

УДК 550.84

О. О. Беркович, асп., **І. О. Сучков**, к. г.-м. н, доц.
Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова,
кафедра загальної і морської геології
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна

ГЕОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ ЛАНДШАФТНИХ ЗОН ДНІПРОВСЬКОГО ЖОЛОБА — ТЕНДРОВСЬКОЇ ВИСОЧИНИ

Наводяться дані про накопичення і розподіл мікроелементів у поверхневому шарі й у товщі верхньочетвертинних донних відкладень у межах східної зони північно-західного шельфу Чорного моря. Обговорюються виявленні взаємозв'язки між змістами хімічних елементів, а також причини і закономірності їхнього розподілу.

Ключові слова: донні відкладення, вмісти хімічних елементів, кореляційна залежність, геохімічна еволюція.

Донні відкладення є кінцевою ланкою міграції і накопичення мінеральної та органічної речовини. Ступінь і інтенсивність концентрації хімічних елементів безпосередньо залежать від літології донних відкладень і напрямку процесів седиментогенезу, що, у свою чергу, позначаються особливостями рельєфу. У даній роботі, за основу, прийнято ландшафтне районування, що було запропоноване О.Є.Фесюновим [3], для якого були прийняті дві головні і найбільш обумовлені ознаки: літологія донних відкладень і положення в рельєфі. У статті розглядаються геохімічні особливості донних відкладень східної частини північно-західного шельфу Чорного моря. Ландшафтний район Дніпровського жолоба і його східного схилу розташований у палеодолині Дніпра. Ландшафтні райони Західно-Тендровської височини і Тендровського схилу розміщені в порівняно мілководній прибережній частині шельфу і прилягають до Тендровської коси, що є великим акумулятивним тілом.

Загальні закономірності розподілу елементів у поверхневому шарі відкладів

Аналізуючи загальні риси розподілу елементів у поверхневому шарі відкладів, М.М.Страхов розділив їх на три групи [1,2]. В основу розділу були покладені форми міграції елементів у живлячих басейн ріках.

До першої групи, по класифікації М. М. Страхова, відносяться найменш геохімічно рухливі елементи: Ti, Zr, Ge, Cr, V. Ці елементи надходять у море винятково в зваженій формі, в основному в грубих фракціях суспензії; осідають разом із грубоуламковим теригенним

матеріалом. До цієї ж групи можна віднести Ga і рідкоземельні елементи: Y, Yb, Nb.

До другої групи відносяться Mn, Ni, Co, Cu, Mo, P, CaCO₃, органічний вуглець (C_{орг}), у надходженні яких з річковим стоком чітко простежується роль розчинів. Крім того, спостерігається їх явно виражене тяжіння до тонко-пелитової фракції суспензії. Ці елементи мігрують не тільки в складі суспензій, але й у розчині. Усі мікроелементи можуть утворювати в відкладах аутигенні форми. Однак, найчастіше вони знаходяться у вигляді ізоморфних заміщень в аутигенних мінералах макроелементів (CaCO₃), а також як сорбовані іони на глинистих мінералах і органічній речовині.

У третю групу М.М.Страхов виділяє Zn і Pb. Їхній розподіл відрізняється значною неоднорідністю. У річковому стоці цинк і свинець тяжіють до субколоїдної фракції суспензій і частково переносяться в розчині. До цієї ж групи можливо віднести і бериллій, судячи з його рухливості в морській воді [1].

А. Ю. Митропольський поділяє другу групу на дві підгрупи [4]. До підгрупи «а» відносить елементи, геохімічна рухливість яких виражається в основному в приуроченості їх до найбільш тонкої фракції суспензії, а частка розчиненої форми в річкових водостоках невелика. Це елементи Mn, Ni, Cu, Be, Zn, Pb. До підгрупи «б» відносяться Mo, Co, Ag, C_{орг}, що у водах рік і моря мігрують майже винятково в розчині, вони практично не пов'язані з теригенним матеріалом, а мають гідрогенне походження.

Для визначення хімічного складу донних відкладень був проведений рентгено-спектральний аналіз (емісійно-спектральний напівкількісний метод), 253 проб, відібраних на 14 профілях ділянки. У результаті статистичної обробки даних були визначені загальні закономірності розподілу елементів у межах розглянутих районів.

