

УДК 550.84

И. А. Сучков, канд. геол.-мин. наук, доцент
Н. В. Тюленева, канд. геол. наук, доцент
кафедра общей и морской геологии
Одесский национальный университет имени И.И.
Мечникова ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

ГЕОХИМИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ГОЛОЦЕНЕ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

Приводится анализ результатов изучения геохимических особенностей донных отложений голоценового возраста северо-западного шельфа Черного моря. На основе проведенного анализа рассматривается динамика изменения геохимических условий осадконакопления в голоцене, механизмы миграции и концентрирования химических элементов. Показано что изменение концентраций элементов в голоценовых отложениях выражаются в обогащении современных донных отложений карбонатным материалом, органическим веществом, стронцием и барием и обеднением их другими элементами. Основной из причин указанных изменений является внедрение в черноморский бассейн средиземноморских вод, вызвавших смену гидролого-геохимического режима бассейна, и как следствие этого, перестройку седиментационного процесса и увеличение роли карбонатного материала.

Ключевые слова: донные отложения, условия осадконакопления, геохимия

Введение

Голоценовая история геологического развития Черноморского бассейна в настоящее время является предметом дискуссии [10]. Исследователями обсуждаются различные сценарии вторжения средиземноморских вод в Черноморский бассейн, повлекшие изменения условий осадконакопления. Изменения этих условий отражаются в составе и свойствах разновозрастных донных отложений. Донные отложения являются конечным звеном миграции и накопления вещества в морских бассейнах и отражают все особенности истории развития морского бассейна. В связи с этим представляется важным рассмотрение геохимических особенностей разновозрастных донных отложений региона как отражение динамики условий осадконакопления.

Целью представленных исследований было определение динамики изменения геохимических особенностей условий осадконакопления в пределах северо-западного шельфа Черного моря в течение голоцена.

Объектом исследования являются донные отложения новоэвксинского, древнечерноморского и новочерноморского возраста. *Предметом исследований* являются геохимические особенности голоценовых донных отложений.

Рассмотрение эволюции геохимических условий осадконакопления является также необходимым для корректной оценки современного экологического

состояния морской среды, также необходимо рассмотрение динамики осадконакопления. Детальное изучение геохимических особенностей и минералогии донных отложений важно для оценки механизмов фиксации химических элементов. Геохимии донных отложений Черного моря посвящено ряд работ [1-3, 9], в которых рассмотрена геохимия отдельных элементов. Вместе с тем, изменение геохимической обстановки Черноморского бассейна в связи со вторжением средиземноморских вод и отражение этого в условиях осадконакопления изучены недостаточно.

Материалы и методика исследований

Материалом для исследования послужили данные ландшафтно-геоэкологической съемки масштаба 1:50 000, проводимых отраслевой научно-исследовательской лабораторией геологии и геохимии моря Одесского национального университета имени И.И. Мечникова в 1983-1992 годах, а также последующих геомониторинговых работ в пределах северо-западного шельфа Черного моря. Были использованы результаты геолого-съёмочных работ, выполненных ГРГП «Причерноморгеология».

Пробы современных донных отложений отбирались с помощью дночерпателя «Океан». Для получения колонки донных отложений использовалась вибропоршневая трубка диаметром 76 мм, а также прямоточная ударная трубка диаметром 107 мм. Возраст донных отложений определялся по фаунистическим остаткам сотрудниками кафедры общей и морской геологии ОНУ имени И.И. Мечникова, а также сотрудниками ИГН НАН Украины. Для типизации донных отложений использовалась гранулометрическая классификация предложенная Л.Б.Рухиным [4, 5]. В пробах донных отложений определялись следующие параметры: содержание органического углерода (методом Тюрина в модификации Орлова и Гришина с спектрофотометрическим окончанием), карбонатность (объемный метод), производилось определение элементного состава (атомно-абсорбционным методом на приборе ASS-3).

