

## ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РУДНИХ ЛІТОХІМІЧНИХ АНОМАЛІЙ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Н.О. Крюченко<sup>1</sup>, Е.Я. Жовинський<sup>1</sup>, П.С. Папарига<sup>2</sup>, О.А. Жук<sup>1</sup>,  
Е.В. Панаїт<sup>1</sup>, К.Е. Дмитренко<sup>1</sup>

1 – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, просп. Палладіна, 34, м. Київ, Україна

2 – Карпатський біосферний заповідник Міністерства екології та природних ресурсів України  
90600, вул. Красне Плесо, 77, м. Рахів, Закарпатська обл., Україна

Визначено фонові та аномальні значення вмісту валового та рухомих форм As, Pb, Cd, Ni, Ag, Cu, Zn, Au, Co у буроземних ґрунтах саулякського рудного поля (Рахівський рудний район). Встановлено, що висококонтрастні аномалії над рудним тілом (коефіцієнт аномальності 7–25) утворюють рухомі форми Au, As, Pb, Cu, Zn, які мігрують у вигляді катіонів і нейтральних частинок (розрахунок за програмою *PHREEQC*). Визначено, що найбільша частка рухомих форм золота й елементів-індикаторів пов'язана з органічними сполуками ґрунту, що сприяє концентруванню і міграції елементів. За вмістом рухомих форм у вторинному ореолі виявлено комплексну аномалію Au, As, Pb, Cu, Zn, витягнуту з північного сходу на південний захід (ширина аномалії – 30–40 м, довжина – 100 м).

*Ключові слова:* елементи-супутники, золото, рухомі форми, валовий вміст, вторинні ореоли розсіювання, аномалії.

**Вступ.** Нині основу пошукових робіт становить комплексне застосування геологічних і геофізичних методів дослідження. Можливість ефективного застосування літохімічних методів пошуків у рудних районах із невеликою потужністю елювій-делювіальних утворень було показано в Українських Карпатах (Рахівський рудний район), де у процесі вивчення залишкових вторинних ореолів виявлено родовище золота Сауляк. Нами виконано роботи в межах «саулякського рудного поля», розташованого у південно-західній частині Рахівського рудного району [4]. Характерне зруденіння належить до золото-кварцевої та золото-сульфідної формації піритового та арсенопірит-піритового мінерального типу. Крупномасштабна геологічна зйомка району закінчена понад 20 років тому, отже існує потреба вивчення території з метою виявлення рудних тіл відносно дешевими методами, основні серед яких – геохімічні.

**Мета роботи** – встановлення особливостей вторинних ореолів елементів-індикаторів золота в межах саулякського рудного поля.

**Методика досліджень.** Аналітичні визначення хімічних елементів виконано за допомогою комплексу методів: спектральний, полум'яної емісійної фотометрії, атомної абсорбції, іон-селективний та ін.; контрольні аналітичні визначення – *ICP-MS*. Інтерпретацію аналітичних резуль-

татів здійснено з використанням програми *Statistica*; термодинамічні розрахунки – *PHREEQC*, графічні побудови – *Mapinfo Professional* та *Surfer*.

Розрахунок рівноваги в багатокомпонентних системах виконували за програмою *PHREEQC* (без урахування органічної складової) з використанням методів термодинамічного аналізу і математичного моделювання [3]. Для зіставлення результатів у термодинаміці використовують стандартний стан, під яким розуміють параметри і стани речовин, коли їхні активності дорівнюють одиниці:  $P = 0,1 \text{ МПа}$  і  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Також було використано розрахункові параметри – кларк концентрації (КК), який дорівнює відношенню фонового вмісту елемента до його кларка; коефіцієнт аномальності (Ка) – відношення фонового вмісту елемента до його аномальної концентрації за валовим вмістом (Ка вал) та за вмістом рухомих форм (Ка рух).

**Характеристика району робіт.** Рахівський рудний район (у межах якого знаходиться саулякське рудне поле) розташований на території Мармароського масиву. Породи представлені гнейсами, слюдяними і кварцовими сланцями, мармуроподібними вапняками юрського періоду. Знахідки ендегенного зруденіння та прояви навколорудних метасоматитів наявні у метаморфічних товщах докембрійсько-палеозойського віку.

