

Аспекти геохімії золота в корах вивітрювання

Ковальчук М.С.

Інститут геологічних наук НАН України, Київ

Висвітлено аспекти геохімії золота в корах вивітрювання. Показано значну хімічну мобільність золота в корі вивітрювання та з'ясовано чинники, які обумовлюють міграцію і концентрацію золота.

Кори вивітрювання, які розвиваються на мінералізованих породах і рудах різноманітного типу родовищ, утворюють самостійний генетичний тип екзогенних родовищ формації кори вивітрювання. Такі родовища широко розповсюджені на земній кулі, а корисні копалини цієї формації мають важливе промислове значення у видобутку і виробництві мінеральної сировини в багатьох країнах світу. З корами вивітрювання пов'язано багато корисних копалин, в тому числі і золото. Кори вивітрювання мають не тільки рудоутворювальне значення. Значна їх роль як пошукового критерію для цілої низки ендегенних корисних копалин. Не менш важлива роль кір вивітрювання у формуванні осадових гірських порід і родовищ корисних копалин, що утворилися за рахунок перевідкладених продуктів кори вивітрювання. Важливе достоїнство родовищ формації кори вивітрювання – це можливість швидкого залучення їх до експлуатацію без значних капіталовкладень.

Кори вивітрювання як джерело золота вже давно приваблювали геологів. Однак при вивченні ендегенних золоторудних проявів через уявлення, що історично склалися про високу хімічну інертність металу в екзогенних умовах, кори вивітрювання розглядалися лише як сприятливий фактор для формування його розсипів і осадових родовищ. Після того, як була встановлена добра міграційна здатність золота в процесах короутворення, що контролюється типом вивітрювання, складом вихідних порід та рядом інших факторів, увага до вивчення їх золотоносності значно зросла.

У межах території Українського щита, в ході його геологічної історії неодноразово виникали умови, сприятливі для процесів короутворення. Короутворення відбувалося в епохи тривалих континентальних перерв, які характеризувалися певними кліматичними, тектонічними, геоморфологічними, орографічними, геологічними умовами та розвитком органічного світу. На території України кори вивітрювання відомі від архею до кайнозою. Вони не мають суцільного розповсюдження, а збереглися лише на ділянках, що зазнали найменшої ерозії.

Золотоносні кори вивітрювання утворювалися як за рахунок родовищ і рудних тіл, так і мінералізованих зон з розсіяним сульфідним зруденінням. В екзогенних умовах ендегенне золото зазнало три стадії перетворення: розчинення, концентрування в ґрунтових водах, осадження нових гідрогенних мінеральних форм. Кількість таких циклів контролювалась рядом факторів. Динаміка золота в корах вивітрювання залежала від ступеню його концентрації в породоутворювальних і акцесорних мінералах, кліматичних (теплий і вологий клімат, який обумовлював інтенсивний розвиток кори хімічного вивітрювання), геоморфологічних (пенепленізація рельєфу) умов; визначалася характером, тривалістю, інтенсивністю процесів гіпергенезу, складом первинних порід (різноманітні за складом породи мали різну стійкість до винесення з них золота при гіпергенному перетворенні) і руд (значна сульфідизація руд), типом (масштаби й активність мобілізації золота зростали в ряду зрілості кір вивітрювання), зональністю вивітрювання, морфологією (наявність золоторудних стовпів, гнізд (розвиток золотопроявів у вигляді контракційних тріщин, інтенсивний розвиток інтарудних тріщин), структурно-текстурними особливостями (брекчієві та прожилкові текстури) рудних тіл, мінеральним складом порід і руд (значна сульфідизація, вуглецевистість та ін.), характером рудовмісного середовища (сильна кліважованість і дорудна пористість), характером, складом і стабільністю рівня ґрунтових вод тощо.

У корах вивітрювання України встановлено такі форми знаходження золота: 1) макроскопічно видиме; 2) пилоподібне і тонкодисперсне; 3) як домішка у вторинних мінералах; 4) "гідрогенне" золото.