Результаты исследований и их анализ

Донные отложения новоэвксинского возраста представлены песками, алевроитовыми илами с примесью раковинного материала и ракушниками. Древнечерноморские отложения представлены широким спектром осадков - от илов глинистых и алевроитовых до песков и ракушников. Новочерноморские отложения характеризуются широким распространением ракушников с примесями песка, алевроита и пелита, а также песков и алевроитовых илов.

Изменения в площадном распределении различных типов донных осадков в голоценовое время рассматривалось нами ранее [8]. Во многом распределение типов донных отложений контролируется особенностями субаэрального рельефа затопленного морем [6, 7].

Содержания химических элементов в современных донных отложениях разных геоморфологических районов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Средние значения содержания компонентов в донных отложениях северо-западного шельфа Черного моря

Элементы п*10 ⁻³ %	Район Днепровского желоба	Район восточного склона Днепровского желоба	Район Западно- Тендровской возвышенности	Район Тендровского склона
Сорг, %	1,75	0,67	0,33	0,69
CaCO ₃ , %	37,57	45,45	51,57	-
Ba	47,39	39,68	21,77	41,88
P	32,97	29,68	8,82	4,51
Cr	11,27	3,56	2,57	1,67
Pb	1,78	1,08	1,12	0,93
Sn	0,19	0,14	0,15	0,11
Ga	0,51	0,48	0,31	0,20
Ni	3,70	2,14	1,41	1,18
Y	1,39	1,24	1,07	1,18
Yb	0,07	0,02	—	0,02
Zn	3,20	1,32	0,91	0,44
Zr	21,66	19,03	18,12	11,42
Co	0,91	0,42	0,27	0,33
Ti	268,67	248,39	171,18	138,82
Cu	2,23	1,89	1,42	1,05
V	3,51	2,37	1,42	1,06
Ge	0,10	0,06	0,02	0,02
Mo	0,19	0,13	0,08	0,07
Li	1,55	0,81	0,32	0,27
La	1,63	2,16	0,65	0,64
Sr	34,55	84,68	117,65	101,95
Mn	69,08	42,26	38,24	37,47
Be	0,12	0,09	0,06	0,02
Mb	0,90	0,32	0,22	0,13
Ag	2,73	1,87	1,85	1,11

Оценивая пространственное распределение химических элементов в донных отложениях территории, можно выделить участок Днепровского желоба, который характеризуется повышенными концентрациями, значительно превышающими региональные фоновые значения. Здесь отмечаются наиболее высокие средние содержания Ba, P, Cr, Pb, Sn, Ga, Ni, Y, Yb, Zn, Zr, Co, Ti, Cu, V, Ge, Mo, Li, Mn, Be, Ag, Mb, а также органического углерода (табл. 1). Такие геохимически малоподвижные элементы как Ti, Zr, Ge, Cr, V, а также Ga и редкоземельные элементы - Y, Yb, Nb связаны с устойчивыми основными породообразующими минералами и минералами тяжелой фракции, которые поступают в море во взвешенной форме в виде твердого терригенного стока. Накопление этих минералов в районе Днестровского желоба связано с их приносом реками Днепр и Буг.

Концентрирование других элементов в этом районе связано с сорбцией на глинистых минералах, гидроксидах металлов, органоминеральной взвеси и других веществах. Процесс адсорбции на гидроксидах железа и марганца, глинистых частицах и органическом веществе является контролирующим для Cu, Zn, Pb и в меньшей мере для Ni и Co. При коагуляции железа в осадок захватывается P, Sr, V, Ni, Co, Pb; гели окислов осаждают Co, Ni, Ba. Данные микроэлементы мигрируют не только в составе взвесей морской воды, но и в растворенной форме. Активно сорбируясь из морской воды глинистыми частицами, элементы концентрируются в пелитовых разновидностях донных отложений. Преимущественная концентрация этих элементов в районе Днепровского желоба объясняется литологическим составом донных отложений района, представленных глинистыми илами.