Саулякське родовище золота відкрите в 1974 р. під час пошуків корінного джерела вторинного літохімічного ореолу золота (0,003–0,1 г/т),

досліджено канавами, штольнями, свердловинами. Родовище локалізоване в зоні шар'яжно-насувних дислокацій на границі покривних споруд рифейських — білопотоцької та діловецької світ рифею-раннього кембрію. Останні складені різноманітними сланцями, серед яких у діловецькій світі виділяються лінзоподібні та пластоподібні тіла вапняків і мармурів (рис. 1).

Зруденіння локалізовано в базальному продуктивному горизонті діловецької світи. Зруденілими є над- і підкарбонатні сланці [4]. Потужність

прожилків і лінз рудного кварцу в рудних тілах можуть досягати 30–40 см. Сумарна потужність зони мінералізації становить 18–30 м, потужність рудних тіл — 0,5–8 м і більше. Вони не мають чітких границь і можуть бути окреслені тільки за даними випробування. В цілому товща тонко розсланцьованих золотоносних порід (рудна зона) має потужність 40–80 м та прослідкована за протяганням на 700 м [4].

#### Елементи-індикатори золотого зруденіння.

Вміст сульфідних мінералів у жильній масі рудних тіл становить до 1–2 %. Виявлено понад 20 мінералів, серед яких переважають кварц, карбонати і сульфіди. Пірит є найранішим і найпоширенішим із сульфідних мінералів у межах усього Рахівського рудного вузла. Він трапляється як у вмісних породах, утворюючи ореоли піритизації, так і в кварцових жилах та прожилках. Вміст елементів-домішок у різновікових генераціях піриту було визначено [7] за допомогою лазерного мікроспектрального аналізу. Це дало змогу у піриті першої генерації на гранях і у внутрішніх ділянках виявити такі елементи-домішки, %: Cu до 0,3, Ni до 0,07, Ti до 0,1 та Co до 0,07. Було визначено мінеральний і хімічний склад руд родовища Сауляк. Середній вміст мінералів і компонентів у над- і під карбонатних рудах становить, мг/кг: As — 12; Pb — 190; Cu — 470; Zn — 720; Au — 2,4.

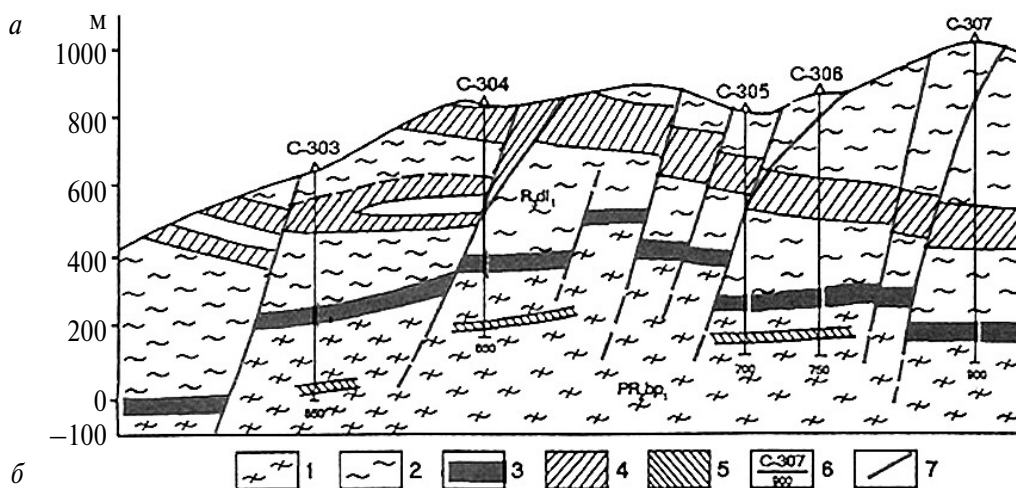
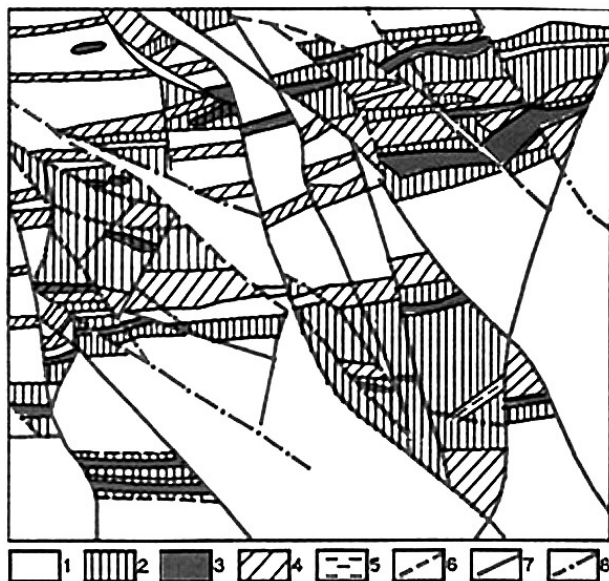


