*Геологія та рудоносність України*. 2016, т. 2, вип. 1. С. 17-24
*Heolohiia ta rudonosnist Ukrainy*, 2016, vol. 2, no. 1, pp. 17-24

УДК 553.4:551.311.231(477)

# ЗОЛОТО, СРІБЛО ТА МІДЬ У КОРІ ВИВІТРЮВАННЯ ЮРІЇВСЬКОГО РОДОВИЩА (КІРОВОГРАДСЬКИЙ БЛОК, УКРАЇНА)

**М.С. Ковальчук, Ю.В. Крошко, О.Ю. Шестаков**
Інститут геологічних наук НАН України, вул. О. Гончара, 55-б, м. Київ, 01601, Україна,
*kms1964@ukr.net, tamagoji.79@mail.ru, olshes@i.ua*

Доведено, що срібло і мідь – елементи-супутники золота в промислово значущих рудних тілах порід кристалічного фундаменту родовища золота Юріївське, а на золотоносних породах фундаменту повсюдно залягає кора вивітрювання. Показано, що руйнування сульфідів у зоні гіпергенезу зумовило перехід золота і його елементів-супутників у гідрогенні рухомі форми. Продемонстровано, що в корі вивітрювання золото, срібло і мідь перерозподіляються і утворюють ореоли вторинного збагачення. Проведені дослідження дозволили встановити просторовий розподіл золота, срібла і міді в профілі кори вивітрювання та окремих її зонах зокрема; зміну вмісту елементів в елювіальній товщі.
*Ключові слова:* золото, срібло, мідь, кора вивітрювання, Юріївське родовище

# GOLD, SILVER AND COPPER IN THE WEATHERING CRUST OF THE YURIYIVSKE GOLD DEPOSITS (KYROVOHRADSKYI BLOCK, UKRAINE)

**M.S. Koval'chuk, Yu.V. Kroshko, O.Yu. Shestakow**
Institute of Geological Sciences of NAS Ukraine, Honchar st., 55-b, Kyiv, 01601, Ukraine,
*kms1964@ukr.net, tamagoji.79@mail.ru, olshes@i.ua*

It is proved, that silver and copper are elements-satellites gold of industrially important ore bodies of the crystalline basement rocks Yuriyivske gold deposit, and the gold-bearing basement rocks are everywhere underlain by the crust of weathering. It is shown that the destruction of sulphides in the supergene zone led to the transition of gold and its elements-satellites in hydrogenous mobile forms. It was demonstrated that in the weathering crust of gold, silver and copper are redistributed in eluvium and form secondary aureole enrichment. Studies have established the spatial distribution of gold, silver and copper in the profile of the weathering crust and its separate areas in particular; variations in the contents of elements in the eluvium.
*Keywords:* gold, silver, copper, weathering crust, Yuriyivske field

# ЗОЛОТО, СЕРЕБРО И МЕДЬ В КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ ЮРЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КИРОВОГРАДСКИЙ БЛОК, УКРАИНА)

**М.С. Ковальчук, Ю.В. Крошко, О.Ю. Шестаков**
Институт геологических наук НАН Украины, ул. О. Гончара, 55-б, г. Киев, 01601, Украина,
*kms1964@ukr.net, tamagoji.79@mail.ru, olshes@i.ua*

Доказано, что серебро и медь являются элементами-спутниками золота в промышленно значимых рудных телах пород кристаллического фундамента месторождения золота Юрьевское, а на золотоносных породах фундамента повсеместно залегает кора выветривания. Показано, что разрушение сульфидов в зоне гипергенеза обусловило переход золота и его элементов-спутников в гидрогенные подвижные формы. Продемонстрировано, что в коре выветривания золото, серебро и медь перераспределяются в элювии и образуют ореолы вторичного обогащения.
Проведенные исследования позволили установить пространственное распределение золота, серебра и меди в профиле коры выветривания и отдельных ее зонах, в частности, вариации содержаний элементов в элювиальной толще.
*Ключевые слова:* золото, серебро, медь, кора выветривания, Юрьевское месторождение.

## Вступ

Сучасні, економічно вигідні розробки в галузі технологій отримання золота із глинистих кір вивітрювання привернули увагу до гіпергенних родовищ золота, оскільки їх неглибоке, а подекуди поверхневе залягання, просторово-парагенетичний зв'язок із корінними родовищами і рудопроявами робить рудоносні елювіальні товщі інвестиційно і економічно привабливими. Золотоносні кори вивітрюваня – перспективний, недостатньо досліджений генетичний тип родовищ золота в Україні. Часто золотоносні кори вивітрювання містять рудопрояви і родовища ільменіту, монациту, циркону, каситериту, вторинних каолінів, вогнетривких глин тощо і просторово-парагенетично пов'язані з відомими родовищами і рудопроявами корінного золота. Одним з таких родовищ є родовище золота Юріївське.

