

## ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ І КОНЦЕНТРАЦІЇ МІДІ В ПОРОДАХ РІЗНОГО ЛІТОЛОГІЧНОГО ТИПУ ТА ФАЦІАЛЬНОЇ НАЛЕЖНОСТІ НИЖНЬОДЕВОНСЬКОЇ ЧЕРВОНОКОЛІРНО-ТЕРИГЕННОЇ ФОРМАЦІЇ ЛЬВІВСЬКОГО ПАЛЕОЗОЙСЬКОГО ПРОГИНУ

Г.С. Компанець, О.Ю. Шестаков, М.С. Ковальчук

*Інститут геологічних наук НАН України*

*01601, вул. О. Гончара, 55-б, м. Київ, Україна*

Висвітлено результати геохімічних досліджень відкладів нижньодевонської червоноколірно-теригенної формації Львівського палеозойського прогину. Визначено вміст міді у породах різного типу та фаціальної належності з урахуванням фізико-хімічних особливостей формування цих порід і процесів оглеєння. Встановлено основні закономірності розподілу та масштаб накопичення міді у відкладах формації; визначено основні чинники, які суттєво впливали на розподіл та концентрацію цього елемента.

*Ключові слова:* Львівський палеозойський прогин, нижній девон, червоноколірно-теригенна формація, мідь, розподіл, концентрація, оглеєння.

**Постановка проблеми.** Дослідження геохімічних особливостей розподілу та концентрації міді у відкладах нижньодевонської червоноколірно-теригенної формації Львівського палеозойського прогину, з якою пов'язані мідні стратиформні рудопрояви типу мідистих пісковиків, є актуальними і значущими. Такі дослідження дають змогу оцінити потенціал міденості цієї формації.

**Об'єкт дослідження.** Нижньодевонська континентальна червоноколірно-теригенна формація Львівського палеозойського прогину.

**Мета дослідження** – оцінка значень умісту міді в основних літотипах формації, що утворилися за різних фаціальних обстановок, фізико-хімічних умов із урахуванням оглеєння порід та встановлення на цьому підґрунті основних закономірностей розподілу та концентрації міді у відкладах формації, а також визначення основних чинників, які впливали на ці процеси.

**Методи дослідження.** Для встановлення основних закономірностей розподілу міді у відкладах червоноколірно-теригенної формації автори вперше виконали математико-статистичну обробку результатів спектрального аналізу (255 аналізів) порід різного типу та фаціальної належності з урахуванням фізико-хімічних умов їх формування та тих, які зазнали впливу процесів оглеєння.

**Виклад основного матеріалу.** Відклади нижньодевонської червоноколірно-теригенної формації

Львівського палеозойського прогину утворювалися в значній за розміром алювіальній рівнині, де локальні фаціальні обстановки седиментації (русла рік, заплави, озера-старики) постійно змінювалися в часі і просторі, що характерно [1] для палеоландшафту рівнинної річкової системи, яка мігрує латерально, і супутнього комплексу численних застійних озер-стариків. Утворення руслових фацій (відклади пристрижневої частини русел та прируслової відмілини) складають лише 10 % об'єму формації, фації заплів (відклади прируслових валів, прирічної та внутрішньої зон заплів) – 30 % та озер-стариків – близько 60 %. Загалом континентальну червоноколірно-теригенну формацію складають (у відсотках від її об'єму): пісковики (до 23), алевроліти та породи змішаного складу (37), аргіліти (до 40), зрідка гравеліти [2, 3]. Порооди здебільшого червоноколірні (поширення сіроколірних відмін обмежене), які зазнали значного впливу процесів оглеєння на стадії діагенезу та доволі значних перетворень на стадії катагенезу [6].

У червоноколірно-теригенній формації встановлено стратиформне мідне зруденіння типу «мідистих пісковиків». Більшість цих рудопоявів локалізується в руслових сіроколірних пісковиках, частина – у руслових сіроколірних аргілітах, зрідка – у руслових сіроколірних породах змішаного складу та в заплавних сіроколірних пісковиках, породах змішаного складу та аргілітах [3]. Рудні мінерали – малахіт, азурит, халькозин і рідкісні: ковелін, куприт, борніт, халькопирит, пірит, галеніт – розташовані між кристалокластами і цементують

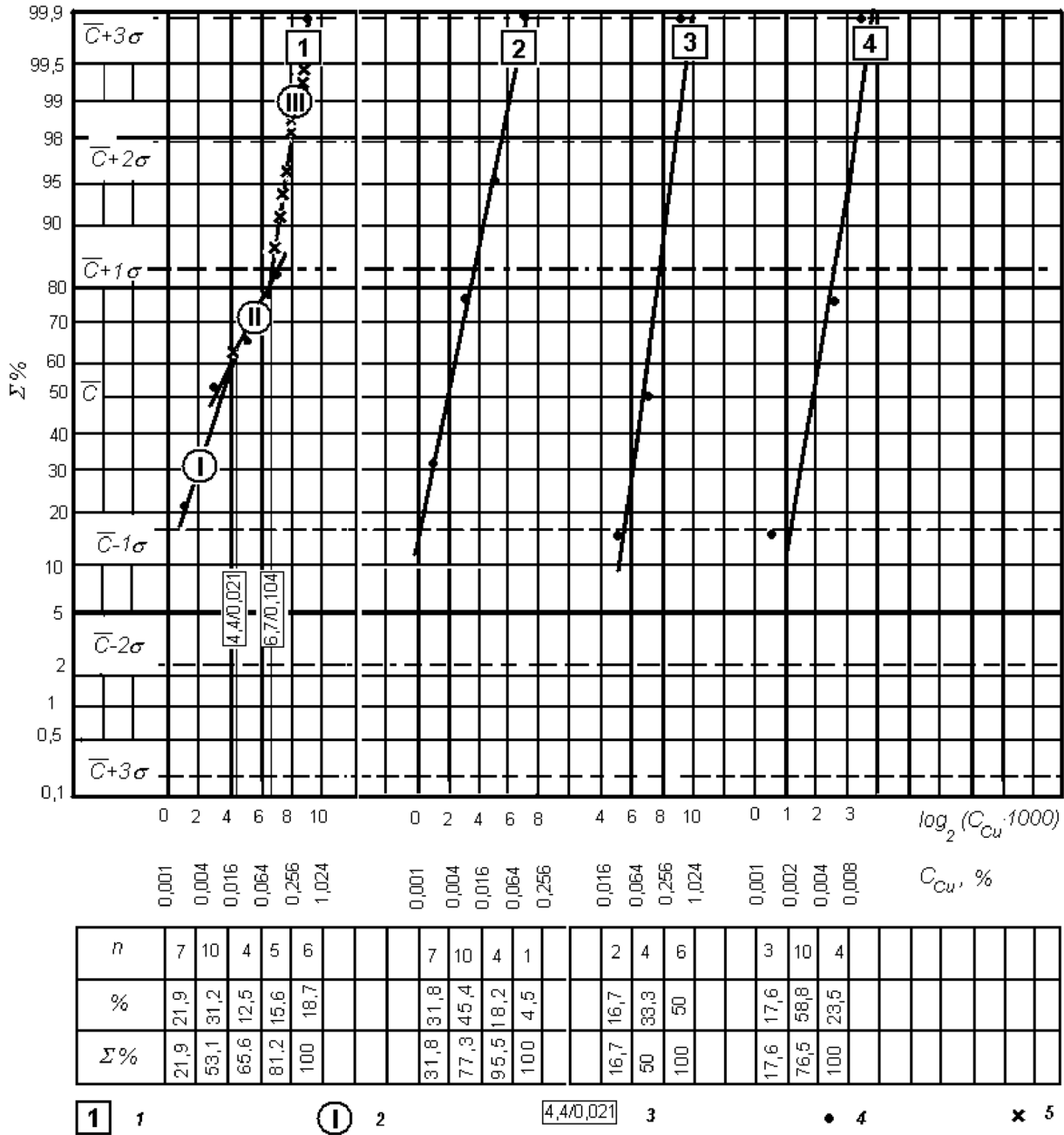


Рис. 1. Кумулятивні графіки статистичного розподілу значень умісту міді у пісковиках руслової фації (горизонтальна вісь – інтервали групування значень умісту міді, вертикальна – накопичена частість): 1 – номери графіків (1 – сіроколірні пісковики загалом, 2 – вони ж без видимої мінералізації міді, 3 – вони ж з видимою мінералізацією міді, 4 – червоноколірні пісковики); 2 – номери підвиборок; 3 – точки поділу вибірок, відповідні зламам графіків (у прямокутниках –  $\log_2(C_{Cu} \times 1000) / C_{Cu}$ ); 4 – точки побудови графіків, відповідні значенням накопиченої частості; 5 – проби з видимою мінералізацією міді;  $n$  – кількість значень в інтервалі групування значень умісту міді; % – відсоток кількості значень умісту міді в кожному інтервалі від загальної кількості значень у вибірці;  $\Sigma\%$  – накопичена частість (частка кількості значень у певному інтервалі і сума часток у всіх попередніх інтервалах). Для останнього інтервалу повинно бути завжди  $\Sigma\% = 100\%$