Найбільш високі середні вмісти Ba, P, Cr, Pb, Sn, Ga, Ni, Y, Yb, Zn, Zr, Co, Ti, Cu, V, Ge, Mo, Li, La, Mn, Be, Ag, Nb, а також C_{орг} відзначаються в районі Дніпровського жолоба і зменшуються в напрямку до Тендровського схилу, де спостерігаються мінімальний вміст даних елементів. Підвищення середнього вмісту Sr (1176,47·10⁻⁴%) і CaCO₃ (45,45%) спостерігаються в районі Західно-Тендровської височини, відповідно мінімальний рівень їхнього вмісту знаходиться в Дніпровському жолобі (Sr – 345,47·10⁻⁴% і CaCO₃ — 37,57%).

Оцінюючи просторовий розподіл мікроелементів у донних відкладеннях досліджуваного району, можна відзначити, що ділянка з підвищеними концентраціями; що значно перевищують регіональні фонові значення [4], належить до ландшафтного району Дніпровського жолоба. Це пов'язано з розвантаженням розчиненого і тонкорозмірного твердого річкового стоку Дніпра і Бугу, що підтверджується концентрацією в даному районі елементів першої групи, а також літологічним складом донних відкладень. Донні відкладення ландшафтного району Дніпровського жолоба представлені глинистими мулами, що пояснює концентрацію елементів другої групи, які тяжіють до

тонкопелітової фракції. Мінімальні концентрації спостерігаються у карбонатних різновидах донних відкладень, що поширені в районах Західно-Тендровської височини і Тендовського схилу. Статистична обробка даних виявила позитивну кореляцію між концентраціями більшості важких металів з вмістом пелітової фракції донних відкладень, органічним вуглецем і, відповідно, зворотну кореляційну залежність вмісту важких металів і CaCO_3 , концентрація якого різко падає в депресіях. Також відзначається позитивний зв'язок Sr з CaCO_3 і негативний — із $C_{\text{орг}}$. Між елементами найбільш тісний позитивний зв'язок виявлений у Cr, V, Ga, Pb, а також у Ni і Sn, у меншому ступені, з ними зв'язаний P та інші елементи.

У районі східного схилу Дніпровського жолоба, у порівнянні з дном жолоба, спостерігається зниження концентрацій більшості мікроелементів, виключенням є La, середні вмісти якого в даному районі максимальні — $21,61 \cdot 10^{-4} \%$; концентрація Sr підвищуються до $846,77 \cdot 10^{-4} \%$. Найбільш тісні позитивні кореляційні залежності виявлені в Cr-Pb-Mb, Cu-Ni і $C_{\text{орг}}$ -Cu, а також сильні негативні кореляції між CaCO_3 і Cr, Sn, Ga, Ag; між Sr і Ag, Mn, Zn, Zr, Ge.

Як вже вказувалося вище, максимальні концентрації стронцію присвячені до району черепашників Західно-Тендровської височини і зв'язані з максимальною концентрацією CaCO_3 . Механізм концентрування забезпечується можливістю ізоморфного входження в кристалічну структуру карбонатів стронцію і барію. Основним карбонатним мінералом у донних відкладеннях є кальцит, для якого характерний широкий спектр ізоморфних заміщень позицій Ca у кристалічній структурі на катіони Ba або Sr, аж до утворення власних мінералів барію і стронцію (бенстоніт, альстоніт, стронціаніт) [2,7].

Мінімальні концентрації середніх вмістів спостерігаються для Y, Yb, Co, Ge, а також для $C_{\text{орг}}$ і Ba. Найбільш сильна позитивна взаємозалежність спостерігається між Pb-Cr-Zn-Ni, небагато слабкіше — між P і Ag, Co і Ge; негативна кореляційна залежність найбільше добре виражена в CaCO_3 з P і Ag. Негативна взаємозалежність карбонату Ca і Ag обумовлюється тяжінням останнього до пелітової фракції.

Непояснена мінливість середніх вмістів Ba, що з погляду О. Є. Фесюнова [3] нагадує картину розподілу CaCO_3 . У даному випадку результати наших досліджень не виявили значимого зв'язку Ba з CaCO_3 , але існує яскраво виражений взаємозв'язок між середніми вмістами барію і $C_{\text{орг}}$.

Район Тендровського схилу характеризується мінімальним вмістом важких металів (крім Co, мінімальні концентрації якого присвячені до схилу Дніпровського жолоба), тісним кореляційним зв'язком між Ga, Ni, Ge, V і Co і ін. Негативна кореляція спостерігається між Sr і важкими металами.

