, залишки яких виявлено в основі відкладів западини.

На підставі отриманих даних про морфологію, розміру та інші особливості золота в білокоровицьких конгломератах можна зробити такі висновки [Костенко, 2017]:

1. Золото переносилось у басейн осадконакопичення в основному у вигляді суспензії (це засвідчує присутність алевритистого й тонкодисперсного золота), а також у кластогенній формі (на це вказує наявність округлих ідіоморфних зерен, зростків золота з кварцом і тріщинних виділень золота, відпрепарованих від зерен кварцу).

2. У подальшому проявлені процеси діагенезу осадків і початкової стадії зеленосланцевого метаморфізму призвели до слабкої міграції золота. Про це свідчить надзвичайна чистота самого золота (визначено обмежений набір елементів-домішок), оскільки відомо, що під дією термічного метаморфізму змінюється не тільки зернистість виділень золота (відбувається укрупнення частинок), а і його форма, колір і склад.

Окрім морфології золота, на його первинно-осадове походження вказує таке [Костенко, 2017]:

1. Чіткий стратиграфічний контроль золотої мінералізації та приуроченість підвищених її вмістів до конгломератів за слабкої золотонності пісковиків і філітоподібних сланців Білокоровицької структури.

2. Відсутність золота в монофракціях піриту, частина якого безсумнівно має гідротермальне походження.

3. Розміщення стійких аномальних вмістів золота у вигляді струменів, схожих із золотонними струменями молодих розсіпів (рис. 2).



Рис. 2. Схема площового поширення аномалій золота та мінералів у конгломератах Білокоровицької структури

1 – золото; 2 – циркон; 3 – ільменіт; 4 – пірит; 5 – апатит

Fig. 2. The scheme of lateral distribution of anomalies of gold and its accessory minerals in conglomerates of the Bilokorovychi structure

1 – gold; 2 – zircon; 3 – ilmenite; 4 – pyrite; 5 – apatite

4. Приуроченість підвищених концентрацій золота переважно до місць розвантаження річкових систем.

5. Наявність зерен золота викачаної форми з гематитовою «сорочкою».

6. «Стерильність» щодо вмісту золота кварцових жил, які перетинають теригенні породи Білокоровицької структури.

Головні акцесорні мінерали-супутники золота в конгломератах

Циркон представлений десятьма різновидами. Трапляється напівпрозорий до непрозорого, жовто-бурий, метаміктовий (характерний для прибережної зони, ідентичний циркону гранітів рапаківі коростенського комплексу), з асиметричною формою кристалів (типовий для клесівських, коростенських та житомирських гранітів). Також присутні циркони, морфологічно подібні цирконам з гнейсів тетерівського комплексу. Дуже часто трапляються морфологічно спотворені кристали циркону, характерні для метасоматично змінених порід. 50-90% зерен циркону в морфологічному плані – субідоморфні,

округлої форми, з шорсткою поверхнею, тобто сформовані в процесі тривалого транспортування в водному середовищі. Вочевидь, це були прибережні піски мілководного басейну, оскільки при русі в водному потоці дрібні кристали майже не обкатуються, а в вивчених породах присутні та обкатані дрібні зерна з слабо кородованою поверхнею. Таким чином, акцесорний циркон накопичувався у білокоровицьких конгломератах в умовах прибережної смуги мілководного басейну, куди він приносився з іншим уламковим матеріалом річковими водами, що й свідчить про існування палеорік у білокоровицький час [Высоцкий, Костенко, 1982в].

Ільменіт представлений такими різновидами: а) кристали плоско-таблитчастої, товсто-таблитчастої, пластинчастої форми; б) обкатані зерна округлої, інколи сплющеної та яйцевидної форми. Середній розмір зерен сягає 0,75 мм. Колір – чорний та сірий, блиск – тьмяний металовидний. Практично у кожній пробі трапляються окремі зерна лейкоксенованого ільменіту. Лазерним мікроспектральним аналізом в ільменіті виявлено Fe, Ti, Mn, Mg, Na, Al, Si; Ca та Ni, характерних для ільменіту основних порід, у них не встановлено. Джерелом ільменіту могли бути житомирські та осницькі граніти, а також габроїди та анортозити Коростенського плутону, в яких він є достатньо розповсюдженим акцесорним мінералом [Высоцкий, Костенко, 1982в].

