

ГЕОХІМІЯ ЗОЛОТОНОСНИХ КОР ВИВІТРЮВАННЯ КРИСТАЛІЧНОГО ФУНДАМЕНТУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА (БРУСИЛІВСЬКА ШОВНА ЗОНА ТА ПРИЛЕГЛІ ТЕРИТОРІЇ)

*Жовинський Е.Я., Крюченко Н.О., Жук О.А., Кухар М.В., Слободенюк Т.М., Панаїт Е.В.,
Дмитренко К.Е.*

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
просп. акад. Палладіна, 34, м. Київ-142, 03680, Україна*

Визначено розподіл золота у материнських породах та корах вивітрювання Брусилівської шовної зони. Встановлено кількісні показники вмісту золота та інших елементів за розрізом. Обраховано кларк концентрації золота в корах вивітрювання відносно вмісту Au у материнських породах (зокрема, біотитових гранітах): у дресвяно-глинистій зоні кори він становить 2–3; у гідрослюдиисто-глинистій – 5–15, у каолінітовому горизонті – 3–7. Найбільш висока концентрація золота властива гідрослюдиисто-глинистій зоні кори вивітрювання.

Індикаторами пошуків золота в корах вивітрювання, незалежно від їх типу, у зонах тектонічних порушень є рухомі форми As і Li. У тектонічно спокійних зонах встановлено кореляційний зв'язок між вмістом Au і рухомих форм Y, Yb (для гідрослюдиисто-глинистого горизонту) і Y, Yb, Zr (для каолінітового горизонту).

Ключові слова: золото, кора вивітрювання, материнські породи, кларк концентрації, Брусилівська шовна зона.

Вступ. Зважаючи на те, що освоєння великих рудних об'єктів вимагає значних капіталовкладень і пов'язане з вирішенням екологічних проблем, значний інтерес становлять золотоносні кори вивітрювання. Кори вивітрювання Брусилівської шовної зони характеризуються значною площею за порівняно невисокого вмісту металу, та є значним за обсягом сировинного потенціалу об'єктом для розвитку золотодобувної промисловості із застосуванням нових технологій.

Головною метою дослідження було вивчення геохімії золотоносних кор вивітрювання (КВ) кристалічного фундаменту Українського щита в межах Брусилівської шовної зони та прилеглих територій. Для цього вирішувалися такі питання: характеристика перерозподілу мікроелементів у КВ, порівняння їхнього вмісту із вмістом у материнських породах; визначення кларка концентра-

ції (Кк) золота у КВ відносно материнських порід; встановлення індикаторних елементів для пошуку золота в КВ тектонічно спокійних зон та зон тектонічних порушень.

Методика досліджень. Для виконання аналітичних робіт застосовано комплекс основних сучасних методів досліджень: спектрометричний, атомно-абсорбційний, пробірний, ІСП-МС.

Результати досліджень та їх обговорення. На території Брусилівської шовної зони найбільш вивченою в геохімічному плані є КВ у межах Сквирського листа, представлена такими зонами [1]: дресвяною (початкових продуктів вивітрювання), глинистою та дресвяно-глинистою (проміжного розкладання) та глинистою (кінцевих продуктів розкладання) (рис. 1).

КВ Брусилівської шовної зони за морфологічним типом поділяється на площову та лінійну [2]. Потужність кори коливається в широких межах: від сантиметрів до 15–20 м, середня потужність – близько 10 м. Кора вивітрювання лінійного типу сформована в зонах активізованих

© Жовинський Е.Я., Крюченко Н.О., Жук О.А., Кухар М.В., Слободенюк Т.М., Панаїт Е.В., Дмитренко К.Е., 2015