Рис. 1. Схематична геологічна карта (а) (Ю.М. Андреев, 1981 р.) та розріз (б) (П.Ф. Гожик та ін., 1994) родовища Сауляк [4] (а): 1 — породи бредецельської світи, 2 — породи рудоносної зони «продуктивна товща», 3 — золоторудні тіла, 4 — прошарки кварц-карбонатних порід, 5 — прошарки кварцитів і кварцито-сланців, 6 — дорудні розломи, 7 — післярудні розломи, 8 — інші розривні порушення; (б): 1 — породи білопотоцької світи, 2 — породи діловецької світи, 3 — основна рудна зона, 4 — рудоносні зони розсланцьовання в діловецькій світі, 5 — рудоносні зони розсланцьовання в білопотоцькій світі, 6 — номери свердловин та їх глибина, 7 — розломи

Fig. 1. Schematic geological map (a) (Yu.M. Andreev, 1981) and section (b) (P.F. Gozhik et al., 1994) of the deposit of Saulak [4] (a): 1 - the rock of the Bredetselsky layer, 2 - the rock of the ore zone «productive layers», 3 - gold ore bodies, 4 - layers of quartz carbonate rocks, 5 - layers of quartzite and quartzite shale, 6 - to the ore faults, 7 - after the ore faults, 8 - other faults; (b): 1 - the rock of the Bilopototsky layer, 2 - the rock of the Dilovetsky layer, 3 - the main ore zone, 4 - ore-bearing zones of shales in the Delovetsky layer, 5 - ore-bearing zones of shales in the Bilopototsky layer, 6 - wells numbers and their depth, 7 - tectonic faults

За цими даними розраховано кларк концентрації хімічних елементів відносно літосфери (рис. 2).

Можна скласти ряд за елементами істотної концентрації у рудовмісних породах:  $Au > Ag > Zn > Pb > Cu > As$ . Практичне значення гіпергенного ряду рухомості елементів під час формування вторинних літохімічних ореолів полягає в можливості визначення на його основі елементів-індикаторів, вторинні ореоли яких більшою мірою відповідають первинним і тому є надійнішими їх індикаторами. Далі будемо розглядати ці елементи як індикатори золотого зруденіння у вторинних ореолах.

**Результати та обговорення.** Роботи виконано на площі  $100 \times 80$  м (правий берег потічка Сауляк, 200 м на захід від штольні. Відібрано 80 проб поверхневих відкладів. Грунтоутворення тут буроземного типу, тому утворюються гірськолісові бурі ґрунти (буроземи), забарвлення яких визначила наявність нерозчинних у природних умовах сполук заліза (гідроксид і комплексні сполуки їх з гумусовими кислотами), які осідають на поверхні мінеральних часток ґрунту (лісова підстилка потужністю 0–5 см). Реакція ґрунтових розчинів кисла (рН 4,0–5,0), причому збільшення кислотності відбувається в напрямі до верхніх горизонтів. Вміст органічної речовини у верхньому горизонті темно-бурих ґрунтів досить високий – 15–20 % і зменшується у світло-бурих до 3–12 % [6] у результаті повнішого розкладання і мінералізації. У нижніх горизонтах його також досить багато – 1–2 %, що свідчить про високу рухомість. У складі органічної речовини переважають фульвокислоти. Характерно переважання фульвових (СФК) над гуміновими (СГК) кислотами (СГК : СФК – 0,1–