## Матеріали і методи

Фактичним матеріалом досліджень були координати й опис свердловин, дані дослідження свердловин на наявність золота і його елементів-супутників. На підставі фактичного матеріалу авторами побудовані літогеохімічні колонки свердловин, які розкрили золотоносну кору вивітрювання та літо-

© М.С. Ковальчук, Ю.В. Крошко, О.Ю. Шестаков, 2016

DOI 10.15421/121603

логічні розрізи, що дозволило простежити розподіл золота і його супутників (міді та срібла) у розрізі елювію.

За допомогою математико-статистичних методів (пакет прикладних програм Statistica-5) і ГІС-технологій (Golden Software Surfer) установлено параметри статистичного розподілу значень вмісту золота, міді, срібла і коефіцієнти кореляції між цими елементами в зонах профілю кори вивітрювання; з'ясовано розподіл елементів підгрупи міді в зонах елювію; установлено площовий і вертикальний розподіли зазначених елементів в елювіальній товщі; побудовано цифрову структурно-літологічну модель золотоносної кори вивітрювання в межах родовища (карта потужності кори вивітрювання; карти потужності її окремих зон, карти поверхонь підошви і поверхні кори вивітрювання і її зон зокрема; поелементні (окремо для золота, міді, срібла) карти розподілу вмісту елементів у корі вивітрювання в цілому і в окремих її зонах зокрема, об'єднані карти розподілу золота, міді та срібла в зонах кори вивітрювання та ін.).

**Результати та їх обговорення**

Юріївське родовище разташоване в 17 км від Кіровограда у східному висячому крилі Кіровоградського розламу, на північному сході Компаніївського рудного поля. Родовище належить до східного екзоконтакту Новоукраїнського гранітоїдного масиву з палеопротерозойськими гнейсами чечеліївської світи інгуло-інгулецької серії (Металлические…, 2005; Нечаев, С.В., 1988; Фомин, Ю.А., 2004; Месторождения…, 1998).

Породами, що містять золоте зруденіння є гнейси біотитові з підлеглим вмістом граната, графіта, кордієрита та будіни скарноїдів (Металлические…, 2005). Незначне поширення в розрізі мають апліт-пегматоїдні граніти. Рудовмісна товща метаморфізована в умовах амфіболітової фації і частково гранітизована (Металлические…, 2005; Месторождения…, 1998). Золоторудна мінералізація локалізована в лінійних зонах окварцювання і метасоматозу.

Юріївське родовище належить до золото-кварцової формації з шеєлітом і незначною сульфідною мінералізацією (Нечаев, С.В., 1988). Основними рудними мінералами є самородне золото, пірит, піротин, халькопірит, арсенопірит, льолінгіт, сфалерит, галеніт, марказит, мальдоніт, самородний вісмут (Фомин, Ю.А., 2004).

Самородне золото розміром 0,001–1,0 мм зустрічається як самостійно, так і в зростках із указаними мінералами, за винятком мальдоніту (Металлические…, 2005; Фомин, Ю.А., 2004).

Форма зерен золота ізометрична, пластинчаста, крапле-, гачкоподібна; пробність 930–980 (Металлические…, 2005). Вміст золота – до 34,5 г/т, а в окремих пробах – до 153,8 г/т (Металлические…, 2005). Вміст золота 0,008–0,4 г/т характеризує ореольні зони золотої мінералізації, які контролює переважно плікативна тектоніка. Вміст золота понад 0,4 г/т характеризує рудоносні зони із промислово значущими золоторудними тілами. Ці зони характеризуються диз'юнктивною тектонікою з переважаючим розвитком окварцювання. Елементи-супутники золота – As, Bi, W, Ag, Cu.

Повсюдно на площі родовища по рудоносним породам кристалічного фундаменту розвинута кора вивітрювання потужністю 20 – 40 м. За характером поширення у плані кору вивітрювання поділяють на площову і лінійну. Кора вивітрювання за гнейсами має площову, видовжену в північно-східному напрямку, форму, і невитриману потужність окремих зон. Зональність кори вивітрювання проявляється в наявності трьох зон (знизу вгору): зона дезінтеграції і вилуговування; зона початкового гідролізу; зона кінцевого гідролізу та окиснення.