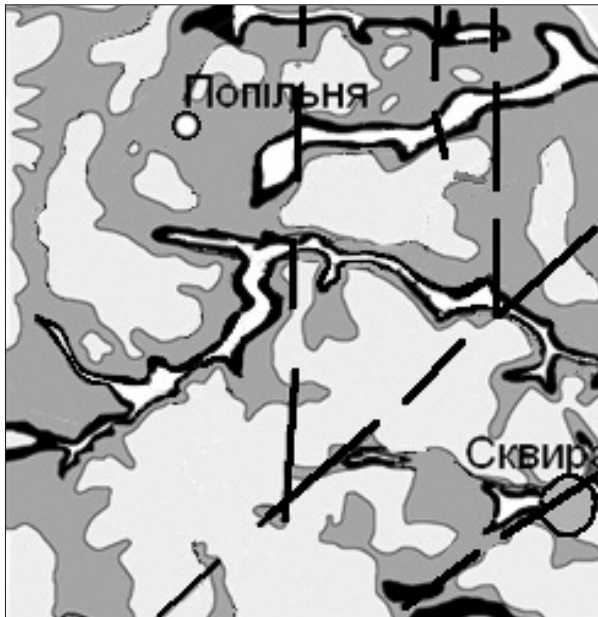


Рис. 1. Схема площинної кори вивітрювання: глиниста зона (кінцевих продуктів розкладання), (біле); дресвяна зона (початкових продуктів вивітрювання) (сіре); глиниста та дресвяно-глиниста (проміжного розкладання), (чорне); тектонічні порушення (пунктирна лінія)

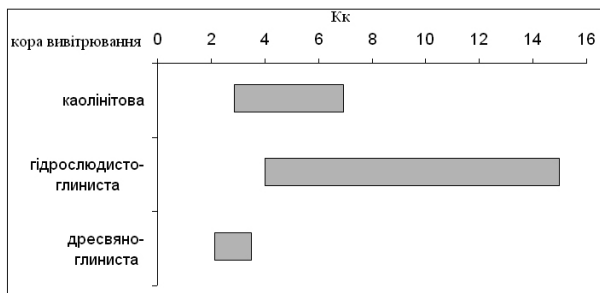


Рис. 2. Кларк концентрації золота у корах вивітрювання різних типів

тектонічних порушень, фіксується на значній глибині (100 м і більше) у вигляді лінійно витягнутих смуг шириною до 1–1,5 км і довжиною до 5–10 км. Лінійний тип кори інколи формується також по породах, які порівняно легко піддаються вивітрюванню: амфіболітах, кристалосланцях, гнейсах, особливо графітовмісних, та основних і ультраосновних породах.

Гіпергенез однорідних порід кислого і середнього складу призводить до виникнення трьох зон продуктів вивітрювання каолінітового мінералогічного типу [4]. У напрямку від субстрату виділяють зони: початкових продуктів або дезінтеграції (дресвяну); проміжних продуктів (гідрослюдиисто-глинисту); кінцевих продуктів (каолінітову).

У зоні дезінтеграції породи тріщинуваті та зберігають структурно-текстурні особливості і

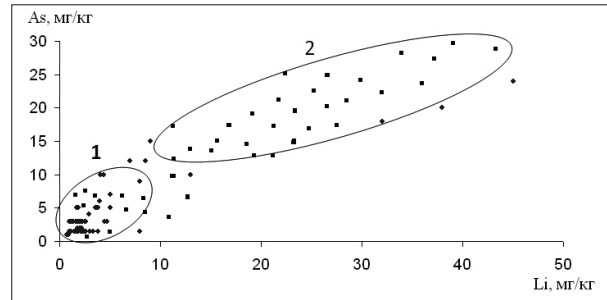


Рис. 3. Графік розподілу As і Li у тектонічно спокійній зоні (1) і в зоні тектонічних порушень (2)

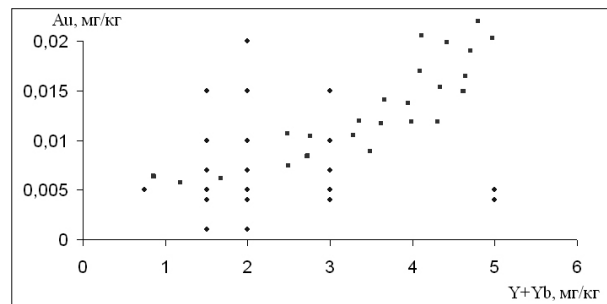


Рис. 4. Графік залежності вмісту Au та Y, Yb у гідрослюдиисто-глинистій зоні кори вивітрювання

Таблиця 1. Середній вміст золота в материнських породах Брусилівської шовної зони, г/т

Порода	Вміст Au
Граніт	0,005
Граніт гнейсовидний	0,004
Граніт біотитовий	0,007
Плагіограніт біотитовий	0,007
Пегматит	0,004
Плагіомігматит	0,004
Амфіболіт	0,005
Мігматит біотитовий	0,004

мінеральний склад материнських порід. Плагіоклаз частково каолінізується, біотит незначною мірою гідратується. У незначній кількості з'являються монтморилоніт, гідрогетит. В амфібол- і піроксенвмісних ультраметаморфічних породах кольорові мінерали заміщуються монтморилонітом. Спостерігається розпад гранату в гранатвмісних гранітоїдах і гнейсах [2].