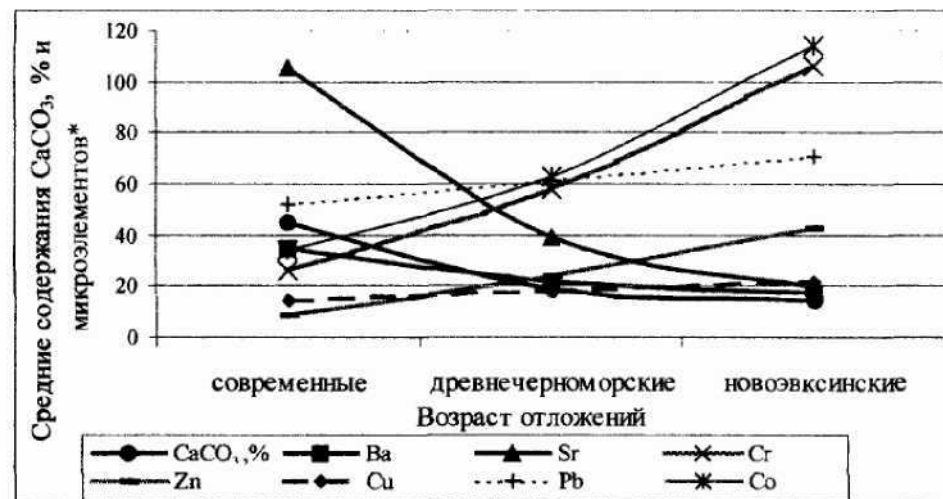


Рис. 1. Изменение содержания CaCO₃, Ba, Sr, Cr, Zn, Cu, Co и Pb в голоценовых отложениях. Содержание Ba, Sr, n*10⁻³%; Cr, Zn, Cu, Pb n*10⁻⁴%; Co, n*10⁻⁵%.

Стронций имеет положительную корреляционную связь с содержанием CaCO_3 и отрицательную с органическим углеродом в донных осадках. Соответственно максимальные содержания Sr связаны с карбонатными осадками и наблюдаются в районе Западно-Тендровской возвышенности (CaCO_3 свыше 50 %), минимальный уровень его содержания находится в Днепровском желобе, где преобладают глинистые отложения.

В целом между элементами наиболее тесная позитивная связь выявлена у Sr , V , Ga , Pb , а также у Ni и Sn , менее сильно с ними связан P , достаточно сильную негативную связь с Zn , Zr , Cr и Ge имеет Sr .

При сопоставлении результатов наших исследований с данными, полученными И.И. Волковым [1] и А.Ю. Митропольским [2] для глубоководных осадков, было выявлено значительное превышение средних содержаний Ti , Zr , Cr и Be в районе Днепровского желоба, что объясняется накоплением Tc Zr , Cr с грубообломочным терригенным материалом и потому имеющими минимальное распространение в глубоководных частях моря. Максимальные концентрации бериллия, по данным А.Ю. Митропольского, также приурочены к периферии бассейна. Видимо, распределение бериллия зависит от поставки в осадок терригенной кластики реками, процесса разрушения берегов и разноса этого материала течениями. Распределение бериллия зависит также от минерального состава терригенного материала. В изученных осадках этот элемент сосредоточен в полевых шпатах, магнетите, рутиле, цирконе и окатанных кристаллах слабоокрашенного желтовато-зеленого берилла. Содержание геохимически подвижных элементов в глубоководной части бассейна [1,2] выше их средних значений в пределах шельфа, что объясняется увеличением роли растворов в миграции элементов этой группы, соответственно выносом и осаждением их в пелагических частях бассейна.

Рассмотрим возможные причины и факторы, определяющие распределение изученных элементов в вертикальном разрезе от новоэвксина до современного времени.

Анализ изменчивости содержания элементного состава донных отложений в позднечетвертичное время показал существенное отличие от распределения в осадках органического углерода и CaCO_3 - наблюдается общая для всех металлов (за исключением бария и стронция) тенденция уменьшения средних содержаний от новоэвксина к настоящему времени (рис. 2).