Зона дезінтеграції і вилуговування характеризується інтенсивним фізичним вивітрюванням і початковою стадією гідратації силікатів. Домінують мінерали материнських порід; серед гіпергенних мінералів наявні гідрослюда, гідрохлорит, карбонати. Дезінтегровані гнейси мають сірий, темно-сірий колір зі слабким зеленкуватим відтінком; апліт-пегматоїдні граніти тріщинуваті, крихкі.

Зона початкового гідролізу характеризується кінцевою гідратацією силікатів і початком гідролізу. Гідрослюдисто-каолінітова порода незалежно від материнських порід субстрату має майже аналогічний мінеральний склад із відмінностями у відсотковому вмісті окремих мінералів (%): каолініт – 15–65; кварц – 5–30; гідрослюда – 10–50.

Зона кінцевого гідролізу і окиснення складається із каолінової білої або світло-сірої породи. Мінеральний склад (%): каолініт – до 85; кварц – до 40–70.

Сульфіди материнських порід у зоні гіпергенезу руйнуються і золото та його елементи-супутники переходять у гідрогенні форми й мігрують у профілі кори вивітрювання, утворюючи аномалії на геохімічних бар'єрах у профілі елювію (рис. 1).

На поверхні зон кори вивітрювання встановлено незначні локальні підняття і значну западину, яка в зоні кінцевого гідролізу і окиснення переходить у два менш виражені в рельєфі зниження (рис. 2).

Аномалії золота в зоні дизінтеграції і вилуговування майже збігаються із зниженням у рельєфі поверхні і є продовженням аномалій золота у материнських породах (рис. 3). У зоні початкового гідролізу аномалії золота зміщуються і просторово не збігаються з аномаліями золота у зоні, яка залягає нижче (рис. 3). У зоні кінцевого гідролізу і окиснення аномалія золота просторово збігається з аномалією золота у зоні, яка залягає нижче і додатково з'являється ще одна незначна аномалія (рис. 3).

