

О. Ю. Шестаков

## ИНДИКАТОРНІ ЕЛЕМЕНТИ ЗОЛОТА У ЗОНІ КРИПТОГІПЕРГЕНЕЗУ

*(Рекомендовано д-ром геол.-мінерал. наук В.Х. Геворк'яном)*

Освещены вопросы методики поисков рудопроявлений золота в кристаллическом фундаменте по поисковым признакам, формирующимся в нижних горизонтах коры выветривания (зоне криптогипергенеза) прямо над коренными рудопроявлениями и указывающим на наличие оруденения непосредственно на тех или иных участках. Принимая во внимание специфику факторов формирования в этой зоне горизонтов обогащения золотом и его индикаторными элементами, определен примерный набор индикаторных элементов золота.

The questions of methodology of search of gold metalliferous zones to be situated in the crystalline base, using signs which are formed in bottom horizons of the weathering crust (the zone of cryptohypergenesis) straightly above the metalliferous zones in the crystalline base rocks, denoting the presence of ore zones directly on certain areas, are elucidated. Allowing the specific of forming factors of the horizons of gold and indicator elements of its enriching in this zones, the approximate set of indicatory elements of gold is certain.

Криптогипергенез, за М. Б. Васоевичем, – це гіпергенні процеси у глибоких горизонтах кори вивітрювання (КВ), що характеризуються безкисневою (відновною) і лужною обстановками. Вони протиставляються тим гіпергенним процесам, що відбуваються за наявності кисню в її приповерхневих горизонтах (ідіогіпергенез). Криптогипергенні процеси становлять інтерес, оскільки: по-перше, аномалії вмісту рудних елементів (у нашому випадку золота) у глибоких горизонтах КВ розташовуються безпосередньо (або майже безпосередньо) над рудними зонами у кристалічному фундаменті (КФ) і є безпосередніми показниками присутності зруденіння на певній ділянці; по-друге, в Україні є такий великий регіон, як центральна і південна частини Українського щита (УЩ), який належить до геохімічних ландшафтів з відсутнім або утрудненим зв'язком між КФ та осадовим чохлам [2], що робить малоефективними металометричні пошуки методами опробування ґрунтів і неглибоких горизонтів осадових відкладів. Нами рекомендується застосовувати глибинну літохімічну зйомку опробуванням нижніх горизонтів КВ. Поставимо питання: чи можуть у зоні криптогипергенезу утворюватися комплексні аномалії золота та індикаторних його елементів, інформативних для пошуків рудопроявів золота у КФ? Щоб це з'ясувати, розглянемо явище виникнення комплексів

таких аномалій у зоні криптогипергенезу на прикладі золоторудного родовища Балка Широка (Дніпропетровська область), використовуючи дані опробування картувальних свердловин з гідротранспортом керна (КГК).

Спочатку простежимо розподіл золота у профілі КВ на прикладі тих свердловин, де визначені аномальні (понад  $7,03 \cdot 10^{-3}$  %) вмісти золота для даної ділянки. Значення концентрацій вважаються аномальними, якщо вони: а) перевищують верхню межу фону (ВМФ) (для більшої можливості маневру приймається найбільш м'який критерій); б) не підпорядковуються загальному для більшої частини вибірки закону статистичного розподілу. ВМФ обчислюється так:

$$\text{ВМФ} = 2^{\bar{c} + 1\sigma}, \quad (1)$$

$$\bar{c} = \log_2 C, \quad (2)$$

де  $C$  – значення вмісту елемента у пробі;  $\bar{c}$  – середнє значення величини  $c$ ;  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення величини  $c$ .

Аномальні значення (див. таблицю) визначаються за допомогою побудови кумулятивних графіків логнормального розподілу на ймовірнісному трафареті [7] за зломом графіку, що приймається за нижню межу аномалії (НМА).

На рис. 1 представлені схематичні графіки зміни вмісту золота у розрізі для тих свердловин, де є аномалії золота (оскільки проби майже повсюдно відбирали через 4 м,

### Значення ВМФ вмістів елементів у породах на ділянці родовища Балка Широка

Зони розрізу	Au, $n \cdot 10^{-6}\%$	Ag, $n \cdot 10^{-4}\%$	As, $n \cdot 10^{-3}\%$	Cu, $n \cdot 10^{-3}\%$	Zn, $n \cdot 10^{-3}\%$	Pb, $n \cdot 10^{-3}\%$	Mo, $n \cdot 10^{-4}\%$	Ni, $n \cdot 10^{-3}\%$	Fe, %	Mn, $n \cdot 10^{-2}\%$
КВ	7,03	0,27	8,00	10,56	24,25	2,30	2,46	16,00	8,00	12,99
КФ	7,39	0,43	5,66	9,49	11,02	0,90	1,22	22,20	11,02	20,08