Золото представлено різними морфологічними різновидами. Встановлено [3], що розмір золотин змінюється від 0,01 до 3,5 мм, проте основна частина належить до пилоподібного (0,01–0,05 мм), тонкого (0,05–0,1 мм) і дуже дрібного (0,1–0,25 мм) класу. Золото, високопробне (понад 950). Виявлена пряма залежність між вмістом золота, наявністю кварцової гальки і глинистістю порід. Вміст золота в гальці кварцу становить 0,003–0,02 г/т, каолініті —

Таблиця 2. Вміст золота в вертикальному розрізі свердловини (ділянка Сидори), г/т (за матеріалами Павлюка В.М.)

Інтервал опробування, м	Потужність, м	Вмісний матеріал	Вміст Au
13,0–14,0	1,0	Кварц-монтморилоніт-каолінітова КВ	0,121
14,0–15,2	1,2		0,064
15,2–16,0	0,8	Кварц-гідрослюдисто-монтморилоніт-каолінітова КВ	0,075
16,0–16,7	0,7		0,068
16,7–17,2	0,5		0,085
17,2–17,5	0,3		0,273
17,5–17,8	0,3		0,165
17,8–19,0	1,2		0,173
19,0–20,5	1,5		0,087
20,5–21,5	1,0		0,004
21,5–22,5	1,0		0,158
22,7–22,9	0,2		Гідрослюдиста КВ
22,9–23,3	0,4	0,217	
23,3–23,5	0,2	0,054	
23,5–23,8	0,3	Каолінова КВ	0,508
23,8–24,6	0,8	Дресвяно-глиниста КВ	0,086
24,6–25,0	0,4	Кварц-гідрослюдисто-каолінітова КВ	6,800
25,0–25,8	0,8	Каолініт-монтморилоніт-гідрослюдиста КВ	0,054
25,8–26,6	0,8		0,004
26,6–27,4	0,8	Брекчіровані породи	0,206
27,4–28,0	0,6	Гідрослюдиста КВ	0,078
28,0–28,7	0,7		0,004
28,7–29,7	1,0	Монтморилоніт-каолінітова КВ	0,094
29,7–30,3	0,6	Брекчіровані породи	0,004
30,3–30,7	0,4	Кварц-каолінітова КВ	0,004
30,7–31,1	0,4	Брекчіровані породи КВ	0,240
31,1–32,8	0,7	Гідрослюдисто-каолінітова КВ	0,004
31,5–32,2	0,7		0,038
32,2–32,6	0,4	Гідрослюдиста КВ	0,004
32,6–33,0	0,4	Монтморилоніт-каолінітова КВ	0,060
33,0–33,4	0,4	Кварц-каолінітова КВ	0,004
33,4–34,0	0,6	Монтморилоніт-каолініт-гідрослюдиста КВ	0,054
61,5–62,0	0,5	Плагіограніт	0,070
79,5–74,3	0,8	Граніт біотитовий	0,030

0,003–0,03 г/т, у вторинних каолінах відзначається збільшення вмісту металу з глибиною.

Нами було проаналізовано вміст золота у материнських породах досліджуваної території (за даними золотоспектрального аналізу). Встановлено, що середній вміст золота в породах становить 0,004–0,007 г/т (табл. 1).

Геохімічно КВ є неврівноваженою системою, яка характеризується значним перерозподілом

мікроелементів, порівняно з їхнім вмістом у материнських породах. Найбільш повно КВ представлена на ділянці Сидори (св. 93к) (табл. 2).

Так, вміст золота складає, г/т: у гідрослюдистій КВ – 0,078–0,2; у гідрослюдисто-каолінітовій – 0,004; у монтморилоніт-каолінітовій – 0,054. Максимальний вміст золота (6,8 г/т) зафіксовано у кварц-гідрослюдисто-каолінітовій корі вивітрювання на глибині 25 м, потужністю 0,4 м.