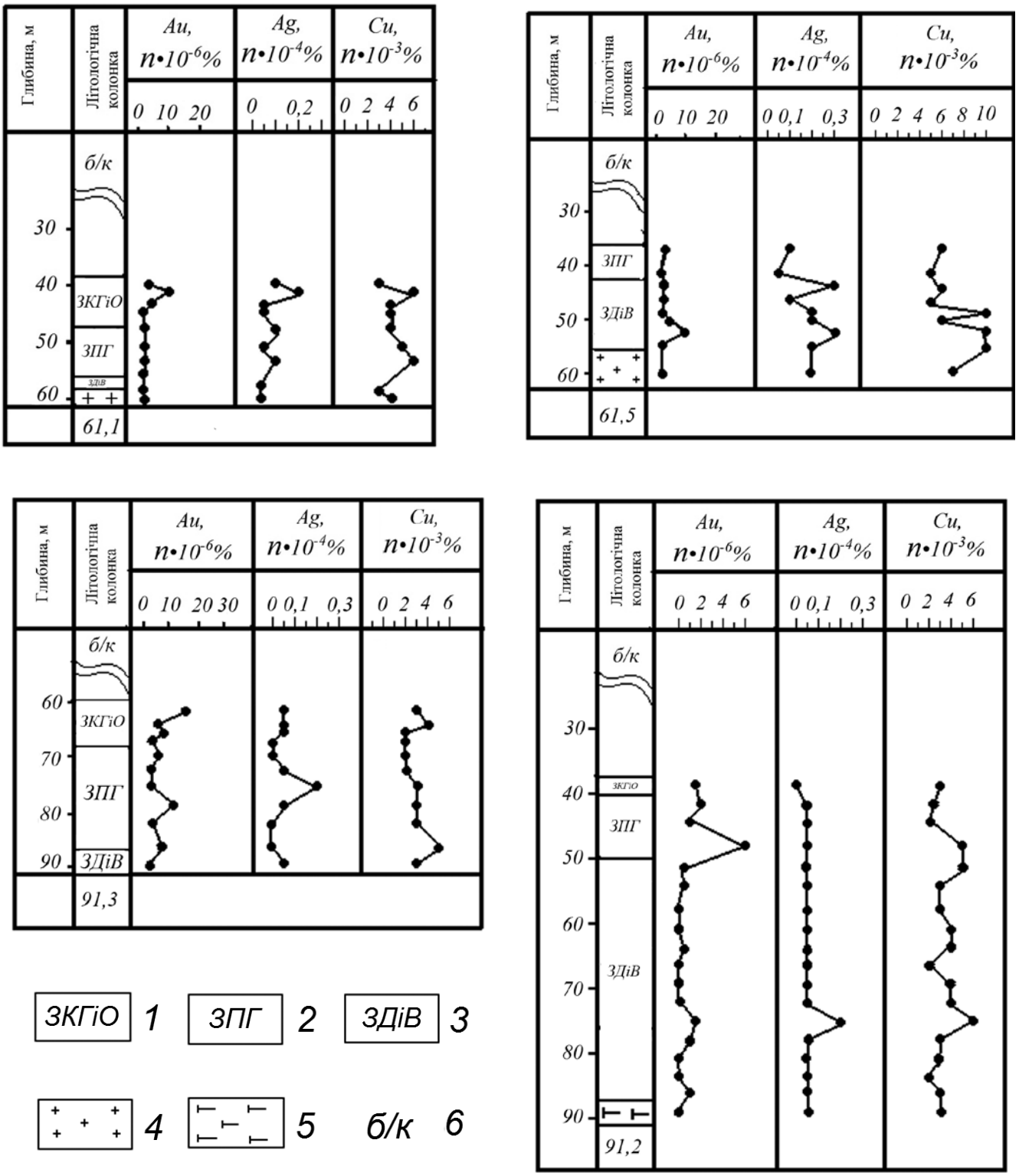


Рис. 1. Розподіл золота, срібла та міді в розрізі кори вивітрювання
Свердловини: а – 93-255; б – 93-264; в – 95-560; г – 95-735; 1 – зона кінцевого гідролізу й окиснення за гнейсами; 2 – зона початкового гідролізу; 3 – зона дезінтеграції і вилуговування; 4 – масивні аплітопегматоїдні граніти; 5 – дрібнозернисті окварцьовані біотитові гнейси; 6 – буріння без відбору керна
Fig. 1. Distribution of gold, silver and copper in the context of the weathering crust
Wells: a – 93-255; b – 93-264; c – 95-560; d – 95-735; 1 – the zone of the final hydrolysis and oxidation in gneisses; 2 – zone initial hydrolysis; 3 – zone disintegration and leaching; 4 – massive aplitepegmatoid granite; 5 – grained silicified biotite gneisses; 6 – drilling without coring