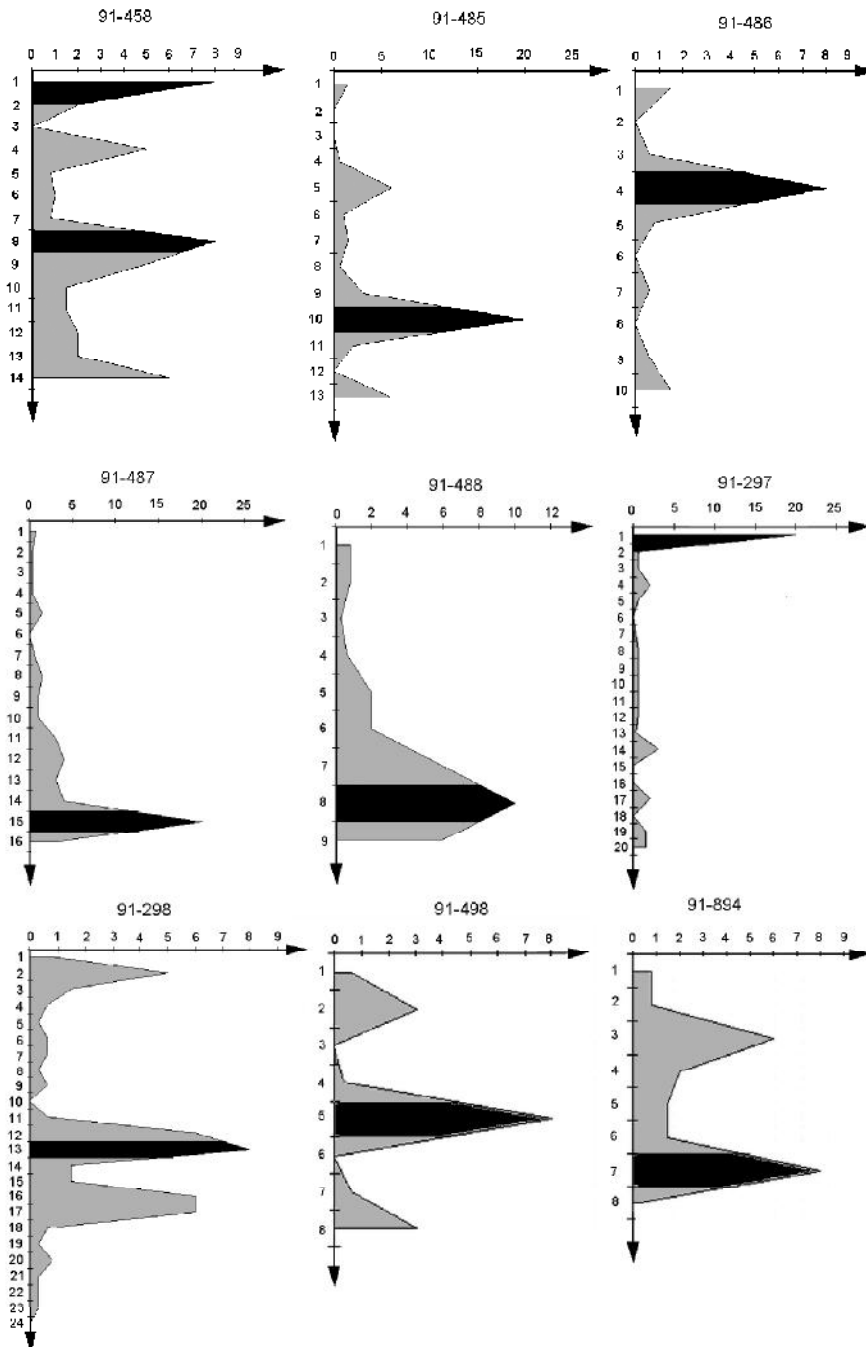
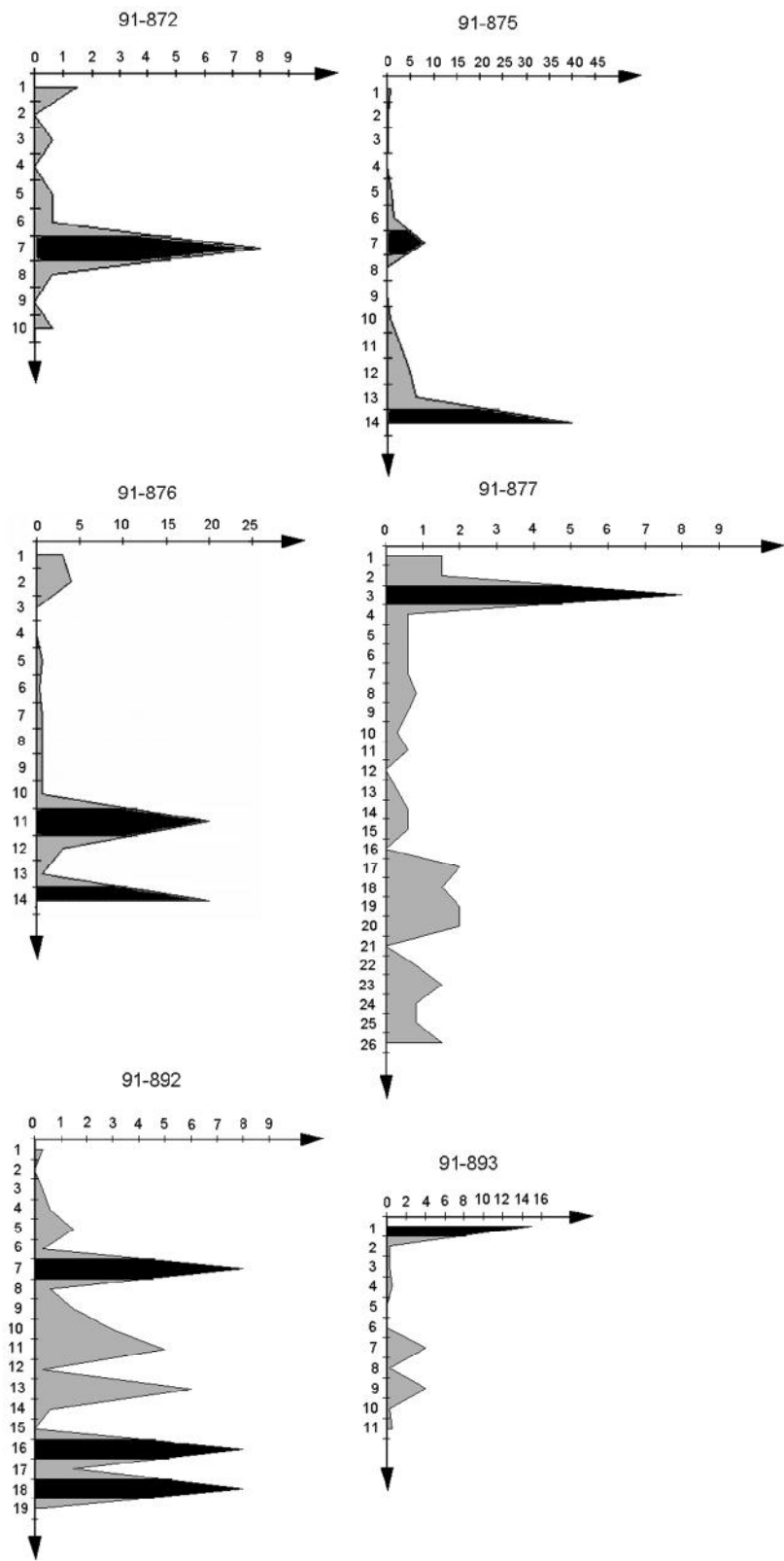


