

ГЕОХІМІЯ ВЕРХНЬОЮРСЬКОЇ ЧЕРВОНОКОЛІРНО-ТЕРИГЕННОЇ СУБФОРМАЦІЇ ПРИДОБРУДЗЬКОГО ПРОГИНУ

Г.С. Компанець, М.С. Ковальчук, Л.І. Константиненко, О.Ю.Шестаков
Інститут геологічних наук НАН України, Київ, вул. О. Гончара, 55-б, Україна

Висвітлено результати геохімічних досліджень відкладів верхньоюрської червоноколірно-теригенної субформації Придобрудзького прогину. Визначено вміст міді та її елементів-супутників у породах різного типу цієї субформації з урахуванням фізико-хімічних умов їх формування і процесів оглеєння порід. Встановлено головні закономірності розподілу міді та інших елементів у відкладах субформації; виявлено характерні асоціації елементів-супутників міді в різних літотипах. На цій основі встановлено загальний міденосний потенціал верхньоюрської лагунної червоноколірно-теригенної субформації, співставимий з таким нижньодевонської континентальної червоноколірно-теригенної формації Волино-Поділля та неогенової морської червоноколірно-теригенної субформації Передкарпатського прогину. Вони є перспективними з точки зору загальної оцінки потенціалу міденосності червоноколірних формаційних одиниць України. Проведені дослідження дозволили віднести верхньоюрську лагунну червоноколірно-теригенну субформацію до міденосних формаційних одиниць.

Вступ. У геологічній історії України встановлено 6 значних епох червоноколірно-теригенного осадконагромадження: рифейська (Волино-Поліський прогин), ранньодевонська (Львівський палеозойський прогин), пізньодевонська – фаменська (ДДЗ, північно-західна частина Донбасу), пермська (ДДЗ, північно-західна частина Донбасу), пізньоюрська (Придобрудзький прогин), неогенова (Передкарпатський прогин). Червоноколірні товщі, які формувалися в цих геоструктурах за різних умов осадконагромадження, мають різною мірою розвинену стратиформну міденосність типу мідистих пісковиків (крім рифейської). Найбільш перспективними, з точки зору загальної оцінки потенціалу рудоносності є пермські, далі (за зменшенням масштабу і значимості рудопроявів міді): ранньодевонські та неогенові відклади. Придобрудзький прогин вважають регіоном нез'ясованих по відношенню до міді перспектив.

У межах цього прогину в пізньоюрську епоху сформувалася червоноколірно-теригенна субформація (чадир-лунгська світа – титон), парагенетично пов'язана з соленосно-теригенно-галогеною субформацією (конгазька світа – верхній кімеридж) [4], які утворюють верхньоюрську верхньомоласову соленосно-галогебно-теригенну формацію (верхній кімеридж – титон). Раніше (Хрущов Д.П., Компанець Г.С., Тюреміна В.Г., Дзюба І.С.) була визначена геохімічна спеціалізація верхньоюрської верхньомоласової соленосно-галогебно-теригенної формації (верх-

ній кімеридж – титон) Придобрудзького прогину. Об'єктом наших досліджень є верхньоюрська червоноколірно-теригенна субформація, в утвореннях якої у свердловинах тресту "Союзбургаз" на глибині 510–516 м було виявлено мідне зруденіння стратиформного типу.

З метою обґрунтування перспектив міденосності червоноколірно-теригенної субформації авторами вперше було проведено літолого-геохімічні дослідження по типах порід з урахуванням фізико-хімічних умов середовища їх формування і процесів оглеєння порід. Що дало змогу встановити закономірності розподілу міді та інших мікроелементів у них, виявити характерні асоціації елементів-супутників міді в основних типах порід.

Методологія досліджень. Для встановлення основних закономірностей розподілу міді та інших мікроелементів у відкладах червоноколірно-теригенної субформації було проведено математико-статистичну обробку результатів спектрального аналізу (488 аналізів) порід чадир-лунгської світи, що включала визначення таких параметрів: середнє значення вмісту елементів (c), медіанне значення (Me), середньоквадратичне (стандартне) відхилення величини c (σ), показник асиметрії (A), показник ексцесу (E), коефіцієнт варіації (v , %), верхня межа фону (ВМФ), нижня межа аномалії (НМА) [1–3]. Статистичні параметри розподілу міді та інших елементів розраховано для порід різного типу, з урахуванням умов середовища формування (окиснювальне чи відновне), а також для тих, що зазнали впливу процесів оглеєння на стадії діагенезу. Кореляційний аналіз, проведений за допомогою програмного пакету

STATISTIKA – 6, дав можливість виявити інтенсивність зв'язку між значеннями вмісту міді та інших мікроелементів.

Виклад основного матеріалу. Верхньоюрська червоноколірно-теригенна субформація представлена глинистими й уламковими відкладами, серед яких відмічаються поодинокі прошарки глинисто-й уламково-хемогенних і хемогенних (вапняки і вторинні або діагенетичні доломіти) порід.

Уламкові породи складають до 43 % об'єму субформації (південний борт прогину) і представлені пісковиками (до 26 %), алевролітами, алевро-пісковиками (в сумі становлять 17 %). Зустрічаються спорадично брекчії, конгломерати і гравеліти. За мінеральним складом теригенної частини виділено мономіктові кварцеві й олігоміктові польовошпатово-кварцеві уламкові породи. Піщані відклади формувалися переважно в окиснювальній геохімічній обстановці (до 70 % їх об'єму), а третина пісковиків (до 30 %), брекчії, конгломерати, гравеліти, – у слабо відновному середовищі. В окиснювальному середовищі формувалися алевроліти і породи змішаного складу (сіроколірне забарвлення має лише 1 % цих утворень).

Глинисті породи субформації в межах південного борту прогину дещо переважають над уламковими породами і складають близько 57 % її об'єму; північний борт прогину вповнений переважно глинистими породами [5]. Формування глинистих відкладів відбувалося переважно в окиснювальному середовищі. Сіроколірні різновиди глини складають лише 8 % об'єму глинистих відкладів.

Вміст карбонату кальцію в породах субформації змінюється в широких межах: від 8 % до 32 %; частка порід, де вміст CaCO_3 становить 2–7 %, незначна. Породи субформації сильно загіпсовані (вторинний цемент, вкрапленики, зернисті агрегати, прожилки селеніту по поверхні нашарування і січні). Відклади зазнали на стадії діагенезу значного впливу процесів оглеєння (плями сірувато-зеленого, блакитно-сірого кольору в породах сіро- та червоноколірних).

За комплексом критеріїв виділення фацій (речовинний і гранулометричний склад порід, їх структурно-текстурні особливості, співвідношення основних типів порід, геохімічні особливості) відклади субформації належать до лагунних утворень.

Під час проведення статистичної обробки результатів спектрального аналізу перевірялась відповідність фактичного розподілу значень вмісту міді логнормальному закону за допомогою побудови кумулятивних графіків (показують ступінь

однорідності розподілу випадкових величин) статистичного розподілу значень вмісту міді в основних типах порід на ймовірносних трафаретах у логарифмічному масштабі (логарифми використано двоїчні), рис. 1–5.

У подальшому були побудовані гістограми (або криві накопичування) статистичного розподілу значень вмісту міді в основних типах порід, що формувалися за різних фізико-хімічних умов, як оглеєних, так і неоглеєних (гістограми побудовано за статистичними рядами розподілу значень вмісту міді в породах). Верхня частина контуру побудованих гістограм відображає щільність частотного розподілу вмісту міді.

Побудовані гістограми статистичного розподілу значень вмісту міді в пісковиках (рис. 6) свідчать про неоднорідність розподілу міді в цих відкладах. Неоднорідний розподіл міді властивий: червоноколірним різновидам пісковиків, що утворилися в окиснювальній обстановці; сіроколірним, які сформувалися за відновних умов; сіроколірним і червоноколірним пісковикам, які зазнали впливу процесів оглеєння.

У червоноколірних пісковиках значення вмісту міді коливається від 0,001 (удвічі більше (>) від кларкового вмісту) до 0,005 % (в 10 разів > кларку) – оперуємо кларковим вмістом міді в піщаних породах за К. Тарк'яном та К. Ведеполем [6]. Середній вміст цього елемента становить 0,0022 %, що в 4,4 разів перевищує кларковий вміст міді в пісковиках (табл. 1).

Ці відклади (див. табл. 1) збагачені й іншими халькофільними елементами: суттєво Ag (у 20 разів > кларку); відмічається підвищений вміст (по відношенню до кларку в n разів) Sn (> у 9,6), Zn (> у 6,25 – перша підвибірка; > в 7,5 – друга підвибірка). Відклади дещо збіднені на Pb (> в 3,4), Ga (кларк). Встановлено поодинокі аномальні значення вмісту халькофільних елементів у цих пісковиках, визначені як такі, що знаходяться за межею $\bar{x} + 3\sigma$, відповідно до правил матстатистики. Це значення вмісту Ag – 0,003 і 0,005 %, що, відповідно, в 600 і 1000 разів вищий від кларку, Sn – 0,0025 %, що в 50 разів > кларку, Pb – 0,08 % (в 114 разів > кларку), Ga – 0,0063 % (> кларку в 5,25 разів).

Розподіл сидерофільних елементів (по відношенню до кларку в n разів) у червоноколірних пісковиках наступний: вони суттєво збагачені на Co (> в 32), Ni (> в 9 / > 23,5); в них відмічається підвищений вміст Mo (> в 5 / > в 8); збіднені на P (> в 2,35 / > в 3,5). Встановлено аномальні зна-

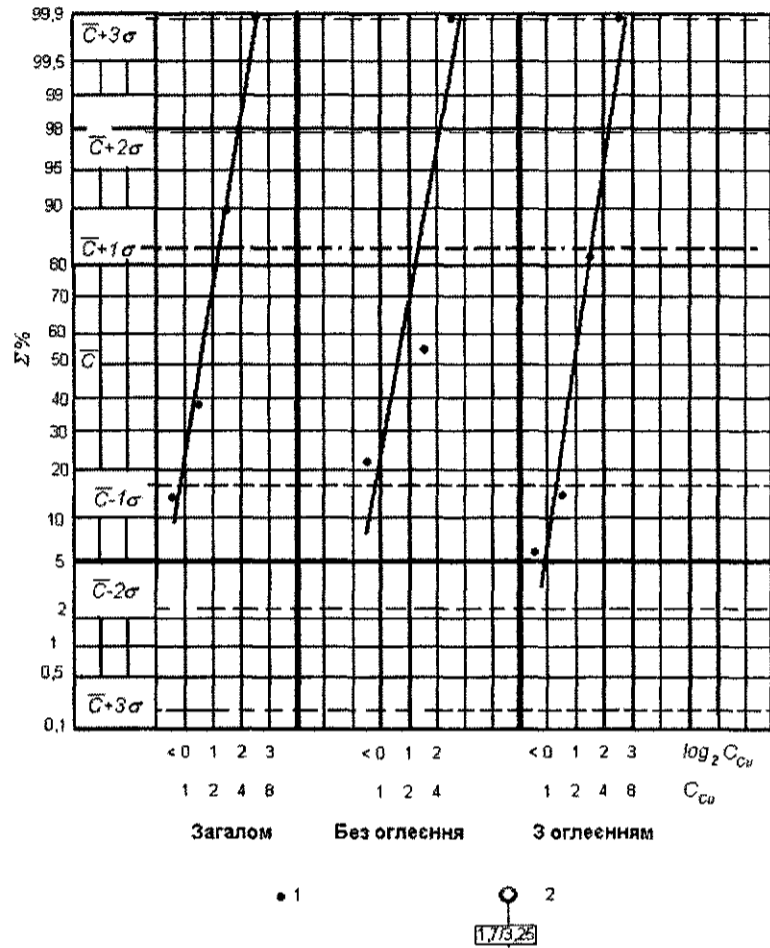


Рис. 1. Кумулятивні графіки статистичного розподілу значень вмісту міді в сіроколірних пісковиках чадир-лунгської світи (по горизонтальній осі – інтервали групування значень вмісту міді у $n \cdot 10^{-3} \%$, по вертикальній осі – накопичена частотність): 1 – точки побудови графіків, відповідні значенням накопиченої частотності; 2 – точки поділу виборок (у прямокутниках під ними – відповідні їм значення логарифмів вмісту міді і (через дріб) значень вмісту міді на горизонтальній осі ($n \cdot 10^{-3} \%$))