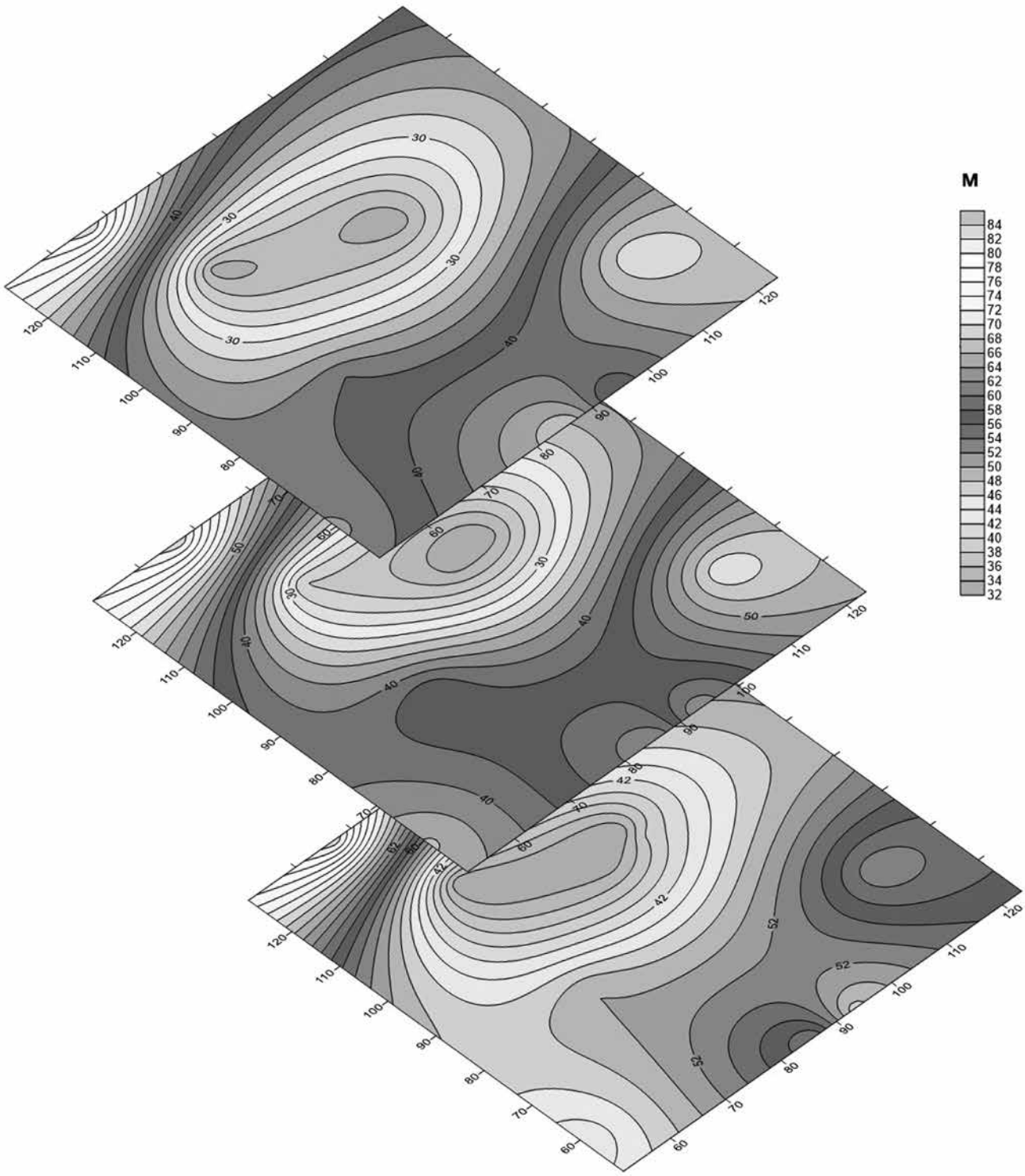


Рис. 2. Карта поверхні зон кори вивітрювання (знизу вгору: зона дезінтеграції і вилуговування, зона початкового гідролізу, зона кінцевого гідролізу і окиснення)
Fig. 2. Map the surface areas of crust (from the bottom up: zone of disintegration and leaching, zone of initial hydrolysis, zone of final hydrolysis and oxidation)

Срібло в зонах дезінтеграції і вилуговавування та початкового гідролізу утворює дві добре виражені контрастні аномалії, які просторово збігаються (рис. 4). У зоні кінцевого гідролізу і окиснення срібло формує площову, рівномірну аномальну зону (рис. 4).

Аномалії міді в усіх трьох зонах добре виражені двома-трьома піками і просторово не збігаються (рис. 5).

У профілі кори вивітрювання золото, срібло і мідь «ведуть» себе по-різному. Їх шляхи міграції і