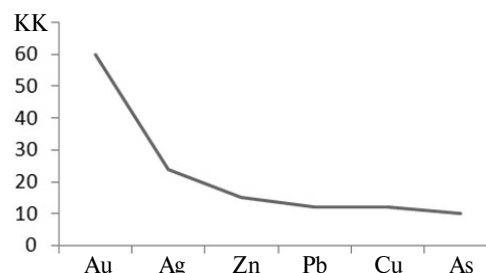


Рис. 2. Геохімічні спектри (кларк концентрації – КК) хімічних елементів відносно рудоутворювальних порід

Fig. 2. Geochemical spectra (Clark concentrations – KK) of chemical elements relative to ore-forming rocks

0,2) [6], що морфологічно виражається в світлішому забарвленні. У темно- і світло-бурих ґрунтах у верхніх горизонтах переважають гідрослюдисті мінерали, іноді з домішкою мінералів групи монтморилоніту і гідратів окису заліза.

Літохімічні роботи вимагають визначення індикаторного горизонту, тому встановлено, що у буроземних ґрунтах – це глибина 10–15 см (границя гумусового горизонту).

Механізм формування вторинних ореолів розсіювання рудних родовищ розглянуто в роботах Ю.Є. Саєта, А.П. Соловова, А.І. Перельмана та ін. Під час формування накладених вторинних ореолів родовища золота Сауляк першою стадією є вивітрювання, що зумовило формування зони окиснення, дезінтеграції та виникнення механічного ореолу розсіювання. Вивчення хімічного складу ґрунту показало досить чітку успадкованість його геохімічних особливостей від складу материнських порід.

За фазовим складом елементів-мігрантів ми розглядаємо механічні та сольові ореоли. У меха-

Таблиця 1. Вміст хімічних елементів у ґрунтах саулякського рудного поля та їх геохімічна характеристика

Table 1. The content of chemical elements in the soils of the Saulyak ore field and their geochemical characteristics

Параметр	As	Pb	Cd	Ni	Ag	Cu	Zn	Au	Co
Фоновий вміст, мг/кг	<u>1,10</u> 0,08	<u>15,00</u> 0,50	<u>0,13</u> 0,00	<u>15,00</u> 0,50	<u>0,05</u> 0,00	<u>30,00</u> 2,00	<u>60,00</u> 5,00	<u>0,00</u> 0,00	<u>7,00</u> 0,20
РФ від ВВ, %	7,20	3,30	3,00	3,30	2,00	6,00	8,00	5,00	2,00
Аномальний вміст, мг/кг	<u>3,50</u> 1,20	<u>20,00</u> 2,10	<u>0,50</u> 0,09	<u>23,00</u> 2,70	<u>0,20</u> 0,06	<u>50,00</u> 12,00	<u>120,00</u> 32,00	<u>0,01</u> 0,00	<u>12,00</u> 1,20
РФ від ВВ, %	34,00	10,50	9,60	9,70	30,00	24,00	26,00	28,50	10,00
Ка вал	3,20	1,30	4,60	1,50	3,90	1,70	2,00	3,50	1,70
Ка рух	15,00	4,20	22,50	4,00	60,00	6,00	6,40	20,00	6,00

*Примітка.* У чисельнику – валовий вміст (ВВ), у знаменнику – вміст рухомих форм (РФ); Ка вал, Ка рух – коефіцієнт аномальності за валовим вмістом та за рухомими формами.

*Notes.* In the numerator - total content (ВВ), in the denominator - mobile forms (РФ); Ка вал, Ка рух - coefficient of abnormalities in total and mobile forms.

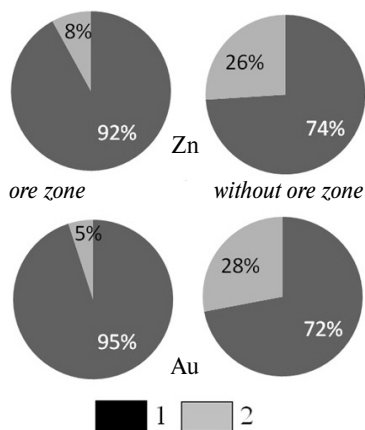


Рис. 3. Діаграма переважних форм знаходження цинку та золота у ґрунтових розчинах: 1 – валовий вміст, 2 – рухомі форми

Fig. 3. Diagram of the prevailing forms of finding zinc and gold in soil solutions: 1 – total content, 2 – mobile forms