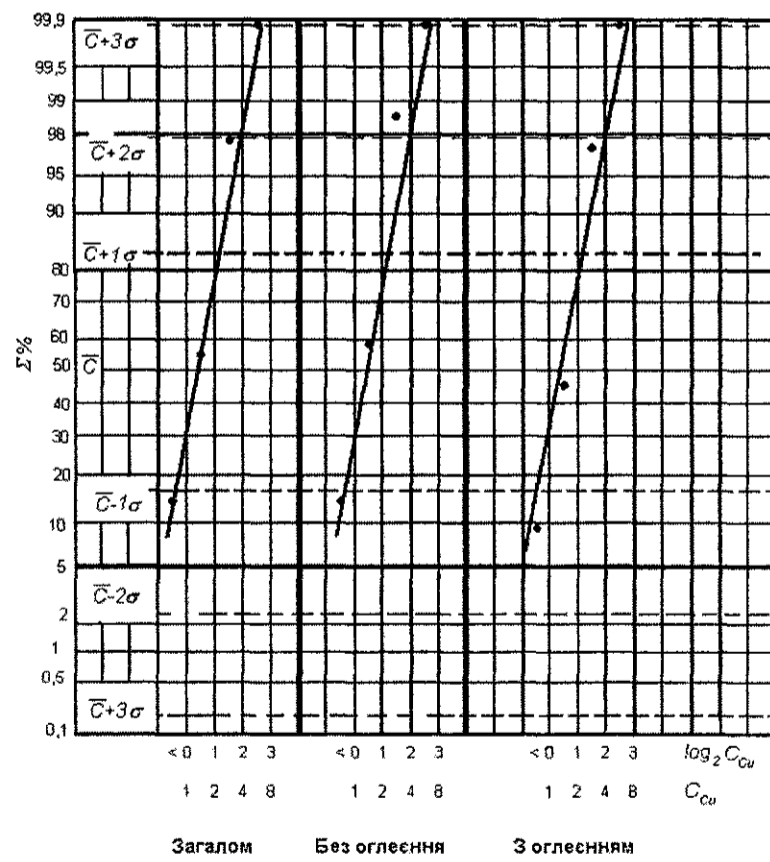


Рис. 2. Кумулятивні графіки статистичного розподілу значень вмісту міді в червоноколірних пісковиках чадир-лунгської світи (умов. познач. див. на рис. 1)

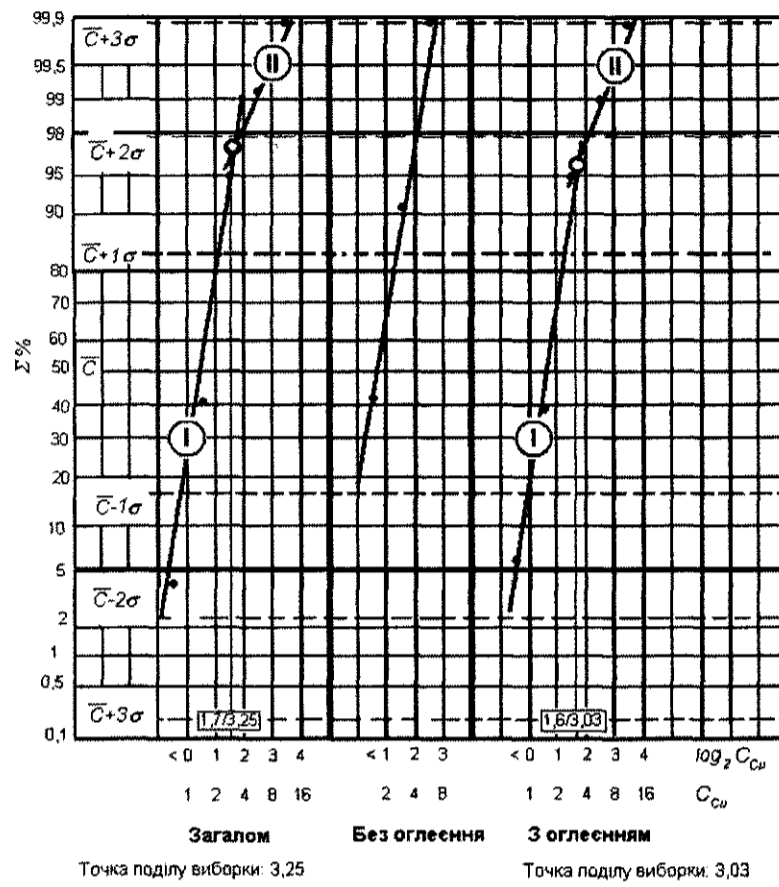


Рис. 3. Кумулятивні графіки статистичного розподілу значень вмісту міді в червоноколірних глинах чадир-лунгської світи (умов. познач. див. на рис. 1. Римськими цифрами у кружках на графіках позначено номери підвиборок)

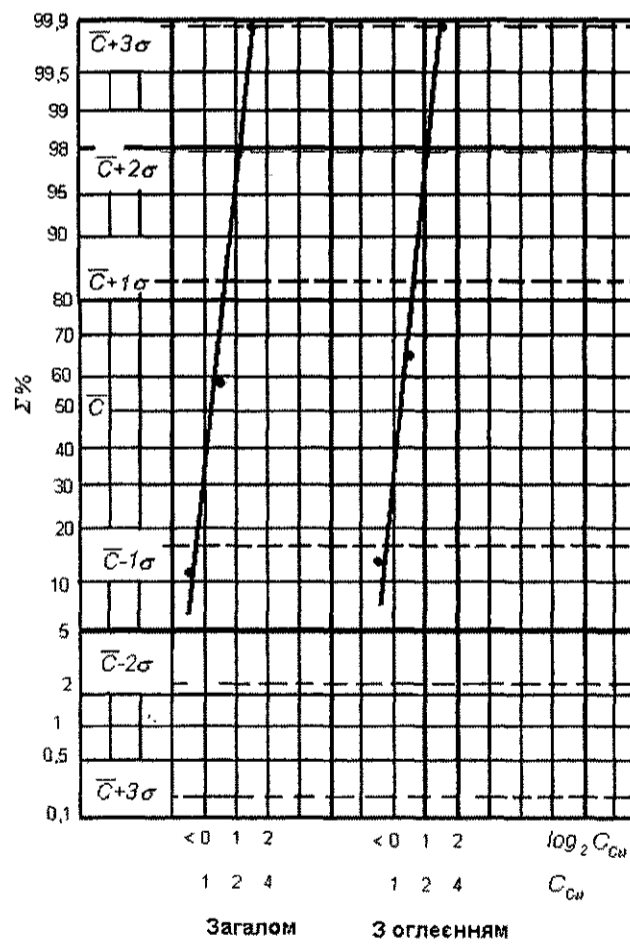


Рис. 4. Кумулятивні графіки статистичного розподілу значень вмісту міді в сіроколірних алевролітах чадир-лунгської світи (ум. познач. див. на рис. 1.)

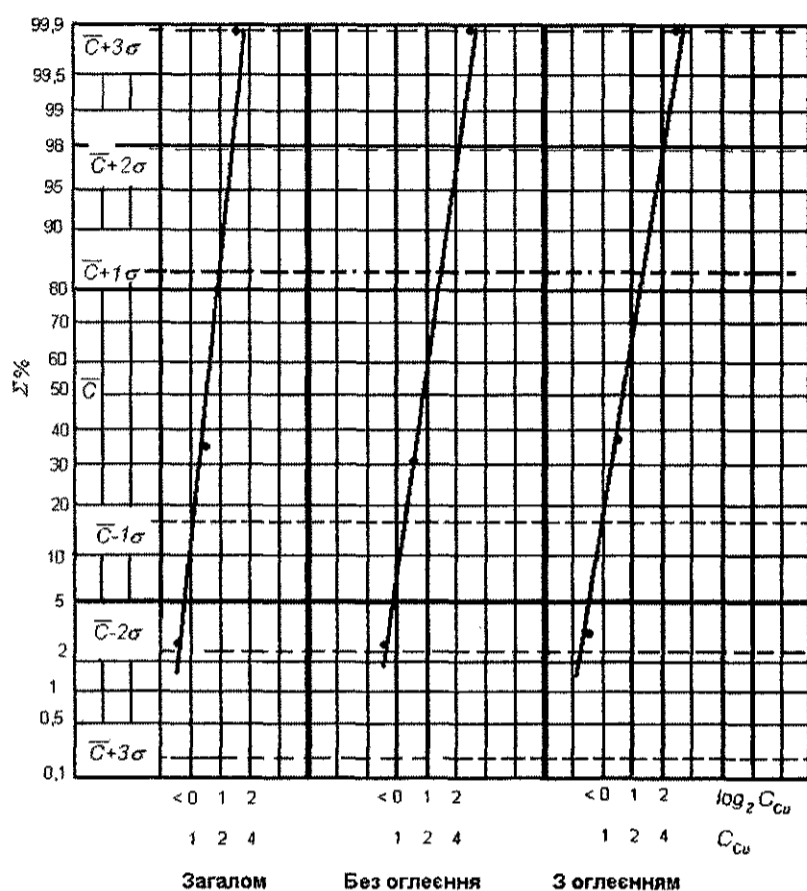


Рис. 5. Кумулятивні графіки статистичного розподілу значень вмісту міді в червоноколірних алевролітах чадир-лунгської світи (ум. познач. див. на рис. 1.)

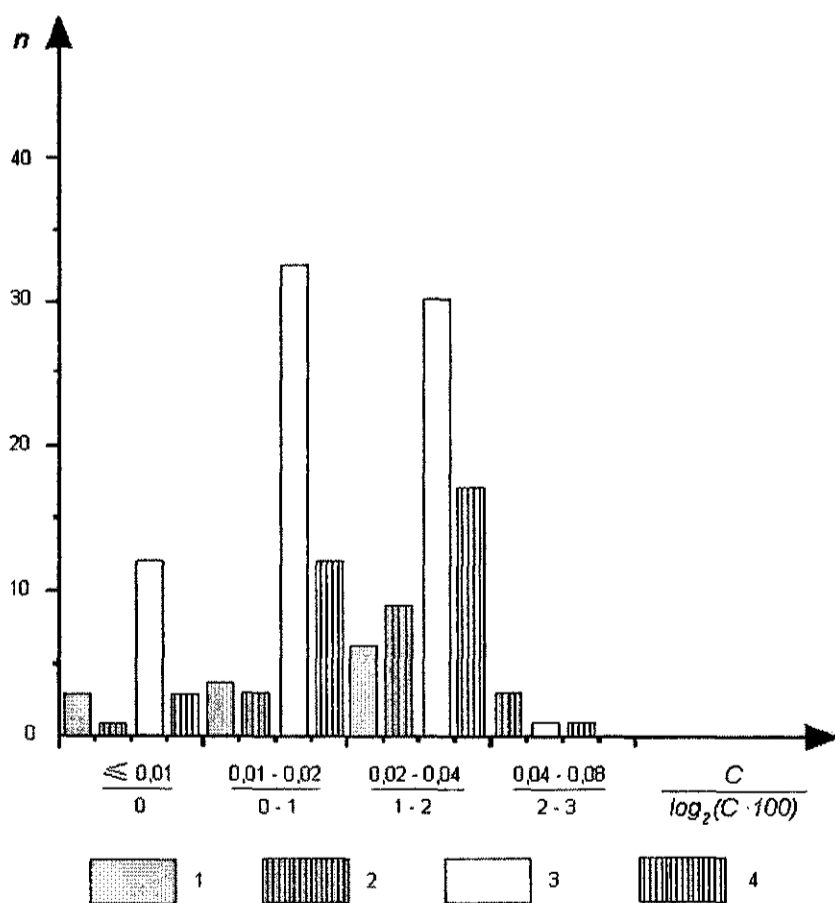


Рис. 6. Статистичний розподіл значень вмісту міді (n) у пісковицях чадир-лунгської світи в інтервалах групування вмісту міді: 1 – в сіроколірних, 2 – в сіроколірних оглеєних, 3 – в червоноколірних, 4 – в червоноколірних оглеєних