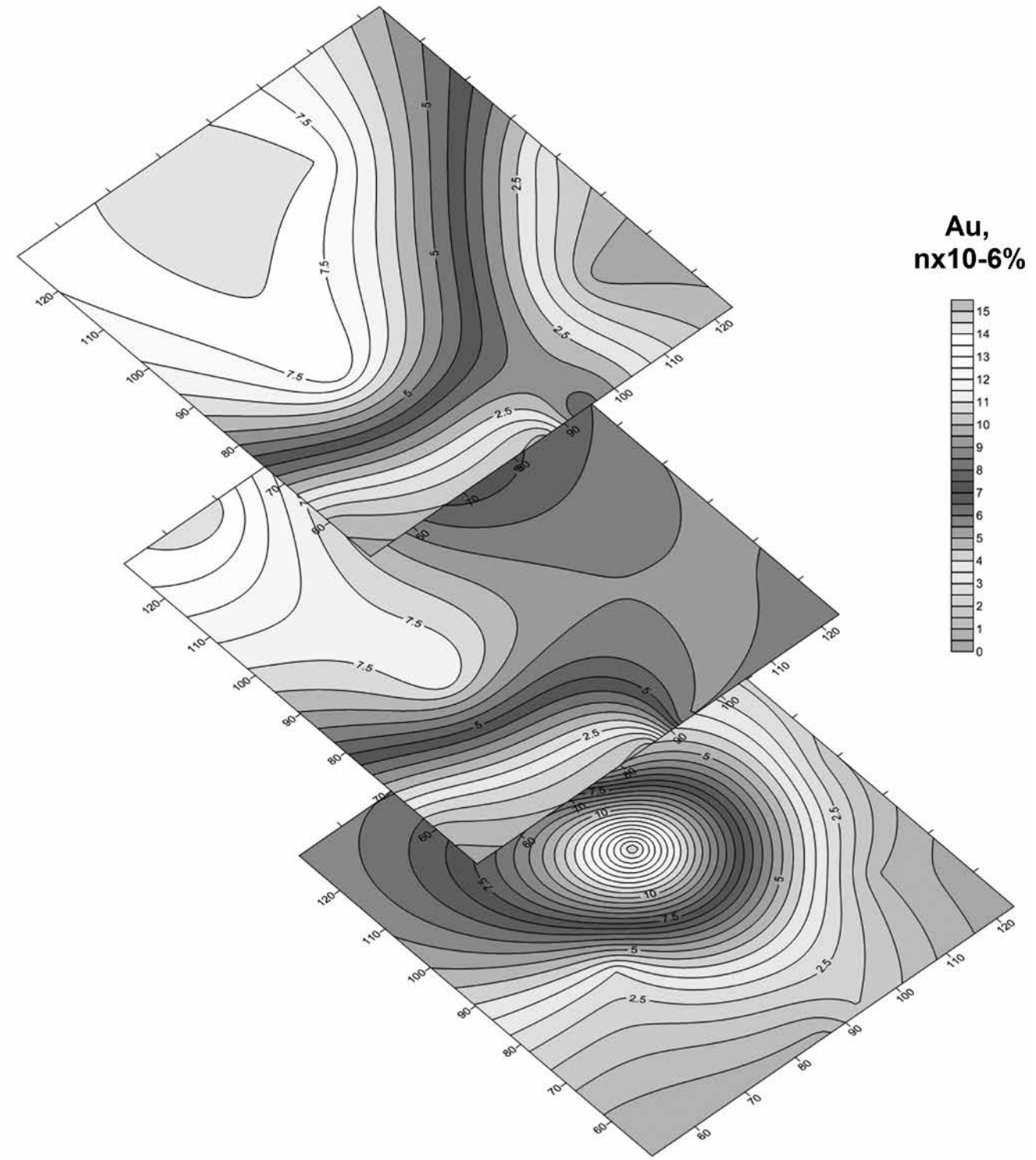


Рис. 3. Розподіл золота в зонах кори вивітрювання (знизу вгору: зона дезінтеграції і вилуговування, зона початкового гідролізу, зона кінцевого гідролізу і окиснення)
Fig. 3. The distribution of gold in the zones of the weathering crust (from the bottom up: zone of disintegration and leaching, zone of initial hydrolysis, zone of final hydrolysis and oxidation)

концентрації то розходяться, то сходяться в різних зонах елювіальної товщі. Так, у зоні дезінтеграції і вилуговування просторово збігаються лише аномалії золота і срібла або міді й срібла (рис. 1); у зоні початкового гідролізу аномалії золота, срібла і міді просторово не збігаються; у зоні кінцевого гідролізу і окиснення аномалії золота, міді і срібла просторово збігаються лише в поодиноких випадках (рис. 1,*а*); частіше просторово збігаються лише аномалії золота і міді.