Апатит у конгломератах та інших уламкових породах білокоровицької світи розподілений дуже нерівномірно: його вміст змінюється від нуля до 100-300, зрідка 600-800 г/т. У північній частині структури він є лише у знаковій кількості (дрібні зерна розміром до 0,35 мм). Мінерал представлений чистими безбарвними водяно-прозорими, рідше блідо-жовтими, жовто-зеленкуватими, голубуватими, сірими кристалами різного обрису й габітусу. Переважають субідоморфні кристали гексагонально-призматичного габітусу. Значно рідше у пробах трапляються добре обкатані зерна безбарвного апатиту з шагреневою поверхнею [Матковський, Сливко, 2015].

Пірит – єдиний представник сульфідів у породах білокоровицької світи. Найбільш розповсюджені його кристали кубічного габітусу діаметром 0,075-0,15 мм, сірувато- та латунно-жовті. У цементі конгломератів він представлений дрібною та розсіяною вкрапленістю. Набагато рідше

пірит трапляється в гальковому матеріалі. У багатьох пробах мінерал присутній у вигляді суцільних дрібнозернистих агрегатів жовто-сірого, зеленкувато-жовтого, бронзового кольору. Трапляються також натечні форми, скоринки, кульковидні утворення. Існують зони збагачення піритом, у пробах з яких його вміст складає до 95% важкої немагнітної фракції, що простежуються в підшві відкладів білокоровицької світи і тяжіють до тектонічних порушень [Высоцкий, Костенко, 1982в].

Пірит конгломератів не є уламковим за генезисом, оскільки його зерен з ознаками кластогенності не виявлено. Його походження – осадово-метаморфогенне та гідротермально-метасоматичне, оскільки у складі домішок нікель переважає над кобальтом. У білокоровицький час у басейні осадконакопичення панували окиснювальні умови, про що свідчить наявність гематиту у породах білокоровицької світи і червоноколірний характер їх більшої частини. Виникнення піриту було пов'язано з сірководневим зараженням басейну осадконакопичення. Під впливом флюїдів, які містили сірководень, у місцях активізації вулканізму залізовмісні мінерали (магнетит, ільменіт) могли перетворюватися на пірит. За О.М. Заварицьким, переважання кубічних кристалів піриту у породі є показником її метаморфізму. В піриті містяться газопо-рідинні включення, а це показник його перекристалізації в процесі метаморфізму низьких ступенів [Высоцкий, Костенко, 1982в; Прохоров, 1970]. За походженням наявні щонайменш два його генетичних типи – осадово-метаморфогенний і накладений, гідротермальний чи гідротермально-метасоматичний (зумовлений впливом флюїдів, пов'язаних із укоріненням дайок кислого й основного складу). Осадово-метаморфогенний – це вкраплені в породу кристали кубічного, рідше пентагон-додекаедричного габітусу зі слабким штрихуванням або без нього. Притаманна відносна «стерильність» щодо елементів-домішок, а наявні домішки важких металів є тут у самостійних включеннях інших мінералів. Кристали збіднені Cu (від нуля до 0,095%) і часто містять підвищену кількість Mn (аж до 1% і більше). Зазвичай вміст Ni на порядок більше за вміст Co. Серед гідротермального піриту виділено низько- і високотемпературний. Низькотемпературний (140-190 °C) – це асиметричні кристали розміром понад 1 мм з розвиненою

грубою східчастістю, утвореною внаслідок чергування граней куба й пентагон-додекаедра. Порівняно з осадово-метаморфогенним піритом для низькотемпературного гідротермального типу домішки Zn (0,05%), Pb (0,079-0,427%), Ag (0,007-0,030%), Cu (від 0,003 до понад 1%). Більш високотемпературному піриту (320–340 °C) властивий простий склад елементів-домішок, високий вміст їх в ізоморфній формі, причому вміст Co (0,050-1,514%) завжди перевищує вміст Ni (сл. – 0,692%) [Матковський, Сливко, 2015].

Золото в піриті не було виявлено ані лазерним мікроспектральним аналізом, ані в полірованих шліхах. З наведеного випливає висновок: зв'язок піриту з золотим зруденінням лише непрямий [Высоцкий, Костенко, 1982в].