При порівнянні результатів наших досліджень з даними, отриманими І. І. Волковим і А. Ю. Митропольським для глибоководних відкладень [4], було виявлене перевищення на порядок середніх змістів Ti, Zr, Cr і Be у районі Дніпровського жолоба. Це можна пояснити

тим, що всі елементи, крім берилію відносяться до першої групи, що накопичується разом із грубоуламковим теригенним матеріалом і тому має мінімальне поширення в глибоководних частинах моря. Максимальні концентрації берилію, за Митропольським, також пристосовані до периферії басейну. Видиме, розподіл берилію залежить від постачання у відклад теригенної кластики ріками, процесу руйнування берегів і розносу цього матеріалу течіями. Розподіл берилію залежить також від мінерального складу теригенного матеріалу. У вивчених відкладах цей елемент зосереджений у польових шпатах, кварці, магнетиті, рутилі, цирконі й обкатаних кристалах слабкопофарбованого жовтувато-зеленого берила і гелівина. У глинистій фракції берилій відсутній. При розгляді кореляційної залежності між теригенними мінералами був виявлений тісний позитивний зв'язок між титанистими і цирконовміщуючими мінералами: ільменіт, рутил і анатаз, циркон [5], що містять, в свою чергу, у якості домішки берилій.

Таким чином, накопичення і розподіл геохімічних елементів в окремих ландшафтних зонах знаходяться в прямій залежності від форми надходження елементів з річковим стоком, умов седиментації і типу донних відкладень.

Розподіл мікроелементів у товщі верхньочетвертинних відкладень

Картина розподілу мікроелементів у товщі верхньочетвертинних відкладів складна і неоднорідна. Вміст практично всіх мікроелементів залежить від вмісту у відкладах карбонату кальцію. При збільшенні останнього концентрації мікроелементів зменшуються. У розподілі багатьох з досліджених мікроелементів відзначається кореляція їхнього вмісту з концентрацією у відкладах органічної речовини. Однак часто така кореляція слабо виражена.

Загальну спрямованість геохімічної еволюції пізньочетвертинних відкладень північно-західного шельфу Чорного моря, в цілому, відбиває характер мінливості середніх вмістів вивчених хімічних елементів.

З чотирьох раніше розглянутих районів достатньою кількістю інформації для проведення статистичної обробки даних забезпечені три райони: східний схил Дніпровського жолоба, Західно-Тендровська височина і Тендровський схил.

Прорив середземноморських вод і зміна гідрохімічного режиму басейну призвели до масового розселення середземноморської фауни, яка відрізняється більш високою біопродуктивністю в порівнянні із солоноватоводною новоевксинською, особливо моллюсків мідій і цeras-тодерми. І як наслідок цього, середні значення карбонатності сучасних відкладень значно вище, ніж у давньочорноморських і новоевксинських, тому що черепашковий матеріал - основний постачальник біогенних карбонатів у зоні мілководдя. Також більш високими значеннями в новочорноморських відкладеннях у порівнянні з давньочорноморськими і новоевксинськими відрізняється і вміст S_{org} . З одного боку, це пов'язано з більш високою в даний час біопродуктивністю

крім бентосу фіто- і зоопланктону за рахунок евтрофікації моря [3], а з іншого боку — за рахунок деструкції органічної речовини в нижніх шарах у процесі діагенетичного перетворення відкладів.

Мінливість вмістів мікроелементів у вивченій товщі пізньочетвертинного розрізу істотно відрізняється від розподілу C_{org} і карбонатності. По М.М. Страхову, розподіл елементів у поверхневих відкладах Чорного моря контролюється формами міграції в річковому стоці і гідродинамічному режимі поверхневої кисневої зони водяної маси [6]. Тому зміни в балансі надходження осадового матеріалу можуть вносити істотні корективи в процес накопичення і розподілу визначених елементів у залежності від форми їхнього надходження у водойом.

У районах східного схилу Дніпровського жолоба і Тендровського схилу спостерігається загальна для всіх металів (за винятком барію і стронцію) тенденція зменшення середніх вмістів нагору по розрізу, що можна пояснити збільшенням нагору по розрізу вмісту $CaCO_3$, яке пов'язане з «розчинюючим» ефектом карбонатного осадконакопичення.

На фоні загальної закономірності необхідно відзначити і ряд окремих особливостей. Так, для таких елементів як Sn і Ni (тільки по р-ну Тендровського схилу), Ag, Zr, Pb, Cu, Mo, La і Li спостерігається плавне зниження вмістів від новоевксинських до новочорноморських відкладень. А для Sn і Ni (східний схил Дніпровського жолоба), Nb, Ti, Cr, V, Zn і Ga характерно різке, у 2-2,5 рази, зменшення концентрацій від новоевксинського до давньочорноморського і новочорноморського горизонтів. У районі Західно-Тендровської височини спостерігається плавне зменшення концентрацій усіх вищезначених мікроелементів від давньочорноморських відкладень до новоевксинських і різке зменшення — від давньочорноморських до сучасних відкладень. Подібним чином змінюються концентрації Y і Yb у розглянутих районах. Виділяється характером мінливості концентрацій Mn, мінімум середніх концентрацій якого відзначається в давньочорноморському шарі, а максимум — у новоевксинському. Концентрація Ba і Sr, як уже відзначалося вище, характеризується зменшенням вниз по розрізу.