В елювіальних розсипах видиме золото має приблизно таку ж форму, як і в материнських породах. Пробність золота дещо вища, аніж у первинних рудах. Зміна самородного золота в елювії виражена в корозії периферійних зон золотин з частковим розчиненням золота в приповерхневому шарі та облагороджуванні золотин за рахунок виносу з приповерхневого шару золотин елементів-домішок. Вміст золота в верхніх зонах кори вивітрювання, як правило, вищий, аніж в материнських породах. У корі вивітрювання золото укрупнялося, облагороджувалося, формувало нові гіпергенні форми у вигляді самородних часток, високопробних облямівок, домішок у гіпергенних мінералах, у гуміні, гумінових і фульвокислотах, у порових розчинах. Золото, розсіяне в породоутворювальних мінералах, переходить у розчин, перерозподіляється між рідкою та новоутвореною твердою фазами в пропорціях, які визначалися характером геохімічного середовища [15]. Форми міграції істинно-розчинного золота контролювалися характеристиками вод і ендегенного субстрату. Осадження відбувалося одночасно з вторинними мінеральними утвореннями, що формувалися гідрогенно. Формування золоторудних концентрацій у корі вивітрювання було багатостадійним і поліхромним, з утворенням на геохімічних бар'єрах горизонтів вторинного збагачення.

Процеси денудації призводили до часткового або повного розмиву кори вивітрювання і перевідкладення її продуктів у пониженні ділянках рельєфу (річкові долини, озерні, морські та океанічні западини), збагачуючи осадові утворення як кластогенним, так і гідрогенним золотом. Кластогенне золото трансформувалося на шляхах міграції. Гідрогенне золото, потрапивши в інше геохімічне середовище, брало участь у різноманітних геохімічних процесах, які відбувалися на шляху міграції і в басейнах седиментації. Потужність кори вивітрювання, що збереглася до наших днів, коливається від декількох до двохсот метрів. Збереглися кори вивітрювання і на відомих родовищах та рудопроявах золота (Бобриківське, Балка Широка, Юріївське, Клишівське, Чемерпільське, Полянницьке, Савранське, Капітанівське та ін.). Вміст золота в корах вивітрювання іноді сягає промислових значень. Масштаби золотоносності елювіальних утворень значною мірою залежать від золотоносного потенціалу порід субстрату.

Головною рисою кір вивітрювання будь-якого типу, які розвиваються на кристалічних утвореннях, є їх вертикальна мінералого-геохімічна зональність, що супроводжується зміною (знизу вгору) горизонтів з різним ступенем розкладу і дезінтеграції материнських порід. По золотоносних корах вивітрювання виділяється знизу вгору чотири зони: 1) дезінтеграції; 2) гідратації й початкового гідролізу; 3) гідролізу й кінцевого вилуговування; 4) окиснення. На різних об'єктах кількість зон може змінюватися. Границі між зонами умовні, неоднозначні. Золото в тій чи іншій кількості виявлено в усіх чотирьох зонах. Приуроченість підвищених концентрацій золота до будь-якої зони для усіх об'єктів дослідження відсутні. Для окремих об'єктів відзначається або зниження вмісту золота від підшви вгору, або його збільшення. Інколи підвищені концентрації металу відмічаються в середній частині профілю кори вивітрювання. Така картина розподілу металу у профілі кори вивітрювання обумовлена переважанням того чи іншого фактору, що впливає на міграцію та концентрацію золота.