Таблиця 1. Середній вміст хімічних елементів у пісковиках за даними спектрального аналізу

Елемент	Пісковики червоноколірні оглеєні (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Пісковики червоноколірні (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Пісковики сірі оглеєні (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Пісковики сірі (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Середній вміст для пісковиків (% , n · 10 ⁻³) [6]
Халькофільні									
Cu	2,32	> 4,64	2,22	> 4,44	3,05	> 6,1	2,18	> 4,36	0,5
Ag	0,1	> 20	0,1	> 20	-	-	0,1/0,3	> 20/> 60	0,005
Zn	10	> 6,25	10,0/12,0	> 6,25 / > 7,5	1	< 1,6	10	> 6,25	1,6
Ga	0,99/1,3	< 1,2 / > 1,08	1,18	< 1,01	0,99	< 1,2	1,0/1,2	< 1,2 / =	1,2
Sn	0,47	> 9,4	0,48	> 9,6	0,57	> 11,4	0,5	> 10	0,05
Pb	2,22	> 3,17	2,36	> 3,4	2,44	> 3,5	1,84	> 2,6	0,7
Сидерофільні									
P	40,0/55,0	> 2,35 / > 3,2	40,0/60,0	> 2,35 / > 3,5	46,0/72,0	> 2,7 / > 4,2	40,0/50,0	> 2,35 / > 2,9	17,0
Mo	0,1/0,16	> 5 / > 8	0,1/0,16	> 5 / > 8	0,11	> 5,5	0,1	> 5	0,02
Ni	2,21	> 11,05	1,8/4,7	> 9 / > 23,5	1,2/3,1	> 6 / > 15,5	0,33/2,0	> 1,65 / > 10	0,2
Co	0,93	> 31	0,96	> 32	0,99	> 33	0,55	> 18,3	0,03
Літофільні									
Li	2,4/3,8	> 1,6 / > 2,53	2,5/3,6	> 1,7 / > 2,4	2,5/3,2	> 1,7 / > 2,1	2,82	> 1,9	1,5
Be	0,1/0,38	> 2 / > 7,6	0,14	> 2,8	0,1	> 2	0,1/0,2	> 2 / > 4	0,05
Ba	5,0/56,0	= / > 11,2	4,8/53,0	< 0,96 / > 10,6	66,6	> 13,3	5,4/62,0	> 1,08 / > 12,4	5
Sr	16,2	> 8,1	14	> 7	25,8	> 12,9	15,1	> 7,55	2
B	4	> 1,1	8,35	> 1,67	-	-	2,53	< 1,4	3,5
Sc	0,99	> 9,9	1,02	> 10,2	0,95/1,2	> 9,5 / > 12	0,1/0,99	= / > 9,9	0,1
Y	1,3/6,4	< 3 / > 1,6	0,1/1,6	< 40 / < 2,5	1,0/1,4	< 4 / < 2,8	2,43	< 1,6	4
La	1,97	< 1,5	2,0/2,5	< 1,5 / < 0,8	2	< 1,5	2,2	< 1,3	3
Ce	4	< 2,3	4,0/5,4	< 2,3 / < 1,7	4,71	< 1,95	6,43	< 1,4	9,2
Yb	0,13/0,66	< 3 / > 1,65	0,16	< 2,5	0,11/0,17	< 3,6 / < 2,3	0,14/0,35	< 2,8 / < 1,1	0,4
Ti	323	> 2,1	306	> 2,04	289	> 1,9	195	> 1,3	150
Zr	20,8	< 1,05	23,5	> 1,07	23,7	> 1,08	20,5	< 1,07	22
V	5,18	> 2,59	2,7/6,5	> 1,3 / > 3,25	2,9/6,5	> 1,45 / > 3,25	1,0/4,1	< 2 / > 2,05	2
Nb	1,31	> 26,2	1,2/2,1	> 24 / > 42	1,31	> 26,2	0,24/1,2	> 4,8 / > 24	0,05
Cr	5,65	> 1,6	6,33	> 1,8	2,9/6,7	< 1,2 / > 1,9	4,17	> 1,2	3,5
Mn	29,0/62,0	> 58 / > 124	44	> 88	59,1	> 118	6,3/67,0	> 12,6 / > 134	0,5

Примітка. Тут і в табл. 3, 5: <, > — значками позначений вміст відносно значення кларкового (менший і більший відповідно), цифра поруч — кількість разів перевищення (зменшення); — — не визначено; = — дорівнює кларковому.

Геохімія верхньоюрської червоноколірно-теригенної субформації Придобрудського прогину

чення вмісту таких елементів: Со – 0,0063 % (> в 210), Ні – 0,008 % (> в 40).

Літофільні елементи у цих відкладах розподілені (по відношенню до кларку) таким чином: відклади суттєво збагачені Мп (> в 88), Nb (> в 24 / > в 42), Ва (> в 10,6), Sc (> в 10,2); в них виявлено підвищений вміст Sr (> в 7); породи збіднені на V (> в 1,3 / > в 3,25), Be (> в 2,8), Li (> 1,7 / > 2,4), Ti

(> в 2,04), Cr (> в 1,8), В (> в 1,67), Zr (кларк); дуже збіднені на Y (< в 4 / < 2,5), Yb (< в 2,5), Ce (< в 2,3 / < 1,7), La (< в 1,5 / < 0,8).

Встановлено аномальні значення вмісту таких елементів, %: Be – 0,0041 (> в 82), Zr – 0,2 (> в 9); 0,05 (> в 2,2); 0,04 (> в 1,8), Li – 0,0063 (> в 4), La – 0,0032 (кларк), Y – 0,08 (> в 20); 0,0075 (> в 1,8), Yb – 0,008 (> в 20); 0,007 (> в 17,5), Ti – 0,7

Таблиця 2. Кореляційні зв'язки в пісковиках

Пісковики червоноколірні оглеєні	(+)	Cu–Li – 0,49; Cu–Be – 0,40; Cu–V – 0,40; Cu–Sn – 0,30; Cu–Mn – 0,26; Cu–B – 0,23; Cu–Cr – 0,22; Cu–Yb – 0,22; Cu–Ga – 0,22; Cu–Y – 0,18; Cu–Co – 0,14; Cu–Ni – 0,13; Cu–Sc – 0,03
	(+) по групах	0,0–0,25: Cu–B – 0,23; Cu–Cr – 0,22; Cu–Yb – 0,22; Cu–Ga – 0,22; Cu–Y – 0,18; Cu–Co – 0,14; Cu–Ni – 0,13; Cu–Sc – 0,03 0,25–0,50: Cu–Li – 0,49; Cu–Be – 0,40; Cu–V – 0,40; Cu–Sn – 0,30; Cu–Mn – 0,26
	(–)	Cu–Sr – 0,03; Cu–Pb – 0,04; Cu–Ti – 0,06; Cu–Ba – 0,09; Cu–Zr – 0,21; Cu–P – 0,22; Cu–Mo – 0,56; Cu–Nb – 0,62
	(–) по групах	0,0–0,25: Cu–Sr – –0,03; Cu–Pb – –0,04; Cu–Ti – –0,06; Cu–Ba – –0,09; Cu–Zr – –0,21; Cu–P – 0,22 –0,50– –0,75: Cu–Mo – –0,56; Cu–Nb – –0,62
Пісковики червоноколірні	(+)	Cu–Mn – 0,45; Cu–Ni – 0,43; Cu–Ga – 0,40; Cu–V – 0,40; Cu–Co – 0,38; Cu–Li – 0,33; Cu–Sc – 0,32; Cu–Cr – 0,29; Cu–Ti – 0,27; Cu–Be – 0,24; Cu–Sn – 0,24; Cu–P – 0,24; Cu–Y – 0,20; Cu–Yb – 0,14; Cu–Zr – 0,08; Cu–Ba – 0,07; Cu–La – 0,05; Cu–Pb – 0,02; Cu–Nb – 0,01
	(+) по групах	0,0–0,25: Cu–Be – 0,24; Cu–Sn – 0,24; Cu–P – 0,24; Cu–Y – 0,20; Cu–Yb – 0,14; Cu–Zr – 0,08; Cu–Ba – 0,07; Cu–La – 0,05; Cu–Pb – 0,02; Cu–Nb – 0,01 0,25–0,50: Cu–Mn – 0,45; Cu–Ni – 0,43; Cu–Ga – 0,40; Cu–V – 0,40; Cu–Co – 0,38; Cu–Li – 0,33; Cu–Sc – 0,32; Cu–Cr – 0,29; Cu–Ti – 0,27
	(–)	Cu–Mo – –0,06; Cu–Ce – –0,07; Cu–Sr – –0,17
	(–) по групах	0,0–0,25: Cu–Mo – –0,06; Cu–Ce – –0,07; Cu–Sr – –0,17
Пісковики сіроколірні оглеєні	(+)	Cu–Mn – 0,80; Cu–Co – 0,61; Cu–Sc – 0,38; Cu–P – 0,32; Cu–Sn – 0,29; Cu–Pb – 0,29; Cu–Ba – 0,24; Cu–Ni – 0,20; Cu–Ce – 0,17; Cu–Nb – 0,12; Cu–V – 0,11; Cu–Sr – 0,09; Cu–Yb – 0,09; Cu–Y – 0,04; Cu–Zr – 0,01
	(+) по групах	0,0–0,25: Cu–Ba – 0,24; Cu–Ni – 0,20; Cu–Ce – 0,17; Cu–Nb – 0,12; Cu–V – 0,11; Cu–Sr – 0,09; Cu–Yb – 0,09; Cu–Y – 0,04; Cu–Zr – 0,01 0,25–0,50: Cu–Sc – 0,38; Cu–P – 0,32; Cu–Sn – 0,29; Cu–Pb – 0,29 0,50–0,75: Cu–Co – 0,61 0,75–1: Cu–Mn – 0,80
	(–)	Cu–Ga – –0,01; Cu–Cr – –0,05; Cu–La – –0,06; Cu–Be – –0,12; Cu–Li – –0,18; Cu–Ti – –0,20; Cu–Mo – –0,34
	(–) по групах	0,0–0,25: Cu–Ga – –0,01; Cu–Cr – –0,05; Cu–La – –0,06; Cu–Be – –0,12; Cu–Li – –0,18; Cu–Ti – –0,20 –0,25– –0,50: Cu–Mo – –0,34
Пісковики сіроколірні	(+)	Cu–Mn – 0,65; Cu–Sr – 0,64; Cu–Be – 0,53; Cu–B – 0,46; Cu–Ga – 0,44; Cu–Li – 0,42; Cu–Ba – 0,40; Cu–Ti – 0,36; Cu–V – 0,35; Cu–Mo – 0,34; Cu–Sc – 0,34; Cu–Sn – 0,29; Cu–Ni – 0,26; Cu–Zr – 0,24; Cu–Pb – 0,23; Cu–Co – 0,20; Cu–Nb – 0,18; Cu–Cr – 0,12; Cu–Yb – 0,03
	(+) по групах	0,0–0,25: Cu–Zr – 0,24; Cu–Pb – 0,23; Cu–Co – 0,20; Cu–Nb – 0,18; Cu–Cr – 0,12; Cu–Yb – 0,03 0,25–0,50: Cu–Be – 0,53; Cu–B – 0,46; Cu–Ga – 0,44; Cu–Li – 0,42; Cu–Ba – 0,40; Cu–Ti – 0,36; Cu–V – 0,35; Cu–Mo – 0,34; Cu–Sc – 0,34; Cu–Sn – 0,29; Cu–Ni – 0,26 0,50–0,75: Cu–Mn – 0,65; Cu–Sr – 0,64; Cu–Be – 0,53
	(–)	Cu–Y – –0,05; Cu–Ag – –0,11; Cu–La – –0,39; Cu–Sb – –0,81
	(–) по групах	0,0–0,25: Cu–Y – –0,05; Cu–Ag – –0,11 –0,25– –0,50: Cu–La – –0,39 –0,75– –1: Cu–Sb – –0,81

(> в 5), Cr – 0,015 (> в 4), Zr – 0,06 (> в 3), Mn – 1,0 (> в 2000); 0,7 (> в 1400).

