

СТАТИСТИЧНІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ МІДІ З ЕЛЕМЕНТАМИ-СУПУТНИКАМИ У ВІДКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ (ПРОДУКТИВНОЇ) ТОВЩІ НЕОГЕНОВОЇ МОРСЬКОЇ ЧЕРВОНОКОЛІРНО-ТЕРИГЕННОЇ СУБФОРМАЦІЇ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

Г.С. Компанець, М.С. Ковальчук
01601, Інститут геологічних наук НАН України
вул. О. Гончара, 55б, Київ, Україна
E-mail: kms1964@ukr.net

На основі кореляційного аналізу оцінено міру зв'язку міді з іншими хімічними елементами і встановлено тенденцію її зміни у відкладах різних фаціальних типів середньої (продуктивної) товщі неогенової морської червоноколірно-теригенної субформації Передкарпатського прогину. Геохімічні дослідження дали можливість встановити між Cu й її елементами-супутниками певні кореляційні зв'язки та відповідні їм геохімічні асоціації хімічних елементів у кожному із виділених фаціальних типів порід, визначити основні чинники, які впливали на розподіл хімічних елементів у морському палеобасейні на середньому етапі його розвитку.

Ключові слова: Передкарпатський прогин, неоген, морська червоноколірно-теригенна субформація, мідь, елементи супутники, кореляційний аналіз, коефіцієнт кореляції.

Постановка проблеми. Одним із головних завдань геохімічних досліджень осадових утворень є оцінка вмісту і міри взаємозв'язку між мікроелементами у них. Завдяки аналізу статистичного взаємозв'язку між мікроелементами вирішуються певні літологічні та прогнозно-пошукові завдання.

Об'єкт дослідження: відклади середньої (продуктивної) товщі неогенової морської червоноколірно-теригенної субформації Передкарпатського прогину.

Мета дослідження. Оцінка міри зв'язку міді з іншими хімічними елементами в різних літотипах середньої товщі субформації, що сформувалися за різних фаціальних палеообстановок та фізико-хімічних умов (окиснювальних чи відновних).

Методи дослідження. Для встановлення статистичних взаємозв'язків міді з іншими хімічними елементами у відкладах середньої товщі субформації застосовано кореляційний аналіз (парна кореляція). Мірою зв'язку в кореляційному аналізі є коефіцієнт кореляції (КК; позначається буквою r), розрахунки якого здійснено за допомогою програмного пакету *STATISTICA*. Вихідні дані – вміст хімічних елементів, визначений за допомогою методу спектрального аналізу.

Існує декілька видів КК. Найчастіше у геологічних дослідженнях використовують КК Пірсона та КК Спірмена. Перший розраховується через коваріацію і середньоквадратичні відхилен-

ня випадкових величин (ВВ) відповідної вибірки, другий – через порядкові номери (ранги), що призначені ВВ у порядку їх зростання [2]. Перевага другого методу полягає в тому, що на отримані значення не впливають невідповідність розподілу ВВ нормальному закону та наявність у вибірці «ураганних» значень вмісту хімічних елементів. Тому для встановлення зв'язків між вмістом хімічних елементів у породах червоноколірно-теригенної формаційної одиниці застосовано другий метод.

Кореляція може бути позитивною чи негативною. Можлива і ситуація відсутності статистичного зв'язку (наприклад для незалежних ВВ). Негативна кореляція – кореляція, за якої збільшення однієї змінної пов'язане зі зменшенням іншої, при цьому коефіцієнт кореляції є від'ємним. Позитивна кореляція – кореляція, за якої збільшення однієї змінної пов'язане зі збільшенням іншої, при цьому коефіцієнт кореляції є позитивним. У ідеальному випадку за наявності функціональної залежності між ВВ модуль КК дорівнює одиниці, а в ідеальному випадку за відсутності будь-якої залежності між ними – нулю. Але зазвичай залежність між ВВ не є ідеальною і КК за модулем менший від одиниці і більше нуля. Постає питання: чи наявний у цьому випадку зв'язок між ВВ? Відповідь знаходять шляхом визначенням статистичної значущості КК: розраховують величину t , що розподіляється за законом Стюдента зі $(n - 2)$ ступенями свободи. Якщо розрахований вибірковий КК – значущий, то відповідне йому t перевищує