Таким чином, зміст усіх досліджуваних елементів закономірно змінюється при переході від новоевксинських опадів до сучасних. Видимо, такий розподіл елементів обумовлений змінами геохімічної обстановки в Чорному морі, що відбулися в післяноевксинський час.

Геохімічні малорухомі елементи — Ti, Zr, Cr, Ge, Ga, що надходять винятково в грубих фракціях суспензії, показують найбільш високі середні вмісти в новоевксинському горизонті, а мінімальні - у сучасних відкладах. Максимальні концентрації цих елементів у зазначених горизонтах обумовлюються тим, що величина теригенного стоку в новоевксинський час у 5-6 разів перевищувала сучасну. Однією з причин різкого зниження середніх вмістів елементів першої групи, у сучасний період, можливо є зарегулювання стоку рік, і викликані цим зміни у балансі надходження седиментаційного матеріалу у бік збільшення частки розчинних форм.

Мінливість середніх вмістів Ba і Sr у розрізі донних відкладень нагадує картину розподілу CaCO₃. Тобто найбільш високі середні значення відзначаються в новочорноморських відкладеннях, а найбільш низькі — у новоевксинському. Можливо, що накопичення Ba в відкладах, аналогічно стронцію, має зв'язок з біогенною карбонатною складовою.

Проведений аналіз середніх вмістів дозволив, у цілому, оцінити особливості і характер розподілу вивчених геохімічних параметрів. Необхідно відзначити, що зміна гідрохімічного режиму, що відбулася в давньочорноморський час, призвела до підвищення ролі карбонатонакопичення в процесі седиментації і зменшенню вмістів у донних відкладеннях більшості мікроелементів (за винятком Ba і Sr).

Література

1. *Страхов М. М.* Геохімічна еволюція Чорного моря в голоцені // Літологія і корисні копалини. — 1971. — № 3. — С. 3-21.
2. *Страхов М. М.* Проблеми геохімії сучасного океанського літогенезу. — М.: Наука, 1976. — 300 с.
3. *Фесюнов О. Є.* Геоекологія північно-західного шельфу Чорного моря. — Одеса: Астропринт, 2000. — 56 с.
4. *Митропольский А. Ю., Безбородов А. А., Овсяний Є. Г.* Геохімія Чорного моря. — К.: Наукова думка, 1982. — 142 с.
5. *Федорончук Н. О.* Мінералогічна характеристика ділянки «Тендра» північно-західного шельфу Чорного моря. // Вістник Одеського Державного університету. — 1999. — Т. 4, № 5. — С. 17-22.
6. *Страхов М. М., Белова М. В., Глаголева М. А.* та ін. Розподіл і форми знаходження елементів в поверхньому шарі сучасних чорноморських відкладень // Літологія і корисні копалини. — 1971. — № 2. — С. 3-31.
7. *А. А. Годовіков.* Мінералогія. — М.: Недра, 1983. — 645 с.

О. О. Беркович, И. А. Сучков

Одесский национальный университет им И. И. Мечникова,
кафедра общей и морской геологии
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65026, Украина

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЛАНДШАФТНЫХ ЗОН ДНЕПРОВСКОГО ЖЕЛОБА — ТЕНДРОВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Приводятся данные о накоплении и распределении микроэлементов в поверхностном слое и в толще верхнечетвертичных донных отложений в пределах восточной зоны северо-западного шельфа Черного моря. Проведен статистический и корреляционный анализ данных. Обсуждаются выявленные взаимосвязи между содержаниями химических элементов, а также причины и закономерностей их распределения.

Ключевые слова: донные отложения, содержания химических элементов, корреляционная зависимость, геохимическая эволюция.

O. Berkovich, I. Suchkov

Odessa National University

Dvoryanskaya str., 2, Odessa, 65026, Ukrain

GEOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF DNIEPER TROUGH AND TENDRA HEIGHT LANDSCAPE SEDIMENTS

Resume

Concentration and distribution of microelements within recent and Upper Quaternary sediment on eastern part of northwestern Black Sea shelf are characterized. Statistical treatment including correlation analysis of all data has been done. Interdependence between contents of chemical elements, causes and peculiarities of their distribution are discussed.

Key words: sediment, chemical elements content, correlation, geochemical evolution.