Тісні кореляційні зв'язки ($r > 0,75$) міді з іншими хімічними елементами в червоноколірних пісковицях не виявлені (табл. 2). Встановлено тільки слабкі кореляційні зв'язки ($r = 0,5-0,25$) міді з Mn, Ni, Ga, V, Co, Li, Sc, Cr, Ti; дуже слабкі ($r = 0,25-0$) – з Be, Sn, P, Y, Yb, Zr, Ba, La, Pb, Nb; від'ємні – між Cu і Mo, Ce, Sr.

У червоноколірних піщаних породах, що зазнали впливу процесів оглеєння, вміст міді (див. табл. 1) коливається від 0,00063 % (> в 1,3) до 0,006 % (> в 12); середній вміст становить 0,0023 % (> в 4,64). Ці відклади збагачені й іншими халькофільними елементами: суттєво Ag (> в 20); відмічається підвищений вміст Sn (> в 9,4), Zn (> в 6,25); збіднені на Pb (> в 3,17), Ga (< в 1,2 / кларк). Встановлено аномальні значення вмісту таких елементів, %: Cu – 0,006 (> в 12), Ga – 0,003 (> в 2,5).

Розподіл сидерофільних елементів в оглеєних червоноколірних пісковицях такий: вони суттєво збагачені на Co (> в 31), Ni (> в 11,05); містять підвищений вміст Mo (> в 5 / > в 8); збіднені на P (> в 2,35 / > в 3,2). Встановлено аномальні значення вмісту таких елементів, %: Mo – 0,0032 (> в 160); Ni – 0,007 (> в 35).

Літофільні елементи в цих відкладах розподілені так: породи суттєво збагачені Mn (> в 58 / > в 124), Nb (> в 26,2), Ba (> в 11,2), Sc (> в 9,9); підвищений вміст Sr (> в 8,1), Be (> в 2,0 / > в 7,6); збіднені на V (> в 2,59), Li (> в 1,6 / > в 2,53), Ti (> в 2,1), Cr (> в 1,6), Yb (< в 3 / > в 1,65), Y (< в 3 / > в 1,6), B (> в 1,1), Zr (кларк); дуже збіднені – Ce (< в 2,3), La (< в 1,5). Встановлено аномальні значення вмісту таких елементів, %: Sr – 0,063 (> в 31,5), Zr – 0,005 (> в 4,4), V – 0,015 (> в 8,5), B – 0,03 (> в 8,5); 0,008 (> в 2,3), La – 0,004 (> в 1,4), Ce – 0,01 (> в 1,1), Mn – 0,3 (> в 600).

Тісні кореляційні зв'язки ($r > 0,75$) міді з іншими хімічними елементами в оглеєних червоноколірних пісковицях не виявлені (див. табл. 2).

Встановлено тільки слабкі кореляційні зв'язки ($r = 0,5-0,25$) міді з Li, Be, V, Sn, Mn, дуже слабкі ($r = 0,25-0$) – з B, Cr, Yb, Ga, Y, Co, Ni, Sc. Від'ємний кореляційний зв'язок встановлено між міддю та Sr, Pb, Ti, Ba, Zr, P, Mo, Nb.

У сіроколірних пісковицях значення вмісту міді (див. табл. 1) коливається від 0,001 % (> в 2) до 0,004 % (> в 8). Середній вміст цього елемента становить 0,0022 %, (> в 4,4). Інші халькофільні елементи мають такий розподіл: суттєво збагачені породи Ag (> в 20 / > в 60), Sn (> в 10); відмічається

підвищений вміст Zn (> в 6,25); збіднені Pb (> в 2,6), Ga (< в 1,2 / кларк).

Розподіл сидерофільних елементів у сіроколірних пісковицях такий: вони суттєво збагачені на Co (> в 18,3), Ni (> в 10); відмічається підвищений вміст Mo (> в 5); збіднені на P (> в 2,35 / > в 2,9). Встановлено аномальні значення вмісту таких елементів, %: Co – 0,0012 (> в 40), Mo – 0,004 (> в 200).

Літофільні елементи в цих відкладах розподілені таким чином: вони суттєво збагачені на Mn (> в 134), Nb (> в 24), Ba (> в 12,4), Sc (> в 9,9); відмічено підвищений вміст Sr (> в 7,55), Be (> в 2,0 / > в 4); породи збіднені на V (< в 2 / > в 2,05), Li (> в 1,9), Ti (> в 1,3), Cr (> в 1,2); дуже збіднені на Zr (< в 1,07), Yb (< в 2,8 / < в 1,1), La (< в 1,3), Ce (< в 1,4), B (< в 1,4), Y (< в 1,6). Встановлено аномальні значення вмісту таких елементів, %: Mn – 1,0 (> в 2000), Yb – 0,0015 (> в 3,7), La – 0,004 (> в 1,4).

Тісних кореляційних зв'язків ($r > 0,75$) міді з іншими хімічними елементами в сіроколірних пісковицях не виявлено (див. табл. 2). Встановлено: доволі тісні кореляційні зв'язки ($r = 0,75-0,5$) міді з Mn, Sr, Be; слабкі ($r = 0,5-0,25$) – з Be, B, Ga, Li, Ba, Ti, V, Mo, Sc, Sn, Ni; дуже слабкі ($r = 0,25-0$) – з Zr, Pb, Co, Nb, Cr, Yb. Від'ємний кореляційний зв'язок виявлено між міддю та Y, Ag, La.

В оглеєних сіроколірних пісковицях значення вмісту міді коливається від 0,001 (> в 2) до 0,0063 % (> в 13). Середній вміст цього елемента (див. табл. 1) становить 0,003 % (> в 6). Інші халькофільні елементи мають такий розподіл: Ag, Zn не визначені; суттєво збагачені на Sn (> в 11,4); збіднені на Pb (> в 3,5); дуже збіднені на Ga (< в 1,2). Встановлено аномальне значення вмісту Ga – 0,004 % (> в 3,3).

Розподіл сидерофільних елементів у цих відкладах такий: вони суттєво збагачені на Co (> в 33), Ni (> в 6 / > в 15,5); відмічається підвищений вміст Mo (> в 5,5); збіднені на P (> в 2,7 / > в 4,2). Встановлено аномальні значення Mo – 0,002 % (> в 100).

Літофільні елементи в оглеєних сіроколірних пісковицях мають такий розподіл: вони суттєво збагачені на Mn (> в 118), Nb (> в 26,2), Ba (> в 13,3), Sr (> в 12,9), Sc (> в 9,5 / > в 12); збіднені на V (> в 1,45 / > в 3,25), Li (> в 1,7 / > в 2,1), Be (> в 2,0), Ti (> в 1,9), Cr (< в 1,2 / > в 1,9), Zr (кларк); дуже збіднені на La (< в 1,5), Ce (< в 1,95), Yb (< в 3,6 / < в 2,3), Y (< в 4 / < в 2,8). Встановлено аномальні значення вмісту таких елементів, %: Be – 0,0015 (> в 30); 0,0012 (> в 24), Sr – 0,25 (> в 125), La – 0,0032 (> в 1,1); 0,0025 (> в 1,2).

Геохімія верхньоярської червоноколірно-теригенної субформації Придобрудзького прогину

У цих відкладах виявлено: тісні кореляційні зв'язки ($r = 1-0,75$) міді з Mn; доволі тісні ($r = 0,75-0,5$) – з Co; слабкі ($r = 0,5-0,25$) – з Sc, P, Sn, Pb; дуже слабкі ($r = 0,25-0$) – з Ba, Ni, Ce, Nb, V, Sr, Yb, Y, Zr. (див. табл. 2).

Гістограми статистичного розподілу значень вмісту міді в алевролітах чадир-лунгської світи (рис. 7) свідчать про неоднорідність розподілу міді в цих відкладах: значення вмісту міді в них коливаються в широких межах від 0,0005 % (> в 1) до 0,004 % (> в 8), зрідка – 0,03 % (> в 60).

Неоднорідний розподіл значень міді властивий червоноколірним різновидам алевролітів, що були сформовані за окиснювальних умов, сіроколірним (за відновних умов), а також сіро- і червоноколірним алевролітам, які зазнали впливу процесів оглеєння (див. рис. 7).

У червоноколірних алевролітах значення вмісту міді коливаються від 0,0008 % (> в 1,6) до 0,004 % (> в 8), зрідка досягає 0,03 % (> в 60). За однорідністю значень вмісту міді у цих відкладах виділено дві підвибірки (табл. 3). У першій середній вміст цього елемента становить 0,0014 %, (> в 2,8), у другій – 0,0028 % (> в 5,6). Інші халькофільні елементи в червоноколірних алевролітах мають такий розподіл: суттєво збагачені на Ag (> в 20), Sn

(> в 9,4); підвищений вміст притаманний Zn (> в 6,2 / > в 8,7); збіднені на Pb (> в 3,1), Ga (< в 1,09 / > в 1,4). Встановлено аномальні значення вмісту таких елементів, %: Cu – 0,03 (> в 60), Ag – 0,003 (> в 600), Ga – 0,004 (> в 3,3).

Розподіл сидерофільних елементів у цих відкладах такий: вони суттєво збагачені на Co (> в 53), Ni (> в 23,6); підвищений вміст притаманний Mo (> в 5 / > 7); збіднені P (> в 2,3 / > в 3,5). Встановлено аномальне значення вмісту Mo – 0,003 % (> в 150).

Літофільні елементи в червоноколірних алевролітах розподілені таким чином: породи суттєво збагачені на Mn – (> в 46 / > 94), Nb (> в 4 > 30), Sc (> в 12); підвищений вміст характерний для Ba (> в 9,8), Sr (> в 5 / > в 7,5), Be (> в 2,4 / > в 6,8); збіднені на V (> 4,7), Li (> в 1,7 / > в 2,7), Ti (> в 2,5), Cr (> в 1,2 / > в 2,3), B (> 2,1); дуже збіднені на La – 0,004 (< в 1,5 / < в 1,2), Zr (< в 1,6), Ce (< в 1,97), Yb (< в 2), Y (< в 2,3). Встановлено аномальні значення вмісту таких елементів, %: Li – 0,008 (> в 5,3), Mn – 0,15 (> в 300), Y – 0,0075 (> в 1,9), 0,007 (> в 1,8), 0,006 (> в 1,5), Sr – 0,05 (> в 25).