Вихідний матеріал та методика дослідження

Матеріалом для даного дослідження слугували викладені у звіті Житомирської геологорозвідвальної експедиції результати детальних пошуків золота у південній частині Білокоровицької структури [Высоцкий, Костенко, 1982б, 1982г], зокрема дані мінералогічного опробування горизонту золотоносних конгломератів нижньобілокоровицької підсвіти, розкритого картувальними свердловинами. Всього було взято до розрахунку дані по 72 свердловинах. Кількість значень вмістів, визначених у вихідних даних і закладених у статистичні розрахунки: золото – 579, ільменіт – 134, циркон – 129, апатит – 36, пірит – 36; також у конгломератах присутні рутил, анатаз, флюорит, каситерит, корунд, галеніт, магнетит, лейкоксен, сфалерит, дистен, монацит, гематит, халькопірит, але ці мінерали трапляються у вагових кількостях лише в поодиноких пробах, а тому в розрахунок не бралися. Головними супутніми мінералами золота автором визначено перші чотири. Починаючи з апатиту, автором були вибрані дані лише для кожної п'ятої проби, проаналізованої на вказані мінерали.

Методи дослідження, застосовані автором, такі: розрахунок статистичних параметрів з метою визначення аномальних вмістів золота та його супутніх мінералів; кореляційно-регресійний аналіз для виявлення залежностей між їх вмістами (розрахунок коефіцієнтів кореляції Спірмена і Пірсона, виведення рівнянь регресії, побудова графіків регресії, що пов'язують вмісти, складання матриці кореляції останніх); побудова картосхеми аномальних вмістів золота

і супутніх мінералів та комбінаційної схеми взаємозв'язку між аномальними значеннями вмістів золота та мінералів у пробах.

При розрахунках статистичних параметрів виходили з гіпотези логарифмічно-нормального розподілу значень вмістів [Шарапов, 1971; Каждан, 1974], тому параметри визначалися для величини

$$C = \ln C, \quad (1)$$

де C – вміст золота або мінералу в пробі.

Середнє значення вмісту визначалося як

$$\bar{C} = e^{\bar{c}-1\sigma}, \quad (2)$$

де \bar{c} – середнє значення величини c ,

а нижня (НМФ) та верхня (ВМФ) межі фону вмісту – як

$$НМФ = e^{\bar{c}-1\sigma}, \quad (3)$$

$$ВМФ = e^{\bar{c}+1\sigma}, \quad (4)$$

де $НМФ$ – середньоквадратичне відхилення величини c .

Середнє значення і середньоквадратичне відхилення величини c дорівнюють відповідно:

$$\bar{c} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_i; \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (c_i - \bar{c})^2}, \quad (6)$$

де N – кількість проб у вибірці; c_i – частинні значення величини c .

За аномальні приймалися ті значення вмістів, що перевищували $ВМФ$.

З метою визначення провідного мінералу-супутника золота і з'ясування походження супутньої йому мінералізації проведено порівняння сили та характеру зв'язків золота з головними мінералами-супутниками.

Сила зв'язку між вмістами речовин у двох різних вибірках з кількістю значень n_1 і n_2 в них оцінюється за показником

$$V = \frac{Z_1 - Z_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1 - 3} + \frac{1}{n_2 - 3}}}, \quad (7)$$

де Z – критерій Фішера, свій для кожної виборки;

$$Z = 0,5 \ln \frac{1+r}{1-r}, \quad (8)$$

де r – лінійний коефіцієнт кореляції, теж свій для кожної виборки [Колотов и др., 1983].

Характер зв'язків золота з мінералами-супутниками порівнювався за допомогою рівнянь регресії. Рівняння регресії для зв'язку вмістів речовин X та Y має загальний вигляд

$$C_Y = \frac{s_Y r_{X-Y}}{s_X} (C_X - \bar{C}_X) + \bar{C}_Y, \quad (9)$$

де s_X, s_Y – зміщені оцінки середньоквадратичних відхилень вмістів C_X, C_Y ; \bar{C}_X, \bar{C}_Y – середні значення їх вмістів; r_{X-Y} – коефіцієнт кореляції між ними [Шарапов, 1971].