Содержания практически всех микроэлементов имеет обратно пропорциональную зависимость от содержания карбоната кальция.

Биогенные карбонаты маскируют распределение элементов и интенсивность миграционных процессов в осадочной толще, вследствие чего накопление металлов существенно снижается за счет эффекта разбавления. Противоречивая роль биогенного материала включает действие разнонаправленных процессов разбавления валовых содержаний (Ti , Zr , Ge , Cr , V , Be , Cu , Zn , Pb , Ni , Co) и концентрирование (Ba , Sr) вещества. Механизм концентрирования

обеспечивается возможностью изоморфного вхождения в кристаллическую структуру карбонатов стронция и бария.

Для элементов Zn, Pb, Cu, Mo, La, Y и Mn наблюдается плавное снижение средних содержаний от новоэвксинского к древнечерноморскому и новочерноморскому горизонтам. А для Sn, P, Be, Ni, Ti, V, Zr и Ие характерно резкое, до 2-2,5 раз уменьшение концентраций от новоэвксинских к современным отложениям.

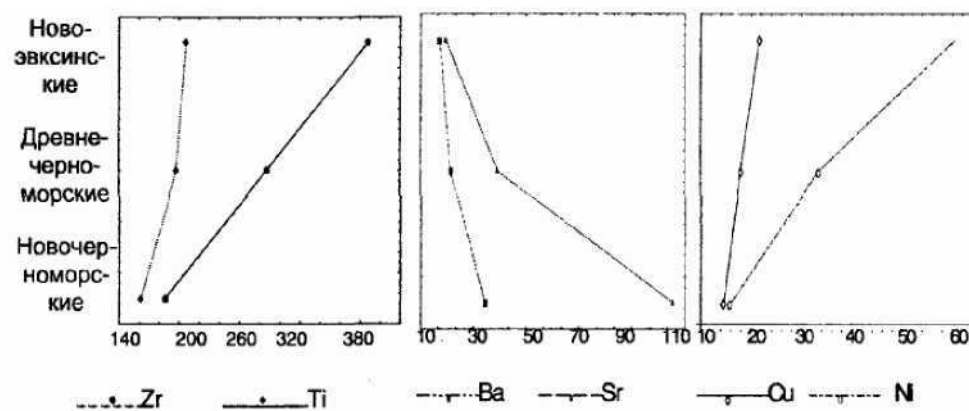


Рис.2. Содержание элементов в толще голоценовых отложений. Содержание Ti, Ba, Sr, $n \cdot 10^{-3} \%$, Zr, Cu, Ni, $n \cdot 10^{-4} \%$

Максимальные концентрации в древних отложениях геохимически мало-подвижных элементов, попадающих в область осадконакопления в виде взвесей вместе с терригенным материалом, объясняются тем, что скорости осадконакопления терригенного материала в новоэвксинское время в 5-6 раз превышало современную [2]. Поступление обломочного материала было связано с выносами рек, а также с абразией отступающей береговой линии, частичным размывом ранее накопленных донных отложений. Одной из причин современного снижения содержания малоподвижных элементов является, наряду с «разбавляющим» эффектом карбонатакопления, зарегулирования стока рек, что вызвало смещения в балансе поступления седиментационного материала в сторону поступления растворенных форм.

Описываемые в толще осадков Черного моря закономерности распределения химических элементов - следствие сложной и многосторонней геохимической эволюции бассейна седиментации с новоэвксинского по современное время. Изменение концентраций элементов от новоэвксинских через древнечерноморские к современным осадкам выражаются в обогащении последних карбонатным материалом, органическим веществом, стронцием и барием и обеднением их другими элементами (в частности - цветными металлами). Следует отметить, что для северо-западного шельфа, как и для всего Черного