При вивітрюванні гірських порід золото може мігрувати у ґрунтових водах у вигляді $[\text{Au}(\text{OH})_2]^{1-}$, $[\text{AuCl}_2\text{OH}]^{1-}$, $[\text{AuCl}_4]^{1-}$ або $\text{H}_2\text{AuO}_3^{1-}$, а також у вигляді металоорганічних комплексів [1]. Максимально збагачені золотом води, що омивають породи основного складу. Осаджувачами золота є гідроксиди заліза і марганцю, глинисті мінерали, органічна речовина. Під час формування каолінової кори вивітрювання міграція золота незначна і воно концентрується в залишкових продуктах. У латеритних умовах золото має високу рухомість. При окисненні золотоносних руд золото може переходити в розчин, мігрувати і осаджуватися знову. В процесі осадження формуються куці, ізометричні тіла і горизонти вторинного збагачення. Завдяки мобілізованому золоту (яке мігрує, перерозподіляється, концентрується) відбувається багатостадійний процес природного збагачення кір вивітрювання. Концентрація золота

здійснюється шляхом збагачення (золотоносність на 70–80 % обумовлена реліктовим, тією чи іншою мірою перетвореним металом, який утворює залишкові концентрації самородного золота) ним продуктів вивітрювання внаслідок винесення рухомих петрогенних компонентів або концентрації гіпергенного золота (осадження з розчинів, випадіння колоїдів і тонкодисперсних золотинок, коагуляція золотоносних гелів, адсорбція золота на гідроксидах і оксидах заліза, марганцю, гіпергенних мінералах, органіці, гідрослюдах, каолініті та інших глинистих мінералах) на геохімічних бар'єрах у різних зонах профілю кори вивітрювання з утворенням горизонтів вторинного золотого збагачення. В корах вивітрювання золото часто присутнє також у сольовій, водорозчинній (іонній) формі та пов'язане з фульвокислотами і гуміновими сполуками, інколи знаходиться в обмінному стані на поверхні органічних і ґрунтово-органічних комплексів.

Перетворення мінералів-концентраторів золота в глинисті відбувається практично в усіх зонах вивітрювання, і тому в кожній зоні існує джерело міграційно-здатного золота. Золото, що вивільнюється з гіпогенних мінералів, легко переходить у розчин, раніше або пізніше сорбується новоутвореними мінералами, співосаджується з ними на геохімічних бар'єрах або ж виноситься за межі профілю. Осадження золота на геохімічних бар'єрах досліджувалося О.І. Перельманом, О.М. Росляковим, М.М. Альбовим, В.Ф. Гурєєвим, К.А. Зверєвою та ін. Розчинна (гідрогенна) форма золота має велике значення для геохімії металу в осадовому процесі. Активна роль розчиненого золота, яке знаходиться переважно у вигляді аніонного комплексу, проявляється в перерозподілі металу в зоні гіпергенезу і в формуванні водних потоків розсіювання. Усі новоутворення в корі вивітрювання чітко поділяються на три головні групи, які відповідають певним мінерало-геохімічним зонам. Для першої групи новоутворень (вміст золота менше 0,01 г/т) характерні добра розчинність у воді і випадання з рудничних вод за рН 3,8–6,5 [13–15], це суміші складних, часто нестійких основних водних сульфатів (головним чином Fe і Mg, меншою мірою Cu, Zn). Формування новоутворень цієї групи відбувається в нижніх горизонтах зони окиснення, за цих умов концентрація золота в новоутвореннях не відбувається.

Друга група новоутворень містить золото в кількості 0,1 г/т і утворилась з майже нейтральних або слаболужних підземних вод (рН 6,7–8,0) [13–15]. Тут ми маємо два максимуми збагачення – в зоні окиснення і поблизу зони цементації. Провідна роль у складі новоутворень належить окисному залізу і кальцію. Значна роль тут органіки, яка роз'їдає сульфати і оксиди заліза. Нагромадження золота у цій групі пов'язане з привносом його органічними кислотами.