Відмінності характеру зв'язків золота з головними супутніми мінералами

Розповсюдження аномалій золота та мінералів у плані показано на рис. 2. Параметри вмісту золота та провідних супутніх мінералів, за якими їх визначено, подано в табл. 1. Про те, що золотоносні конгломерати та золота мінералізація в них дійсно формувалися в умовах прибережної зони мілководного палеобасейну, в який впадали та приносили уламковий матеріал палеоріки (див. вище), свідчить конфігурація контурів аномальних вмістів золота та мінералів-супутників. Із взаємного розташування цих контурів видно: циркон, ільменіт, апатит та пірит дійсно є супутниками золота.

Таблиця 1. Показники вмісту золота та його мінералів-супутників у конгломератах продуктивного горизонту

Table 1. The showings of the concentrations of gold and its accessory minerals in conglomerates of the productive strata

Мінерал	Характеристика вмісту		
	Середнє значення	НМФ	ВМФ
Золото, г/т	0,016	0,007	0,038
Циркон, кг/т	0,045	0,017	0,114
Ільменіт, кг/т	0,039	0,017	0,091
Апатит, кг/т	0,052	0,011	0,252
Пірит, кг/т	0,043	0,018	0,099

Характер зв'язку золота з мінералами-супутниками дещо відмінний. Найтісніший кореляційний зв'язок золото має з цирконом. Коефіцієнт кореляції між ними (розраховувався ранговий коефіцієнт Спірмена) є значущим для всієї виборки проб, де вони визначалися обидва, включаючи ті проби, де золото не визначене або

вміст його дорівнює межі визначення (у статистичних розрахунках його вміст у таких випадках приймався умовно за 0 та 0,0005 г/т, відповідно), а циркон не визначений або визначений у незначущій кількості (вміст мінералів у цих випадках приймався умовно за 0 та 0,00001 кг/т). Графіки зв'язку золота з мінералами-супутниками мають різні кути нахилу та конфігурації області, на яку припадають точки їх побудови (рис. 3). Особливо наведене відрізняється у випадку піриту. На відміну від інших мінералів, для яких графіки майже співнаправлені, а області знаходження точок їх побудови досить подібні, для піриту графік набагато крутіший, а форма області знаходження точок його побудови радикально відмінна. У табл. 2 дано узагальнену детерміновану характеристику взаємозв'язків золота та його мінералів-супутників. Взаємозв'язок аномальних вмістів золота і мінералів-супутників має характер, аналогічний такому для їх вмістів загалом (табл. 3) – найтісніше пов'язані аномалії золота і циркону.

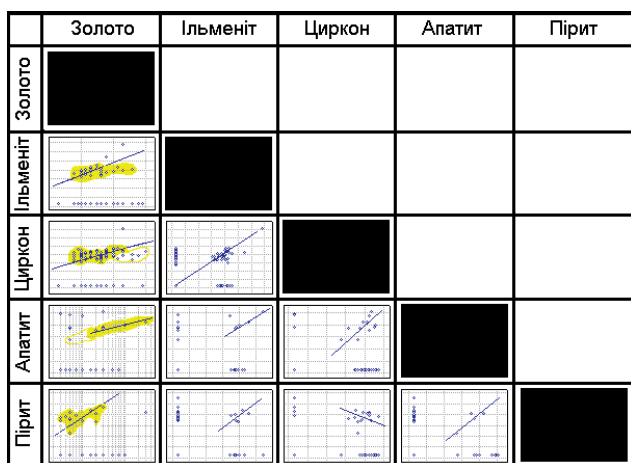


Рис. 3. Матриця побудованих у білогарифмічному масштабі схематичних графіків зв'язку вмістів золота та основних його супутніх мінералів у конгломератах золотоносної товщі Білокоровицької структури. Жовтим показано області скупчення точок, по яких простежується зв'язок вмістів золота та мінералів-супутників (залите – основні частини цих областей, у яких зв'язок простежується явно і по точках з яких розраховувалися коефіцієнти лінійної кореляції і виводилися рівняння регресії)