Fig. 1. Cumulative graphs of the statistical distribution of the values of the content of copper in the sandstones of the channel facies (on the horizontal axis - the intervals of grouping the values of copper content, on the vertical - the accumulated frequency): 1 - numbers of graphs (1 - gray-colored sandstones in general, 2 - they are without visible mineralization of copper, 3 - they are with visible mineralization of copper, 4 - red-colored sandstones); 2 - numbers of subtypes; 3 - points of separation of the samples, corresponding to the fractures of the graphs (in rectangles -  $\log_2(C_{Cu} \times 1000) / C_{Cu}$ ); 4 - points of constructing graphs corresponding to the values of accumulated frequency; 5 - samples with visible mineralization of copper;  $n$  - number of values in the range of grouping values of the contents of copper; % - percentage of the values of copper content in each interval from the total number of values in the sample (in%);  $\Sigma\%$  - accumulated frequency (the fraction of the number of values in a certain interval and amount of shares in all previous intervals). For the last interval, always  $\Sigma\% = 100\%$

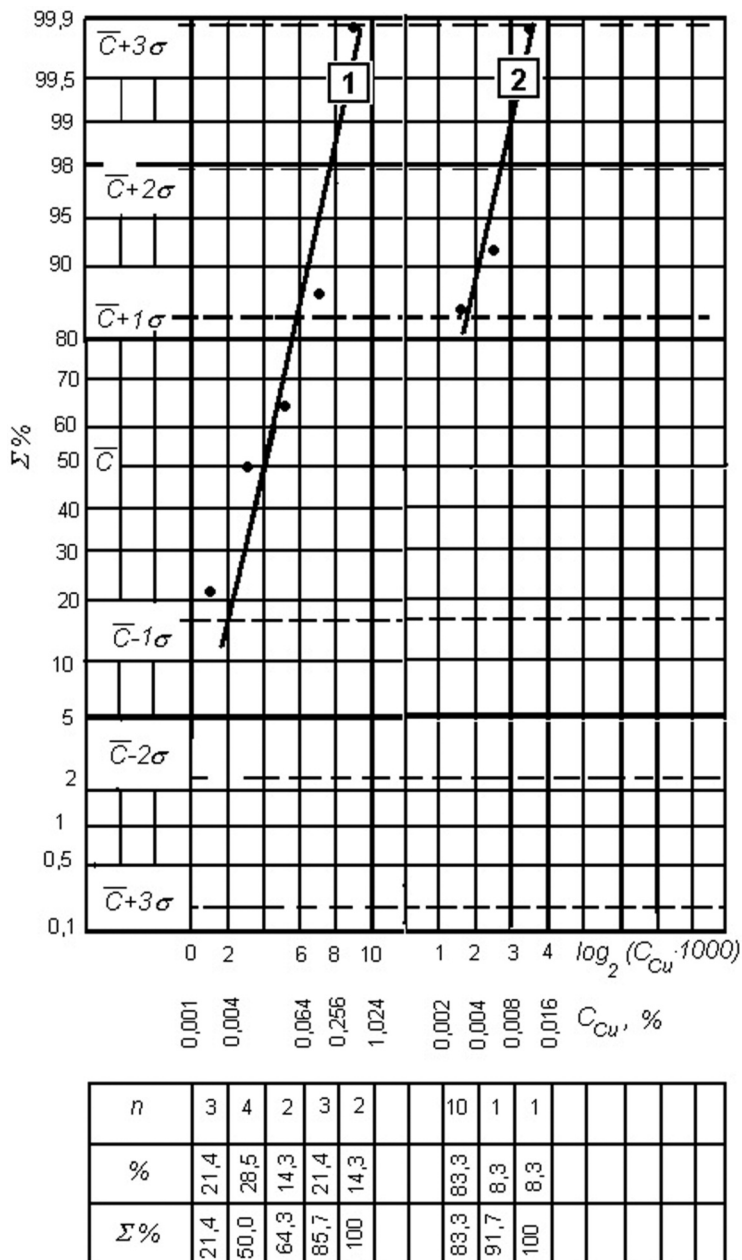


Рис. 2. Кумулятивні графіки статистичного розподілу значень умісту міді в пісковиках заплавної фації (1 – у сіроколірних, 2 – у червоколірних). Умов. позначення див. рис. 1

Fig. 2. Cumulative graphs of statistical distribution of the values of copper content in sandstones of flood facies (1 - in gray-colored, 2 - in red-colored). Symbols see Fig. 1

їх [5]. Мідисті породи збагачені вуглефікованою органічною речовиною.

У різні роки геохімічні особливості відкладів формації досліджували В.В. Нарбутас, В.І. Клочко, В.І. Манічев, Г.С. Компанець, М.С. Ковальчук, Л.І. Константиненко, І.С. Дзюба [2–5, 8]. Для встановлення основних закономірностей розподілу міді у відкладах червоколірно-теригенної формації автори вперше здійснили математико-статистичну обробку результатів спектрального аналізу (255 аналізів) порід різного типу та фаціальної належності з урахуванням фізико-хімічних умов їх формування та тих, які зазнали впливу процесів оглеєння.

Під час виконання статистичної обробки даних спектрального аналізу насамперед визначено закони розподілу значень умісту міді в основних типах порід із урахуванням фаціальних і фізико-хімічних умов їх формування та оглеєння і перевірено відповідність фактичного розподілу міді логарифмічно-нормальному закону за допомогою побудови кумулятивних графіків, які показують ступінь однорідності розподілу випадкових величин (рис. 1–5).

На кумулятивних графіках точки, що показують відсоток кількостей значень умісту міді, потрапляють у той чи інший інтервал групування і знаходяться практично на прямій лінії, що свід-