Рис. 1. Графіки зміни вмісту золота з глибиною у розкритому свердловинами КГК профілі КВ на ділянці родовища Балка Широка (вверху – номер свердловини, вертикальна вісь координат – номери проб, горизонтальна – вміст золота,  $n \cdot 10^{-3}\%$ ; чорним показано інтервали з аномальним вмістом золота)



Продовження рис. 1

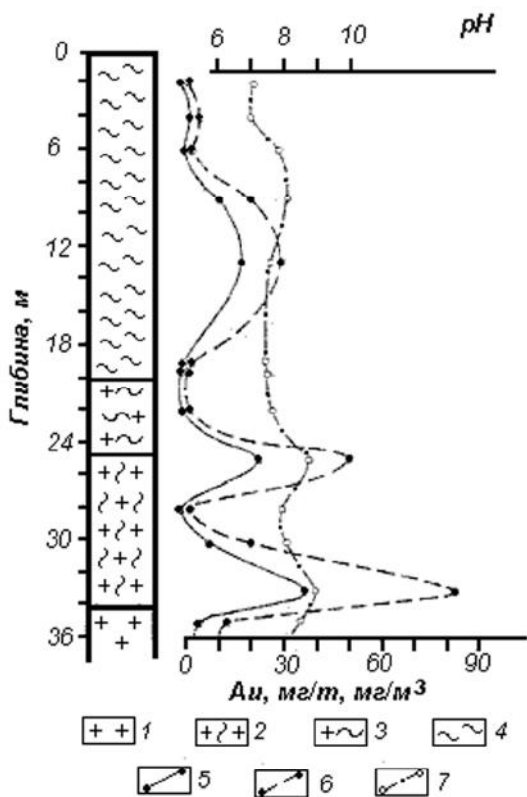


Рис. 2. Типовий випадок розподілу золота у профілі KB залежно від рН водної витяжки породи [5]

1 – породи КФ; зони KB: 2 – початкових стадій вивітрювання (зона дезинтеграції), 3 – кам'яного структурного елювію (зона вилугування), 4 – глинистого структурного елювію (зона гідролізу та окиснення); 5 – вміст золота, мг/т; 6 – вміст золота у перерахунку на одиницю об'єму, мг/м<sup>3</sup>; 7 – рН водної витяжки

на графіках замість інтервалів відбору показані їх номери; нумерація від покрівлі KB до її підшови зверху вниз). Піки вмісту золота та його супутників біля підшови KB (де знаходиться, за К. К. Нікітіним [3], зона дезинтеграції) до уваги не беремо, бо розташовані у цій зоні профілю KB аномалії є прямо успадкованими від КФ. Нас цікавлять ті інтервали підвищеного вмісту цих елементів, що трапляються на межі нижньої і середньої третини профілю KB (верхня частина першої та нижня частина другої – це і є зона криптогіпергенезу, що буде показано далі). Розташовані таким чином інтервали з підвищеним вмістом золота є у св. 91-458, 91-876, 91-485, 91-297, 91-298, 91-498, 91-872, 91-877, 91-892, 91-893.

Слід зазначити, що осадження золота у глибоких горизонтах KB відмічав, зокрема,

М. О. Росляков [5], пов'язуючи зростання його вмісту зі збільшенням водневого показника рН (вказане явище спостерігається переважно на межі зон KB, рис. 2). Тобто для зони криптогіпергенезу характерний лужний геохімічний бар'єр, а тому разом з золотом у цій зоні KB можуть осаджуватися елементи, що реагують на бар'єр такого типу – залізо, кальцій, магній, марганець, стронцій, ванадій, хром, цинк, мідь, нікель, кобальт, свинець, кадмій (за О. І. Перельманом [4]). Проби аналізувалися, окрім золота, на вміст срібла, міді, миш'яку, свинцю, цинку, молібдену, нікелю, заліза, марганцю. Для більш детальної характеристики розподілу золота та його супутників у профілі KB були побудовані літохімічні колонки свердловин (рис. 3–8).

Аналізуючи графіки зміни вмістів елементів по колонках свердловин, спостерігаємо їх збільшення (Au, Ag, Cu, Zn) у середній третині розрізу, точніше, біля межі нижньої і середньої третин по обидва боки від неї, а Ni, Fe, Mn – точно у нижній третині (св. 91-298, 91-892, 91-485, 91-876); для св. 91-458 і 91-498 піки вмістів Au, Ag, Cu, Zn припадають точно на середню третину розрізу. Пікові частини графіків для Ni, Fe, Mn зміщені у нижню третину розрізу (щодо св. 91-298, 91-892, 91-485, 91-876, рис. 3–6); у св. 91-458 і 91-498 (рис. 3, 8) піки вмістів Ni, Fe, Mn або збігаються з такими для Au та Cu, або їх нема у пікових точках розрізу для цих елементів.

Для індикації реакції середовища особливе значення має Mn: він випадає з розчинів, коли значення водневого показника рН є чітко визначеним і дорівнює 8,7 [6]. Пікові значення вмістів Ni та Fe досить точно збігаються з піками вмістів Mn (рис. 3–8). Зміщеність піків вмістів останніх відносно піків для Au, Ag, Cu, Zn можна пояснити тим, що ці елементи випадають з розчину при меншому підвищенні лужності середовища (неодноразово відмічалось, що, зокрема, золото чуйно реагує на зміни реакції середовища [1]).