Fig. 3. The matrix of schematic graphs of gold and its main accessory minerals concentrations relations in conglomerates of the gold-bearing strata of the Bilokorovychi structure made in the bi-logarithmic scale. Yellow shows the areas of accumulation of points, which trace the relationship of the contents of gold and accessory minerals (main parts of these areas, in which the link is clearly visible and the points from which the coefficients of linear correlation were calculated and derived the regression equation)

Таблиця 2. Матриця зв'язків, що простежуються наочно («наочної кореляції»), між вмістами золота та основних мінералів у конгломератах золотоносної товщі Білокоровицької структури. Складена на основі рис. 3. Два знаки «++» – простежується позитивний зв'язок для переважної більшості точок на графіку, один «+» – для деякої кількості, знак «-» – зв'язок простежується негативний

Table 2. The matrix of relations, which are traceable visually (“visual correlation”) between the concentrations of gold and its main accessory minerals in conglomerates of the gold-bearing strata of the Bilokorovychi structure. It is made on the basis of fig. 3. Two signs “++” – a positive relation is traced for the overwhelming majority of points on the graph, one sign “+” – a positive relation is traced for some quantity of them, the sign “-” – negative relation is traced

Мінерали	Золото	Циркон	Ільменіт	Апатит	Пірит
Золото	×				
Циркон		++	×		
Ільменіт	++	++	×		
Апатит	+	++	+	×	
Пірит	++	-	+	+	×

Коефіцієнти кореляції золота з цими мінералами – цирконом, ільменітом, апатитом, піритом – дорівнюють: рангові Спірмена – 0,25; 0,43; 0,64; 0,62; лінійні Пірсона – 0,30; 0,35; 0,78; 0,73. Статистично значущими серед перших є всі, окрім коефіцієнта для апатиту, серед других – коефіцієнти для циркону і піриту. Кількість значень, за якими коефіцієнти кореляції визначалися, становить відповідно: 76, 31, 6, 12 (рангові) і 70, 29, 6, 12 (лінійні). Відмінність кількостей пояснюється тим, що для розрахунку коефіцієнтів другого типу не бралися до уваги значення, що не підпорядковувалися загальному для вибірки закону логнормального розподілу. Загалом при визначенні коефіцієнтів кореляції враховувалися лише такі значення вмістів: для золота – ті, що перевищують межю визначення спектральним аналізом; для мінералів – вагові.

Значення розрахованого за формулою (8) показника Z : для пари «золото – циркон» – 0,87, для пари «золото – ільменіт» – 0,36. Розрахований за формулою (7) показник $V = 2,26 > 1,96$, тобто перевищує своє критичне значення для рівня значущості 0,05. Це означає, що зв'язок золота з цирконом дійсно тісніший, ніж з ільменітом [Колотов и др., 1983].

Таблиця 3. Зв'язки аномалій вмістів золота та його мінералів-супутників у конгломератах золотоносної товщі Білорівницької структури (представлені лише проби з вмістом золота вище середнього). Червоне – значення вмісту вищі ВМФ (аномальні)

Table 3. The relations of anomal concentrations (showed in red colour) of gold with anomal concentrations of accessory minerals of it in conglomerates of gold-bearing strata of the Bilokorovychi structure (only samples with a gold content above average are presented)