Третя група новоутворень може містити золото в промислових концентраціях. За умовами утворення вони належать до зони окиснення, зони цементації та до низів зони вилуговування. На контакті (в межах 1,0 м) відмічається різка зміна рН з 8 до 7 [13–15]. Така малопотужна ділянка приконтартових змін в умовах зони вивітрювання є ареною активної мікробіологічної діяльності та енергетичних окисно-відновних реакцій, в результаті яких відкладаються низка вторинних мінералів (зокрема гіпергенний пірит), продукти життєдіяльності мікроорганізмів і самородне золото.

Таким чином, чітко розділення усіх досліджених новоутворень за вмістом у них золота на три групи узгоджується з їх складом і фізико-хімічними умовами формування. На відомих золоторудних об'єктах України часто відмічається два максимуми збагачення. Перший відповідає нижнім горизонтам зони окиснення, другий – верхнім частинам зони цементації, де окисні умови різко змінюються відновними. Цілком ймовірно, що утворенню першого максимуму збагачення золотом сприяли органічні комплекси і широкий розвиток мікробіологічної діяльності, завдяки чому відбувалась концентрація гіпергенних мінералів, органічної речовини і золота. Для утворень другого максимуму збагачення золото постачалось у вигляді легкорозчинних складних комплексних сполук, розпад яких призводив до випадіння з рудничних вод золота. Послідовне збільшення вмісту золота в новоутвореннях від ранніх стадій окисних процесів до пізніх вказує на міграцію золота в водних розчинах.

Попередниками експериментально встановлено, що серед глинистих мінералів найбільш активним осаджувачем золота є каолініт. На каолініті і монтморилоніті, що характеризуються досконалою структурою, переважає крайова адсорбція золота. При недосконалій (порушеній)

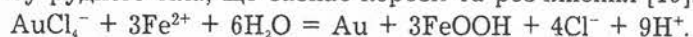
структурі кристалічної ґратки, яка утворюється в зоні гіпергенезу, поряд із крайовою, відбувається поверхнева адсорбція колоїдального золота. Експериментами, які проведені М.О. Росляковою та Р.Д. Мельниковою, встановлено, що існує дві форми сорбції золота глинистими мінералами: міцна та неміцна (вилуговується водою). Міцна сорбція, за їх даними, складає 62,2–83,4 % загальної сорбції у кислому середовищі (рН = 3,5) і 56,0–90,0 % – у лужному (рН = 9,0). Виходячи з цього констатуємо, що в мінералах древніх кір вивітрювання України золото знаходиться у формі міцно сорбованої домішки, яка за своїм зв'язком наближається до хімічної сполуки.

Золото чутливо реагує на зміну лужності середовища і випадає в осад дещо раніше, ніж вона почне знижуватись. Вплив лужного бар'єру на гіпергенну концентрацію золота залежить від величини рН. Якщо рН не перевищує 8, то золото концентрується разом з гіпергенними мінералами, а за більш високого значення рН концентрації металу не відбувається. Збільшення окисного потенціалу само по собі не викликає осадження золота, однак на окисних бар'єрах спостерігаються підвищені концентрації металу, пов'язані з поглинанням із розчинів золота гідроксидами заліза і марганцю. Це призводить до утворення гетиту, гідрогетиту та оксидів марганцю, збагачених золотом. Таке явище дуже характерне для більшості зон гіпергенезу на відомих золоторудних об'єктах України. Карбонатний бар'єр сприяв формуванню в древніх корах вивітрювання горизонтів вторинного золотого збагачення внаслідок накладеного перерозподілу [15]. Зони вторинного золотого збагачення контролюються відновним геохімічним бар'єром, на якому золото легко відновлюється до самородного стану різноманітними відновниками.