Інтенсивність концентрування золота в зоні вивітрювання визначена вмістом глинистої складової. Наприклад, при вмісті золота в біотитових гранітах 0,03 г/т, в дресвяно-глинистій зоні концентрація металу у тричі вища – до 0,09 г/т, в гідрослюдиисто-глинистій – 1,8–7,2 г/т, в каолінітової 0,1–1,8 г/т. При розрахунку кларка концентрації золота в КВ відносно материнської породи встановлено: Кк у дресвяно-глинистій – 2–3; гідрослюдиисто-глинистій – 5–15, каолінітовому горизонті – 3–7. З'ясовано, що найбільш висока концентрація золота характерна для гідрослюдиисто-глинистої зони кори вивітрювання (рис. 2).

Як відомо, найважливішим фактором, що контролює вторинну концентрацію золота, є відновний бар'єр (В.І. Белеванцев та ін.). Будь-яке пониження в системі вмісту кисню знижує допустимий поріг розчинності золота, яке легко відновлюється до самородного стану різними відновниками. Для розчинів зони вивітрювання характерно зниження концентрації кисню вниз за розрізом до рівня ґрунтових вод і нижче. Це супроводжується зниженням розчинності Au і його концентруванням в гідрослюдиисто-глинистій зоні.

Для виявлення золотоносних КВ велике значення мають структурно-тектонічні умови території, тому територію дослідження нами було умовно поділено на тектонічно спокійні зони і зони тектонічних порушень. У КВ, які територіально припадали на зони тектонічних порушень, нами виділено аномалії арсену і літію, що відображає сукупний ефект різних фізико-хімічних процесів. Їхня висока міграційна здатність (разом із фтором) дозволяє інтерпретувати аномалії як такі, що пов'язані з зонами тектонічних порушень.

У КВ зон тектонічних порушень вміст арсену, літію і золота корелює (As – 10 мг/кг за фонового 1,5 мг/кг; Li – 9 мг/кг за фонового 2 мг/кг, Au –

0,2 мг/кг за фонового 0,04 мг/кг). У тектонічно спокійних зонах кореляційної залежності між As та Li не виявлено (рис. 3).

У процесі формування каолінових КВ гіпергенні концентрації рідкісних елементів зазвичай є значно вищими, ніж у корінних джерелах. Під час вивчення тектонічно спокійних зон підвищений вміст Au (0,01–0,025 мг/кг) зафіксовано разом з підвищеним вмістом Y (5 мг/кг, за фонового – 2 мг/кг), Yb (0,3 мг/кг, за фонового – 0,18 мг/кг) в гідрослюдиисто-глинистому горизонті (рис. 4).

Аналіз хімічного складу каолінового горизонту дозволив встановити одночасний підвищений вміст Y, Yb і підвищений вміст Zr (фоновий 20 мг/кг, максимальний – 50 мг/кг) у зонах з максимальним вмістом золота. Встановлено позитивний кореляційний зв'язок між цими елементами (> 0,6). Можна зробити висновок, що підвищений вміст розглянутих елементів просторово пов'язаний з глинистими золотоносними КВ.

Висновки. За результатами виконаних досліджень встановлено геохімічні особливості золотоносних кор вивітрювання кристалічного фундаменту Брусилівської шовної зони Українського щита.

1. У зонах тектонічних порушень рухомі форми As і Li є індикаторами пошуків золота в корах вивітрювання, незалежно від їх типу.

2. У тектонічно спокійних зонах встановлено кореляційний зв'язок між вмістом Au і рухомих форм Y, Yb (для гідрослюдиисто-глинистого горизонту) і Y, Yb, Zr (для каолінового горизонту).

3. Кларк концентрації золота в корах вивітрювання відносно материнських порід (зокрема, біотитових гранітів) складає: у дресвяно-глинистій – 2–3; гідрослюдиисто-глинистій – 5–15, каолінітовому горизонті – 3–7. Найбільш висока концентрація золота властива гідрослюдиисто-глинистій зоні кори вивітрювання.