№ свердловини	№ проби	Інтервали глибин, м		Вмісти				
		Від	До	Ау, г/т	Циркон, кг/т	Ільменіт, кг/т	Апатит, кг/т	Пірит, кг/т
162	52	152,9	153,4	0,5	0,118	—		
138	57	177,8	178,2	0,4	зн.	зн.		
163	68	196,9	197,2	0,3	0,04	зн.	0,08	0,08
189	24	38,2	38,8	0,2	0,051	0,051		
147	68	177,05	177,6	0,2	0,0133	зн.		
158	94	216,6	217,1	0,1	0,175	0,05	0,05	зн.
150	77	283,7	284,2	0,1	зн.	зн.		
154	33	84,7	85,2	0,1	66,6	33		
148	80	282,8	283,3	0,1	0,133	зн.		
149	99	308,8	309,4	0,1	0,04	зн.		
172	77	233,5	234,05	0,07	0,266	0,1	зн.	зн.
158	95	217,1	217,7	0,07	0,285	зн.		
147	67	176,5	177,05	0,07	0,015	зн.		
148	75	280,3	280,8	0,05	0,2	зн.	зн.	зн.
159	93	250,7	251,3	0,05	зн.	зн.		
173	69	148,6	149	0,05	0,266	зн.		
158	98	218,45	218,9	0,05	0,21	зн.		
149	96	307	307,6	0,05	0,075	зн.		
187	34	93	93,5	0,05	0,038	0,038		
105	27	40,1	40,6	0,05	0,033	зн.		
175	37	76,3	76,8	0,05	0,032	зн.		
175	37	76,3	76,8	0,05	0,032	зн.		
154	34	85,2	85,5	0,03	0,133	зн.	зн.	зн.
182	48	124,5	124,9	0,03	0,044	зн.	зн.	зн.
125	11	11,8	12,2	0,03	0,1	1,4	0,6	зн.
140	75	280	280,5	0,03	0,15	зн.	0,033	зн.
134	102	285	285,5	0,03	0,0266	0,0266	0,0266	зн.
105	29	41,2	41,8	0,03	зн.	зн.	зн.	0,24
150	83	286,7	287,2	0,03	зн.	зн.		
128	59	165,1	165,4	0,03	0,222	зн.		
128	64	166,9	167,8	0,03	0,08	зн.		
94	23	25,7	26,2	0,03	0,04	—		
180	71	224	224,7	0,03	0,033	зн.		
129	49	155,4	155,7	0,03	0,025	зн.		
189	25	38,8	39,4	0,02	0,057	зн.	зн.	зн.
139	79	256	256,5	0,02	0,088	зн.	0,017	0,07
132	85	247,95	248,6	0,02	0,022	0,043	зн.	0,0108
189	19	35,5	36	0,02	зн.	0,025		
179	73	233,8	234,2	0,02	зн.	0,028		
180	75	226,05	226,55	0,02	зн.	зн.		
159	89	249,2	249,5	0,02	0,089	зн.		
153	44	131,7	132,5	0,02	0,042	зн.		
190	39	95,4	95,8	0,02	0,033	0,016		
155	24	53	53,4	0,02	0,025	зн.		
102	49	82,5	83	0,02	0,018	зн.		
130	85	214,85	215,3	0,02	0,012	0,012		
145	45	151,3	151,5	0,02	0,006	0,08		
175	40	77,7	78,2	0,02		зн.		
175	40	77,7	78,2	0,02		зн.		

Рівняння регресії за формулою (9) для ільменіту, циркону, апатиту і піриту має вигляд:

$$c_I = 0,27c_{Au} + 2,82; \quad (10)$$

$$c_{Ц} = 0,31c_{Au} + 3,07; \quad (11)$$

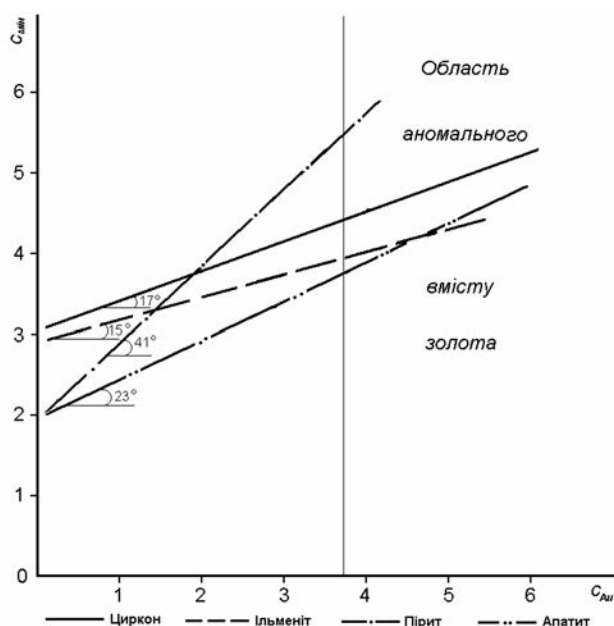


Рис. 4. Графіки зв'язку між вмістами золота та його мінералів-супутників у конгломератах Білокоровицької структури, побудовані за рівняннями лінійної регресії для величини $c = \ln(C \cdot 1000)$. C – значення вмісту золота (г/т) і мінералів (кг/т) у пробах породи. Кути нахилу графіків до горизонтальної осі визначено як арктангенс їх кутових коефіцієнтів у рівняннях регресії