моря, наиболее существенным событием, повлекшим за собой смену гидрохимического режима и массовое расселение средиземноморской фауны, являлся прорыв средиземноморских вод в древнечерноморское время. Как следствие этого, средние значения карбонатности современных отложений значительно выше, чем в древнечерноморских и новоэвксинских, так как средиземноморская фауна имеет более высокую биопродуктивность по сравнению с солоноватоводной новоэвксинской, а раковинный материал является основным поставщиком биогенных карбонатов в зоне мелководья. Содержание C_{org} также отличается более высокими значениями в новочерноморских отложениях по сравнению с нижележащими осадками. С одной стороны, это связано с более высокой в настоящее время биопродуктивностью помимо бентоса, фито- и зоопланктона за счет эвтрофикации моря, а с другой - за счет деструкции органического вещества в процессе диагенетического преобразования осадков.

Выводы

Описываемые в толще осадков Черного моря закономерности распределения химических элементов - следствие сложной и многосторонней геохимической эволюции бассейна седиментации с новоэвксинского по современное время. Изменение концентраций элементов от новоэвксинских через древнечерноморские к современным осадкам выражаются в обогащении последних карбонатным материалом, органическим веществом, стронцием и барием и обеднением их другими элементами (в частности - цветными металлами).

Основной из причин указанных изменений является внедрение в черноморский бассейн средиземноморских вод, вызвавших смену гидролого- и геохимического режима бассейна, и как следствие этого, перестройку седиментационного процесса и увеличение роли карбонатного материала.

Список использованной литературы

1. Волков И.И. Основные закономерности распределения химических элементов в толще глубоководных осадков Черного моря // И.И. Волков // Литология и полезные ископаемые. - 1973. - №2. - С. 3-21.
2. Митропольский А.Ю. Геохимия Черного моря // А.Ю. Митропольский, А.А., Безбородов, Е.И. Овсяный - К.: Наукова думка, 1982. - 142 с.
3. Митропольский О.Ю. Екогеохімія Чорного моря / О.Ю. Митропольський, Є.І., Наседкін, Н.П. Осокіна. - К., - 2006. - 279 с.
4. Рухин Л.Б. Основы литологии // Л.Б. Рухин. - Л., «Гостоптехиздат», 1961 - 216 с.
5. Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов // Под ред. В.Н. Шванова - С-Пб., «Недра», 1998. - 352 с.
6. Сучков И.А. К геоморфологии северо-западного шельфа Черного моря // И.А. Сучков // Геология и полезные ископаемые Черного моря. - Киев, 1999. - С. 365-370.
7. Сучков И.А. Палеогеоморфология и история формирования северо-западного шельфа Черного моря // И. А. Сучков, Н. А. Федорончук, А. В. Чепижко // Вісник Одеського університету. - 2000. - № 2С. 34-38.
8. Тюленева Н.В. Фации голоценовых донных отложений северо-западного шельфа Черного моря // Н.В. Тюленева // Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. - 2010. - Вип.3. - С. 212-218.
9. Фесюнов О.Е. Геоэкология северо-западного шельфа Черного моря // Фесюнов О.Е. - Одесса: Астропринт, - 2000. - 100 с.
10. Янко-Хомбах В.В. Колебания уровня Черного моря и адаптационная стратегия древнего человека за последние 30 тысяч лет // В.В. Янко-Хомбах, Е.В. Смытнына, С.В. Кадурич, Е.П. Ларченко, И.В. Моткнко,

С.В. Какараза //Геология и полезные ископаемые мирового океана. - Выпуск №2. –2011. -С. 61-94.