критичне значення для вибірки даного об'єму n за вибраного рівня довірчої ймовірності [2]. Критичні значення t для прийнятої довірчої ймовірності (0,05, 0,02, 0,01 або 0,001) та кількості ступенів свободи ($n - 2$) подано у таблицях математичної статистики. Формули для розрахунку показника t наведено у довідниках з математичної статистики.

Виклад основного матеріалу. Червоноколірно-теригенна субформація Передкарпатського прогину формувалася в значній за розмірами мілководній морській затоці – східному відгалуженні Центрального Паратетису. У нижній підзоні субліторальної зони цього палеобасейну седиментації нагромаджувалися осади мілководно-морських фацій (переважно) та зони морських течій, у верхній підзоні субліторальної зони – осади прибережно-морських, дельтових (підводної частини) фацій і фацій підводних конусів виносу [4].

За кількісним співвідношенням фацій і, відповідно, типів порід у червоноколірно-теригенній субформації виокремлено три товщі: нижню, середню і верхню. Нижня і верхня товщі подібні за своїм фаціальним та породним складом і представлені переважно мілководно- та прибережно-морськими відкладами. Утворення першого фаціального типу в кожній із виокремлених товщ у середньому складають 51 % їх об'єму, другого – 45 %. Середня товща за своїм фаціальним і породним складом суттєво відрізняється від нижньої та верхньої товщ і представлена прибережно-морськими (до 60 % її об'єму), мілководно-морськими (до 20 %) та підводно-дельтовими (близько 20 %) відкладами.

Наявність у розрізі червоноколірно-теригенної субформації трьох товщ із різним кількісним співвідношенням типів порід і фацій свідчить про те, що в еволюції седиментаційного палеобасейну простежувалося три етапи. Ранньому і пізньому етапам розвитку палеобасейну властиве нагромадження більш тонкозернистих і більш глибоководних осадів прибережно- і мілководно-морських фацій, які відображали етап відносної стабілізації тектонічних рухів в області зносу під час розширення акваторії басейну і відносній його глибоководності з некомпенсованим осадонагромадженням. Для середнього етапу характерне нагромадження крупнозернистіших осадів прибережно-морських і дельтових фацій; осади мілководно-морських фацій поширені менше. Осадонагромадження на цьому етапі відбувалось за пульсування підняття в області зносу, скорочення акваторії басейну і значного його обміління.

Мідні стратиформні рудопрояви локалізовані у відкладах субформації, вони формувались переважно на середньому етапі розвитку басейну седиментації, рідше – наприкінці раннього і на початку пізнього етапів. У розрізах середньої товщі виокремлено, переважно, по одному міденосному горизонту, іноді – по два, що залягають на різних гіпсометричних рівнях. Основна частина мідних рудопроявів поширена в дельтових фаціях, незначна – в прибережно-мілководних та мілководно-морських. У відкладах дельти мідна мінералізація локалізується, здебільшого у сіроколірних дрібнозернистих пісковицях, менше – у сіроколірних змішаних породах та глинах; у прибережно-морських – у сіроколірних породах змішаного складу (переважно) і в глинах, а в мілководно-морських – у сіроколірних глинах (переважно) і породах змішаного складу.

За результатами літологічних досліджень встановлено, що постдіагенетичні процеси у відкладах субформації були обмежені та істотно не вплинули на перерозподіл міді та інших хімічних елементів у них.