Література

1. Геохімічні аномалії золота в корах вивітрювання Брусилівської шовної зони / Е.Я. Жовинський, В.Н. Павлюк, Н.О. Крюченко [та ін.] // Пошукова та екологічна геохімія. – № 1 (13). – 2013. – С. 3–8
2. Гранитоидные формации Украинского щита / Бартицкий Е.Н., Голуб Е.Н., Горлицкий Б.А., Есипчук К.Е. и др. – К. : Наук. думка, 1984. – 192 с.
3. Ковальчук М.С. Мінералогія самородного золота з нижньокрейдових континентальних відкладів північного схилу центральної частини Українського щита // Геол. журн. – 1995. – № 3–4. – С. 41–45.
4. Росляков Н.А. Геохимия золота в зоне гипергенеза / Н.А. Росляков. – Новосибирск : Наука, 1981. – 240 с.

Жовинский Э.Я., Крюченко Н.О., Жук Е.А., Кухар М.В., Слободенюк Т.М., Панаит Э.В., Дмитренко К.Э.

Геохимия золотоносных кор выветривания кристаллического фундамента Украинского щита (Брусилевская шовная зона и прилегающие территории).

Исследовано распределение золота в материнских породах и корах выветривания Брусилевской шовной зоны. Установлены количественные показатели содержания золота и других элементов по разрезу. Определен кларк

концентрації золота в корах вивітрювання відносно материнських порід (в частині, біотитових гранітів). Он складає: в дресвяно-глинистої – 2–3; в гидрослюдисто-глинистої – 5–15, в каолинітовому горизонті – 3–7. Найбільш висока концентрація золота характерна для гидрослюдисто-глинистої зони кори вивітрювання.

Індикаторами пошуків золота в корах вивітрювання, незалежно від їх типу в зонах тектонічних порушень служать подвижні форми As і Li. В тектонічно спокійних зонах встановлена кореляційна зв'язь між вмістом Au і подвижних форм Y, Yb (для гидрослюдисто-глинистого горизонту) і Y, Yb, Zr (для каолинітового горизонту).

Ключевые слова: золото, кора вивітрювання, материнські породи, кларк концентрації, Брусилівська шовна зона.

Zhovinsky E.Ya., Kryuchenko N.O., Zhuk O.A., Kuhar M.V., Slobodenyuk T.M., Panait E.V., Dmytrenko K.E.

Geochemistry of gold weathering crusts of the crystalline basement of the Ukrainian Shield (Brusilovsk suture zone and surrounding areas).

The distribution of gold in the source rocks and weathering crusts Brusilovsk suture zone. The quantitative indicators of gold and other elements in the sequence. The concentration of gold in the weathering zone is defined by a predominance of clay component. For example, if the content of gold in biotite granites (0.03 g/t) in gruss-clay -area metal concentration 3 times higher (up to 0.09 g/t) in the hydromica-clay – 1.8–7.2 g/t, kaolinite – 0.1–1.8 g/t. When calculating the concentration of Clark (CC) of gold in weathering crusts relative source rocks (in particular, biotite granite) is set as follows: gruss-clay – 2–3; hydromica-clay – 5–15, kaolinitic horizon – 3–7. The highest concentration of gold is characteristic of hydromica-clay zone of weathering crust. The concentration of gold in the weathering zone is defined by a predominance of clay component. For example, if the content of gold in biotite granites (0.03 g/ t) in gruss-clay area metal concentration 3 times higher (up to 0.09 g/t) in the hydromica-clay – 1.8–7.2 g/t, kaolinite – 0.1–1.8 g/t.

For the detection of gold weathering crusts great importance of structural and tectonic conditions of the territory. When considering the geochemical characteristics of weathering crusts research area was divided into tectonically quiet zones and zones of tectonic disturbances. It was determined that in zones of tectonic disturbances mobile forms As and Li are indicators of searching for gold in weathering crusts, regardless of their type. Their high migration capacity (next to fluorine) allows anomalies interpreted as being associated with zones of tectonic disturbances. In tectonically quiet zones established correlation between the content of Au and mobile forms of Y, Yb (for hydromica-clay horizon) and Y, Yb, Zr (for kaolinite horizon).

Key words: gold, weathering crust, source rocks, clarke concentration, Brusilovsk suture zone.

Надійшла 11.05.2015.