

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского
Серия «География» Том 16 (55) №1 (2003) 33-39.

УДК 550.84

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

Беркович О.О., Сучков И.А.

В связи с освоением морских ресурсов резко возрастает антропогенная нагрузка на прибрежные и шельфовые зоны, куда поступает значительная часть продуктов техногенеза. Так как одним из наиболее опасных видов техногенного воздействия на природную среду является загрязнение химическими веществами, важное значение должно придаваться всестороннему изучению процессов геохимической миграции и рассмотрению особенностей седиментогенеза. Современное экологическое состояние природной системы в значительной степени детерминировано геологическими процессами. Как отмечает Б.С. Соколов [1], структура экосистемы “всегда является продуктом более или менее продолжительной геологической истории”.

В пределах северо-западного шельфа Черного моря существуют разнородные зоны и участки дна, в которых по-разному может проявляться антропогенное влияние. В данной работе была принята схема ландшафтного районирования северо-западного шельфа, предложенная О.Е. Фесюновым [3]. Каждый из выделенных ландшафтов характеризуется: положением в рельефе, литологическим составом донных отложений, геолого-структурными особенностями, определенными гидродинамическими условиями и т.д.

Донные отложения являются конечным звеном миграции и накопления вещества. Степень и интенсивность накопления поллютантов непосредственно зависят от литологии донных отложений и направления процессов седиментогенеза, которые, в свою очередь, обозначаются особенностями рельефа. В свою очередь степень воздействия поллютантов на живые организмы зависят от формы их нахождения в донных отложениях: подвижные формы – непосредственно способные к миграции и вовлечению в трофические цепи; фиксированные формы, не извлекаемые при данных физико-химических параметрах среды – элементы входящие в кристаллическую структуру устойчивых для данной обстановки минералов.

Таким образом, применительно для морских бассейнов, для корректной оценки экологического состояния среды необходимо рассмотрение динамики осадконакопления, а также детальное изучение геохимических особенностей и минералогии донных отложений для оценки механизмов фиксации химических элементов.

Для оценки экологического состояния региона нами изучены геохимические особенности донных отложений следующих ландшафтных зон восточной части северо-западного шельфа: зона илов Днепровского желоба, район илистых ракушников восточного склона Днепровского желоба и ландшафты ракушников Западно-Тендровской возвышенности и Тендровского склона. Материалом для исследования послужили геолого-геохимические данные, полученные по рассматриваемому региону сотрудниками лаборатории геологии и геохимии моря ОНУ им. И.И. Мечникова.

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, Nb, а также органического углерода (табл. 1). Такие геохимически малоподвижные элементы как Ti, Zr, Ge, Cr, V [3], 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 привносом 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.

Минимальные концентрации этих элементов приурочены к карбонатным литологическим разностям, которые распространены в районах Западно-Тендровской возвышенности и Тендровского склона.

Проведенная статистическая обработка данных указывает на положительную корреляцию между концентрациями большинства тяжелых металлов с пелитовой фракцией донных отложений. Обратную корреляционную зависимость имеют содержания тяжелых металлов и CaCO_3 в донных отложениях. В отличие от большинства элементов содержания Sr и Ba тесно связаны с карбонатностью осадков (рис. 1). Стронций имеет положительную корреляционную связь с содержанием CaCO_3 и отрицательную с органическим углеродом в донных осадках. Соответственно максимальные содержания Sr ($117,65 \cdot 10^{-3}\%$) связаны с карбонатными осадками и