На основі аналізу міри зв'язку міді з іншими хімічними елементами в різних літотипах середньої товщі субформації, що сформувалися за різних фаціальних палеообстановок та фізико-хімічних умов (окиснювальних чи відновних), виявлено кореляційні зв'язки між ними та відповідні їм геохімічні асоціації елементів. При цьому КК розраховано для дельтових (як мідистих, так і нерудних), прибережно-морських пісковиць прибережно-мілководно-морських червоноколірних та сіроколірних (переважно дельтових) глин. Для пісковиць прибережно-морських мідистих, мілководно-морських, конусів виносу та порід змішаного складу різної фаціальної належності КК не розраховували через відсутність необхідної для цього кількості значень вмісту хімічних елементів.

Кореляція між значеннями вмісту міді та інших хімічних елементів у пісковицях середньої (продуктивної) товщі субформації не виявила щільні ($r > 0,75$) та доволі щільні (r в інтервалі 0,50–0,75) позитивні кореляційні зв'язки (ПКЗ) між ними (таблиця).

У дельтових нерудних пісковицях встановлено слабкі ПКЗ (r в інтервалі 0,25–0,50) Cu з Nb, Ni (елементи розташовані в порядку зменшення КК) та дуже слабкі ПКЗ (r в інтервалі 0,00–0,25) Cu з Ba, Sr, V, Y, Ga, Mn, Yb, Sc, Pb. У цих утвореннях дуже слабкі (r в інтервалі 0,00–0,25) негативні кореляційні зв'язки (НКЗ) виявлено між Cu та Li,

Ti, Zr, Ce, слабкі (r в інтервалі $-0,25...-0,50$) НКЗ – з La, Co.

У дельтових мідистих пісковиках установлено слабкі ПКЗ Cu з Yb, Co, Pb та дуже слабкі – з V, Be, Cr, Ti, Ni, Y; дуже слабкі НКЗ – з Ga, Mn, Ce, Li, слабкі – з Ba, Sc, Zr, La, Nb.

У прибережно-морських пісковиках наявні слабкі ПКЗ Cu з Y, La, Zr, дуже слабкі – зі Sc, Yb, Ti, Pb, Cr, V, Mn, Ga; дуже слабкі НКЗ встановлено між Cu та Ba, Ni, Ce, Li, Be, слабкі – з Co.

Кореляція між значеннями вмісту міді та її елементів-супутників у глинистих породах середньої (продуктивної) товщі субформації виявила такі ПКЗ та НКЗ між ними і відповідні їм геохімічні асоціації елементів.

У мілководно-морських червоноколірних глинах установлено доволі щільні ПКЗ Cu з Pb, Ni, слабкі – з Ti, Co, Zr, Nb, Y, V, Yb, Sn, Mo, Cr; дуже слабкі НКЗ виявлено з Sc, Be, Sb.

У прибережно-морських червоноколірних глинах наявні доволі щільні ПКЗ між Cu і Ni, Be, V, слабкі – з Mn, Ga, Co, Y, Cr, Yb, Sn, Ce, Li, Zr, Mo, La, Ti, Pb, дуже слабкі – з Sc, Nb та Ba; НКЗ Cu із іншими хімічними елементами в цих утвореннях не встановлено.

У сіроколірних глинах різної фаціальної належності (переважно дельтових) доволі щільні ПКЗ не виявлено; встановлено слабкі ПКЗ між Cu і La, Pb, Ag та дуже слабкі – з Zr, Sn, Mn, Ce, Yb. Для значної кількості хімічних елементів характерні НКЗ з Cu. Так, дуже слабкі НКЗ встановлено між Cu і V, Nb, Li, Cr, Ba, Sc, Ga, Co, Ni, Be, слабкі – з Ti, Y.