Тісні кореляційні зв'язки ($r > 0,75$) міді з іншими хімічними елементами в червоноколірних алевролітах не виявлені (табл. 4). Встановлено:

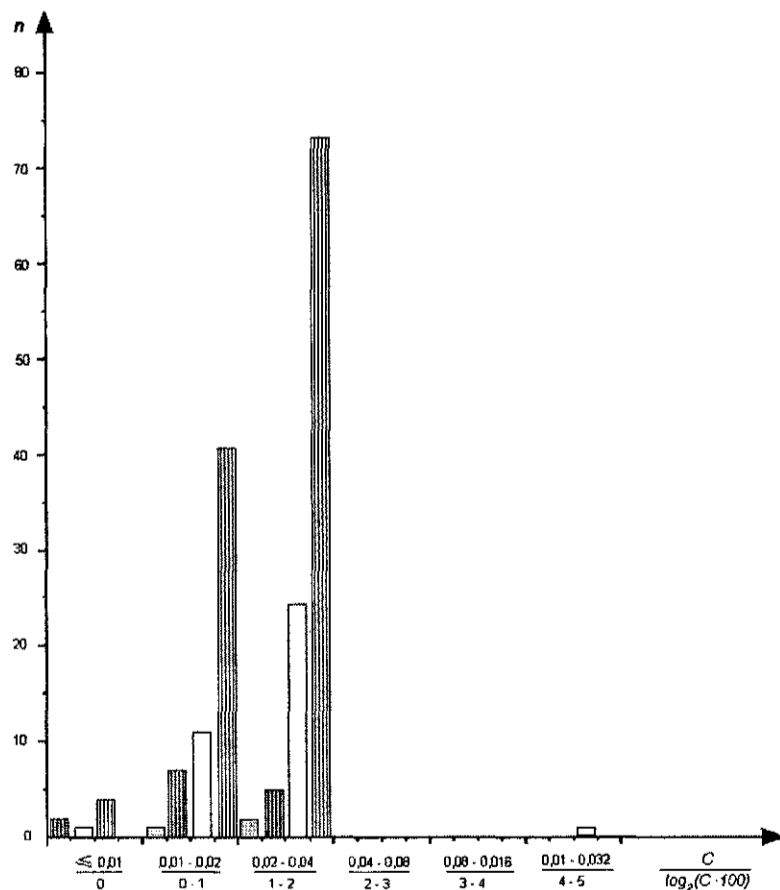


Рис. 7. Статистичний розподіл значень вмісту міді в алевролітах чадир-лунгської світи (ум. познач. див. на рис. 6)

Таблиця 3. Середній вміст хімічних елементів в алевролітах, за даними спектрального аналізу

Елемент	Алевроліти червоноколірні оглеєні (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Алевроліти червоноколірні (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Алевроліти сірі оглеєні (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Алевроліти сірі (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Середній вміст для пісковиків (n · 10 ⁻³) [6]
Cu	2,5	> 5	1,4 / 2,8	>2,8 / >5,6	1,0 / 2,2	>2 / >4,4	2,5	> 5	0,5
Ag	0,1	> 20	0,1	> 20	—	—	0,2	> 40	0,005
Zn	10,2	> 6,4	10,0 / 14,0	>6,2 / >8,7	1	< 1,6	10	> 6,2	1,6
Ga	— / 1,2	— / =	1,1 / 1,7	<1,09 / >1,4	1,03	<1,2	1,16	< 1,03	1,2
Sn	0,45	> 9	0,47	> 9,4	—	—	0,63	> 12,6	0,05
Pb	1,7 / 2,8	> 2,4 / > 4	2,19	> 3,1	2,57	> 3,7	1,5 / 9,0	> 2,1 / > 12,8	0,7
P	40,0 / 59,0	>2,3 / > 3,5	40,0 / 60,0	> 2,3 / > 3,5	40,0 / 55,0	>2,3 / > 3,2	50	> 2,9	17
Mo	0,15 / 0,23	> 7,5 / >11,5	0,1 / 0,14	> 5 / > 7	0,15	>7,5	0,1	> 5	0,02
Ni	1,0 / 4,4	>5 / >22	4,73	>23,6	2,2 / 5,2	>11 / > 26	6	> 30	0,2
Co	1,48	> 49,3	1,59	> 53	1,68	> 56	1,5	> 50	0,03
Li	2,5 / 3,5	>1,7 / > 2,3	2,5 / 4,1	>1,7 / > 2,7	2,5 / 3,2	>1,7 / > 2,1	4	> 2,7	1,5
Be	0,12 / 0,28	> 2,4 / > 5,6	0,12 / 0,34	> 2,4 / > 6,8	—	—	0,44	> 8,8	0,05
Ba	44	> 8,8	48,8	> 9,8	56,0 / 100,0	>11,2 / > 20	3,0 / 35,0	< 1,7 / > 7	5
Sr	14,1	> 7,05	10,0 / 15,0	>5 / > 7,5	10,0 / 22,0	> 5 / > 11	10	> 5	2
B	4	> 1,14	7,5	> 2,1	—	—	4	> 1,14	3,5
Sc	1,1 / 1,5	>11 / >15	1,2	> 12	1,0 / 1,3	>10 / > 13	0,7	> 7	0,1
Y	1,1 / 1,8	<3,6 / <2,2	1,7	< 2,3	1,3 / 2,3	<3,1 / < 1,7	3,6	< 1,1	4
La	2,0 / 2,6	<1,5 / < 1,1	2,0 / 2,5	<1,5 / < 1,2	2,0 / 2,5	<1,5 / < 1,2	2,5	< 1,2	3
Ce	4,0 / 5,5	< 2,3 / < 1,7	4,67	< 1,97	4,25	< 2,2	4	< 2,3	9,2
Yb	0,12 / 0,22	<3,3 / < 1,8	0,2	< 2	0,14 / 0,22	<2,8 / < 1,8	0,45	> 1,12	0,4
Ti	260,0 / 470,0	>1,7 / > 3,1	374	> 2,5	311	> 2,07	400	> 2,7	150
Zr	16,2	< 1,35	13,8	< 1,6	15,0 / 25,0	<1,5 / > 1,14	24	> 1,09	22
V	7,9	> 3,95	9,4	> 4,7	11	> 5,5	14,6	> 7,3	2
Nb	1,53	> 30,6	0,2 / 1,5	>4,0 / >30,0	1,2 / 1,6	>24,0 / > 32,0	0,73	> 14,6	0,05
Cr	3,2 / 8,2	<1,1 / > 2,3	3,7 / 8,2	> 1,2 / > 2,3	6,0 / 9,8	>1,7 / > 2,8	7,43	> 2,12	3,5
Mn	23,0 / 47,0	>46 / > 94	23,0 / 47,0	> 46 / > 94	30,6	> 61	7,0 / 410	>14 / >82	0,5

доволі тісні кореляційні зв'язки ($r = 0,75-0,5$) міді з Мо; слабкі ($r = 0,5-0,25$) – з Ni, Ga, Co, Cr; дуже слабкі ($r = 0,25-0$) – з Ti, V, Yb, Sn, Mn, Be, La, Y, Zn, Li, Pb, P, Sc, Sr, Zr. Від'ємний кореляційний зв'язок встановлено між міддю і Ва та Nb.

В оглеєних червоноколірних алевролітах значення вмісту міді коливається в межах від 0,0005 % (> в 1) до 0,004 % (> в 8); середній вміст становить 0,0025 %, (> в 5), див. табл. 3. Інші халькофільні елементи в оглеєних червоноколірних алевролітах мають такий розподіл: суттєво збагачені на Ag (> в 20), Sn (> в 9); відмічається підвищений вміст Zn (> в 6,4); збіднені на Pb (> в 2,4 / > в

4), Ga (кларк). Встановлено аномальні значення вмісту Sn – 0,008 (> в 160), Pb – 0,005 (> в 7,1).

Розподіл сидерофільних елементів у цих відкладах має такий вигляд: вони суттєво збагачені на Co (> в 49,3), Ni (> в 5 / > в 22), Mo (> в 7,5 / > 11,5); підвищений вміст характерний для P (> в 2,3 / > в 3,5). Встановлено аномальне значення вмісту Mo – 0,008 % (> в 400), Co – 0,0032 (> в 106,7).

Літофільні елементи в оглеєних червоноколірних алевролітах розподілені таким чином: суттєво збагачені на Mn (> в 46 / > в 94), Nb (> в 30,6), Sc (> в 11 / > в 15); відмічається підвищений вміст Ba (> в 8,8), Sr (> в 7,05), Be (> в 2,4 / > в 5,6);

Геохімія верхньоюрської червоноколірно-теригенної субформації Придобрудзького прогину

Таблиця 4. Кореляційні зв'язки в алевролітах

Алевроліти червоноколірні оглеєні	(+)	Cu-Ga - 0,59; Cu-Mn - 0,54; Cu-Cr - 0,49; Cu-Sc - 0,47; Cu-Pb - 0,42; Cu-Li - 0,40; Cu-V - 0,37; Cu-Ce - 0,36; Cu-Ti - 0,36; Cu-Zr - 0,28; Cu-Nb - 0,24; Cu-Co - 0,23; Cu-Y - 0,22; Cu-Ba - 0,21; Cu-Sn - 0,16; Cu-Ni - 0,12; Cu-Zn - 0,1; Cu-Yb - 0,06; Cu-P - 0,03
	(+) по групах	0,0-0,25: Cu-Nb - 0,24; Cu-Co - 0,23; Cu-Y - 0,22; Cu-Ba - 0,21; Cu-Sn - 0,16; Cu-Ni - 0,12; Cu-Zn - 0,1; Cu-Yb - 0,06; Cu-P - 0,03; 0,25-0,50: Cu-Cr - 0,49; Cu-Sc - 0,47; Cu-Pb - 0,42; Cu-Li - 0,40; Cu-V - 0,37; Cu-Ce - 0,36; Cu-Ti - 0,36; Cu-Zr - 0,28; 0,50-0,75: Cu-Ga - 0,59; Cu-Mn - 0,54
	(-)	Cu-La - -0,18; Cu-Be - -0,20; Cu-Sr - -0,31
	(-) по групах	0,0- -0,25: Cu-La - -0,18; Cu-Be - -0,20; -0,25 -0,50: Cu-Sr - -0,31
Алевроліти червоноколірні	(+)	Cu-Mo - 0,57; Cu-Ni - 0,40; Cu-Ga - 0,33; Cu-Co - 0,31; Cu-Cr - 0,29; Cu-Ti - 0,25; Cu-V - 0,23; Cu-Yb - 0,22; Cu-Sn - 0,19; Cu-Mn - 0,15; Cu-Be - 0,15; Cu-La - 0,14; Cu-Y - 0,13; Cu-Zn - 0,11; Cu-Li - 0,1 Cu-Pb - 0,07; Cu-P - 0,05; Cu-Sc - 0,05; Cu-Sr - 0,04; Cu-Zr - 0,02
	(+) по групах	0,0- 0,25: Cu-Ti - 0,25; Cu-V - 0,23; Cu-Yb - 0,22; Cu-Sn - 0,19; Cu-Mn - 0,15; Cu-Be - 0,15; Cu-La - 0,14; Cu-Y - 0,13; Cu-Zn - 0,11; Cu-Li - 0,1 Cu-Pb - 0,07; Cu-P - 0,05; Cu-Sc - 0,05; Cu-Sr - 0,04; Cu-Zr - 0,02; 0,25- 0,50: Cu-Ni - 0,40; Cu-Ga - 0,33; Cu-Co - 0,31; Cu-Cr - 0,29; 0,50-0,75: Cu-Mo - 0,57
	(-)	Cu-Ba - -0,05; Cu-Nb - -0,07
	(-) по групах	0,0- -0,25: Cu-Ba - -0,05; Cu-Nb - -0,07
Алевроліти сіроколірні оглеєні	(+)	Cu-Li - 0,65; Cu-Yb - 0,27; Cu-Y - 0,25; Cu-Ni - 0,22; Cu-Nb - 0,20; Cu-Cr - 0,18; Cu-Ti - 0,16; Cu-Ga - 0,06; Cu-Mn - 0,04; Cu-P - 0,03
	(+) по групах	0,0-0,25: Cu-Y - 0,25; Cu-Ni - 0,22; Cu-Nb - 0,20; Cu-Cr - 0,18; Cu-Ti - 0,16; Cu-Ga - 0,06; Cu-Mn - 0,04; Cu-P - 0,03; 0,25- 0,50: Cu-Yb - 0,27; 0,50-0,75: Cu-Li - 0,65
	(-)	Cu-Pb - -0,01; Cu-Sr - -0,02; Cu-V - -0,1; Cu-Co - -0,14; Cu-Sc - -0,18; Cu-Mo - -0,28; Cu-Zr - -0,41; Cu-La - -0,41; Cu-Ce - -0,47; Cu-Ba - -0,52
	(-) по групах	0,0- -0,25: Cu-Pb - -0,01; Cu-Sr - -0,02; Cu-V - -0,1; Cu-Co - -0,14; Cu-Sc - -0,18; -0,25- -0,50: Cu-Mo - -0,28; Cu-Zr - -0,41; Cu-La - -0,41; Cu-Ce - -0,47; -0,50- -0,75: Cu-Ba - -0,52