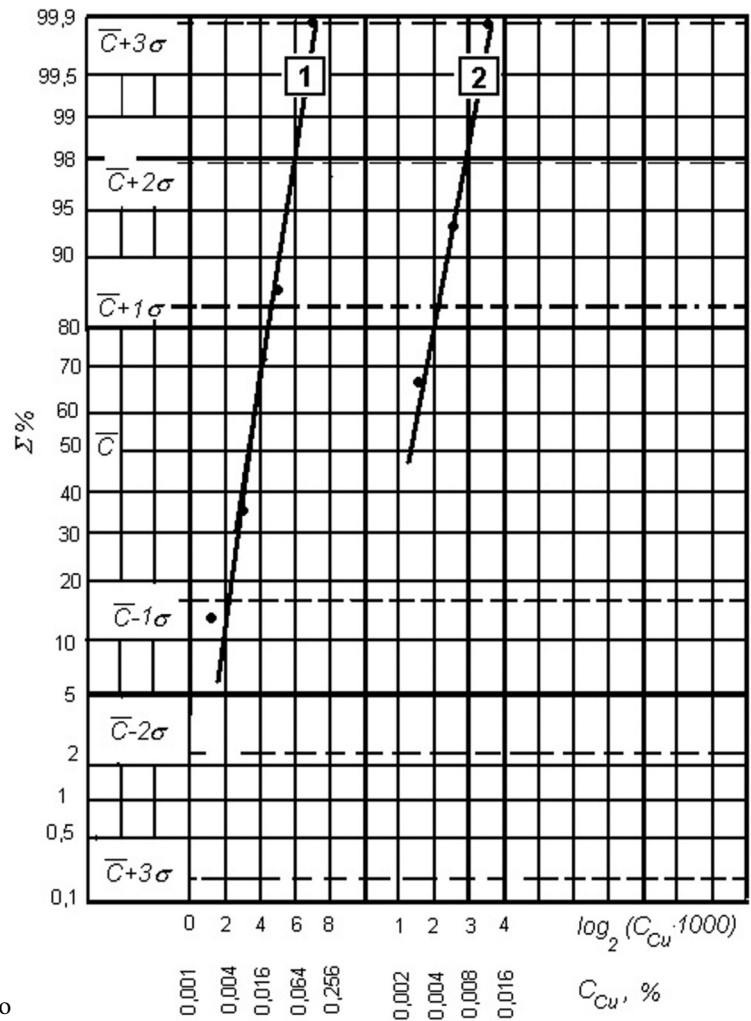


Рис. 3. Кумулятивні графіки статистичного розподілу значень умісту міді в алевролітах заплавної фації (1 – у сіроколірних, 2 – у червоноколірних). Умов. позначення див. рис. 1

Fig. 3. Cumulative graphs of the statistical distribution of the values of copper content in the siltstone of floodplain facies (1 - in gray-colored, 2 - in red-colored). Symbols see Fig. 1

<i>n</i>	2	3	7	2		11	4	1			
%	14,3	21,4	50,0	14,3		68,7	25,0	6,3			
Σ%	14,3	35,7	85,7	100		68,7	93,7	100			

чить про логнормальний розподіл міді в породах формації. Гістограми статистичного розподілу значень умісту міді в руслових пісковицях формації (рис. 6) свідчать про неоднорідний розподіл цього елемента в них.

У руслових сіроколірних пісковицях мінімальне значення вмісту міді становить 0,0026 % (більше в 5,2 рази за кларковий вміст міді в пісковицях – оперуємо кларковим умістом міді в піщаних породах за [9]), максимальне – 0,019 % (більше в 38 разів за кларковий вміст), у поодиноких випадках – 0,1 % (більше в 200 разів). Середнє зна-

чення вмісту цього елемента становить 0,0087 %, що в 17,4 рази перевищує кларковий вміст \*. Загалом основна кількість значень умісту міді зосереджена в інтервалі 0,002–0,016 %.

У сіроколірних різновидах руслових пісковиц, що зазнали впливу процесів оглеєння, вміст міді коливається від 0,0026 % (>5,2) до 0,007 % (>14). Всі значення вмісту міді в цих відкладах зосереджені в інтервалі 0,002–0,008 %.

За однорідністю значень умісту міді в цих пісковицях виокремлено дві підвибірки (межа поділу вибірки – 0,0045 % (>9)). У першій підви-

\* Далі інформацію щодо співвідношення значень умісту міді в тих чи інших типах порід із кларковим умістом буде подано у вигляді скороченого запису за допомогою значків < та >.

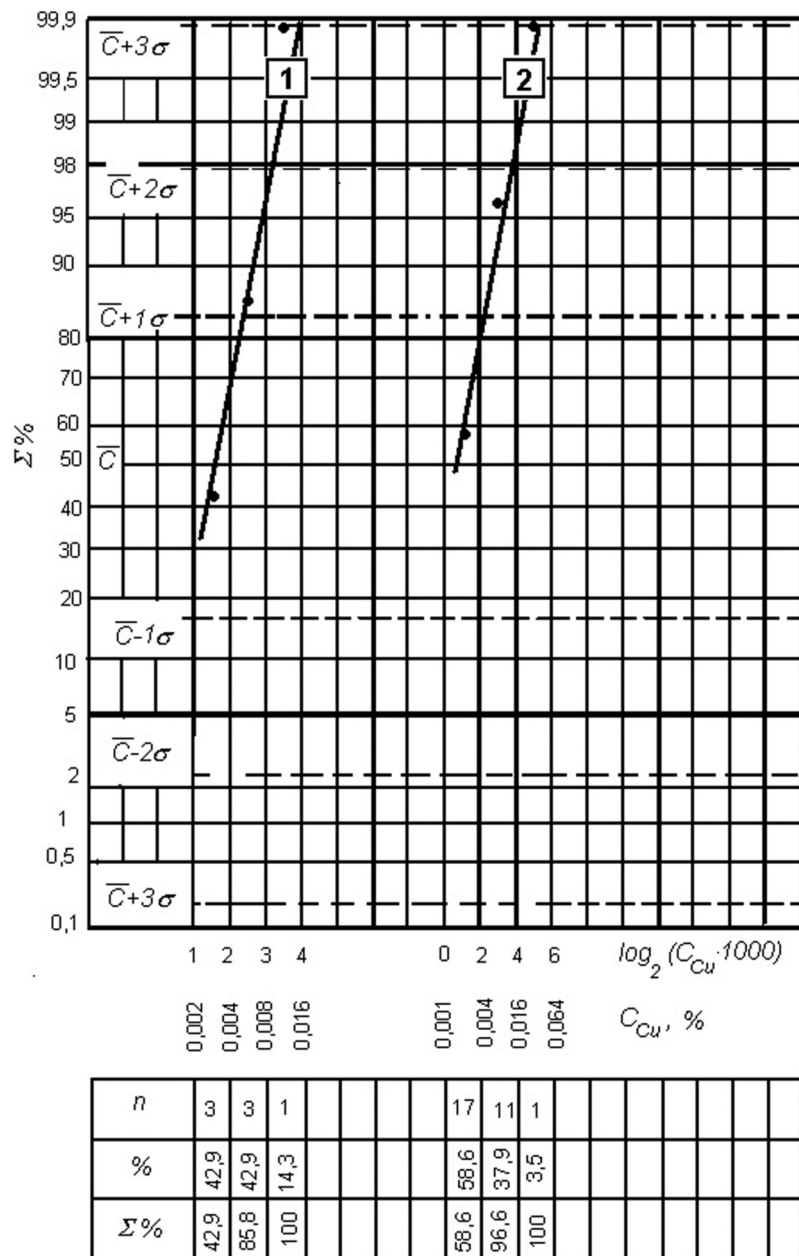


Рис. 4. Кумулятивні графіки статистичного розподілу значень вмісту міді в алеволітах старичної фації (1 – у сіроколірних, 2 – у червоноколірних). Умов. позначення див. рис. 1

Fig. 4. Cumulative graphs of statistical distribution of the values of copper content in siltstones of the ancient facies (1 - in gray-colored, 2 - in red-colored). Symbols see Fig. 1

бірці середнє значення вмісту міді становить 0,0033 % (>6,6), у другій – 0,0069 % (>13,8). У сіроколірних та сіроколірних з оглеєнням руслових пісковиках з домішкою видимої вуглефікованої органічної речовини середнє значення вмісту міді дещо вище і становить 0,014 % (>28).

Характер розподілу значень вмісту міді в сіроколірних та сіроколірних з оглеєнням руслових пісковиках однаковий, що підтверджує їх порівняння за допомогою критерію Ван-дер-Вардена [7] і свідчить про незначний вплив оглеєння на накопичення міді в цих відкладах.

У руслових сіроколірних та сіроколірних з оглеєнням пісковиках із видимою мідною мінера-

лізацією, які містять значну кількість розсіяної органічної речовини першого типу (вуглисті частинки) розподіл міді також неоднорідний. Значення вмісту міді в цих відкладах змінюється від 0,022 % (>44), до 1,00 % (>2000). За однорідністю значень вмісту міді в мідистих пісковиках виокремлено дві підвибірки (межа поділу вибірки – 0,0506 % (>101,2)). У першій підвибірці (незначна кількість значень) середнє значення вмісту міді становить 0,026 % (>52), у другій (більшість значень) – 0,47 % (>940).