На рис. 9 наведено взаємне розташування аномалій золота та його індикаторних елементів у плані. Обидві схеми на ньому показують непогану узгодженість: а) аномалій золота у КФ і зоні криптогіпергенезу KB; б) аномалій золота з аномаліями срібла,

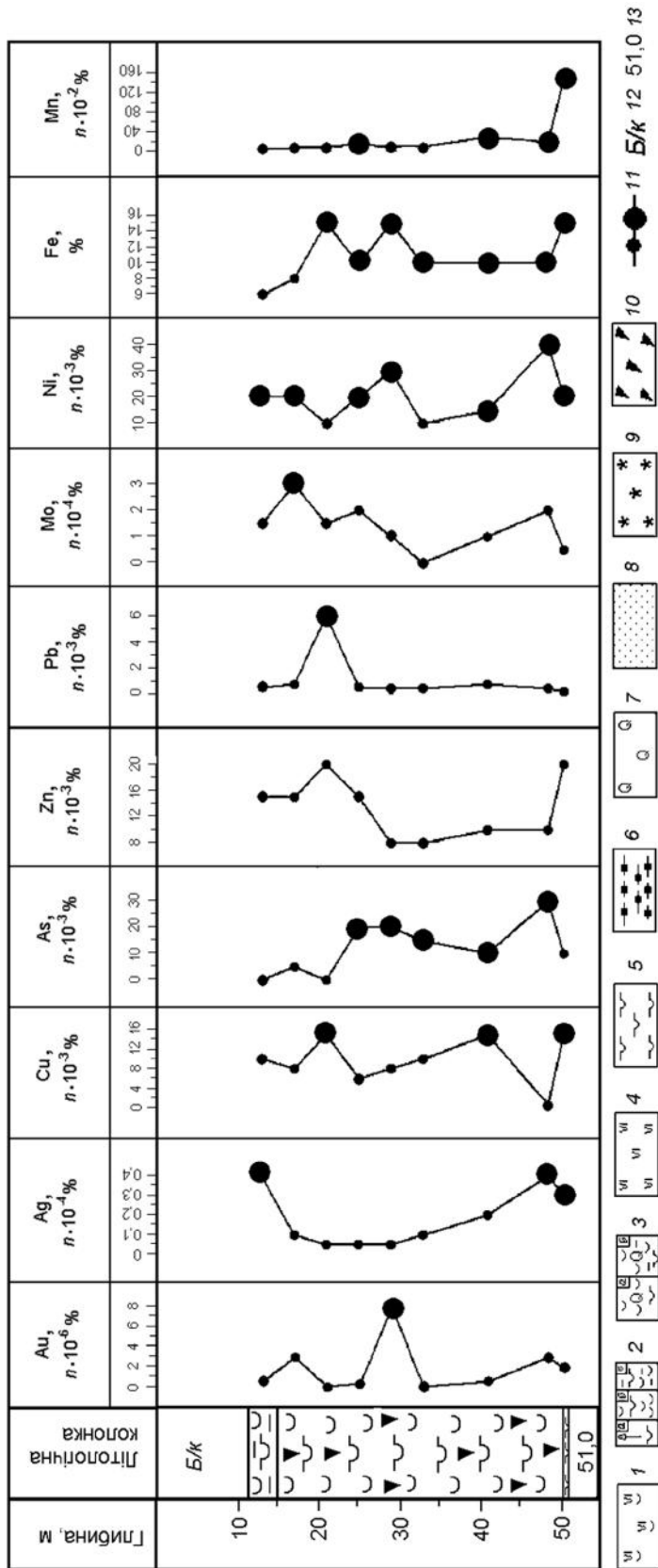


Рис. 3. Літохімічна колонка свердловини КГК 91-498 на ділянці родовища Балка Широка

Тут і на рис. 4-8: 1 – КВ гідроліста (зона гідролізу) палеозой-мезозойська по сланцях; 2 – КВ палеозой-мезозойська по метабазитах; 3 – КВ палеозой-мезозойська по сланцях; 4 – структурна (зона дезинтеграції і вилугування), 5 – гідроліста (зона гідролізу), 6 – гідроліста (зона гідролізу), 7 – каолінова (зона кінцевого гідролізу та окиснення); 8 – каолінова (зона кінцевого гідролізу та окиснення); породи докембрійського КФ: 4 – метабазити, 5 – окварцювання у сланцях; а – гідроліста (зона гідролізу), б – каолінова (зона кінцевого гідролізу та окиснення); породи докембрійського КФ: 4 – метабазити, 5 – сланці серицит-хлоритові, 6 – залізисті кварцити, 7 – кварцова жила; решта: 8 – залізистість, 9 – заміщеність, 10 – уламки порід КФ, 11 – графіки вмістів елементів на колонках і точки їх побудови (малі – з неаномальним вмістом, великі – з аномальним); 12 – буріння без відбору керна; 13 – глибина забою свердловини