References

- [1] Volkov I.I. 1973. Osnovnye zakonomernosti raspredeleniya himicheskikh elementov v tolsche glubokovodnykh osadkov Chernogo morya. *Litologiya i poleznye iskopae* (2): 3-21.
- [2] Mitropolskij A.Yu., Bezborodov A.A., Ovsyanij E.I. 1982. *Geohimiya Chernogo morya*. K.: Naukova dumka.
- [3] Mitropolskij O.Yu., Nasedkin S.I., Osokina N.P. 2006. *Ekogeohimiya Chornogo morya*. K.: Naukova dumka.
- [4] Ruhin L.B. 1961. *Osnovy litologii*.L.: Gostoptehizdat.
- [5] Sistematika i klassifikacii osadochnykh porod i ih analogov, pod red. V.N. Shvanova, 1998. S-Pb., Nedra.
- [6] Suchkov I.A. 1999. K geomorfologii severo-zapadnogo shelfa Chernogo morya. *Geologiya i poleznye is- kopaemye Chernogo morya*. Kiev. 365-370.
- [7] Suchkov I. A., Fedoronchuk N. A., Chepizhko A. V. 2000. Paleogeomorfologiya i istoriya formirovaniya severo-zapadnogo shelfa Chernogo morya. *Visnik Odeskogo universitetu*. (2): 34-38.
- [8] Tyuleneva N.V. 2010. Facii golocenovykh donnykh otlozhenij severo-zapadnogo shelfa Chernogo morya. *Zbirnik naukovih prac Institutu geolichnih nauk NAN Ukraïni*. 3: 212-218.
- [9] Fesyunov O.E. 2000. *Geoekologiya severo-zapadnogo shelfa Chernogo morya*. Odessa: Astroprint.
- [10] Yanko-Hombah V.V., Smyntyna E.V., Kadurin S.V., Larchenkov E.P., Motnknko I.V., Kakaraza S.V. 2011. Kolebaniya urovnya Chernogo morya i adaptacionnaya strategiya drevnego cheloveka za poslednie 30 ty- syach let. *Geologiya i poleznye iskopae mye mirovogo okeana*. (2): 61-94

Поступила 25.02.2014

I. О.Сучков, канд геол.-мін. наук, доцент
Н. В. Тюленева, канд геол. наук, доцент
 кафедра загальної та морської геології
 Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
 вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

ГЕОХІМІЯ ОСАДКОНАКОПИЧЕННЯ У ГОЛОЦЕНІ У МЕЖАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ

Резюме

Наводиться аналіз результатів вивчення геохімічних особливостей донних відкладень голоценового віку північно-західного шельфу Чорного моря. На основі проведеного аналізу розглядається динаміка зміни геохімічних умов осадконакопичення у голоцені, механізми міграції та концентрування хімічних елементів. Показано що, зміна концентрацій елементів в голоценових відкладеннях виражаються в збагаченні сучасних донних відкладень карбонатним матеріалом, органічною речовиною, стронцієм і барієм та збіднінням відкладів іншими елементами. Основний з причин зазначених змін є надходження в чорноморський басейн середземноморських вод, що викликало зміну гідролого-геохімічного режиму басейну, і як наслідок цього, перебудову седиментаційного процесу і збільшення ролі карбонатного матеріалу.

Ключові слова: донні відкладення, умови осадконакопичення, геохімія

I. A. Suchkov, PhD geology, associate professor
N. V. Tuleneva, PhD geology, associate professor
 Department of Physical and Marine Geology
 Odessa I.I.Mechnikov National University
 Dvoryanskaya Str. 2, Odessa, 65082, Ukraine

GEOCHEMISTRY OF SEDIMENT FORMING PROCESSES IN THE NORTHWESTERN BLACK SEA SHELF**Abstract**

Analysis of geochemistry features of the Holocene bottom sediments in the Northwestern Black Sea are presented. On the basis of the analysis which was fulfilled the dynamic of geochemistry of sediment forming conditions during the Holocene, migration and concentration mechanisms of chemical elements were considered. It was shown that alteration of chemical elements concentration in the Holocene deposits became evident in enrichment of modern bottom sediments in carbonate material, organic matter, strontium, barium and also in depletion in some other elements (in particular - non-ferrous metals). The main reason for such changes is intrusion of the Mediterranean waters into the Black Sea, which caused hydrological and geochemical regime alteration in the basin, and as the result changes in sedimentological process and increase in carbonate material role.

Keywords: bottom sediments, sediment forming conditions, geochemistry