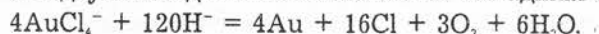
У корах вивітрювання і зонах окиснення золотовмісних сульфідних руд зосереджено значні поклади гідрогенного золота і інтенсивно відбуваються його процеси мобілізації, міграції та концентрації (завдяки активній участі біосу та флювіальних процесів), що визначаються окисно-відновним потенціалом та положенням рівня ґрунтових вод. Слід зазначити, що великий вплив на динаміку золота в зоні гіпергенезу мають підземні води. Геохімічні процеси, що охоплюють розчинення золотовмісних сполук і відкладення тонкодисперсного золота у зонах окиснення (вертикальній і горизонтальній) і у проміжній зоні, відбуваються як вище, так і нижче дзеркала ґрунтових вод. Більш низький вміст кисню нижче дзеркала ґрунтових вод зумовлює меншу швидкість цих процесів у зоні насичення, ніж у недонасиченій водою зоні вивітрювання, яка знаходиться вище за розрізом. Суттєве перенесення золота відбувається із зони вилуговування у перехідну зону, що розташована над дзеркалом ґрунтових вод. Варіації швидкості низхідних рухів дзеркала ґрунтових вод і пов'язаної з цим швидкості окиснення золото – і сульфідовмісних порід обумовлюють формування восьми типів золотоносності, пов'язаних з окиснювальними процесами (три з них виділяються у реліктових профілях, три пов'язані з ерозійним профілем і два – з літологічним профілем) [19]. Провідне значення мають процеси окиснення заліза, з одного боку, і золота – з іншого. Більшість дослідників визнають значну роль явища зниження рівня дзеркала ґрунтових вод у проявах різних форм окиснення золота. В протилежність процесам, що відбуваються під дзеркалом ґрунтових вод, процеси, пов'язані з окисненням золота, які відбуваються в ненасиченій водою зоні, що утворилась внаслідок пониження рівня дзеркала ґрунтових вод, вивчені ще дуже мало.

Розчинення і перевідкладення золота відбувається у три різних етапи. На першому з них в умовах нейтрального до слаболужного середовища або за дуже кислих умов відбувається утворення розчинів, агресивних до сполук золота. При нейтральних слаболужних показниках рН окиснення сульфідів призводить до появи тіосульфатів у розчинах, які здатні розчиняти сполуки золота. За більш інтенсивних окисних умов у наявності хлоридів розчиняються сполуки золота. Іон двовалентного заліза, який вивільнюється на фронті вивітрювання під час окиснення сульфідів та вивітрювання порід, що залягають нижче, дифундує в напрямку дзеркала ґрунтових вод і джерела кисню, де відбувається окиснення з вивільненням іону водню [19]. Ця реакція забезпечує візуальну установку "відновного фронту". Як кислотно-хлоридний тип розчинення, так і тіосульфатна ремобілізація можуть проявлятися в межах одного родовища чи рудопрояву. Окиснення заліза і утворення гідроксидів заліза зумовлюють появу кислого середовища у верхніх частинах профілю.

На другому етапі відбувається розчинення сполук золота. Розчинення сполук золота за участю тіосульфатів спостерігається поблизу джерела, яке містить вивітрені сульфідні, в той час як розчинення за кислотно-хлоридним механізмом відбувається вище за профілем за більш високих значень Eh і вищої концентрації кисню, коли сульфідні вже зникають [19]. На третьому етапі відбувається перевідкладення золота (зокрема, із залізом як відновником). Вертикальна зональність у межах окиснених золоторудних об'єктів є важливим фактором не тільки в зв'язку з механізмом розчинення, а й для перевідкладення золота. Випадіння чистого золота з розчину, яке спостерігається при відновних процесах за участю двовалентного заліза, відбувається поблизу рудного тіла, що зазнає корозії та розчинення [19]:



У відсутності двовалентного заліза випадіння золота відбувається за реакцією [19]:



В обох випадках відстань між зоною розчинення і зоною перевідкладення досить значна, як по вертикалі, в результаті низхідного просочування розчинів, так і по горизонталі, внаслідок дифузії вздовж дзеркала ґрунтових вод.