Fig. 4. The graphs of the relations between the concentrations of gold and its accessory minerals in the conglomerates of the Bilokorovychi structure, made in accordance with the linear regression equations for the value $c = \ln(C \cdot 1000)$. C is the value of the concentration of gold (g/ton) and minerals (kg/ton) in the samples of rocks. The angles of inclination of the graphs to the horizontal axis are defined as arctangents of their angular coefficients in the regression equations

Список літератури

Вишневський О.А., Квасниця В.М., Квасниця І.В. Циркон із білокоровицьких протерозойських пісковиків (кристаломорфологія, анатомія, хімічний склад, мінеральні включення, генезис). *Зап. Укр. мінерал. т-ва*. 2015. Т. 12. С. 88–102.

Высоцкий Б.Л., Костенко Н.М. Отчёт о результатах детальных поисков золота в южной части Белоковорвичской структуры. Киев: Укргеоинформ, 1982а. Кн. 1. 312 с.

Высоцкий Б.Л., Костенко Н.М. Отчёт о результатах детальных поисков золота в южной части Белоковорвичской структуры. Киев: Укргеоинформ, 1982б. Кн. 2. 146 с.

Высоцкий Б.Л., Костенко Н.М. Отчёт о результатах детальных поисков золота в южной части

$$c_A = 0,43c_{Au} + 1,98; \quad (12)$$

$$c_{П} = 0,87c_{Au} + 1,98. \quad (13)$$

Кути нахилу графіків, що виводяться з рівнянь регресії, становлять (рис. 4): $\alpha_I = \arctg 0,27 = 15^\circ$, $\alpha_{Ц} = \arctg 0,31 = 17^\circ$, $\alpha_A = \arctg 0,43 = 23^\circ$ та $\alpha_{П} = \arctg 0,87 = 41^\circ$.

Ми бачимо, що характер зв'язку золота з піритом суттєво відрізняється від такого з іншими мінералами. Це відображає відмінність походження цих двох типів супутньої золоту мінералізації, як і відповідної ним золотої. Перший (циркон, ільменіт, апатит) є алотигенним, уламковим за генезисом, сингенетичним, ці мінерали разом з золотом походять з гранітоїдів; другий (пірит) – аутигенним, осадово-метаморфогенним та гідротермально-метасоматичним, епігенетичним, утвореним у постседиментаційні часи в місцях активізації вулканізму під впливом флюїдів, які містили сірководень. Взаємодіючи з останнім, залізовмісні мінерали – магнетит, ільменіт – перетворювалися на пірит.

Висновки

Результати проведеного дослідження свідчать, що походження супутньої золоту мінералізації в конгломератах накладає відбиток на те, як саме зв'язок золота та його мінералів-супутників проявляється. Алотигенна та аутигенна супутня мінералізація проявляють свій зв'язок з золотом по-різному. Використовуючи викладену автором методику, можна за характером зв'язків золота з мінералами-супутниками розрізняти типи генезису золотої мінералізації, і відповідно ним – перспективність тих чи інших ділянок її прояву для подальших пошуків.

Белоковорвичской структуры. Киев: Укргеоинформ, 1982в. Кн. 3. 312 с.

Высоцкий Б.Л., Костенко Н.М. Отчёт о результатах детальных поисков золота в южной части Белоковорвичской структуры. Киев: Укргеоинформ, 1982г. Кн. 8. 20/20 граф. доп.

Додатко А.Д. Геохимия послеперархейских кор выветривания Украинского щита. *Кора выветривания и связанные с ней полезные ископаемые*. Киев: Наук. думка, 1978. С. 137–146.

Каждан А.Б. Методологические основы разведки полезных ископаемых. Москва: Недра, 1974. 272 с.

Квасниця В.М., Павлюк О.В., Вишневський О.А. Самородне золото із білокоровицьких протеро-

зойських конгломератів Волині. *Зап. Укр. мінерал. т-ва*. 2015. Т. 12. С. 103–116.

Колотов Б.А., Крайнов С.Р., Рубейкин В.З. Основы гидрогеохимических поисков рудных месторождений. Москва: Недра, 1983. 199 с.