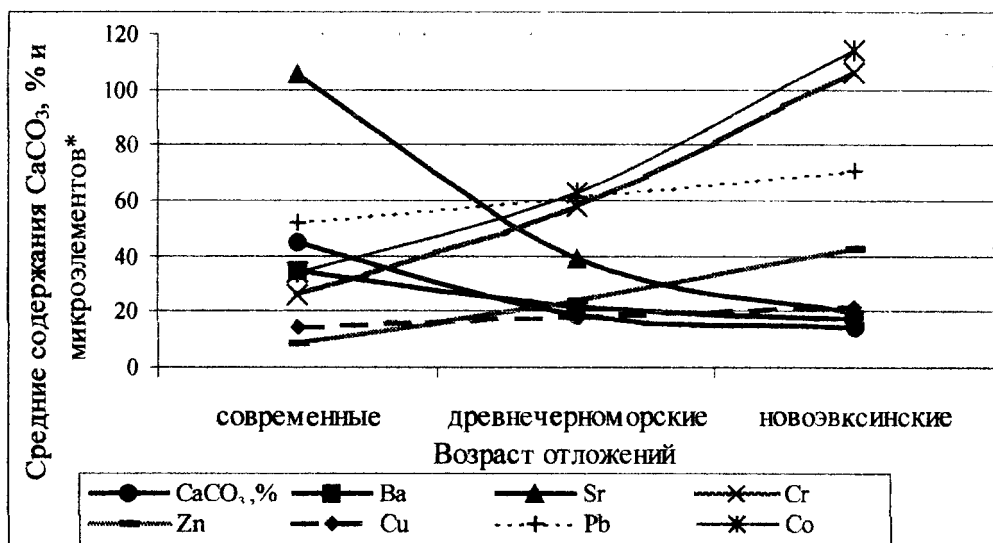


Рис.1. Содержание CaCO₃, Ba, Sr, Cr, Zn, Cu, Co и Pb в толще верхнечетвертичных отложений

*- содержание Ba, Sr, $n \cdot 10^{-3}\%$; Cr, Zn, Cu, $n \cdot 10^{-4}\%$; Co, $n \cdot 10^{-5}\%$; Pb, $n \cdot 50^{-4}\%$

наблюдаются в районе Западно-Тендровской возвышенности (CaCO₃ свыше 50 %), минимальный уровень его содержания находится в Днепровском желобе (Sr – $34,55 \cdot 10^{-3}\%$), где преобладают глинистые отложения.

В целом между элементами наиболее тесная позитивная связь выявлена у Cr, V, Ga, Pb, а также у Ni и Sn, менее сильно связан 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 [4] и А.Ю. Митропольским [5] для глубоководных осадков, было выявлено значительное превышение средних содержаний Ti, Zr, Cr и Be в районе Днепровского желоба, что объясняется накоплением Ti, 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 и гельвина. Содержание геохимически подвижных элементов в глубоководной части бассейна

[4, 5] выше их средних содержаний 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. 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 солонатоводной новоэвксинской, а раковинный материал является основным поставщиком биогенных карбонатов в зоне мелководья. Содержание Сорг 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.

Анализ изменчивости содержаний микроэлементов в позднечетвертичное время показал существенное отличие от распределения 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). Содержание практически всех микроэлементов имеет обратно пропорциональную зависимость от содержания в осадках карбоната кальция.

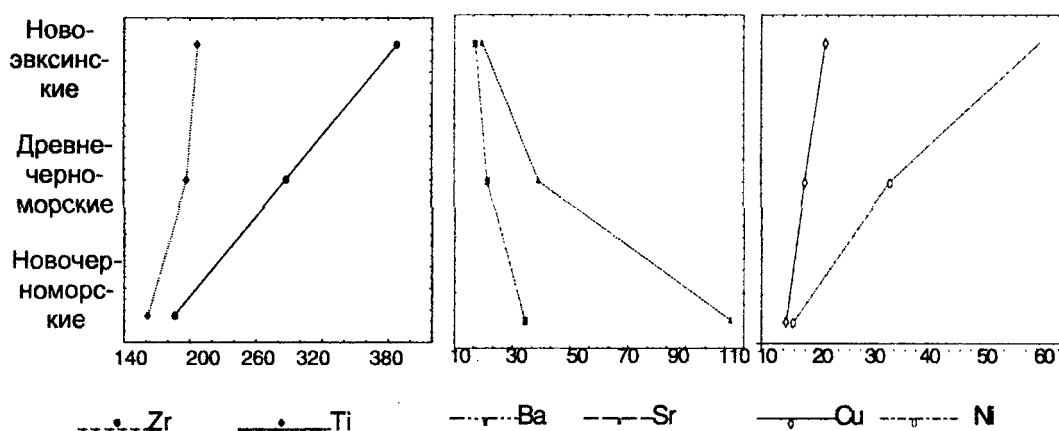


Рис.2. Содержание микроэлементов* в толще верхнечетвертичных отложений
* – содержание Ti, Ba, Sr, n*10⁻³%, Zr, Cu, Ni, n*10⁻⁴%

Биогенные карбонаты маскируют распределение элементов и интенсивность миграционных процессов в осадочной толще, вследствие чего уровень накопления изучаемых элементов 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 концентрирования (Ba, Sr) вещества. Механизм концентрирования обеспечивается возможностью изоморфного вхождения в кристаллическую структуру карбонатов стронция и бария. Основным карбонатным минералом в донных отложениях является кальцит, для которого характерен широкий спектр изоморфных замещений позиций Ca в кристаллической структуре на катионы Ba и Sr, вплоть до образования собственных минералов бария и стронция (бенстонит, альстонит, стронцианит) [6]. Статистическое обособление Sr и Ba в одной геохимической ассоциации с CaCO₃ свидетельствует об их активном участии в процессах биологического поглощения; при этом Sr и Ba изоморфно замещая Ca прочно фиксируются в кристаллической решетке и теряют способность к миграции.