Значення вмісту міді в червоноколірних та в червоноколірних з оглеєнням руслових пісковиках (на відміну від сіроколірних різновидів) зміню-

ються у вузьких межах. Так, в червоноколірних різновидах значення вмісту міді змінюється від 0,0018 % (>3,6) до 0,0048 % (>9,6); середнє значення вмісту міді не перевищує 0,0031 % (>6,2). У червоноколірних з оглеєнням пісковиках значення вмісту цього елемента змінюється від 0,002 % (>4) до 0,006 % (>12); середнє значення вмісту міді – 0,004 % (>8).

Характер розподілу значень умісту міді в червоноколірних та в червоноколірних з оглеєнням руслових пісковиках також однаковий, що вказує на незначний вплив процесів оглеєння на розподіл та концентрацію міді в цих відкладах.

Розподіл міді в заплавах пісковиках формації має певні особливості. Гістограми статистичного розподілу значень умісту міді в заплавах пісковиках формації (рис. 7) свідчать про неоднорідність розподілу цього елемента в них. Так, у сіроколірних та сіроколірних з оглеєнням пісковиках заплав значення вмісту міді змінюються від 0,002 % (>4) до 0,01 % (>20). За однорідністю значень умісту міді в цих породах виокремлено дві підвибірки.

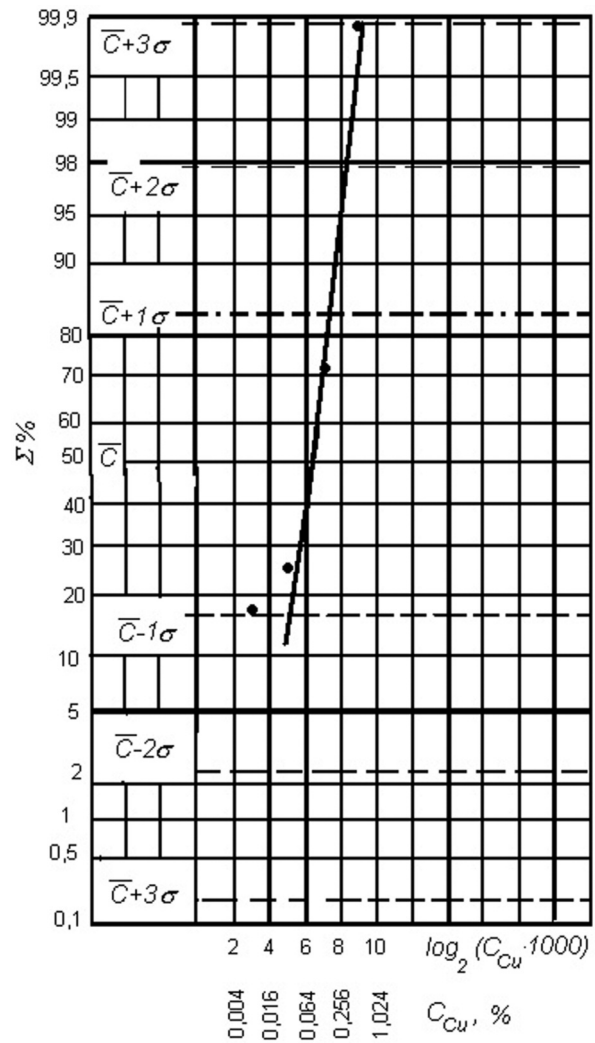
У першій підвибірці середнє значення вмісту цього елемента становить 0,0033 % (>6,6), у другій – 0,01 % (>20). Зазначені відклади з домішкою видимої вуглефікованої органічної речовини мають дещо підвищене середнє значення вмісту міді – 0,025 % (>50).

Більша концентрація міді встановлена у сіроколірних та сіроколірних з оглеєнням заплавах пісковиках з видимою мідною мінералізацією та зі значною домішкою вуглистих часток. Значення вмісту міді в цих утвореннях змінюється від 0,04 % (>70) до 0,70 % (>1400); середнє значення вмісту міді – 0,264 % (>528).

Більш-менш однорідний розподіл міді встановлено в червоноколірних та в червоноколірних з оглеєнням заплавах пісковиках. Значення вмісту міді в цих відкладах змінюється від 0,0023 % (>4,6) до 0,005 % (>10); середнє значення вмісту міді становить 0,0038 % (>7,6).

Статистичні параметри розподілу міді в червоноколірних пісковиках озер-стариків не обчислені. Ці породи зрідка встановлені в розрізі цієї фації і, відповідно, необхідна для розрахунку статистичних параметрів кількість значень умісту міді відсутня; для них розраховано лише середнє значення вмісту міді, яке становить 0,0061 % (>12,2).

Гістограми статистичного розподілу значень умісту міді в заплавах алевролітах формації (в руслових фаціях алевроліти відсутні – за даними

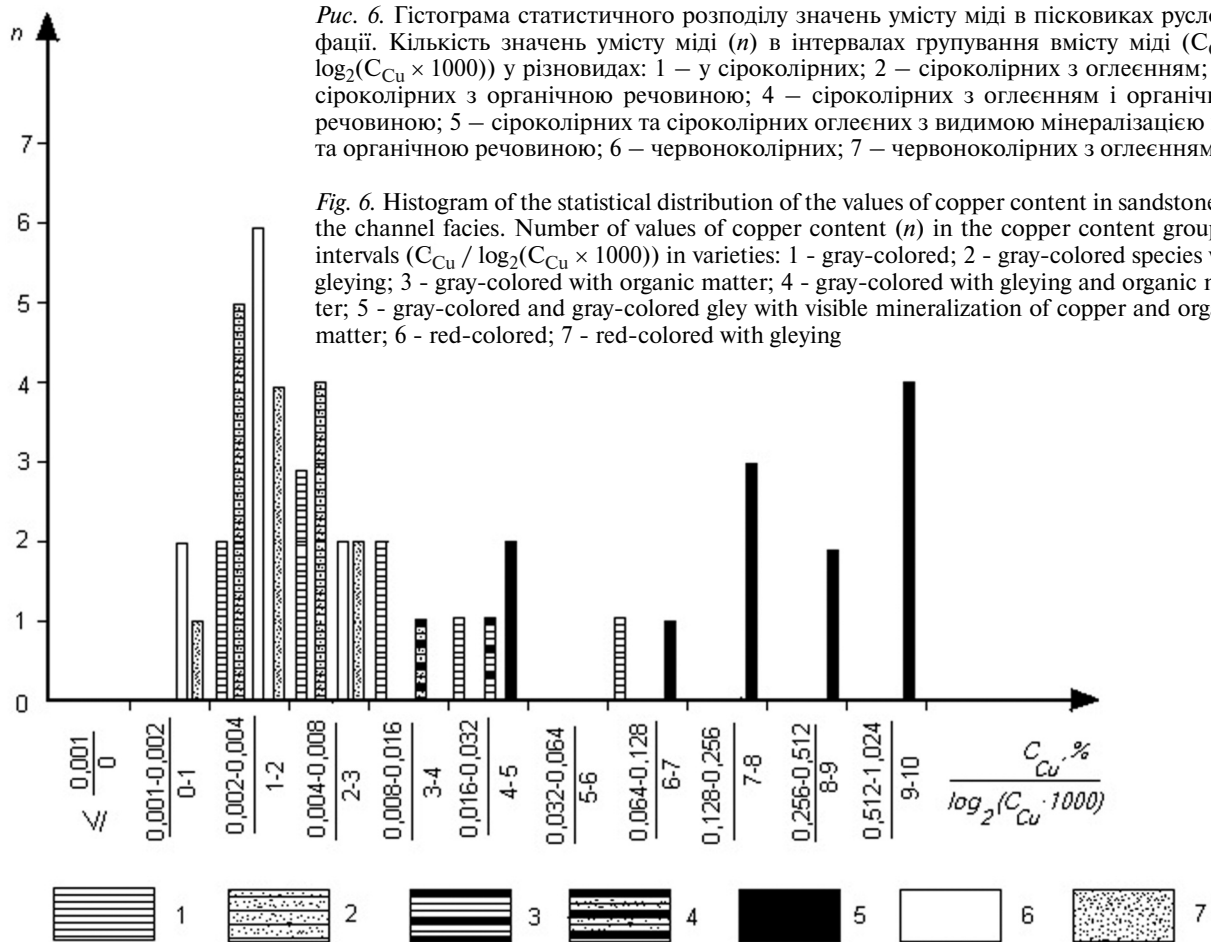


<i>n</i>	2	1	5	3				
%	18,2	9,1	45,4	27,3				
Σ%	18,2	27,3	72,3	100				

Рис. 5. Кумулятивні графіки статистичного розподілу значень умісту міді в сіроколірних аргілітах заплавної фації. Умов. позначення див. рис. 1