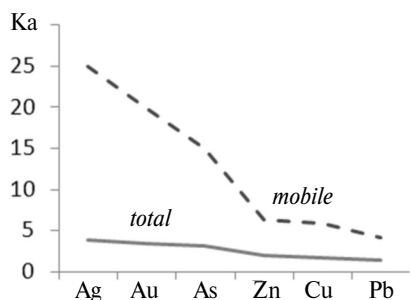


Рис. 4. Графіки коефіцієнту аномальності валових (Ka вал) та рухомих (Ka рух) форм у ґрунтах над рудною ділянкою саулякського рудного поля

Fig. 4. Charts of the coefficient of anomalies of total (Ka вал) and mobile (Ka рух) forms in soils above the ore locality of the Saulyak ore field

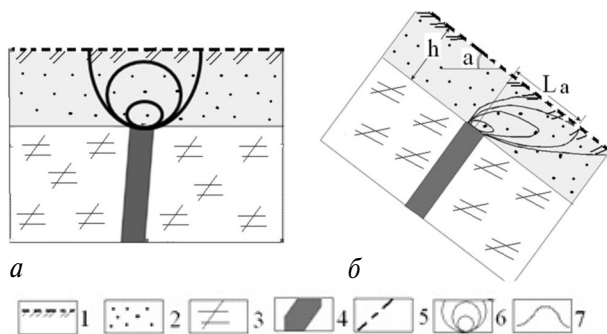


Рис. 5. Схема будови вторинного ореолу розсіювання на горизонтальній площині вододілу (а) і похилій поверхні (б) [1]. 1 – ґрунтово-рослинний шар, 2 – пухкі відклади, 3 – рудовмісні породи, 4 – рудне тіло, 5 – тектонічні порушення, 6 – вторинний ореол розсіювання, 7 – аномальний вміст індикаторних елементів

Fig. 5. Scheme of the structure of the secondary halo of scattering on the horizontal plane of the watershed (a) and inclined surface (b) [1]. 1 – soil-vegetative layer, 2 – sedimentary rocks, 3 – ore-bearing rocks, 4 – ore body, 5 – tectonic disturbances, 6 – secondary halo scattering, 7 – abnormal content of indicator elements. Symbols here and in Fig. 6

нічних ореолах індикаторні елементи наявні у вигляді твердих частинок. Ці ореоли розвиваються у елювіально-делювіальному чохлаї. У сольових оре-

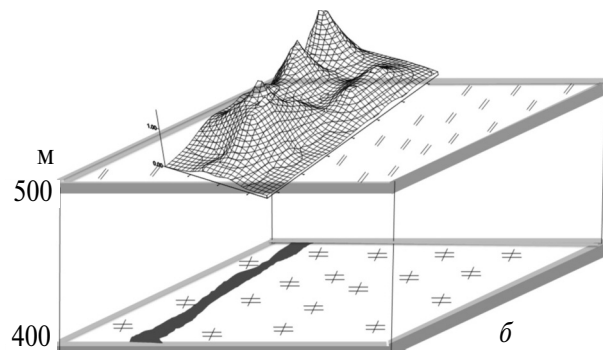
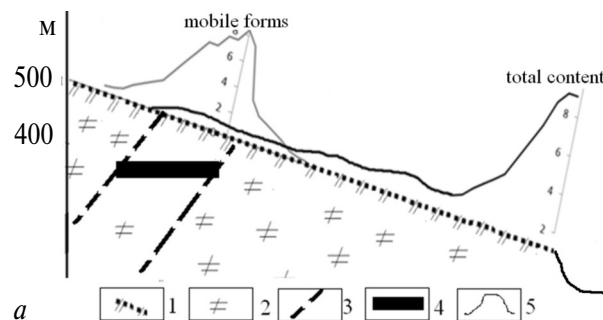


Рис. 6. Графік розподілу рухомих та валових форм у вторинному ореолі (а) та площинна схема аномальних значень рухомих форм (б) на саулякському рудному полі. Шкала (умовні значення) мультиплікативні ореоли Au, As, Pb, Cu, Zn

Fig. 6. Graph of the distribution of mobile and total forms in the secondary halo (a) and a plane diagram of abnormal values of mobile forms (b) on the Saulyak ore field. Scale (conditional) multiplicative halos Au, As, Pb, Cu, Zn

олах елементи присутні в формі водорозчинних сполук – дифузія, капілярний підйом і випаровування мінералізованих цими сполуками вод сприяє розвитку їх у просторі. Важливою особливістю сольових ореолів є те, що вони можуть поширюватися не тільки на елювій-делювій, але і на перекривні відклади. Виникнення накладених і залишкових ореолів пов'язують із впливом гіпергенних процесів на руди та їхні первинні ореоли. Зазвичай ці ореоли слабоконтрастні, тому для впевненого виявлення раціонально застосовувати метод пошуків за рухомими формами хімічних елементів.