Узагальнена модель ремобілізації золота передбачає розвиток майже повністю вилугованої верхньої зони, звідки здійснюється перенесення вилугованого золота в проміжну (перехідну) зону, що розташована нижче. В проміжній зоні міститься як первинне, так і "нове" (перевідкладене) золото. Розчинення золотомісних сполук і перенесення униз металу відбувається слідом за пониженням первинного (верхнього) рівня дзеркала ґрунтових вод [19]. У більшості випадків підземні води в екзогенних рудоутворювальних системах кір вивітрювання належать до вод неглибокої циркуляції інфільтраційно-атмосферного генезису. Ці води, як і кори вивітрювання, є біокосними системами, в формуванні яких поряд з мінералами гірських порід велику роль відіграє жива речовина, що принципово відрізняє їх від вод ювенільного походження. Хімічна активність вод обумовлена складом і кількістю в них агресивних компонентів (CO_2 , H^+ , O_2 , NO_2^- , NO_3^- , органічні кислоти), більшість з яких має біогенне походження.

Участь органічної речовини у процесах біомінералізації золота проявляється у мобілізації, міграції, концентрації золота і його сполук (металоорганічних, метастабільних) на різних стадіях короутворення; каталізації та регулюванні процесів і параметрів мінералоутворення; безпосередньому входженні мікроорганізмів у механізм еволюції мінералу.

Заслужують уваги літературні відомості про концентрацію золота нижчими організмами – грибами. Так, плісняві гриби осаджують золото з хлоридних розчинів і при цьому покриваються позолотою [10]. Досліджується також роль гетерогенних мікроорганізмів у процесах розчинення металічного золота і осадження його з розчинів. Ці дослідження проводяться не тільки з біогеологічною метою, а й для того, щоб визначити можливість використання біохімічної діяльності мікроорганізмів у технології вилучення і концентрування золота. З метаболітів найбільш активним розчинником і осаджувачем золота є амінокислоти і білки. Ці сполуки розчиняють золото в лужному середовищі, а в кислому осаджують метал з розчинів [9, 10].

Типовим прикладом індукованої біомінералізації золота є мінералогічна сторона життєдіяльності тіонових і сульфатредукуючих бактерій, яка широко проявляється в корях вивітрювання. При окисненні сульфідів за допомогою тіонових бактерій, золото, яке містилось у них, виділяється у самородній формі або у вигляді металоносного комплексу в гіпергенному розчині. У процесі сульфатредукції бактерії забезпечують генерацію сірководню, який у подальшому трансформується у золотомісні сульфідні мінерали. Так чи інакше, індукований бактеріями процес завершується мінералізацією. Найбільш масштабною є біомінералізація золота на пластинках глинистих силікатів (головним чином каолініту). Оскільки структурна впорядкованість каолініту вища, а ентропія нижча, ніж монтморилоніту, то активність взаємодії каолініту з біокосною системою значно вища. Завдяки цьому органічні молекули розташовуються не тільки на поверхні пластинок каолініту, а й у міжшаровому просторі. Наявність біосу та дислокаційність кристалічної ґратки є запорукою значних концентрацій золота в каолініті.

Новоутворене в корі вивітрювання золото – це добре ограновані кристали з блискучою, гладкою поверхнею; "гірчичне" золото; плівки, луски на гідроксидах заліза та марганцю, кульки та різної конфігурації псевдоморфози золота по органіці.

Таким чином, практично усі прояви золота в корі вивітрювання належать до єдиної екзогенної рудоутворювальної системи. Більшість зв'язків в її структурі є синергетичними, завдяки чому при сумісних діях незалежних елементів системи їх загальний ефект перевищує суму ефектів цих же елементів, що діють окремо. В той же час відсутність дії одного з факторів може сповільнити або взагалі призупинити процеси екзогенного рудогенезу.