Fig. 5. Cumulative graphs of statistical distribution of the values of copper content in gray-colored argillites of floodplain facies. Symbols see Fig. 1

гранулометричного аналізу) свідчать про неоднорідний розподіл міді в цих породах (рис. 8). Так, в сіроколірних та сіроколірних з оглеєнням заплавах алевролітах значення вмісту міді змінюється від 0,0027 % (>5,4) до 0,053 % (>106). За однорідністю значень умісту міді в цих відкладах виокремлено дві підвибірки. У першій середнє значення вмісту цього елемента становить 0,0051 % (>10,2), у другій – 0,033 % (>66).



Середній вміст міді ( $\bar{C}, n \cdot 10^{-3} \%$ ) та його співвідношення з кларковим ( $\bar{C}/C_{кл}$ ) у відкладах червоноколірно-теригенної формації, за даними спектрального аналізу

Average content of copper ( $\bar{C}, n \cdot 10^{-3} \%$ ) and their correlation with clark ( $\bar{C}/C_{кл}$ ) insediments o fred-colored-terrigenousformation on the data of spectr alanalysis

Породи		Фації											$C_{кл}, n \cdot 10^{-3} \% [9]$	
		Руслова					Заплавна				Озер-стариків			
		Сіро-колірні	Сіро-колірні оглеєні	Мідисті сіро-колірні та сіро-колірні оглеєні	Червоноколірні	Червоноколірні оглеєні	Сіроколірні та сіроколірні оглеєні	Мідисті сіроколірні та сіроколірні оглеєні	Червоноколірні	Червоноколірні оглеєні	Червоноколірні	Червоноколірні оглеєні		
Пісковики	$\bar{C}, n \cdot 10^{-3} \%$	8,7	3,3 / 6,9	26,0 / 470,0	3,1	4,0	3,3 / 10,0	264	3,8	—	6,1	—	—	0,Х
	$\bar{C}/C_{кл}$	17,4	6,6 / 13,8	52,0 / 940,0	6,2	8,0	6,6 / 20,0	528	7,6	—	12,2	—	—	
Алевроліти	$\bar{C}, n \cdot 10^{-3} \%$	—	—	—	—	—	5,1 / 33,0	120	5,4	3,5	4,4	3,5	4,0	0,Х
	$\bar{C}/C_{кл}$	—	—	—	—	—	10,2 / 66,0	240	10,8	7	8,8	7,0	8,0	
Аргіліти	$\bar{C}, n \cdot 10^{-3} \%$	6,0	—	400	—	—	12,0	222	12,0	—	3,3	—	—	4,5
	$\bar{C}/C_{кл}$	1,3	—	88,9	—	—	2,67	49.3	2,7	—	0,73	—	—	

Примітка: через дріб подано значення, відповідні I та II підвибіркам (I / II).

Notes: due to the fraction the values corresponding to the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> sub-sets (I / II) are given.

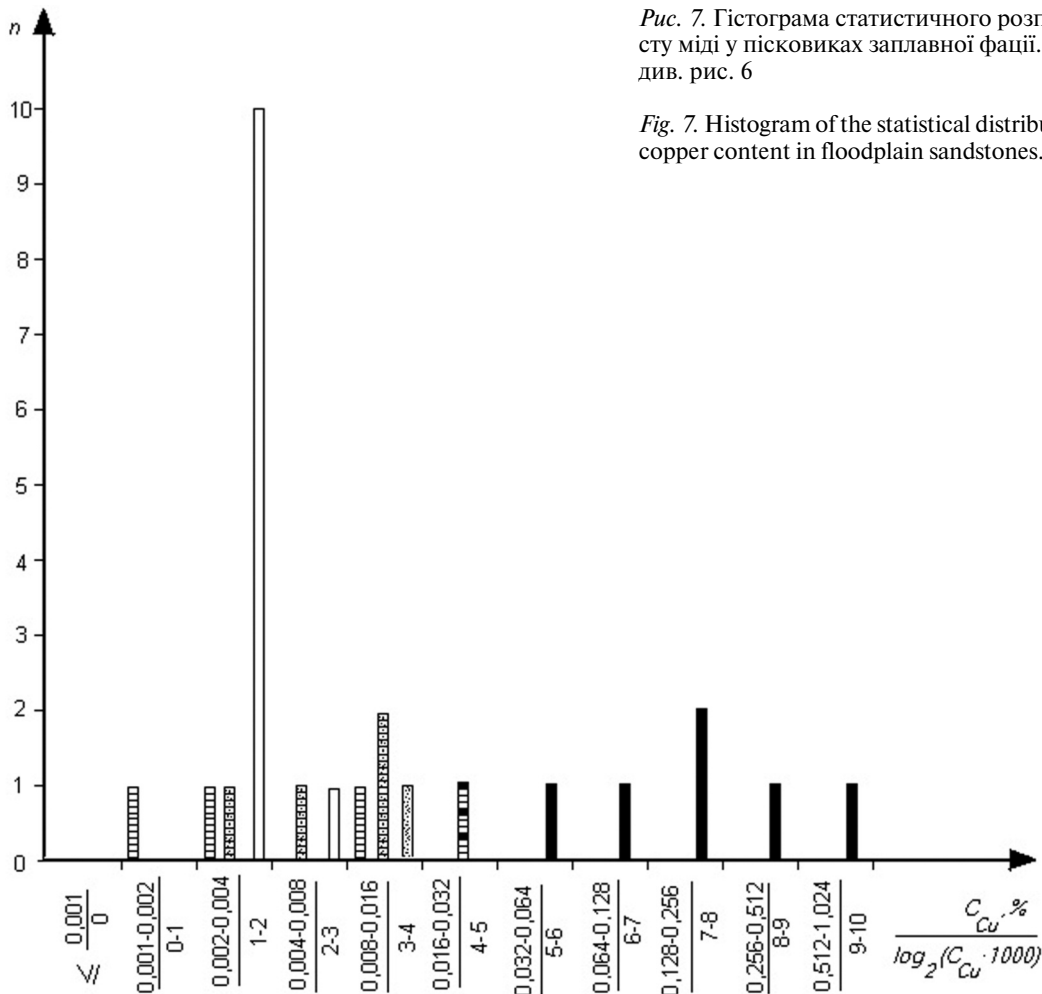


Рис. 7. Гістограма статистичного розподілу значень вмісту міді у пісковиках заплавної фації. Умов. позначення див. рис. 6

Fig. 7. Histogram of the statistical distribution of the values of copper content in floodplain sandstones. Symbols -see Fig. 6

Значна концентрація міді встановлена в сіроколірних та сіроколірних оглеєних заплавних алевролітах зі значною домішкою вуглефікованої органічної речовини та видимою мінералізацією міді. Значення вмісту цього елемента змінюється від 0,04 % (>80) до 0,2 % (>400); середнє значення вмісту міді становить 0,12 % (>240).