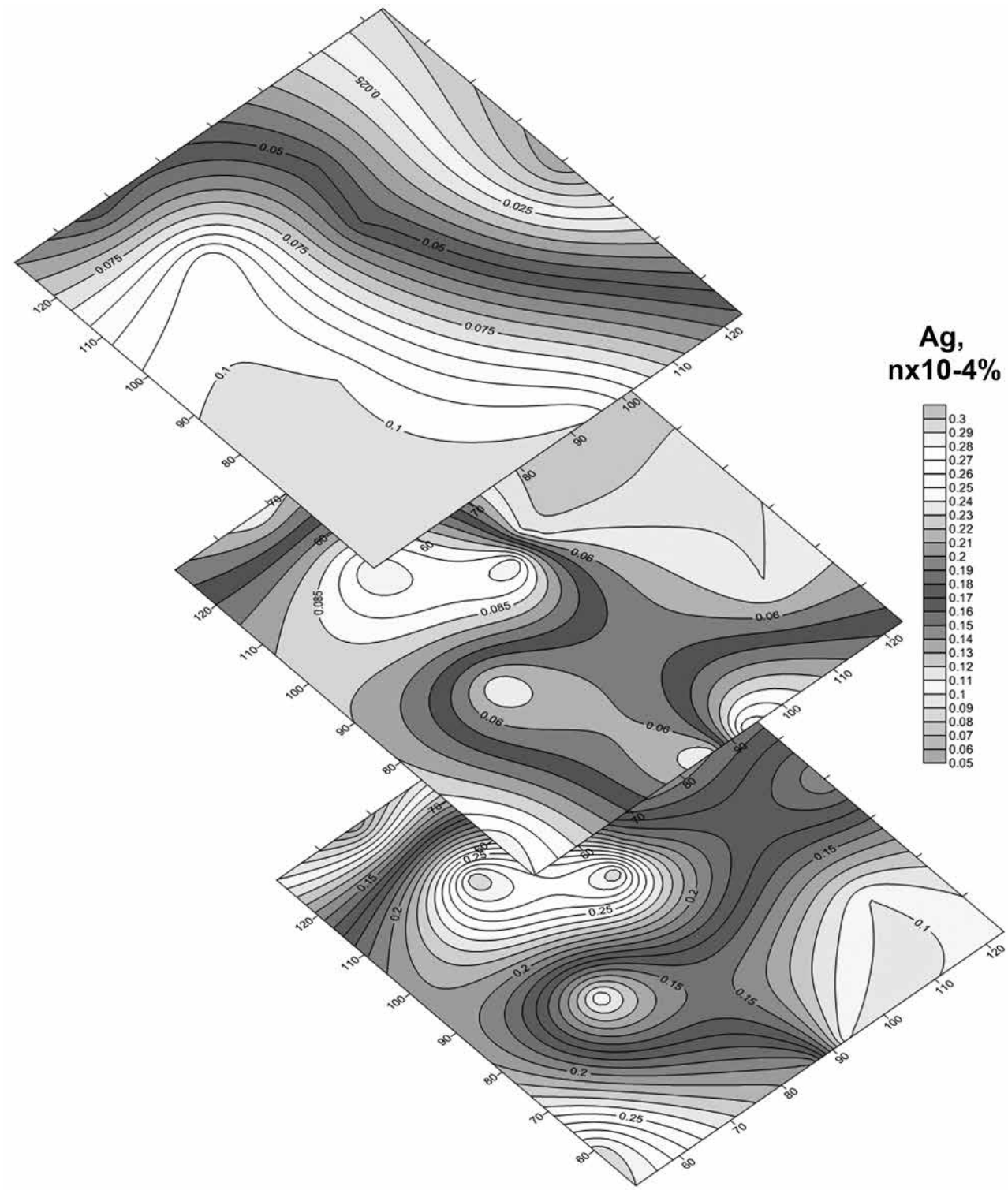


Рис. 4. Розподіл срібла в зонах кори вивітрювання (знизу вгору: зона дезінтеграції і вилуговування, зона початкового гідролізу, зона кінцевого гідролізу і окиснення)
Fig. 4. The distribution of silver in the zones of the weathering crust (from the bottom up: zone of disintegration and leaching, zone of initial hydrolysis, zone of final hydrolysis and oxidation)

## Висновки

У корі вивітрювання руйнування і перетворення мінералів-концентраторів золота, міді та срібла відбувається практично у всіх зонах, і тому в кожній зоні існує джерело міграційно-здатних елементів. Наявність чітко виражених аномалій золота, міді й срібла в розрізі й за латераллю кори вивітрювання свідчить про їх активну міграцію у гідрогенній формі у профілі кори вивітрювання. Геохімічні бар'єри, на яких здійснюється концентрація золота, міді та срібла, обумовлені зміною літолого-мінерального складу в профілі елювію і pH, Eh середовища. У кожній із