Таким чином, на основі аналізу статистичного взаємозв'язку значень вмісту міді та її елементів-супутників у пісковиках та глинах різної фаціальної належності середньої (продуктивної) товщі виявлено характерні для них геохімічні асоціації елементів. Виконані дослідження дали змогу вирішити низку питань, пов'язаних із міграцією та концентрацією міді й інших хімічних елементів у верхній підзоні субліторальної зони неогенового морського палеобасейну седиментації. Геохімічні дослідження відкладів літоралі палеобасейну та наземної частини дельт не здійснювали, адже вони перекриті відкладами Бориславсько-Покутської підзони Передкарпатського прогину.

Відомо, що формування геохімічно різнотипних відкладів у седиментаційних басейнах значною мірою залежить від форм міграції та форм знаходження хімічних елементів, що надходять у басейн. Загалом, основна частина уламкового оса-

дового матеріалу була принесена в неогеновий морський палеобасейн річками з повільною течією зі сторони Східноєвропейської платформи та тимчасовими водотоками з боку пра-Карпат у завислому стані та у вигляді волочених наносів. Співвідношення між завислою речовиною та волоченими наносами змінювалось, особливо в періоди найзначніших повеней.

Завис складала тонкозернисті уламки мінералів, порід, глинисті мінерали гідроксиди заліза та мангану, органічна речовина та карбонати. До складу волочених наносів входив псамітовий і псефітовий матеріал.

У розчиненому стані водотоки переносили основну частину карбонатів і органічну речовину, наявність якої збільшувало міграційну здатність багатьох хімічних елементів. Уміст розчиненої речовини в водотоках також не залишався постійним.

До кінцевої водойми стоку доходив не весь осадовий матеріал. Є припущення, що половина завислої речовини осаджувалась у річкових системах [3]. При цьому зменшення кількості завислого матеріалу відбувалося за рахунок найгрубозернистішої його частини. Переважна частина тонкозернистого завису, найбільш збагаченого реакційно-здатними формами хімічних елементів, а також істинні та колоїдні розчини, проходили гирлові ділянки рік і потрапляли до кінцевої водойми стоку – морського палеобасейну. Волочені наноси осаджувалися переважно на гирлових ділянках водотоків під час істотного падіння швидкості води та у підводній частині дельт.

Установлено [1, 3], що більшість хімічних елементів у річковому стоці переноситься переважно у завислій формі. Форми знаходження елементів, які переносяться річками у завислому стані, надзвичайно різноманітні. Хімічні елементи мігрують у складі уламкового матеріалу, де входять до кристалічної ґратки мінералів. Глиниста складова завису частково містить хімічні елементи у своєму складі та у поглинальному комплексі в обмінному стані (поглинені іони). Зазначимо, що гідроксиди заліза та марганцю також сорбують іони з водного середовища. Кількість хімічних елементів, сорбованих гідроксидами цих металів, різна і підвищується в ряду: V, Cr, Ga, Ni, Co, Pb, Cu. При цьому у складі гідроксидів Fe і Mn у зависі перебуває до 50-60 % валового вмісту Ni, Co, 70–80 % – Pb, Cu.

Основна форма знаходження хімічних елементів, зокрема й міді, у волочених наносах пов'язана з вузлами кристалічних ґраток, які можуть

Коефіцієнт кореляції міді з хімічними елементами-супутниками у відкладах середньої (продуктивної) товщі неогенової морської червоноколірно-геригеної субформації
 Correlation coefficient of copper and chemical elements-satellites of its in sediments of the middle (productive) strata of the neogenian marine red-terrigeneous subformation