У червоноколірних різновидах заплавних алевролітів значення вмісту міді змінюється від 0,003 % (>6) до 0,01 % (>20); середнє значення вмісту цього елемента становить 0,0054 % (>10,8).

Розподіл міді в червоноколірних оглеєних заплавних алевролітах більш-менш однорідний. Значення вмісту міді змінюється від 0,0028 % (>5,6) до 0,004 % (>8); середнє значення вмісту цього елемента становить 0,0035 % (>7).

На більш-менш однорідний розподіл міді в алевролітах озер-стариків вказують гістограми статистичного розподілу значень вмісту міді в цих відкладах (рис. 9). При цьому мідь розподілена більш-менш однорідно як в сіроколірних алевролітах, що формувалися за відновних умов, так і в

червоноколірних, що формувалися в окиснювальному середовищі, а також в оглеєних.

У сіроколірних та сіроколірних оглеєних алевролітах значення вмісту міді змінюється від 0,0023 % (>4,6) до 0,007 % (>14) – поодинокі значення вмісту цього елемента досягають 0,013 % (>26); середнє значення вмісту міді в цих породах становить 0,004 % (>8).

У червоноколірних алевролітах значення вмісту міді змінюється від 0,0028 % (>5,6) до 0,009 % (>18); середнє значення вмісту міді становить 0,0044 % (>8,8).

Значення вмісту міді в червоноколірних оглеєних алевролітах змінюється у дещо вужчих межах і змінюється від 0,0025 % (>5) до 0,005 % (>10); середнє значення вмісту міді становить 0,0035 % (>7).

Необчислено статистичні параметри розподілу вмісту міді в нерудних, а також у мідистих сіроколірних та сіроколірних оглеєних руслових аргілітах. У мідистих різновидах наявна значна кількість вуглефікованої органічної речовини та



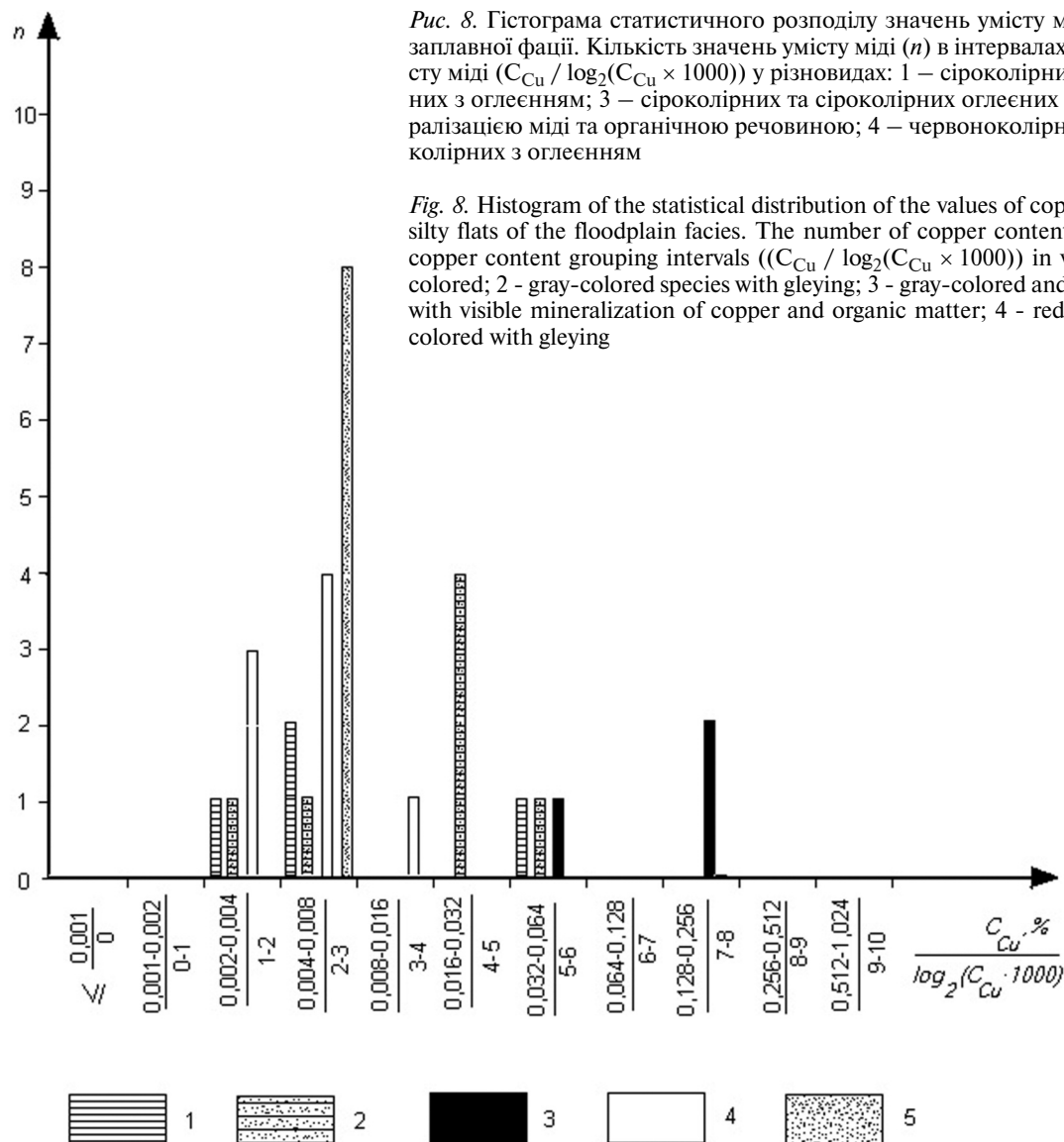


Рис. 8. Гістограма статистичного розподілу значень вмісту міді в алевролітах заплавної фації. Кількість значень вмісту міді ( $n$ ) в інтервалах групування вмісту міді ( $C_{Cu} / \log_2(C_{Cu} \times 1000)$ ) у різновидах: 1 – сіроколірних; 2 – сіроколірних з оглеєнням; 3 – сіроколірних та сіроколірних оглеєних з видимою мінералізацією міді та органічною речовиною; 4 – червоноколірних; 5 – червоноколірних з оглеєнням

Fig. 8. Histogram of the statistical distribution of the values of copper content in the silty flats of the floodplain facies. The number of copper content values ( $n$ ) in the copper content grouping intervals ( $C_{Cu} / \log_2(C_{Cu} \times 1000)$ ) in varieties: 1 - gray-colored; 2 - gray-colored species with gleying; 3 - gray-colored and gray-colored gley with visible mineralization of copper and organic matter; 4 - red-colored; 5 - red-colored with gleying

видимій мідній мінералізації. Червоноколірні різновиди аргілітів відсутні в руслових фаціях). Середнє значення вмісту міді в нерудних аргілітах становить 0,006 % (>1,33), у мідистих – значення вмісту міді від 0,3 % (>66,7) до 0,5 % (>111,1); середнє значення вмісту цього елемента 0,4 % (>88,9).

Гістограми статистичного розподілу значень вмісту міді в заплавних аргілітах (рис. 10) вказують на неоднорідний розподіл у цих відкладах.

У сіроколірних та сіроколірних оглеєних аргілітах цього фаціального типу значення вмісту міді змінюється від 0,005 % (>1,1) до 0,023 % (>5,1); середнє значення вмісту цього елемента 0,012 % (>2,67).

У зазначених відкладах із наявною мінералізацією міді та зі значною кількістю вуглистих

часток значення вмісту міді коливається від 0,07 % (>15,6) до 0,5 % (>111,1); середнє значення вмісту цього елемента становить 0,222 % (>49,3).

У червоноколірних заплавних аргілітах значення вмісту міді змінюється від 0,004 % (<0,89) до 0,02 % (>4,4); середнє значення вмісту цього елемента становить 0,012 % (>2,7).

Середнє значення вмісту міді в червоноколірних аргілітах озер-стариків (сіроколірні різновиди відсутні в розрізах цієї фаціальної зони) становить 0,0033 % (<0,73).