Дуже важливо було визначити фракції ґрунтів, за якими найкраще встановлюється рухомість елементів-індикаторів. Визначено вміст обмінних та легкорозчинних, пов'язаних з глинистими мінералами, гідроксидами та оксидами заліза, мангану, алюмінію, а також органічними сполуками (1M MgCl<sub>2</sub>, pH 7). Але різниця між вмістом у ґрунтах рухомих форм на ділянках рудної та безрудної зон становила 3–7 разів, що не давало контрастних аномалій. Тому для площадного опробування обрано фракцію ґрунтів, пов'язану з органічними сполуками (30 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), зважаючи на те, що вона є

важливою для накопичення золота і більшості його елементів-супутників. Форми, пов'язані з оксидами і гідроксидами Fe і Mn, також відіграють важливу роль, але самі вони у ґрунтах є тільки сорбентами, на відміну від ґрунтового гумусу, який сприяє концентруванню і перенесенню золота.

Нами було визначено валовий вміст хімічних елементів та вміст їхніх рухомих форм на фонових та рудних ділянках (аномальний вміст) саулякського рудного поля (табл. 1).

Визначення вмісту золота – складна задача, оскільки для даного елемента характерна низька концентрація у вторинних ореолах розсіювання, саме тому ефективно використовувати рухомі форми. Золото відрізняється від всіх інших досліджуваних елементів тим, що його основні форми знаходження в розчині ( $\text{Au}^+$  і  $\text{AuCl}_2^-$ ) мають протилежні заряди [2]. Розрахунок форм міграції металів (Ag, Cu, Zn, Pb) за програмою *PHREEQC* (рН 5–6) показав, що вони мігрують, переважно, у вигляді катіонів і нейтральних частинок. Міграційними формами міді в розчині є вільні іони і комплекси з гідроксил- і гідрофосфат-іонами:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{CuOH}^+$ ,  $\text{CuHPO}_4^0$ . Основні міграційні форми цинку:  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{ZnSO}_4^0$ ,  $\text{ZnOH}^+$ ,  $\text{ZnHPO}_4^0$ . Переважні міграційні форми срібла –  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{AgCl}^0$ . Свинець відрізняється від перерахованих елементів тим, що переважною міграційною формою для нього є не вільні катіони, а комплекси  $\text{PbCO}_3^0$ , переважні міграційні форми As –  $\text{HAsO}_3\text{F}$ ,  $\text{H}_2\text{AsO}_4$ ,  $\text{HAsO}_4^{2-}$ .

Виконано співставлення вмісту рухомих форм – Au, As, Pb, Cu, Zn над рудною зоною і безрудною ділянкою. Встановлено, що частка аномального вмісту рухомих форм (відносно валового вмісту) є максимальною саме над рудною ділянкою. Ця частка всіх досліджуваних елементів не перевищує 8 % на безрудній ділянці, а на рудній становить, %: Ag, Au, Zn, Cu, As – 26–34, Pb, Co, Ni, Cd – 10. На рис. 3 представлено переважні форми знаходження та частку рухомих форм Zn і Au рудній і безрудній ділянках. Саме рухомі форми дають змогу виявляти контрастні ореоли рудних елементів. Розраховано коефіцієнт аномальності для валового вмісту та рухомих форм на рудних ділянках. Встановлено, що коефіцієнт аномальності індикаторних елементів для валового вмісту лежить у межах 2–5, тоді як рухомих форм – 7–25 (рис. 4).

**Характеристика вторинних ореолів в умовах гірського ландшафту.** На горизонтальних вододільних територіях вторинні ореоли формуються у процесі дифузії частинок у пухких породах. Чим потужніші пухкі відклади, тим ширший ореол і

нижчий вміст у ньому рудних елементів [5]. На схилах відбувається переміщення вторинних ореолів вниз у вигляді обвалів, осипів, зсувів. На рис. 5 представлено схему будови вторинного ореолу розсіювання на горизонтальній та похилій поверхні.