1. Бурмин Ю.А. Геохимия рудоносных кор выветривания. – М.: Недра, 1987. – 226 с.
2. Заруцкий К.М. Золото в мезо-кайнозойском осадочном покрове и коре выветривания докембрийских пород центральной части Украинского щита // Геохимия и рудообразование. – 1989. – № 12. – С. 89–92.
3. Каплун Е.Я. О проявлении золотоносности в древних метаморфизованных корах выветривания магматогенных пород Кривбасса // Минералогия осадочных образований. – 1975. – № 2. – С. 44–46.
4. Ковальчук М.С. Золото з різновікових кір вивітрювання України // Геол. журн. – 2000. – № 2. – С. 39–43.
5. Ковальчук М.С., Фігура Л.А. Біомінералізація золота в осадових комплексах України та її екологічні аспекти. // Пошукова та екологічна геохімія. – 2004. – № 4. – С. 7–10.
6. Кулиш Е.А., Комов И.Л., Лебедь Н.И. Вещественно-генетические типы гипергенных концентратов золота и их перспективы в Украине // Проблемы золотоносности недр Украины. – К., 1997. – С. 245–276.
7. Кулиш Е.А. Геохимия и металлогения золота в зонах гипергенеза // Там же. – С. 234–245.
8. Металіді В.С., Кислюк В.В., Павлюк В.М. та ін. Самородне золото і платина Чемерпільського рудопояву (Український щит) // Минерал. журн. – 1999. – 21, № 5/6 – С. 11–17.
9. Минеев Г.Г. Участие организмов в геохимическом цикле миграции и концентрирования золота // Геохимия. – 1976. – № 4. – С. 577–582.
10. Моисеенко В.Г., Маракушев С.А. Бактериальное концентрирование, укрупнение и "облагораживание" золота в зоне окисления золоторудных месторождений и россыпях. – Благовещенск: АмурКНИИ РАН, 1987. – 48 с.
11. Моисеенко В.Г., Куимюва И.Г., Макеева Т.Б., Павлова Л.М. Образование биогенного золота мицелиальными грибами // Докл. АН. – 1999. – 364, № 4. – С. 535–537.
12. Новгородова М.И., Генералов М.Е., Трубкин Н.В. Новое золото в корах выветривания Южного Урала // Геология рудных месторождений. – 1995. – 37, № 1. – С. 40–53.
13. Росляков Н.А. Поведение золота в гипергенных процессах окислительного ряда // Золото и редкие элементы в геохимических процессах. – Новосибирск: Наука, 1976. – С. 131–140.
14. Росляков Н.А., Поликарпочкин В.В., Нестеренко Г.В. и др. Условия гипергенной миграции и концентрации золота // Геология и геофизика, 1977. – № 6. – С. 99–108.
15. Росляков Н.А. Геохимия золота в зоне гипергенеза. – Новосибирск: Наука, 1981. – 240 с.
16. Росляков Н.А., Белеванцев В.И., Калинин Ю.А. Гипергенное золото в марганцевоносных корах выветривания // Геохимия. – 2005. – № 9. – С. 1015–1018.
17. Хрипков Л.В., Зайцев О.А. Про золотоносність кори вивітрювання в Середньому Придністров'ї // Геол. журн. – 1973. – 33, вип. 4. – С. 132–134.
18. Щербов Б.Л., Страховенко В.Д., Жмодик С.М., Калинин Ю.А. Типоморфизм и условия образования золота в корах выветривания Первомайского участка (Центральный Казахстан) // Геология рудных месторождений, 2005. – 47, № 2. – С. 174–197.
19. Mann A.W. Oxidised gold deposits: Wation ships between oxidation and relative position of the water-table // Austral. J. Earth Sci. – 1998. – 45, № 1. – P. 97–108.

Рассмотрены аспекты геохимии золота в корах выветривания. Показана значительная химическая мобильность золота в коре выветривания и выяснены факторы, обуславливающие миграцию и концентрацию золота.

The aspects of the geochemistry of gold in the weathering crust were considered. The substantial chemical mobility of gold in the weathering crust pointed to. The factors migration and concentration of gold to elucidate a question.