LV	Геохімічні групи Geochemical groups																					
	Халькофільні Chalcophilic				Сидерофільні Siderophilic				Літофільні Lithophilic													
	Ga	Pb	Ag	Sn	Sb	Co	Ni	Mo	Nb	Ba	Cr	V	Y	Mn	Yb	Sc	Li	Ti	Zr	Ce	La	Be
1	0,05	0,00	-	-	-	-0,47	-0,87	-	0,36	0,13	0,09	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,00	-0,08	-0,20	-0,21	-0,29	-
2	Pb	Ga	Ag	Sn	Sb	Co	Ni	Mo	Yb	V	Be	Cr	Ti	Y	Mn	Ce	Li	Ba	Sc	Zr	La	Nb
	0,27	-0,07	-	-	-	0,04	0,07	-	0,39	0,19	0,13	0,12	0,11	0,02	-0,08	-0,11	-0,17	-0,27	-0,32	-0,41	-0,48	-0,50
3	Ga	Pb	Ag	Sn	Sb	Ni	Co	Mo	Y	La	Zr	Sc	Yb	Ti	Cr	V	Mn	Ba	Ce	Li	Be	Nb
	0,02	0,20	-	-	-	-0,09	-0,31	-	0,44	0,31	0,29	0,21	0,21	0,20	0,18	0,10	0,03	-0,03	-0,10	-0,18	-0,22	-
4	Pb	Ga	Sn	Sb	Ag	Ni	Co	Mo	Ti	Mn	Zr	Nb	Y	V	Yb	Cr	Sc	Be	Ba	Ce	La	Li
	0,61	0,36	0,27	-0,15	-	0,57	0,44	0,12	0,47	0,44	0,39	0,37	0,37	0,32	0,32	0,01	-0,03	-0,08	-	-	-	-
5	Ga	Sn	Pb	Sb	Ag	Ni	Co	Mo	Be	V	Mn	Y	Cr	Yb	Ce	Li	Zr	La	Ti	Sc	Nb	Ba
	0,48	0,38	0,27	-	-	0,57	0,46	0,31	0,54	0,52	0,50	0,46	0,43	0,43	0,36	0,33	0,32	0,29	0,28	0,22	0,09	0,01
6	Pb	Ag	Sn	Ga	Sb	Co	Ni	Mo	La	Zr	Mn	Ce	Yb	V	Nb	Li	Cr	Ba	Sc	Be	Ti	Y
	0,33	0,26	0,21	-0,19	-	-0,21	-0,23	-	0,44	0,25	0,17	0,16	0,08	-0,04	-0,05	-0,08	-0,09	-0,11	-0,19	-0,25	-0,40	-0,45

Примітка. LV – літологічні відміни різної фаціальної належності: 1 – пісковики дельтові нерудні; 2 – пісковики дельтові морські; 3 – пісковики прибережно-морські; 4 – глини червоноколірні мілководно-морські; 5 – глини червоноколірні прибережно-морські; 6 – глини сіроколірні різної фаціальної належності (переважно дельтові).

Note. LV – lithological differences of various facies affiliations: 1 – delta nonmetallic sandstones; 2 – copper delta sandstones; 3 – coastal-marine sandstones; 4 – red-colored clay shallow-sea; 5 – red-colored clay coastal-marine; 6 – gray-colored clay of various facies (mainly delta).

бути зайняті як безпосередньо головними елементами мінералу, так і ізоморфними домішками в них. Концентрація хімічних елементів із такою формою знаходження у волочених наносах пов'язана з природним шліховим процесом, коли наноси збагачувалися акцесорними мінералами в результаті гідродинамічного сортування осадового матеріалу, зокрема в підводній частині дельт палеорічок у процесі седиментогенезу.

Форми знаходження хімічних елементів, що переносяться річками у розчиненому стані, також різні. Це прості катіонні та аніонні форми (складають доволі малу частину), колоїди, комплексні сполуки з неорганічною та органічною речовинами. Ураховуючи перевагу гідрокарбонатів у річкової воді, вірогідні також комплекси металів із іонами HCO_3^- та CO_3^{2-} . Особливо значною є комплексоутворювальна роль органічної речовини для Fe, Mn, Cu.