Точка максимального вмісту елементів-індикаторів вторинного ореолу збігається з епіцентром виходу рудного тіла тільки за умови вертикального його залягання. Якщо рудне тіло похиле, сумарне зміщення ореолу дорівнює:  $La = A h^2 \sin \alpha$ , де  $La$  – величина зміщення,  $A$  – місцевий параметр, пов'язаний з величиною зміщення,  $h$  – потужність пухких відкладів [1]. Тобто зміщення ореолу залежить від багатьох факторів, найбільше – від потужності пухких відкладів ( $h$ ), і обчислюється шляхом геометричного складання впливу обох факторів – нахилу поверхні і кута падіння рудного тіла. Багато дослідників показували, що зміщення ореолу фактично пропорціональне  $h^3$ .

Під час побудови схеми розподілу елементів-індикаторів (Au, As, Pb, Cu, Zn) у ґрунтових відкладах зафіксовано зміщення ореолу (за валовим вмістом) більш ніж на 10 м від рудного тіла, тоді як рухомі форми показали аномалії безпосередньо над рудним тілом (рис. 6).

За вмістом рухомих форм у вторинному ореолі виявлена комплексна аномалія Au, As, Pb, Cu, Zn напрямом із північного сходу на південний захід. Ширина аномалії – 30–40 м, довжина – 100 м.

**Висновки.** Визначено фонові та аномальні значення (вміст валовий та рухомих форм) As, Pb, Cd, Ni, Ag, Cu, Zn, Au, Co у буроземних ґрунтах саулякського рудного поля. Установлено, що найбільша частка рухомих форм золота та елементів-індикаторів, пов'язана з органічними сполуками ґрунту, що сприяє концентруванню і перенесенню золота. Розрахунок форм міграції металів (Ag, Cu, Zn, Pb) за програмою *PHREEQC* (рН 5–6) показав, що вони мігрують переважно у вигляді катіонів і нейтральних частинок, а у вторинних ореолах утворюють власні контрастні ореоли. Коефіцієнт аномальності індикаторних елементів для валового вмісту становить 2–5, а для рухомих форм – 7–25. Накладені ореоли розсіювання хімічних елементів-індикаторів, навіть за глибини залягання рудних тіл понад 100 м, утворюють у ґрунтах над ними контрастні геохімічні аномалії. Встановлено, що для пошуків золота на саулякському рудному полі ефективно використовувати рухомі форми елементів-індикаторів Au, As, Pb, Cu, Zn, за якими виявлено комплексну аномалію, витягнуту з північного сходу на південний захід.

## Література

1. Ворошилов В.Г. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Томск: Томского политех. ун-та, 2011. 103 с.
2. Коршунова В.А., Сергеев А.В., Чарыкова М.В. Подвижные формы нахождения золота и элементов-спутников во вторичных ореолах рассеяния золотого рудопроявления новые пески (Южная Карелия). *Вестник СПбГУ. Науки о Земле*. 2017. **62**, Вып. 1. С. 45–61.
3. Крюченко Н.О., Жовинський Е.Я. Горизонтальна зональність території Українського щита за рухомістю хімічних елементів у ґрунтових відкладах. *Геохімія та рудоутворення*. 2013. Вып. 33. С. 21–32.
4. Металлические полезные ископаемые / Ред. Н.П. Щербак, А.Б. Бобров. Львов: Центр Европы, 2005. Т. 1. 783 с.
5. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 247 с.
6. Сушик Ю.Я. Геохимия зоны гипергенеза Украинских Карпат. Київ: Наук. думка, 1978. 210 с.
7. Ціхонь С., Попівняк І., Городечний А. Кристаломорфогенетичні ряди піриту різновікових генерацій золоторудних об'єктів Рахівського рудного району (Закарпаття). *Мінералогічний збірник*. 2004. № 54. Вып. 1. С. 77–86.