На фоне общей закономерности необходимо отметить и ряд частных особенностей. Так для таких элементов как Zr, Pb, Cu, Mo, La, Y и Mn наблюдается плавное снижение средних содержаний от новоэвксинского к древнечерноморскому и новочерноморскому горизонту. А для Sn, P, Be, Ni, Ti, Cr, V, Zn, Ge и Ga характерно резкое, до 2–2,5 раз, уменьшение концентраций от новоэвксинских к современным отложениям. Максимальные концентрации геохимически малоподвижных элементов Ti, Zr, Cr, V, Be, Ge, Ga, попадающих в область осадконакопления в виде взвесей вместе с терригенным материалом, объясняются тем, что скорость накопления терригенного материала в новоэвксинское время в 5–6 раз превышала современную [5]. Поступление обломочного материала было связано с выносами рек, а также с абразией отступающей береговой линией. Одной из причин современного снижения содержаний геохимически малоподвижных элементов является, наряду с “разбавляющим” эффектом карбонатонакопления, зарегулирование стока рек, что вызвало смещение в балансе поступления седиментационного материала в сторону увеличения доли растворенных форм.

Наблюдаемые в толще осадков Черного моря закономерности распределения химических элементов – следствие сложной и многосторонней геохимической эволюции бассейна с новоэвксинского по современное время. Изменение концентраций элементов в древнечерноморских и современных осадках по сравнению с новоэвксинскими, выразившееся в обогащении первых CaCO₃, органическим веществом, Ba и Sr и обеднении их остальными микроэлементами объясняется рядом факторов. Основной из них – прорыв средиземноморских вод, вызвавших смену гидро- и геохимического режимов бассейна, и как следствие этого, перестройку седиментационного процесса и увеличение роли карбонатного материала.

Таким образом, накопление и распределение микроэлементов в ландшафтных

зонах шельфа находится в прямой зависимости от формы поступления элементов с речным стоком, условий седиментации и типа донных отложений. Элементы, связанные с терригенным стоком рек, Ti, Zr, Ge, Cr, V, Be в донных отложениях находятся в зернах и обломках достаточно устойчивых и инертных минералов, мигрировать и вовлекаться в пищевые цепи не способны. Стронций и барий, накапливающиеся в современных карбонатных осадках за счет изоморфного замещения Ca в кристаллической структуре кальцита, являются малоподвижными и в биохимические процессы не вовлекаются. Элементы, сорбированные на частицах глинистой размерности (Cu, Zn, Pb, Ni и Co), являются потенциально токсичными, так как при изменении физико-химических параметров среды (Eh, pH), например, при разложении органического вещества осадков, а также за счет десорбции, могут переходить в поровые воды и морскую воду, т.е. переходить в реакциспособные подвижные формы и вовлекаться в биохимические процессы.

Таблица 1

Средние содержания микроэлементов в донных отложениях северо-западного шельфа Черного моря

Микро-элементы n·10 ⁻³ %	район Днепровского желоба	район восточного склона Днепровского желоба	район Западно- Тендровской возвышенности	район Тендровского склона
Сорг, %	1,75 (82*)	0,67 (32)	0,33 (36)	0,69 (162)
CaCO ₃ , %	37,57 (61)	45,45 (18)	51,57 (4)	—
Ba	47,39 (75)	39,68 (31)	21,77 (34)	41,88 (144)
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 -«-
Nb	0,90 -«-	0,32 -«-	0,22 -«-	0,13 -«-
Ag	2,73 (74)	1,87 -«-	1,85 -«-	1,11 -«-

* – количество проб

Список литературы

1. Соколов Б.С. Экостратиграфия и экологические системы геологического прошлого // Экостратиграфия и экологические системы геологического прошлого. Тр. XXII сессии ВПО. – Л.: Наука, 1980. – С. 4-12.
2. Фесюнов О.Е. Геоэкология северо-западного шельфа Черного моря. – Одесса: Астропринт, 2000. – 100 с.
3. Страхов Н.М., Белова М.В., Глаголева М.А. и др. Распределение и формы нахождения элементов в поверхностном слое современных черноморских отложений // Литология и полезные ископаемые. – 1971. – №2. – С. 3-31.
4. Волков И.И. Основные закономерности распределения химических элементов в толще глубоководных осадков Черного моря// Литология и полезные ископаемые. – 1973. – №2. – С. 3-21.
5. Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И. Геохимия Черного моря. – К.: Наукова думка, 1982. – 142 с.
6. Годовиков А. А. Минералогия. – М.: Недра, 1983. – 645 с.

Статья поступила в редакцию 01.03.2003 г.