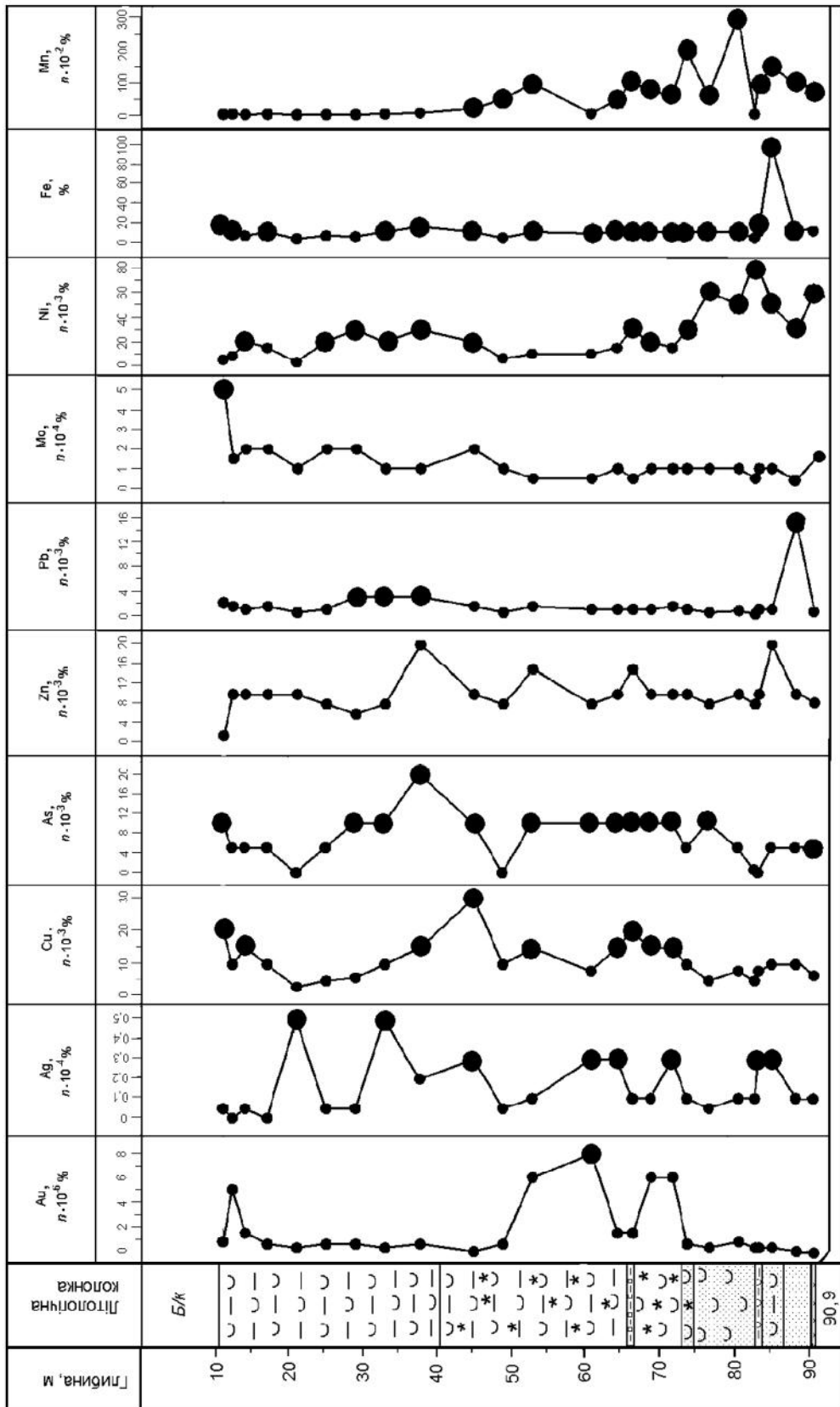


Рис. 4. Те ж, свердловини КГК 91-298

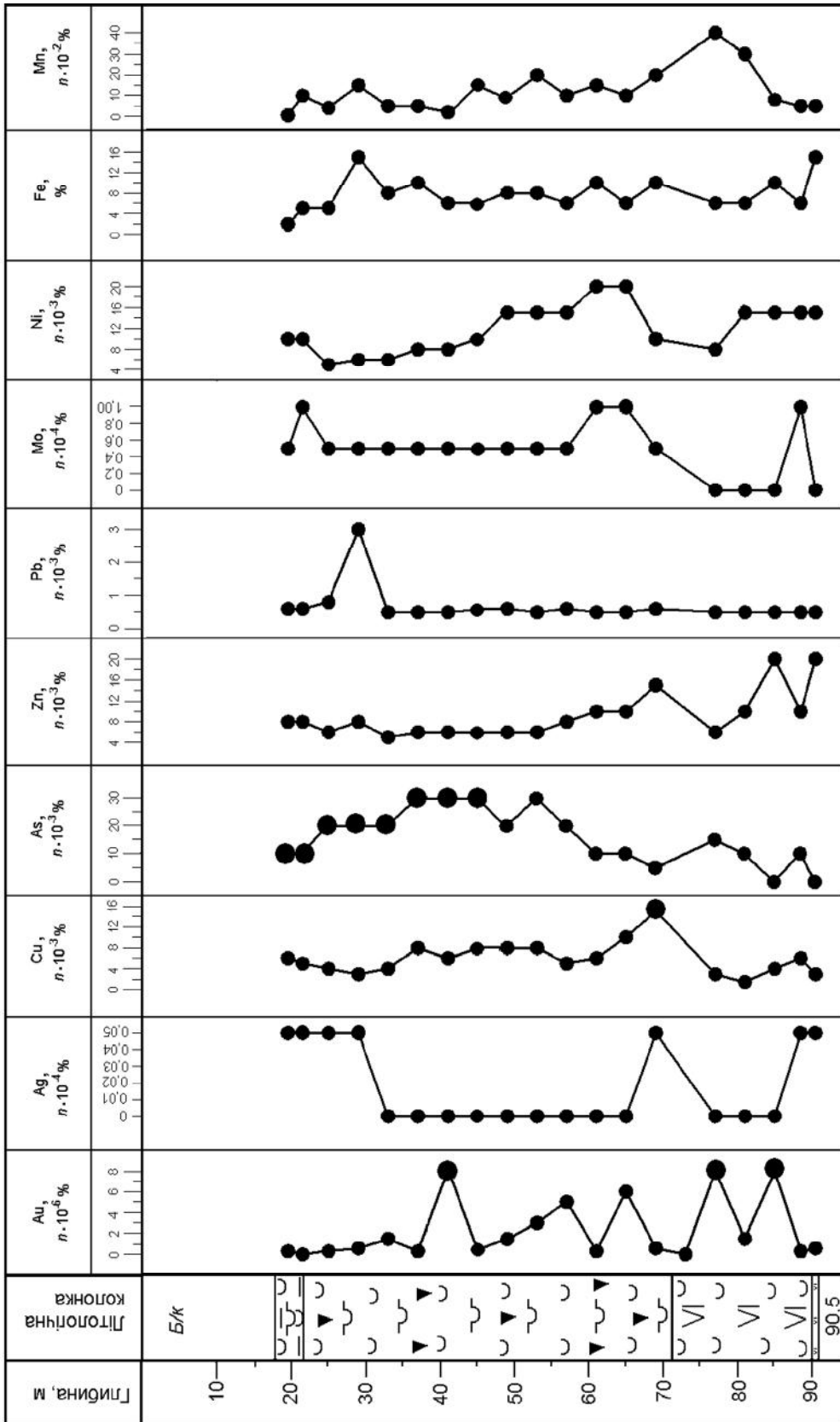