Дані про середні значення вмісту міді у відкладах нижньодевонської червоноколірно-теригенної формації зведені у таблиці.

**Висновки.** Аналіз значень вмісту міді в породах різного типу, з урахуванням фаціальних та фізико-хімічних умов їх формування і процесів

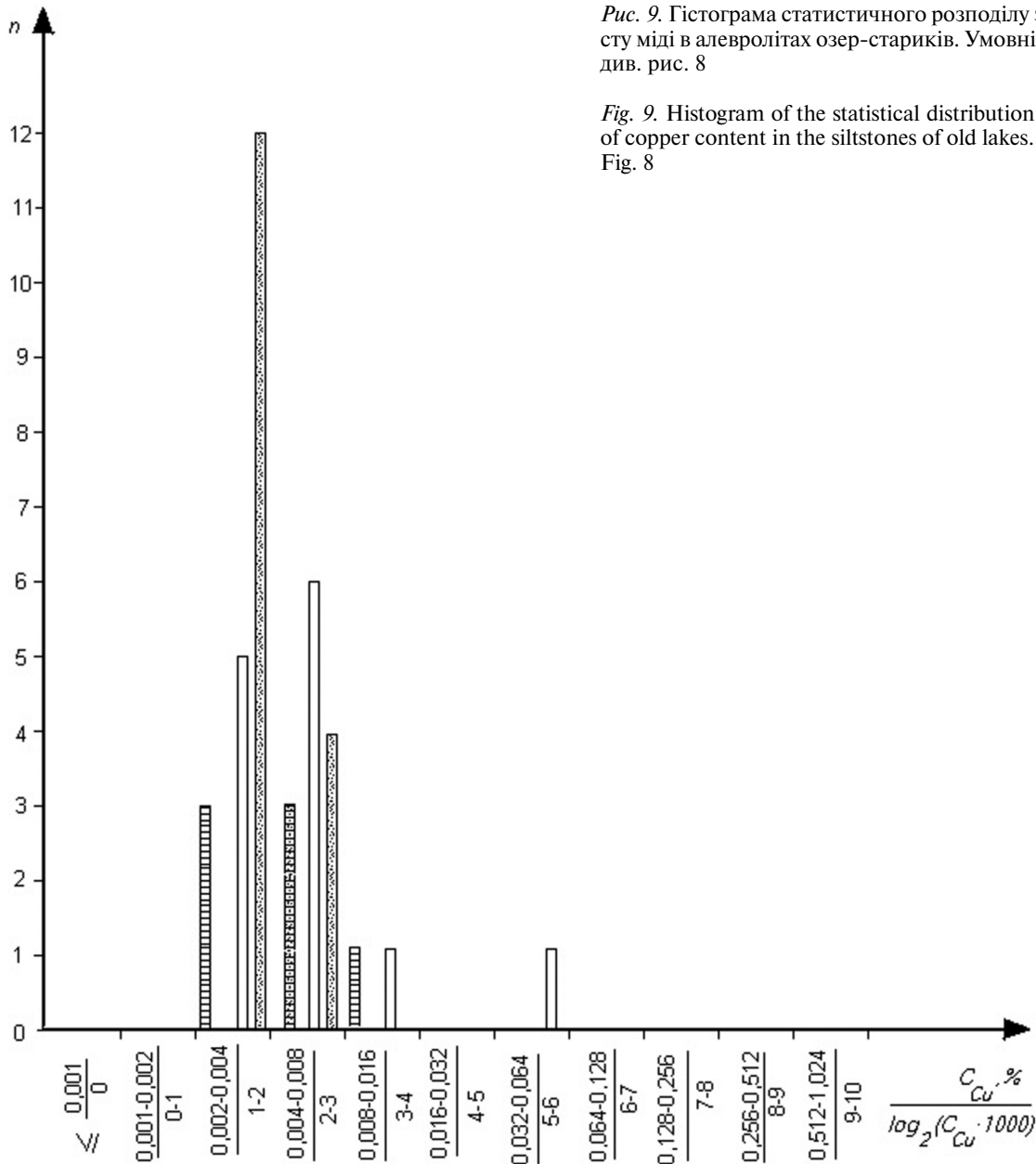


Рис. 9. Гістограма статистичного розподілу значень умісту міді в алевролітах озер-стариків. Умовні позначення див. рис. 8

Fig. 9. Histogram of the statistical distribution of the values of copper content in the siltstones of old lakes. Symbols see Fig. 8

оглеення, що впливали на відклади формації, дає змогу зробити такі висновки.

Уміст міді (абсолютні значення) в цілому не підвищується від пісковиків до аргілітів, що свідчить про неупорядкований тип розподілу цього елемента.

Пісковики та алевроліти червоноколірно-теригенної формації різної фаціальної належності збагачені, а аргіліти бідні на мідь, яка знаходиться в них у розсіяному стані.

Підтверджено, що фізико-хімічні умови формування відкладів формації суттєво впливали на розподіл та концентрацію міді: у різнофаціальних сіроколірних відкладах, що формувалися у від-

новному без сірководню середовищі, значення вмістів міді значно вищі, ніж у різнофаціальних червоноколірних породах, що формувалися в окиснювальних умовах. Максимальна концентрація міді встановлена у відкладах, що формувалися у відновному із сірководнем середовищі (там, де накопичувалася значна кількість органічної речовини).

Установлено, що процеси оглеення відкладів формації суттєво не вплинули на перерозподіл і концентрацію міді в них, хоча остаточно роль оглеення в міграції та концентрації міді не з'ясована.

Аналіз значень умісту міді у відкладах формації показав, що максимальне накопичення міді відбувалося в пісковиках, алевролітах та аргілітах,

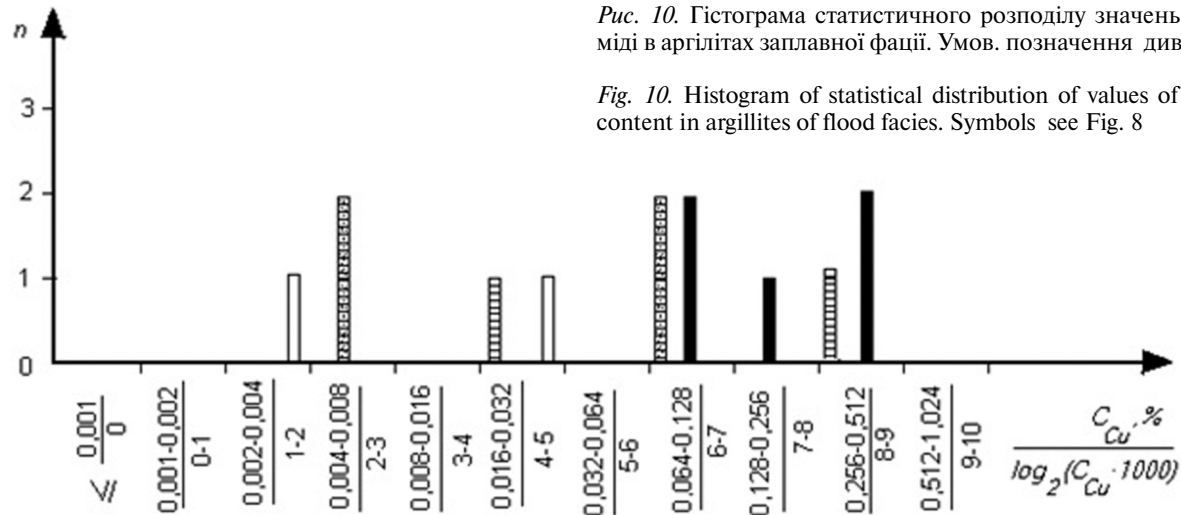


Рис. 10. Гістограма статистичного розподілу значень умісту міді в аргілітах заплавної фації. Умов. позначення див. рис. 8

Fig. 10. Histogram of statistical distribution of values of copper content in argillites of flood facies. Symbols see Fig. 8

які формувалися в зоні прируслової відмілини русел та прирічній зоні заправ, де накопичувалась значна кількість органічної речовини, мінімальне – у відкладах озер-стариків.