Загальна картина взаємодії між міддю та її елементами-супутниками у відкладах червоноколірно-теригенної субформації складна (див. таблицю). Аналіз кореляційних зв'язків міді з певними хімічними елементами у різних типах порід різної фаціальної належності свідчить про перевагу випадкових зв'язків між ними внаслідок багаторазового перевідкладення осадового матеріалу в зоні підводних ділянок дельт, частина якого із зони дельт переміщувалася не лише у напрямі, поперечному до берегової лінії (тобто у глибину басейну), але і вздовж берега. При цьому переробка осадового матеріалу в палеобасейні седиментації на середньому етапі його розвитку була, вірогідно, не інтенсивною, що пояснюється доволі високою швидкістю осадонагромадження та помірною гідродинамічною активністю палеобасейну загалом унаслідок скорочення його акваторії та значного обміління. Це основні фактори, які впливали на розподіл хімічних елементів у палеоосадах. Відклади (переважно дельтові – наземної та підводної її частин), що формувались на ділянках палеобасейну з доволі високою гідродинамічною активністю, пізніше були перекриті утвореннями Бориславсько-Покутської підзони і, відповідно, нами не досліджені.

Основною формою міграції літофільних хімічних елементів у палеобасейні було механічне перенесення у складі переважно тонкого завису та волочених наносів. Хімічні елементи цієї геохімічної групи накопичувались на механічних бар'єрах здебільшого у вигляді власних акцесорних мінералів та ізоморфної домішки в них завдяки зміні енергійної механічної міграції на спокійнішу.

Характер розподілу літофільних елементів як у дельтових нерудних, так і у прибережно-морських пісковиках суттєво не розрізняється, про що свідчить аналіз міри зв'язку Cu з цими хімічними елементами (див. таблицю); у дельтових мідистих пісковиках міра зв'язку значно нижча (переважають НКЗ). При цьому значна частина Mn, яка надходила до морського палеобасейну, мігрувала значно далі за інші літофільні елементи, дещо збіднюючи піщані палеоосади. Трохи збільшена міра зв'язку Cu з Yb та Be у мідистих пісковиках може вказувати на можливу участь органічної речовини в їх накопиченні. У міграції Ba важливу роль відігравали істинні та колоїдні розчини. Слабко рухомі катіони Ba, потрапляючи в морську воду, збагачену сульфат-іоном, швидко осаджувались у вигляді BaSO_4 і накопичувались переважно в літофільній зоні палеобасейну.

Розподіл літофільних елементів у червоноколірних глинистих породах різної фаціальної належності має відмінності. У прибережно-морських глинах установлено лише ПКЗ Cu з цими хімічними елементами і, відповідно, ці утворення дещо збагачені літофільними елементами порівняно з мілководно-морськими глинами, де поряд із ПКЗ установлено НКЗ з деякою частиною цих елементів. Загалом, у червоноколірних глинах виявлено вищі, ніж у пісковиках, концентрації Mn, Ti (адже носіями певної частини цього елемента були глинисті мінерали) та низькі Ba, особливо в мілководно-морських утвореннях. У сіроколірних (переважно дельтових) глинах між Cu та іншими літофільними елементами наявний найчастіше НКЗ.

Пісковики всіх фаціальних типів середньої товщі субформації збіднені на халькофільні, Pb і Ga. Основну роль у накопиченні Pb у піщаних осадах відіграла органічна речовина. Відповідно і міра зв'язку Cu з Pb у дельтових мідистих пісковиках, збагачених органічною речовиною, дещо вища, ніж у нерудних дельтових і прибережно-морських. Низька концентрація Ga в пісковиках пояснюється його активною геохімічною міграцією і, відповідно, активним виносом цього елемента за межі зон, де нагромаджувалися піщані палеоосади.

Пісковики середньої (продуктивної) товщі збагачені на Cu. У нерудних пісковиках Cu знаходиться в розсіяному стані, в пісковиках (здебільшого дельтових) з видимою мінералізацією Cu і вуглефікованою органічною речовиною – в концентрованому стані. При цьому роль органічної речовини в накопиченні Cu була значною, що обумовило відповідні форми знаходження цього халь-

кофільного елементу, а саме поглинені іони, металоорганічні сполуки).