Рис. 5. Те ж, свердловини КГК 91-892

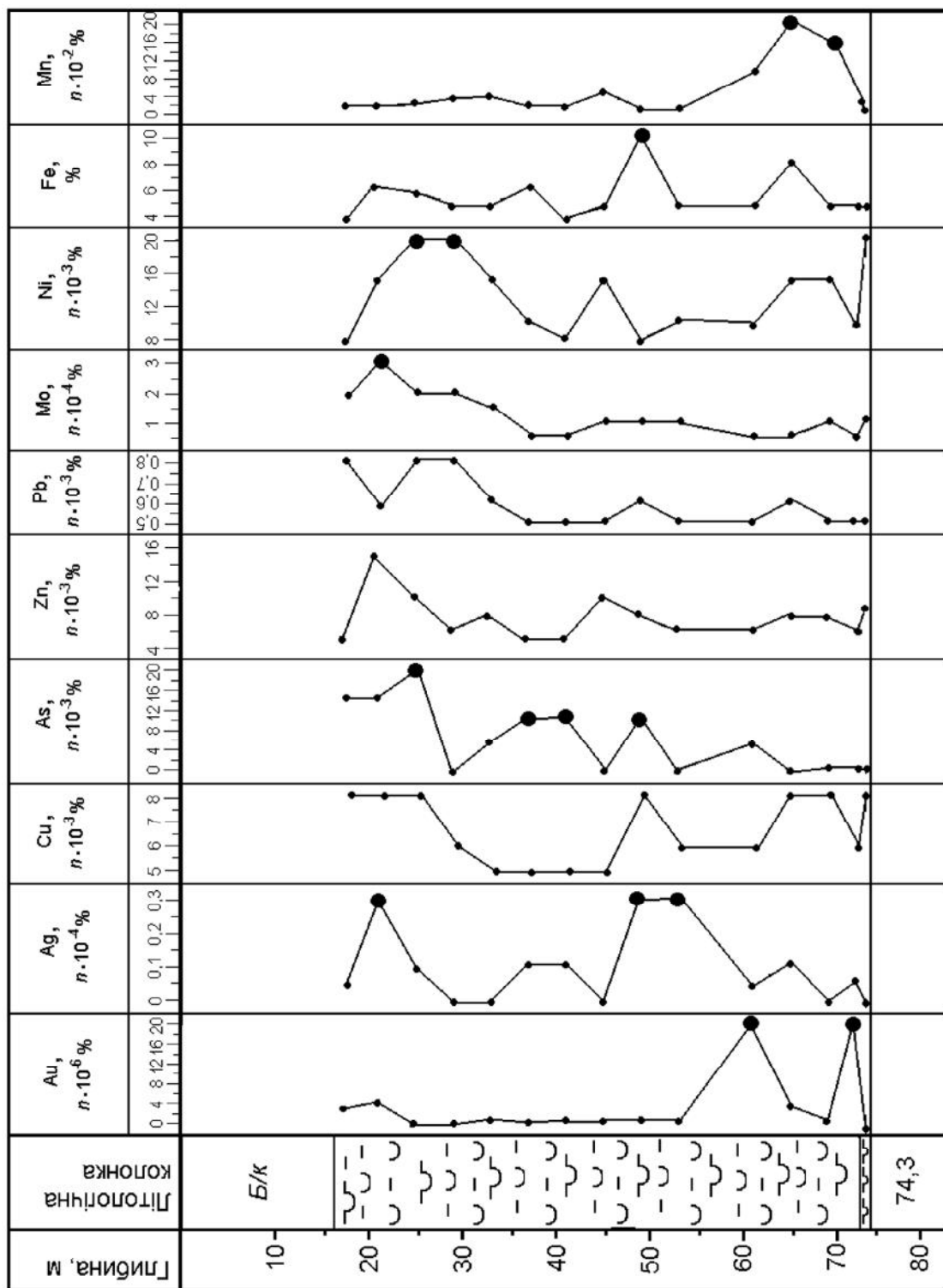


Рис. 6. Те ж, свердловини КГК 91-876



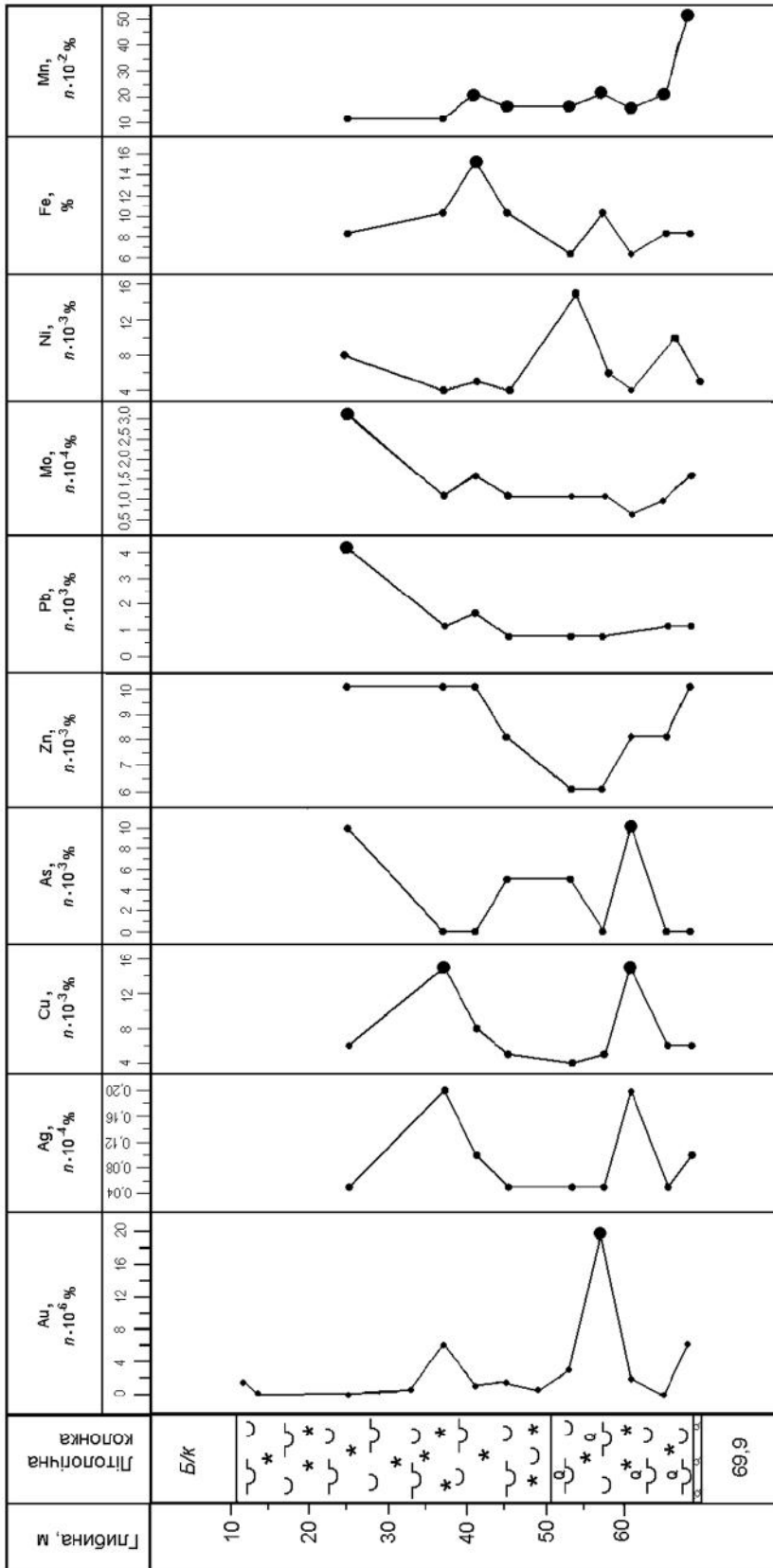