збіднені на V (> в 3,95), Ti (> в 1,7 / > в 3,1), Li (> в 1,7 / > в 2,3), Cr (< в 1,1 / > в 2,3), B (> в 1,14); дуже збіднені на Zr (< в 1,35), La (< в 1,5 / < в 1,1), Ce (< в 2,3 / < в 1,7), Yb (< в 3,3 / < в 1,8), Y (< в 3,6 / < в 2,2). Встановлено аномальні значення вмісту таких елементів, %: Mn - 0,1 (> в 200), Li - 0,0063 (> в 4,2), Be - 0,0012 (> в 24), 0,008 (> в 160), Ba - 0,25 (> в 50), 0,1 (> в 20), Y - 0,005 (> в 1,3), La - 0,005 (> в 1,7), Ce - 0,008 (< в 1,2), Yb - 0,008 (> в 20), 0,007 (> в 17,5), V - 0,025 (> в 12,5).

Тісних кореляційних зв'язків ($r > 0,75$) міді з іншими хімічними елементами в оглеєних червоноколірних алевролітах не виявлено (див. табл. 4). Встановлено: доволі тісні кореляційні зв'язки ($r = 0,75-0,5$) міді з Ga, Mn; слабкі ($r = 0,5-0,25$) - з Cr, Sc, Pb, Li, V, Ce, Ti, Zr; дуже слабкі ($r = 0,25-0$) - з Nb, Co, Y, Ba, Sn, Ni, Zn, Yb, P. Від'ємний кореляційний зв'язок відмічається між міддю та Sr, La, Be.

Статистичні параметри розподілу міді та інших мікроелементів не розраховано для сіроколірних алевролітів, що спорадично зустрічаються у розрізі чадир-лунгської світи (відсутня необхідна для цього кількість значень вмісту мікроелементів), для них встановлено лише середній вміст міді та інших мікроелементів.

У сіроколірних алевролітах значення вмісту міді (див. табл. 3) коливається в межах від 0,002 % (> в 4) до 0,003 % (> в 6); середній вміст становить 0,0025 %, (> в 5). Розподіл інших халькофільних елементів у сіроколірних алевролітах такий: суттєво збагачені на Ag (> в 40), Pb (> в 2,1 / > в 12,8), Sn (> в 12,6); відмічається підвищений вміст Zn (> в 6,2); дуже збіднені на Ga (кларк).

Розподіл сидерофільних елементів у цих відкладах такий: вони суттєво збагачені на Co (> в 50), Ni (> в 30); підвищений вміст характерний для Mo (> в 5); збіднені на P (> в 2,9).

Літофільні елементи в сіроколірних алевролітах розподілені таким чином: суттєво збагачені на Mn (> в 14 / > в 82), Nb (> в 14,6); підвищений вміст відмічається для Be (> в 8,8), V (> в 7,3), Sc (> в 7), Ba (< в 1,7 / > в 7), Sr (> в 5); збіднені на Ti (> в 2,7), Li (> в 2,7), Cr (> в 2,1), B (> в 1,1), Yb (> в 1,1), Zr (> в 1,1); дуже збіднені на Y (< в 1,1), La (< в 1,2), Ce (< в 2,3).

В оглеєних сіроколірних алевролітах значення вмісту міді коливається в межах від 0,001 % (> в 2) до 0,0032 % (> в 6,4); середній вміст цього елементу становить (див. табл. 3) в першій підвібірці 0,001 % (> в 2), в другій – 0,0022 % (> в 4,4). Відклади збіднені на Pb (> в 3,7); вміст Ga кларковий; Ag, Sn, Zn не визначено. Встановлено аномальне значення вмісту Ga – 0,0015 (> в 1,3).

Розподіл сидерофільних елементів у цих відкладах такий: вони суттєво збагачені Co (> в 56), Ni (> в 11 / > в 26); відмічається підвищений вміст Mo (> в 7,5); збіднені на P (> в 2,3 / > в 3,2).

Літофільні елементи в оглеєних сіроколірних алевролітах розподілені так: суттєво збагачені на Mn (> в 61), Nb (> в 24 / > в 32), Ba (> в 11,2 / > в 20), Sc (> в 10 / > в 13), Sr (> в 5 / > в 11); відмічається підвищений вміст Zr (< в 1,5 / > в 1,14), V (> в 5,5); збіднені на Ti (> в 2,07), Cr (> в 1,7 / > в 2,8), Li (> в 1,7 / > в 2,1), Zr (< в 1,5 / > в 1,14); дуже збіднені на La (< в 1,5 / < в 1,2), Ce (< в 2,2), Yb (< в 2,8

/ < в 1,8), Y (< в 3,1 / < в 1,7). Встановлено аномальний вміст Ba – 0,2 (> в 40).

Тісних кореляційних зв'язків ($r > 0,75$) міді з іншими хімічними елементами в оглеєних сіроколірних алевролітах не виявлено (див. табл. 4). Встановлено: доволі тісні кореляційні зв'язки ($r = 0,75-0,5$) міді з Li; слабкі ($r = 0,5-0,25$) – з Yb; дуже слабкі ($r = 0,25-0$) – з Y, Ni, Nb, Cr, Ti, Ga, Mn, P. Від'ємний кореляційний зв'язок виявлено між міддю та Ba, Mo, Zr, La, Ce, Pb, Sr, V, Co, Sc.

Гістограми статистичного розподілу значень вмісту міді в глинах чадир-лунгської світи (рис. 8) вказують на його неоднорідність.

Статистичні параметри розподілу міді та інших мікроелементів не розраховано для сіроколірних та оглеєних сіроколірних глин, що спорадично зустрічаються в розрізі чадир-лунгської світи (відсутня необхідна для цього кількості значень вмісту мікроелементів), а підраховано лише середній вміст в них міді та інших мікроелементів.

Глинисті породи бідні на мідь. Середній вміст міді в червоноколірних їх різновидах, а також в оглеєних червоно- і сіроколірних глинах майже однаковий: від 0,002 до 0,0027 %, що, відповідно, в 2,2 та в 2,6 разів менше від кларкового вмісту міді в глинистих породах. Виняток – глини сіроколірні, що формувалися у відновному середовищі, де вміст міді 0,0095 %, що в 2 рази вищий від кларку (табл. 5).

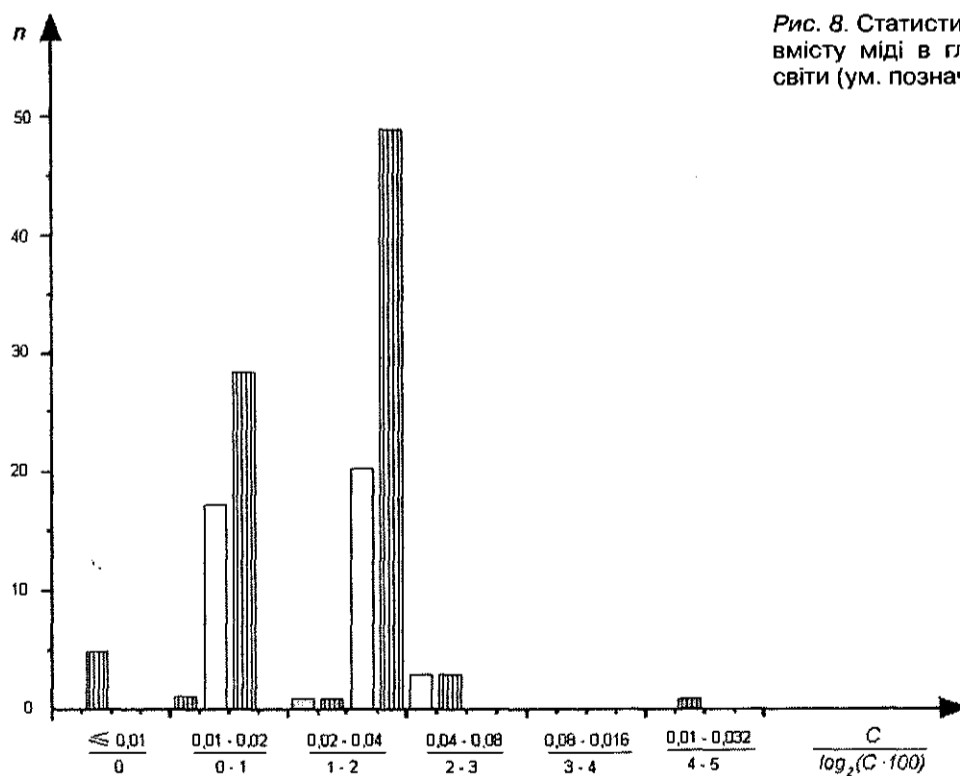


Рис. 8. Статистичний розподіл значень вмісту міді в глинах чадир-лунгської світи (ум. познач. див. на рис. 6)

Геохімія верхньоюрської червоноколірно-теригенної субформації Придобрудзького прогину

Таблиця 5. Середній вміст хімічних елементів в глинах у за даними спектрального аналізу