Костенко М.М. Геотектонічне районування Українського щита як єдина основа тектонічних, стратиграфічних та інших побудов. *Зб. наук. пр. УкрДГРІ*. 2016. № 3. С. 144–163.

Костенко М.М. Геологія, склад і перспективи золото- й алмазоносності докембрійських конгломе-

ратів Білокоровицької палеозападини. *Зб. наук. пр. УкрДГРІ*. 2017. № 1-2. С. 92–118.

Матковський О.І., Сливко Є.М. Мінералогічні особливості конгломератів Білокоровицької структури (південно-західна частина Українського щита). *Зап. Укр. мінерал. т-ва*. 2015. Т. 12. С. 23–53.

Прохоров В.Г. Геохимические особенности пород, руд и минералов-индикаторов колчеданных месторождений. Москва: Наука, 1970. 152 с.

Шарапов И.П. Применение математической статистики в геологии. Москва: Недра, 1971. 248 с.

References

Dodatko A.D., 1978. The geochemistry of the post-archean weathering crust of the Ukrainian shield. In: *Weathering crust and the minerals related with it*. Kiev: Naukova Dumka, p. 137–146 (in Russian).

Kazhdan A.B., 1974. Methodological base of prospecting of minerals. Moscow: Nedra, 272 p. (in Russian).

Kolotov B.A., Kraynov S.R., Rubeykin V.Z., 1983. The bases of hydrogeochemical prospecting of ore deposits. Moscow: Nedra, 199 p. (in Russian).

Kostenko M.M., 2016. Geotectonic zoning of Ukrainian shield as the basis of tectonic, stratigraphic and other constructions. *The symposium of science articles of the Ukrainian State Geological Research Institute*, № 3, p. 144–163 (in Ukrainian).

Kostenko M.M., 2017. Geology, composition and prospects of gold-diamond Precambrian conglomerates of Bilokorovychi trough. *The symposium of science articles of the Ukrainian State Geological Research Institute*, № 1-2, p. 92–118 (in Ukrainian).

Kvasnytsya V.M., Pavlyuk O.V., Vyshnevskiy O.A., 2015. Native gold of the Bilokorovychi Proterozoic conglomerates of the Volyn region. *Zapysky Ukrayinskogo Mineralogichnogo Tovarystva*, vol. 12, p. 103–116 (in Ukrainian).

Matkovsky O.I., Sliyko Ye.M., 2015. Mineralogical features of conglomerates of Bilokorovychi structure (the North-Western part of the Ukrainian shield). *Zapysky Ukrayinskogo Mineralogichnogo Tovarystva*, vol. 12, p. 23–53 (in Ukrainian).

Prokhorov V.G., 1970. Geochemical features of rocks, ores and minerals-indicators of sulphide ore deposits. Moscow: Nauka, 152 p. (in Russian).

Sharapov I.P., 1971. Applying of mathematical statistics in geology. Moscow: Nedra, 248 p. (in Russian).

Vyshnevskiy O.A., Kvasnytsya V.M., Kvasnytsya I.V., 2015. Zircon from Bilokorovychi Proterozoic sandstones (crystallomorphology, anatomy, chemical composition, mineral inclusion, genesis). *Zapysky Ukrayinskogo Mineralogichnogo Tovarystva*, vol. 12, p. 88–102 (in Ukrainian).

Vysotsky B.L., Kostenko N.M., 1982a. Report about the results of detail search of gold in the south part of Bilokorovychi structure. Kyiv: Ukrgeoinform, book 1, 312 p. (in Russian).

Vysotsky B.L., Kostenko N.M., 1982b. Report about the results of detail search of gold in the south part of Bilokorovychi structure. Kyiv: Ukrgeoinform, book 2, 146 p. (in Russian).

Vysotsky B.L., Kostenko N.M., 1982в. Report about the results of detail search of gold in the south part of Bilokorovychi structure. Kyiv: Ukrgeoinform, book 3, 312 p. (in Russian).

Vysotsky B.L., Kostenko N.M., 1982г. Report about the results of detail search of gold in the south part of Bilokorovychi structure. Kyiv: Ukrgeoinform, book 8, 20/20 graphical supplements (in Russian).

Стаття надійшла
01.07.2019