Рис. 7. Те ж, свердловини КГК 91-485

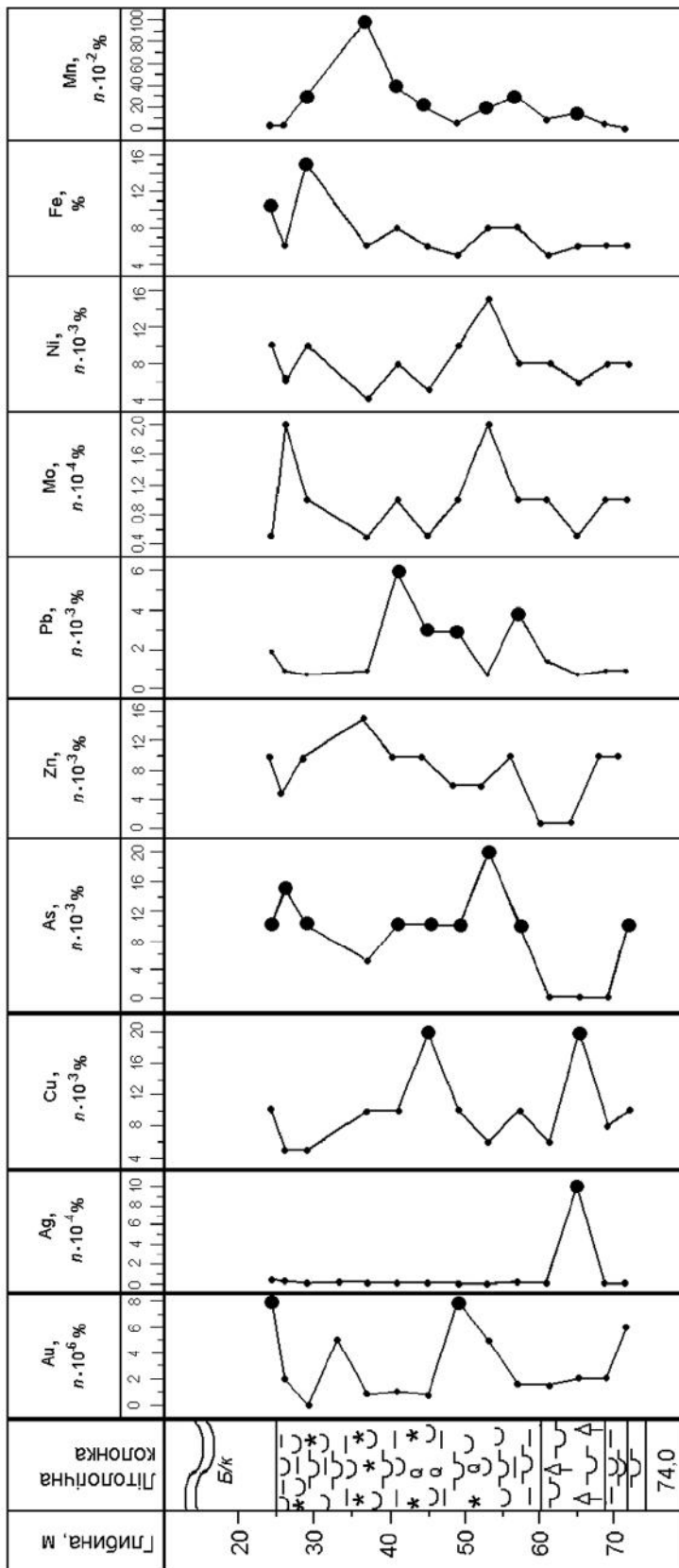
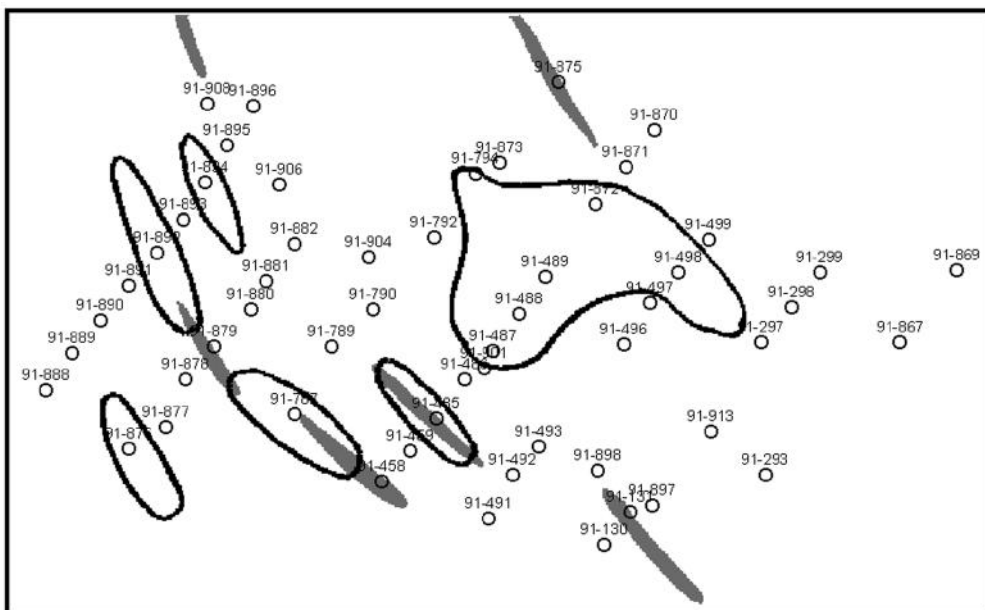