Елемент	Глини червоноколірні оглеєні (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Глини червоноколірні (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Глини сірі оглеєні (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Глини сірі (% , n · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Середній вміст для глин (n · 10 ⁻³) [6]
Халькофільні									
Cu	- / 2,6	- / < 1,7	2,74	< 1,6	2	< 2,25	9,5	> 2,1	4,5
Ag	0,1 / 0,2	> 14,3 / > 28,6	0,1 / 0,2	> 14,3 / > 28,6	-	-	0,15	> 21,4	0,007
Zn	10,0 / 12,0	> 1,05 / > 1,3	10,0 / 17,0	> 1,05 / > 1,8	10	> 1,05	10	> 1,05	9,5
Ga	1,35	< 1,4	1,78	< 1,07	1,1	< 1,7	2	> 1,05	1,9
Sn	- / 0,53	- / < 1,13	0,1 / 0,49	< 6 / < 1,22	0,5	< 1,2	0,2	< 3	0,6
Pb	3,07	> 1,53	2,02	> 1,01	3,25	> 1,6	2,5	> 1,25	2
Сидерофільні									
P	70	=	40,0 / 55,0	< 1,75 / < 1,3	40	< 1,75	-	-	70
Mo	0,11 / 0,18	< 2,4 / < 1,4	0,17	< 1,5	0,15	< 1,7	0,3	> 1,15	0,26
Ni	3,96	< 1,7	5,67	< 1,2	3	< 2,3	6,5	< 1,05	6,8
Co	0,31 / 1,4	< 6,1 / < 1,3	1,2 / 2,1	< 1,6 / > 1,1	1,56	< 1,2	3	> 1,58	1,9
Літофільні									
Li	2,4 / 3,9	< 2,75 / < 1,7	3,0 / 4,7	< 2,2 / < 1,4	3,25	< 2,03	-	-	6,6
Be	0,17	< 1,76	0,33	> 1,1	0,17	< 1,76	0,4	> 1,3	0,3
Ba	47,5	< 1,2	5,7 / 41,0	< 10,2 / < 1,4	81,5	> 1,4	5	< 11,6	58
Sr	11,0 / 27,0	< 2,7 / < 1,1	15,3	< 1,96	17,5	< 1,7	-	-	30
B	> 6 / > 20	< 1,7 / > 2	10	=	-	-	13,5	> 13,5	1
Sc	1,24	< 1,05	0,74 / 1,2	< 1,76 / < 1,08	1,25	< 1,04	0,75	< 1,73	1,3
Y	1,5	< 1,73	1,6 / 6,6	< 1,6 / > 2,5	2,6	=	6,7	> 2,57	2,6
La	2,1 / 3,2	< 4,4 / < 2,9	2,0 / 2,7	< 4,6 / < 3,4	2,5	< 3,68	-	-	9,2
Ce	4,56	< 1,3	4,0 / 5,0	< 1,5 / < 1,18	5	< 1,18	-	-	5,9
Yb	0,11 / 0,17	< 2,4 / < 1,5	0,17 / 0,71	< 1,5 / > 2,7	0,22	< 1,2	0,6	> 2,3	0,26
Ti	180,0 / 380,0	< 2,5 / < 1,2	421	< 1,09	440	< 1,04	475	> 1,03	460
Zr	14,0 / 28,0	< 1,1 / > 1,75	6,7 / 14,0	< 2,4 / < 1,1	25	> 1,56	8	< 2	16
V	8,31	< 1,56	9,96	< 1,3	9,15	< 1,4	15	> 1,15	13
Nb	0,4 / 1,6	< 2,75 / > 1,45	1,04	< 1,06	1,75	> 1,6	0,25	< 4,4	1,1
Cr	7,85	< 1,15	7,13	< 1,26	6,3	< 1,4	10	> 1,1	9
Mn	36,9	< 2,3	39,6	< 2,1	25	< 3,4	40 / 700	< 2,1 / > 8,2	85

У глинистих відкладах відмічається висока концентрація срібла. Середній вміст срібла в установлених різновидах глин також майже однаковий: 0,0001–0,0002 %, що, відповідно, в 14 і 28 разів перевищує кларковий вміст у глинистих породах.

Середній вміст інших халькофільних, сидерофільних та літофільних елементів у всіх різновидах глинистих порід також майже однаковий. При цьому в них відмічається підвищена концентрація В (> в 6–20); породи збіднені на Рb (> в 1 – 1,6) і Zn (> в 1 –

Геохімія верхньоюрської червоноколірно-теригенної субформації Придубрудзького прогину

Таблиця 5. Середній вміст хімічних елементів в глинах у за даними спектрального аналізу

Елемент	Глини червоноколірні оглеєні (% , п · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Глини червоноколірні (% , п · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Глини сірі оглеєні (% , п · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Глини сірі (% , п · 10 ⁻³)	Вміст відносно кларкового	Середній вміст для глин (п · 10 ⁻³) [6]
Халькофільні									
Cu	- / 2,6	- / < 1,7	2,74	< 1,6	2	< 2,25	9,5	> 2,1	4,5
Ag	0,1 / 0,2	> 14,3 / > 28,6	0,1 / 0,2	> 14,3 / > 28,6	-	-	0,15	> 21,4	0,007
Zn	10,0 / 12,0	> 1,05 / > 1,3	10,0 / 17,0	> 1,05 / > 1,8	10	> 1,05	10	> 1,05	9,5
Ga	1,35	< 1,4	1,78	< 1,07	1,1	< 1,7	2	> 1,05	1,9
Sn	- / 0,53	- / < 1,13	0,1 / 0,49	< 6 / < 1,22	0,5	< 1,2	0,2	< 3	0,6
Pb	3,07	> 1,53	2,02	> 1,01	3,25	> 1,6	2,5	> 1,25	2
Сидерофільні									
P	70	=	40,0 / 55,0	< 1,75 / < 1,3	40	< 1,75	-	-	70
Mo	0,11 / 0,18	< 2,4 / < 1,4	0,17	< 1,5	0,15	< 1,7	0,3	> 1,15	0,26
Ni	3,96	< 1,7	5,67	< 1,2	3	< 2,3	6,5	< 1,05	6,8
Co	0,31 / 1,4	< 6,1 / < 1,3	1,2 / 2,1	< 1,6 / > 1,1	1,56	< 1,2	3	> 1,58	1,9
Літофільні									
Li	2,4 / 3,9	< 2,75 / < 1,7	3,0 / 4,7	< 2,2 / < 1,4	3,25	< 2,03	-	-	6,6
Be	0,17	< 1,76	0,33	> 1,1	0,17	< 1,76	0,4	> 1,3	0,3
Ba	47,5	< 1,2	5,7 / 41,0	< 10,2 / < 1,4	81,5	> 1,4	5	< 11,6	58
Sr	11,0 / 27,0	< 2,7 / < 1,1	15,3	< 1,96	17,5	< 1,7	-	-	30
B	> 6 / > 20	< 1,7 / > 2	10	=	-	-	13,5	> 13,5	1
Sc	1,24	< 1,05	0,74 / 1,2	< 1,76 / < 1,08	1,25	< 1,04	0,75	< 1,73	1,3
Y	1,5	< 1,73	1,6 / 6,6	< 1,6 / > 2,5	2,6	=	6,7	> 2,57	2,6
La	2,1 / 3,2	< 4,4 / < 2,9	2,0 / 2,7	< 4,6 / < 3,4	2,5	< 3,68	-	-	9,2
Ce	4,56	< 1,3	4,0 / 5,0	< 1,5 / < 1,18	5	< 1,18	-	-	5,9
Yb	0,11 / 0,17	< 2,4 / < 1,5	0,17 / 0,71	< 1,5 / > 2,7	0,22	< 1,2	0,6	> 2,3	0,26
Ti	180,0 / 380,0	< 2,5 / < 1,2	421	< 1,09	440	< 1,04	475	> 1,03	460
Zr	14,0 / 28,0	< 1,1 / > 1,75	6,7 / 14,0	< 2,4 / < 1,1	25	> 1,56	8	< 2	16
V	8,31	< 1,56	9,96	< 1,3	9,15	< 1,4	15	> 1,15	13
Nb	0,4 / 1,6	< 2,75 / > 1,45	1,04	< 1,06	1,75	> 1,6	0,25	< 4,4	1,1
Cr	7,85	< 1,15	7,13	< 1,26	6,3	< 1,4	10	> 1,1	9
Mn	36,9	< 2,3	39,6	< 2,1	25	< 3,4	40 / 700	< 2,1 / > 8,2	85

У глинистих відкладах відмічається висока концентрація срібла. Середній вміст срібла в установлених різновидах глин також майже однаковий: 0,0001–0,0002 %, що, відповідно, в 14 і 28 разів перевищує кларковий вміст у глинистих породах.

Середній вміст інших халькофільних, сидерофільних та літофільних елементів у всіх різновидах глинистих порід також майже однаковий. При цьому в них відмічається підвищена концентрація В (> в 6–20); породи збіднені на Рb (> в 1 – 1,6) і Zn (> в 1 –

Таблиця 6. Кореляційні зв'язки в глинах

Глини червоноколірні оглеєні	(+)	-0,20; Cu-Ni - 0,19; Cu-Ba - 0,17; Cu-Cr - 0,16; Cu-P - 0,12; Cu-Nb - 0,11; Cu-Mo - 0,0
	(+) по групах	0,0-0,25: Cu-Li - 0,25; Cu-Sn - 0,23; Cu-Co - 0,23; Cu-Ti - 0,22; Cu-La - 0,20; Cu-Ni - 0,19; Cu-Ba - 0,17; Cu-Cr - 0,16; Cu-P - 0,12; Cu-Nb - 0,11; Cu-Mo - 0,0 0,25-0,50: Cu-Sc - 0,43; Cu-Mn - 0,42; Cu-Zr - 0,33; Cu-Y - 0,29; Cu-Pb - 0,29; Cu-Ga - 0,28; Cu-Yb - 0,26; Cu-V - 0,26 0,50-0,75: Cu-Ce - 0,57
	(-)	Cu-Zn - -0,04; Cu-Sr - -0,05; Cu-Be - -0,11
	(-) по групах	0,0- -0,25: Cu-Zn - -0,04; Cu-Sr - -0,05; Cu-Be - -0,11
Глини червоноколірні	(+)	Cu-Mn - 0,64; Cu-Yb - 0,60; Cu-Cr - 0,58; Cu-Ga - 0,56; Cu-Y - 0,54; Cu-Li - 0,44; Cu-Pb - 0,42; Cu-Zn - 0,38; Cu-Ni - 0,37; Cu-Co - 0,37; Cu-Ti - 0,26; Cu-Mo - 0,25; Cu-La - 0,21; Cu-Be - 0,20; Cu-V - 0,1; Cu-Zr - 0,05; Cu-B - 0,05; Cu-P - 0,02
	(+) по групах	0,0-0,25: Cu-Mo - 0,25; Cu-La - 0,21; Cu-Be - 0,20; Cu-V - 0,1; Cu-Zr - 0,05; Cu-B - 0,05; Cu-P - 0,02 0,25-0,50: Cu-Li - 0,44; Cu-Pb - 0,42; Cu-Zn - 0,38; Cu-Ni - 0,37; Cu-Co - 0,37; Cu-Ti - 0,26 0,50-0,75: Cu-Mn - 0,64; Cu-Yb - 0,60; Cu-Cr - 0,58; Cu-Ga - 0,56; Cu-Y - 0,54
	(-)	Cu-Sn - -0,02; Cu-Sc - -0,03; Cu-Nb - -0,06; Cu-Ba - -0,19; Cu-Sr - -0,34
	(-) по групах	0,0- -0,25: Cu-Sn - -0,02; Cu-Sc - -0,03; Cu-Nb - -0,06; Cu-Ba - -0,19 -0,25- -0,50: Cu-Sr - -0,34

1,8); вміст сидерофільних (P, Mo, Ni, Co), та літофільних (Li, Be, Ba, Sr, Sc, Y, La, Ce, Yb, Ti, Zr, V, Nb, Cr, Mn) нижчий від кларкового вмісту. В сіроколірних глинах вміст деяких літофільних елементів дещо вищий: Be, Ti, V, Cr (кларк), Yb (> в 2,3), Y (> в 2,6).

У червоноколірних глинах встановлено аномальні значення таких елементів, %: Mn - 0,15 (> в 1,8), Cr - 0,015 (> в 1,7), Pb - 0,0063 (> в 3,2), Zr - 0,04 (> в 2,5), Be - 0,0025 (> в 8,4).

У червоноколірних оглеєних глинах відмічаються аномальні значення таких елементів, %: Cu - 0,01 (> в 2,2), 0,008 (> в 1,8), Zn - 0,015 (> в 1,6), 0,020 (> в 2,1), Ga - 0,003 (> в 1,6), 0,0003 (< в 6,3), Sn - 0,0012 (> в 2), Pb - 0,01 (> в 5), Sr - 0,2 (> в 6,7), 0,5 (> в 16,7), Be - 0,001 (> в 3,3), Y - 0,008 (> в 3,07), 0,007 (> в 2,7), Yb - 0,0008 (> в 3,1), 0,0007 (> в 2,7), La - 0,04 (> в 4,3), V - 0,02 (> в 1,5), Mn - 0,1 (> в 1,2).

Тісних кореляційних зв'язків ($r > 0,75$) міді з іншими хімічними елементами в глинах червоноколірних оглеєних не виявлено (табл. 6). Встановлено: доволі тісні кореляційні зв'язки ($r = 0,75-0,5$) міді з Ce; слабкі ($r = 0,5-0,25$) - з Sc, Mn, Zr, Y, Pb, Ga, Yb, V; дуже слабкі ($r = 0,25-0$) - з Li, Sn, Co, Ti, La, Ni, Ba, Cr, P, Nb, Mo. Від'ємний кореляційний зв'язок характерний між міддю та Zn, S, Be.