Неоднорідний розподіл міді в одному типі порід однієї фаціальної належності обумовлений, зокрема, різними фізико-хімічними умовами формування та різними формами знаходження міді.

Загалом, на міграцію, концентрацію та перерозподіл міді у відкладах червоноколірно-теригенної формації впливала значна кількість

чинників, в тому числі фаціальний і літологічний, які є відображенням основного чинника – тектонічного.

Результати дослідження мають суттєве значення для встановлення фундаментальних закономірностей концентрації міді у процесах седименто-катагенезу нижньодевонської континентальної червоноколірно-теригенної формації Львівського палеозойського прогину та можуть слугувати пошуковими критеріями на мідне зруденіння у процесі розшукових геологічних робіт.

#### Список літератури

1. Геотектоника Вольно-Подоліи / под ред. И.И. Чебаненко. Киев: Наук. думка, 1990. 244 с.
2. Компанець Г.С., Ковальчук М.С. Літологія і міденосність відкладів дністровської серії нижнього девону Львівського палеозойського прогину. *Зб. наук. праць Ін-ту фундамент. досліджень*. Київ, 1999. С. 83–94.
3. Компанець Г.С., Ковальчук М.С., Шестаков О.Ю. Геохімічні аспекти розподілу і концентрації міді та її елементів-супутників у відкладах нижньодевонської континентальної червоноколірно-теригенної формації Львівського палеозойського прогину. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2016. № 1. С. 30–40.
4. Нарбутас В.В. Красноцветная формация нижнего девона Прибалтики и Подоліи. Вильнюс: Мокслас, 1984. 136 с.
5. Хрущов Д.П., Компанець Г.С. Литологія галогенних і красноцветних формацій Предкарпаття. Киев: Наук. думка, 1988. 196 с.
6. Шумлянський В.А., Сергеев И.П., Сушук Е.Г. О диагенетическом накоплении меди в красноцветных отложениях нижнего девона Приднестровья. *Состав, происхождение и размещение осадочных пород и руд*. Киев: Наук. думка, 1984. С. 149–156.
7. Шарапов И.П. Применение математической статистики в геологии. Москва: Недра, 1971. 248 с.
8. Klochko V.I., Manichev V.I., Kompanec G.S., Kovalchuk M.S. Wychodnie rud miedzi na terenie Ukrainy Zachodniej jako baza surowkowa metalurgii kolorowej w okresie funkcjonowania kultury Trypolskiej. *Folia Praehistorica Posnaniensia*. Polska: Wydawnictwo naukowe Instytutu Prahistorii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 2003. X/XI. P. 47–77.
9. Turekian Karl K., Wedepohl Karl Hans. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. *The Geological Society of America Bulletin*. 1961. 72, № 2. P. 175–191.

#### References

1. Geotectonics of Volyn-Podolia (1990). I.I. Chebanenko (Ed.). Kyiv: Naukova dumka. 244 p. [in Russian].
2. Kompanets G.S., Kovalchuk M.S. (1999). Lithology and copper potential of deposits of the Dniester series of the lower Devonian of the Lviv-Paleozoic Trough. *Collection of scientific works of the Institute of fundamental research*. Kyiv. P. 83–94 [in Ukrainian].
3. Kompanets G.S., Kovalchuk M.S., Shestakov O.Yu. (2016). The geochemical aspects of distribution and concentration of copper and elements-satellites of its in sediments of low-devonian red-colour terrigenous continental formation of Lviv-Paleozoic Trough. *Exploration and Environmental Geochemistry*. № 1. P. 30–40 [in Ukrainian].

4. Narbutas V.V. (1984). The red-colored formation of the lower Devonian of the Baltic and Podolia. Vilnius: Mokslas. 136 p. [in Russian].
5. Khrushchov D.P., Kompanets G.S. (1988). Lithology of halogen and red-colored formations of Precarpathia. Kyiv: Naukova dumka. 196 p. [in Russian].
6. Shumlyansky V.A., Sergeev I.P., Sushuk E.G. (1984). On the diagenetic accumulation of copper in the reddish deposits of the Lower Devonian of PreDnister area. *Composition, origin and location of sedimentary rocks and ores*. Kyiv: Naukova dumka. P. 149–156 [in Russian].
7. Sharapov I.P. (1971). Application of mathematical statistics in geology. Moscow: Nedra. 248 p. [in Russian].
8. Klochko V.I., Manichev V.I., Kompanec G.S., Kovalchuk M.S. (2003). Wychodnie rud miedzi na terenie Ukrainy Zachodniej jako baza surowkowa metalurgii kolorowej w okresie funkcjonowania kultury Trypolskiej. *Folia Praehistorica Posnaniensia*. Polska: Wydawnictwo naukowe Instytutu Prahistorii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. X/XI. P. 47–77. [in Polska].
9. Turekian Karl K., Wedepohl Karl Hans. (1961). Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. *The Geological Society of America Bulletin*. 72, № 2. P. 175–191.

**Компанец Г.С., Шестаков О.Ю., Ковальчук М.С.**

*Институт геологических наук НАН Украины*

*01601, ул. О. Гончара, 55-б, Киев, Украина*

**Геохимические особенности распределения и концентрации меди в породах разного литологического типа и фациальной принадлежности нижнедевонской красноцветно-терригенной формации Львовского палеозойского прогиба**

Освещены результаты геохимических исследований отложений нижнедевонской красноцветно-терригенной формации Львовского палеозойского прогиба. Определено содержание меди в породах разного типа и фациальной принадлежности с учетом физико-химических особенностей формирования этих пород и процессов оглеения. Установлены основные закономерности распределения и масштаб накопления меди в отложениях формации; определены основные факторы, существенно влиявшие на распределение и концентрацию этого элемента.

*Ключевые слова:* Львовский палеозойский прогиб, нижний девон, красноцветно-терригенная формация, медь, распределение, концентрация, оглеение.

**Kompanets G.S., Shestakov O.Yu., Kovalchuk M.S.**

*Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine*

*01601, Oles Honchar St., 55-b, Kyiv, Ukraine*

**Geochemical features of distribution and concentration of copper in rocks of different lithological types and facies belonging to the Lower Devonian red-colored-terrigenous formation of the Lviv-Paleozoic Trough**

The results of geochemical researches of sediments of low-devonian red-colored-terrigenous continental formation of the Lviv-paleozoic trough are elucidated. Concentration of copper in the rocks of different lithological types and facies is quantified in accordance with the physical and chemical features of forming of these rocks, which influenced on them, in particular, with processes of gleying. The fundamental consistent patterns of distribution of copper and accumulation scope of it's in the sedimentations of structure are ascertained on this basis; basic factors that substantially influenced on distribution and concentration of this element are determined. Stratiform copper ores «of copper sandstone» are installed in the redcolor-terrigenous formation. Most of these ore-manifestations are localized in the channel gray-colored sandstones, part of them are in gray-colored argillites, sometimes in gray-colored channels of mixed composition and in flood gravel-colored sandstones, rocks of mixed composition and argillites. Ore minerals – malachite, azurite, chalcocite and rare: covelin, cuprid, borit, chalcopyrite, pyrite, galenite – take place between crystalline clays and cement them. The analysis of the values of copper content in the sediments of the formation showed that the maximum concentration of copper occurred in sandstones, siltstones and argillites, which formed in the zone of promiscuity of the channels of the channels and in the adjacent zone of floodplains, where a significant amount of organic matter accumulated, the minimum concentration of copper – in sediments of lakes old facies. The maximum concentration of copper is established in sediments formed in a hydrogen sulfide reducing medium (where a significant amount of organic matter accumulated). The gelling processes of deposits did not have a significant effect on the redistribution and accumulation of copper in them.

*Keywords:* Lviv-Paleozoic trough, lower Devonian, red-colored-terrigenous formation, copper, distribution, concentration, gleying.

Надійшла 26.09.2017