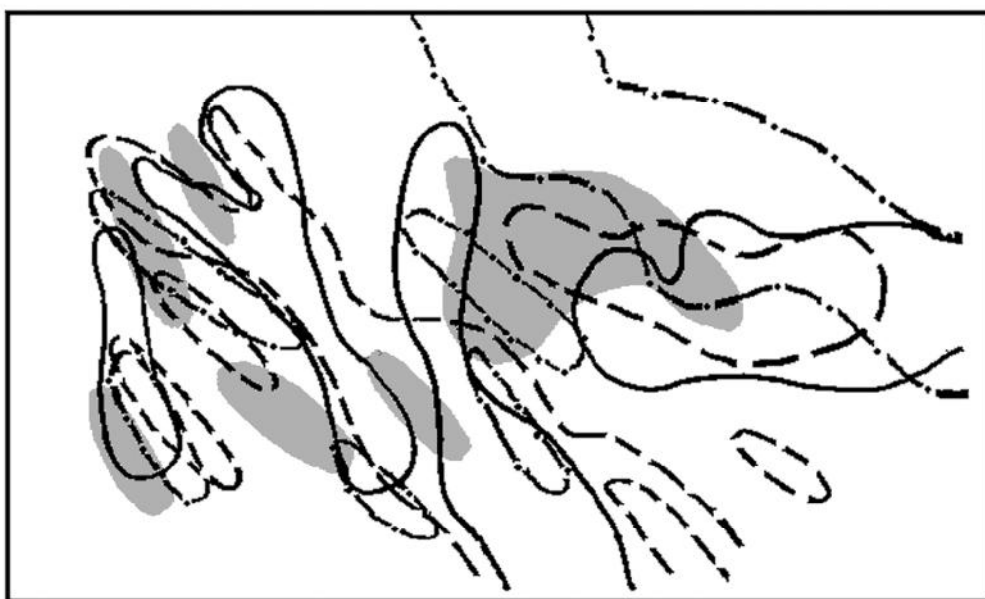


Рис. 8. Те ж, свердловини КГК 91-458



Аномалії Au у КФ            Аномалії Au у зоні криптогіпергенезу KB            Сverdловины КГК та їх номери



Аномалії :

 Au       Ag       Cu       Ni

Рис. 9. Схеми взаємного розташування аномалій золота у КФ і зоні криптогіпергенезу KB (верхня) і золота та його індикаторних елементів-супутників у зоні криптогіпергенезу KB (нижня) на ділянці родовища Балка Широка

міді і нікелю у зоні криптогіпергенезу КВ (особливо це стосується південно-західної частини ділянки).

## Висновки

Контури аномального вмісту золота у зоні криптогіпергенезу КВ зміщуються на незначну відстань від зон зруденіння у КФ. Їх наявність на певній ділянці свідчить про те, що, вірогідно, корінний рудопрояв знаходиться саме на ній. При визначенні індикаторних елементів золота для зони криптогіпергенезу КВ слід виходити з того, які елементи здатні осаджуватися разом із золотом на властивих цій зоні геохімічних бар'єрах, зокрема лужному [4, 5].

1. Ковальчук М. С. Золото в осадових комплексах України: Дис. ... д-ра геол. наук. – К., 2003. – 402 с.
2. Міцкевич Б. Ф. Геохімічні ландшафти Українського щита. – К.: Наук. думка, 1971. – 176 с.
3. Никитин К. К. Классификация кор выветрива-

ния и связанных с ними месторождений полезных ископаемых // Геология и геохимия кор выветривания / АН СССР, Ин-т геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. – М.: Наука, 1968. – С. 30 – 51. – (Кора выветривания; Вып. 10).

4. Перельман А. И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. – М.: Недра, 1972. – 288 с.
5. Росляков Н. А., Сухоруков Ф. Б., Щербов Б. Л. и др. Золото в древних корах выветривания каолинового типа // Минералогия и геохимия рудных месторождений Сибири. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 46–75. (Тр. / АН СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т геологии и геофизики; Вып. 370).
6. Химическая энциклопедия: В 5 т. – М.: Сов. энцикл., 1990. – Т. 2. – 671 с.
7. Шарапов И. П. Применение математической статистики в геологии. – М.: Недра, 1971. – 248 с.

Ин-т геол. наук НАН України,  
Київ  
E-mail: olshes@i.ua

Стаття надійшла  
30.03.11