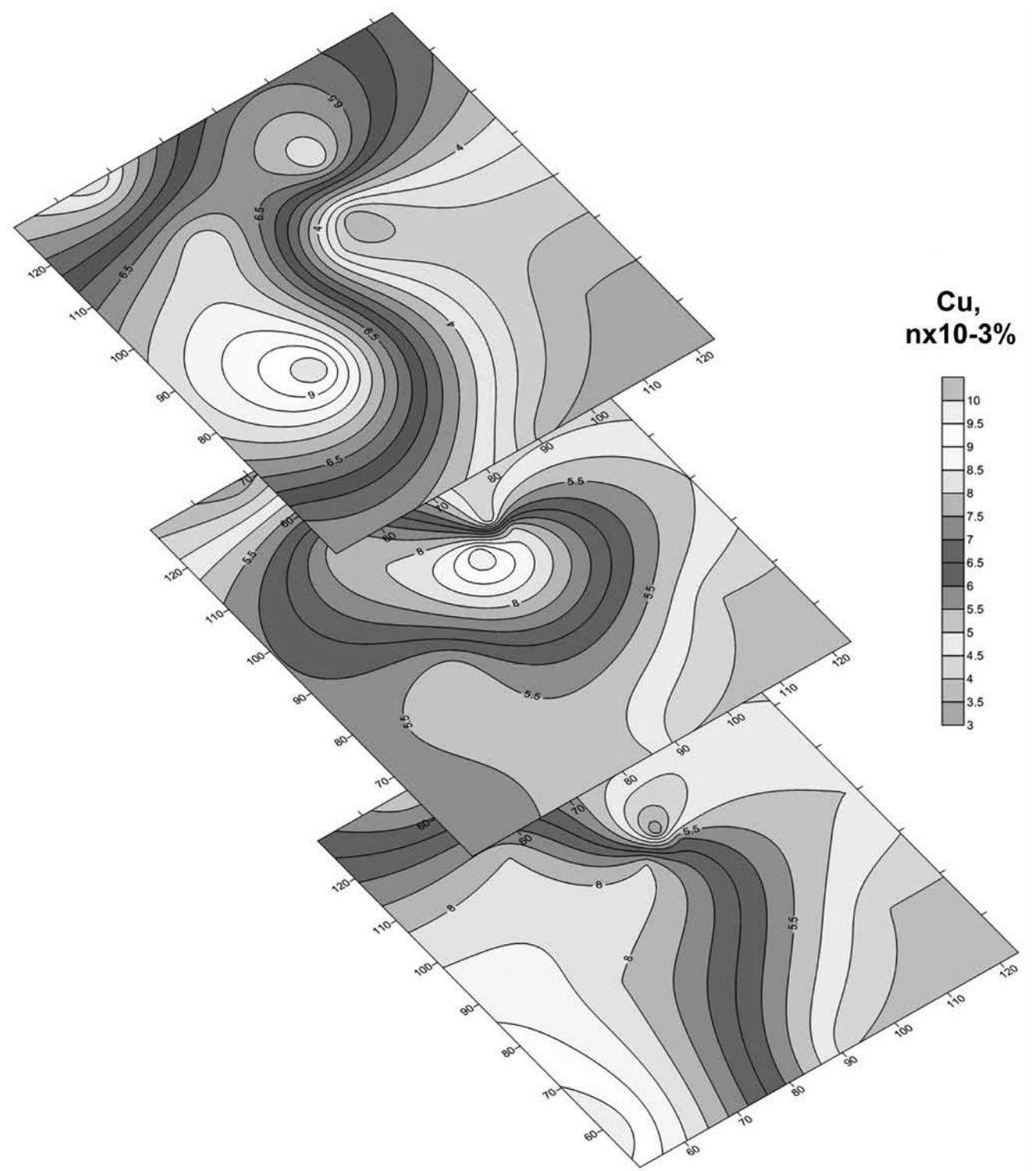


Рис. 5. Розподіл міді в зонах кори вивітрювання (знизу вгору: зона дезінтеграції і вилуговування, зона початкового гідролізу, зона кінцевого гідролізу і окиснення)
Fig. 5. The distribution of cooper in the zones of the weathering crust (from the bottom up: zone of disintegration and leaching, zone of initial hydrolysis, zone of final hydrolysis and oxidation)

зон кори вивітрювання існують ділянки різкого збільшення і зниження вмісту золота, міді й срібла.

Проведені дослідження свідчать про те, що тісні геохімічні зв'язки елементів підгрупи міді, які існують в ендогенних утвореннях, руйнуються в екзогенних умовах. Сходження і розходження геохімічних шляхів золота, срібла і міді в зоні гіпергенезу обумовлені багатогранністю проявів геохімічних властивостей зазначених елементів і здатністю їх пристосовуватися до особливостей середовища. Результати досліджень можуть стати основою для здійснення ревізійних робіт в корі вивітрювання родовища Юріївське.

## Список літератури

1. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. [Текст] / Д.С.Гурский [и др.]. – К.-Л.: Центр Европы, 2005. Т. 1. Металлические полезные ископаемые. – 785 с.
2. Нечаев С.В. Региональная зональность оруденения Украинского щита: современный план и палеотектонические реконструкции. / С.В. Нечаев, Г.Б. Наумов // Геология рудных месторождений. – 1988. – С. 124-136.
3. Фомин Ю.А. Рудные минералы Юрьевского месторождения золота / Ю.А. Фомин, Л.П. Заборовская, Е.Е. Лазаренко // Доп. НАН України – 2004. – № 2. – С. 142-146.
4. Месторождения золота в гнейсовых комплексах докембрия Украинского щита. / Г.М. Яценко [и др.]. – К.: Геоинформ, 1998. – 256 с.

## References

1. Gursky D.S., Esipchuk K.E., Kalinin V.S., etc., 2005. Metal and nonmetal minerals of Ukraine. – Kyiv – Lviv: Publishing house «Center of Europe», Volume 1. Metallic minerals. – 785 p. (in Russian).
2. Nechayev S.V., Naumov G.B., 1988. Regional mineralization zonation of the Ukrainian shield: a modern renovation plan and paleotectonic // Geology of Ore Deposits. – pp. 124-136. (in Russian).
3. Fomin Yu.A., Zaborovskaya L.P., Lazarenko E.E. Ore minerals of the Yurievskoye gold deposits // Reports National Academy of Sciences of Ukraine. – 2004. – № 2. – pp. 142-146. (in Russian).
4. Yatsenko G.M., Babynin A.K., Gursky D.S. and other., 1998. Gold deposits in Precambrian gneiss complexes of the Ukrainian Shield. – Kiev: Geoinform. – 256 p. (in Russian).

Стаття надійшла 30.11.2015