Характер розподілу халькофільних елементів у глинистих відкладах середньої товщі має свої відмінності, зважаючи на оцінку міри зв'язку Cu з цими хімічними елементами (див. таблицю). Так, міра зв'язку Cu з Pb і, відповідно, вміст цього хімічного елементу в червоноколірних глинах, доволі закономірно підвищується від прибережно-морських до мілководно-морських глин. Основною формою знаходження Pb у цих утвореннях були поглинені іони, а основним сорбентом – гідроксиди Fe. У сіроколірних глинах із вищим вмістом органічної речовини основну роль у концентрації цього хімічного елементу відігравала органічна речовина.

Міра зв'язку Cu з Ga в червоноколірних глинах різної фаціальної належності практично не змінюється. Вірогідно, основною формою знаходження Ga в цих утвореннях були також сорбовані гідроксидами Fe іони. У сіроколірних глинах, де майже відсутні гідроксиди Fe, між Cu і Ga встановлено лише НКЗ. Міра зв'язку Cu із Sn нижча в сіроколірних глинах, дещо вища – в червоноколірних. Це пов'язано передусім з різними формами знаходження Sn у цих відкладах. Важлива роль у міграції Sn належить його карбонатним комплексам, до того ж цей елемент сорбують глинисті мінерали та гідроксиди Fe, він існує як ізоморфна домішка в мінералах. Розчинні карбонатні комплекси Sn виносилися за межі підводної частини дельти, збіднюючи палеоосади (сіроколірні глини) цієї фаціальної зони на Sn, чим і пояснюється нижчий ПКЗ Cu зі Sn у цих породах.

Концентрація Cu в глинистих утвореннях палеобасейну контрольована, головним чином, органічною речовиною, глинистими мінералами, а також гідроксидами Fe, карбонатами.

Міра зв'язку Cu з Ni і Co в пісковиках різної фаціальної належності середньої товщі дуже низька (між Cu та цими елементами виявлено передусім НКЗ). Такі взаємозв'язки Cu з цими сидерофільними елементами пояснюються активною геохімічною міграцією хімічних елементів і, відповідно, їх активним виносом за межі зон формування піщаних палеоосадів.

Значно збільшена міра зв'язку Cu із сидерофільними елементами в червоноколірних глинах

(див. таблицю). Головна роль у накопиченні цих хімічних елементів належала сорбції гідроксидами Fe, а глиниста складова відкладів містить ці елементи у своєму складі та в поглинальному комплексі. Частина сидерофільних елементів надходила в палеобасейн у вигляді істинних розчинів.

У сіроколірних глинах між Cu та сидерофільними елементами встановлено лише НКЗ, тобто вони активно виносились за межі дельти, збіднюючи, таким чином, ці глинисті осади.

Висновки. У загальному плані розподіл і концентрація хімічних елементів у неогеновому морському палеобасейні на середньому етапі його розвитку були керовані механічною, хімічною, біогенною седиментацією та перерозподілом на стадії діагенезу.

Установлені тенденції розподілу хімічних елементів у відкладах середньої товщі субформації визначені літологічним чинником, більшою мірою – фаціальним, які є відображенням основних факторів – тектонічного та кліматичного.

Форми знаходження хімічних елементів на водозборах і форми їх переносу, гідродинамічний режим водотоків, які транспортували хімічні елементи до морського палеобасейну, та самого палеобасейну на середньому етапі його розвитку, а також фаціальні та фізико-хімічні умови формування палеоосадів створювали геохімічний профіль останніх.

У кожному із виокремлених типів порід різної фаціальної належності встановлено характерні для них кореляційні зв'язки міді з елементами-супутниками та відповідні їм геохімічні асоціації елементів.