## References

1. Voroshilov V.G. (2011). Geochemical methods of prospecting for mineral deposits. Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 103 p. [in Russian].
2. Korshunova V.A., Sergeev A.V., Charykova M.V. (2017). The mobile forms of finding gold and satellite elements in the secondary aureoles of the dispersion of gold ore occurrences, new sands (South Karelia). *Bulletin of St. Petersburg State University. Earth sciences*. **62**, 1. pp. 45-61 [in Russian].
3. Kryuchenko N.O., Zhovinsky E.Ya. (2013). Horizontal zonation of the territory of the Ukrainian shield on the movement of chemical elements in the soil sediments. *Geochemistry and Ore Formation*. **33**. pp. 21–32 [in Ukraine].
4. Metallic minerals / editors N.P. Scherbak, A.B. Bobrov. (2005). Lviv: The Center of Europe. 1. 783 p. [in Ukraine].
5. Ovchinnikov L.N. (1990). Applied geochemistry. Moscow: Nedra. 247 p. [in Russian].
6. Sushchik Yu.Ya. (1978). Geochemistry of the hypergenesis zone of the Ukrainian Carpathians. Kiev: Naukova Dumka. 210 p. [in Russian].
7. Tsihon S., Popovnyak I., Horodechny A. (2004). Crystallomorphogenetic series of pyrite of different age generations of gold ore deposits of Rakhiv ore district (Transcarpathia). *Mineralogical collection*. № 54, 1. pp. 77-86 [in Ukraine].

Крюченко Н.О.<sup>1</sup>, Жовинський Е.Я.<sup>1</sup>, Папарига П.С.<sup>2</sup>, Жук Е.А.<sup>1</sup>, Панаїт Е.В.<sup>1</sup>, Дмитренко К.Э.<sup>1</sup>

1 – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. Н.П. Семененко НАН України  
03680, ул. Палладина, 34, Київ, Україна

2 – Карпатський біосферний заповідник Міністерства екології та природних ресурсів України  
90600, ул. Красне Плесо, 77, Рахов, Закарпатська обл., Україна

### Геохимические особенности рудных литохимических аномалий Украинских Карпат

Определены фоновые и аномальные значения (валовые и подвижные формы) As, Pb, Cd, Ni, Ag, Cu, Zn, Au, Co в буроземных почвах саулякского рудного поля (Раховский рудный район). Установлено, что высококонтрастные аномалии над рудным телом (коэффициент аномальности 7–25) образуют подвижные формы Au, As, Pb, Cu, Zn, которые мигрируют в виде катионов и нейтральных частиц (расчет по программе PHREEQC). Установлено что наибольший процент подвижных форм золота и элементов-индикаторов, связанный с органическими соединениями почвы, способствует концентрированию и переносу элементов. По содержанию подвижных форм во вторичном ореоле обнаружена комплексная аномалия Au, As, Pb, Cu, Zn, протяженная с северо-востока на юго-запад (ширина аномалии – 30–40 м, длина – 100 м).

**Ключевые слова:** элементы-спутники, золото, подвижные формы, валовое содержание, вторичные ореолы рассеяния, аномалии.

Kryuchenko N.O.<sup>1</sup>, Zhovinsky E.Ya.<sup>1</sup>, Paparyha P.S.<sup>2</sup>, Zhuk O.A.<sup>1</sup>, Panait E.V.<sup>1</sup>, Dmytrenko K.E.<sup>1</sup>

1 – M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the National Academy of Sciences of Ukraine  
03680, Palladin ave., 34, Kyiv, Ukraine

2 – Carpathian Biosphere Reserve of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine  
90600, 77, Krasne Pleso Street, Rakhiv, Transcarpathian region, Ukraine

### Geochemical Features of Ore Lithochemical Anomalies of the Ukrainian Carpathians

Background and anomalous values (total content and mobile forms) of As, Pb, Cd, Ni, Ag, Cu, Zn, Au, Co in the brown earth soils of the Saulyak ore field (Rakhivsky ore region) are determined. It is established that high-contrast anomalies over the ore body (anomaly factor 7–25) form mobile forms of Au, As, Pb, Cu, Zn, which migrate in the form of cations and neutral particles (calculation by the PHREEQC program). It is established that the largest percentage of mobile gold forms and indicator elements, associated with organic soil compounds, contributes to the concentration and transfer of elements. The complex anomaly of Au, As, Pb, Cu, Zn from the northeast to the south-west (anomaly width – 30–40 m, length – 100 m) is revealed in the content of mobile forms in the secondary halo.

**Keywords:** satellite elements, gold, mobile forms, total content, secondary aureoles of scattering, anomalies.

Надійшла 10.09.2017