У глинах червоноколірних встановлено (див. табл. 6) доволі тісні кореляційні зв'язки ($r = 0,75-0,5$) міді з Mn, Yb, Cr, Ga, Y; слабкі ($r = 0,5-0,25$) - з Li, Pb, Zn, Ni, Co, Ti; дуже слабкі ($r = 0,25-0$) - з Mo, La, Be, V, Zr, B, P. Тісних

кореляційних зв'язків ($r > 0,75$) міді з іншими хімічними елементами в глинах червоноколірних не встановлено. Від'ємний кореляційний зв'язок існує між міддю та Sr, Sn, Sc, Nb, Ba.

Висновки. Аналіз даних щодо розподілу і геохімічних асоціацій мікроелементів у різних типах порід, здійснений з врахуванням фізико-хімічних особливостей формування та впливу на них процесів оглеєння, вказує, що загальний вміст мікроелементів (абсолютні значення) розподілений не закономірно.

Кожен з виділених типів порід характеризується своїми геохімічними асоціаціями та кореляційними зв'язками між мікроелементами, на формування яких впливають фізико-хімічні умови середовища і гідродинамічний режим осадконакопичення (мілководна лагуна).

Визначена геохімічна спеціалізація субформації. В цілому геохімічна спеціалізація (за кларками) пісковиків така: збагачені на халькофільні (Cu, Ag, Zn, Pb, Sn), сидерофільні (P, Mo, Ni, Co), літофільні (Mn, Be, Ba, Sr, Sc, Ti, V, Nb, Cr) елементи. Геохімічна спеціалізація (за кларками) алевролітів така: збагачені на халькофільні (Cu, Ag, Zn, Sn, Pb), сидерофільні (P, Mo, Ni, Co), літофільні (Mn, Be, Ba, Sr, Sc, Ti, V, Nb, Cr) елементи. Геохімічна спеціалізація (за кларками) глин така: збагачені на халькофільні (Cu, Ag, Zn, Pb), та збіднені на сидерофільні і літофільні (за винятком Mn).

Вміст міді (абсолютні значення) в цілому не підвищується від пісковиків до глин, що свідчить

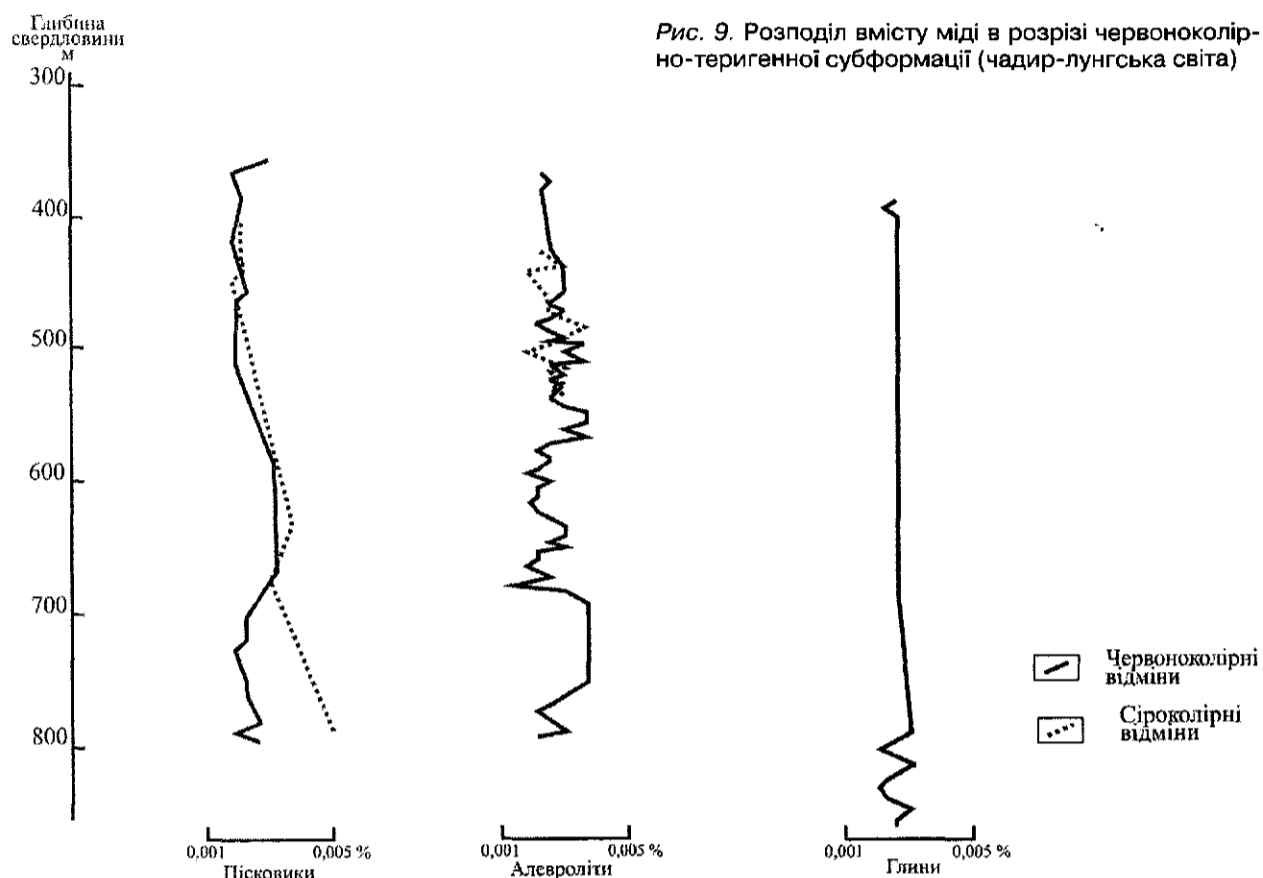


Рис. 9. Розподіл вмісту міді в розрізі червоноколірно-теригенної субформації (чадир-лунгська світа)

про неупорядкований розподіл. Урахування інтенсивності зв'язку між значеннями вмісту міді та інших елементів дало можливість виявити характерні асоціації елементів-супутників міді в основних типах порід. Нестійкість кореляційних зв'язків між міддю та мікроелементами свідчить про надмірність випадкових зв'язків.

Для простеження еволюційних змін розподілу міді в розрізі червоноколірно-теригенної субформації (чадир-лунгська світа) на основі даних спектрального аналізу порід був побудований графік розподілу вмісту міді (рис. 9). Вміст міді суттєво не змінюється в різних літотипах, як в червоно-, так і в сіроколірних. Деяке підвищення вмісту міді відмічається в сіроколірних пісковиках у нижній частині розрізу. Далі за розрізом в цих пісковиках відмічається повільний спад концентрації міді ідесь з середини розрізу вміст міді в сіро- і червоноколірних різновидах цього літотипу стає однаковим.

Розподіл міді та інших мікроелементів у розрізі червоноколірної теригенної субформації свідчить, що мобілізація, транспортування та первинне накопичення міді в басейні осадконагромад-

ження і, відповідно, області розмиву, шляхи транспортування, клімат та умови нагромадження осадової речовини в лагуні змінювалися незначно.

Встановлено, що фізико-хімічні умови формування відкладів червоноколірно-теригенної субформації не сприяли концентрації міді в сульфідній формі. Мідь в утвореннях субформації перебуває в розсіяному стані і рівномірно розповсюджена по всій товщі. При цьому фізико-хімічні умови формування цих утворень, а також їх оглеєння суттєво не вплинули на перерозподіл і накопичення міді в них.

На підставі проведених досліджень встановлено, що загальний міденосний потенціал верхньоярської лагунної червоноколірно-теригенної субформації співставимий з таким нижньодєвонської континентальної червоноколірно-теригенної формації Волино-Подолії та неогенової морської червоноколірно-теригенної субформації Передкарпатського прогину, які є перспективними з точки зору загальної оцінки потенціалу міденосності червоноколірних формаційних одиниць України.

Надійшла 14.10.2012.

1. *Алексеев В.А.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых / В.А. Алексеев, Г.В. Войткевич – М. : Недра, 1979. – 311 с.
2. *Боровиков Л.И.* Корреляционный анализ закономерностей распространения малых элементов для решения вопросов седиментогенеза / Л. И. Боровиков, Ю. К. Бурков // Генезис и классификация осадочных пород: Междунар. геол. конгр., 23-я сес. : Докл. сов. геологов, пробл. 8. – М. : Наука, 1968. – С. 128–135.
3. *Каждан А.Б.* Математическое моделирование в геологии и разведке полезных ископаемых / А.Б. Каждан, О.И. Гуськов, А.А. Шиманский.– М. : Недра, 1979. – 168 с.
4. *Хрущов Д.П.* Парагенез галогенных и красноцветных формаций осадочных бассейнов Украины / Д.П. Хрущов, Г.С. Компанец, В.Г. Тюремина // Эволюция карбонатонакопления в истории Земли. – №1. – 1988. – С. 239–258.
5. *Kompanets G.S.* Clay minerals of the upper Jurassic red-colored-terrigenous subformation of the Dobrudja foredeep / G.S. Kompanets, I.S. Dziuba // Геол. журн. – № 1–2. – 1998. – С. 36–42.
6. *Turekian K.* Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust / Karl K. Turekian, Karl Hans Wedepohl // The Geological Society of Amer. Bull. – 1961. – 72. – February, 1961. – № 2. – С. 175–191.

Компанец Г.С., Ковальчук М.С., Константиненко Л.И., Шестаков О.Ю. **Геохимия верхнеюрской красноцветно-терригенной субформации Предобруджского прогиба.** Изложены результаты геохимических исследований отложений верхнеюрской красноцветно-терригенной субформации Предобруджского прогиба. Определено содержание меди и её элементов-спутников в принадлежащих к этой субформации породах разных типов с учётом физико-химических условий их формирования и процессов оглеивания. Установлены главные закономерности распределения меди и других элементов в отложениях субформации, выявлены характерные ассоциации элементов-спутников меди в разных литотипах. На этой основе установлен общий меденосный потенциал верхнеюрской лагунной красноцветно-терригенной субформации, сопоставимый с таковым для нижнедевонской континентальной красноцветно-терригенной формации Вольно-Подольи и неогеновой морской красноцветно-терригенной субформации Передкарпатского прогиба. Они же перспективны с точки зрения общей оценки потенциала меденосности красноцветных формационных единиц Украины. Проведенные исследования позволили отнести верхнеюрскую лагунную красноцветно-терригенную субформацию к меденосным формационным единицам.

Kompanetz G.S., Koval'chuk M.S., Konstantinenko L.I., Shestakov O.Yu. **Geochemistry of the upper jurassic red-color-terrigenous subformation of the Pre-dobrudgian depression.** The results of geochemical explorations of upper-jurassic red-colour terrigenous subformation of Pre-Dobrudgian sag are elucidated. The contents of copper and elements-satellites of its in different types rocks of the subformation are defined considering the physico-chemical conditions of theirs forming and processes of gleization. The main consistent patterns of distribution of copper and other elements in sediments of this subformation are established; the copper elements-satellites associations to be racy of different lithotypes are revealed. On this basis, the total potential of copper-bearing of upper-jurassic lagoon red-colour terrigenous subformation is installed; it is mated with such potential of the low-devonian continental red-colour terrigenous formation of Volyno-Podolia and Neogene marine red-colour terrigenous subformation of the Pre-Carpathian sag, which are promising in terms of copper-bearing potential estimation of red-colour formational units of Ukraine. Performed explorations allowed to attribute the upper-jurassic lagoon red-colour terrigenous subformation to copper-bearing formational units of Ukraine.