Аналіз кореляційних зв'язків і геохімічних асоціацій елементів у відкладах субформації дав змогу з'ясувати основні закономірності міграції та концентрації хімічних елементів у морському палеобасейні седиментації на середньому етапі його розвитку.

Підтверджено, що мідне зруденіння типу «мідистих пісковиків» утворюється в мілководних морських басейнах.

Наявність тих чи інших елементів та їхній середній вміст у відкладах субформації допомагають діагностувати фаціальні типи цих відкладів і можуть слугувати пошуковим критерієм на мідне зруденіння типу «мідистих пісковиків».

Список літератури

1. Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Осокіна Н.П. Екогеохімія Чорного моря. Київ. 2006, 279 с.
2. Основы гидрогеохимических поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983. 199 с.
3. Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд. М.: Наука, 1975. 344 с.
4. Хрущов Д.П., Компанец Г.С. Литология галогенных и красноцветных формаций Предкарпатья. Київ: Наук. думка, 1988. 196 с.

References

1. Mytropolsky O.Yu., Nasedkin E.I., Osokina N.P. (2006) Ecogeochemistry of the Black Sea. Kyiv, 279 p. [in Ukrainian].
2. Kolotov V.A., Krainov S.R., Rubeikin V.Z. et al. (1983). Fundamentals of hydro-geochemical prospecting of ore deposits. Moskow: Nedra. 199 p. [in Russian].
3. Problems of lithology and geochemistry of sedimentary rocks and ores. (1975). Moskow: Nauka. 344 p. [in Russian].
4. Khrushchov D.P., Kompanets G.S. (1988). Lithology of halogen and red-colored formations of Precarpathia. Kyiv: Naukova dumka. 196 p. [in Russian].

Компанец Г.С., Ковальчук М.С.

*Институт геологических наук НАН Украины
01601, ул. О. Гончара, 55-б, Киев, Украина
E-mail: kms1964@ukr.net*

Статистическое взаимоотношение меди с элементами-спутниками в отложениях средней (продуктивной) толщи неогеновой морской красноцветно-терригенной субформации Предкарпатского прогиба

На основании корреляционного анализа оценена мера связи меди с другими химическими элементами и установлена тенденция ее изменений в отложениях разных фациальных типов средней (продуктивной) толщи неогеновой морской красноцветно-терригенной субформации Предкарпатского прогиба. Геохимические исследования дали возможность установить между Cu и ее элементами-спутниками определенные корреляционные связи, а также соответствующие им геохимические ассоциации элементов в каждом из выделенных фациальных типов пород, определить основные факторы, влияющие на распределение химических элементов в морском палеобассейне на среднем этапе его развития.

Ключевые слова: Предкарпатский прогиб, неоген, морская красноцветно-терригенная субформация, медь, элементы-спутники, корреляционный анализ, коэффициент корреляции.

Kompanets G.S., Kovalchuk M.S.

*Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine
01601, Oles Honchar St., 55-b, Kyiv, Ukraine
E-mail: kms1964@ukr.net*

The statistical interconnection of copper and elements-satellites of its in sediments of the middle (productive) strata of the neogenian marine red-terrigenous subformation of the Pre-Carpathians trough

Analysis of trace elements geochemical associations allocated in deposits by red-terrigenous subformation leads to the following conclusions: one of the selected genetic rock types characterized by their geochemical associations and correlations of copper and other trace elements. The determined trends of the distribution of copper and its elements-satellites are caused by lithological and facial factors, which are the image of the tectonically factor to be main. The research results are the basis for the reconstruction of the geochemical evolution of the elements copper and its satellites in the lithogenesis by neogenian marine red-terrigenous subformation of the Pre-Carpathian trough as search criteria and copper mineralization of the «cupreous sandstones».

Keywords: Pre-Carpathian trough, Neogene, marine red-terrigenous subformation, copper, satellite elements, correlation analysis, correlation coefficient.

Надійшла 29.09.2019.