

УДК 551.464.38

К ПРОБЛЕМЕ ИЗУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В МОРСКИХ ОСАДКАХ

Е. М. Заславский

Косное органическое вещество в морских водоемах является одним из важнейших экологических факторов. Состав органического вещества и его количество в донных осадках и в придонной взвеси непосредственно влияют на биомассу нехищного зообентоса и косвенно — на биомассу остальных звеньев трофической цепи. Эта ведущая роль косного органического вещества в формировании биомассы донных (и придонных) биоценозов является основой для трофико-экологического подхода в его изучении. И именно с этих трофико-экологических позиций мы рассмотрим известные органогеохимические сведения об одном из компонентов косного органического вещества — гуминовых веществах.

Гуминовые вещества — гуминовые и фульвовые кислоты — это природные, свойственные именно косному органическому веществу, темноцветные соединения, обладающие свойством растворимости в слабых водных растворах щелочей. Между собой гуминовые и фульвовые кислоты различаются по отношению к кислотам. Гуминовые кислоты выпадают в осадок при подкислении щелочного раствора до рН 1, а фульвокислоты не выпадают, остаются в растворе.

Роль гуминовых веществ в суммарном органическом веществе осадков. Гуминовые и фульвовые кислоты в морских осадках находятся в двух аналитически различающихся формах — в щелочноизвлекаемой и щелочнонеизвлекаемой. Не извлекаемые щелочью гуминовые вещества находятся в прочной связи с глинистыми минералами и составляют значительную часть так называемой «нерастворимой фракции» органического вещества осадков (Заславский, Аммосова, 1973).

При групповом анализе органического вещества осадков обычно определяется количество только щелочноизвлекаемой части гуминовых веществ или даже одних только щелочноизвлекаемых гуминовых кислот. Однако даже при этом доля гуминовых веществ в суммарном органическом веществе осадков оказывается достаточно большой — 20—40%, а иногда достигает 90% (Гершанович, Вебер, Колюхов, 1974). Некоторые литературные данные о пределах содержания щелочноизвлекаемых гуминовых веществ в суммарном органическом веществе донных осадков (в%) приведены ниже.

Внутренние моря

Черное	6—20
Каспийское	5—18
Азовское	13—25
Балтийское	13—76

Океаны и окраинные моря

Берингово море	20—42
Тихий океан	
Перуанский район	5—90
Северо-западная часть	6—42
Индийский океан	3—10
Атлантический океан	14—58

Эти данные получены разными авторами различными методами и потому не вполне сопоставимы. Тем не менее они показывают общую роль щелочноизвлекаемых гуминовых веществ в органическом веществе осадков. Если же учесть еще и присутствие достаточно больших количеств прочносвязанных гуминовых и фульвовых кислот, то становится очевидным, что именно гуминовые вещества и составляют основную часть общего органического вещества морских осадков.

Наиболее существенной геохимической закономерностью изменения доли гуминовых веществ в составе органического вещества является увеличение этой доли с ростом дисперсности терригенных осадков. Содержание общего органического вещества в донных осадках от песков к глинистым илам увеличивается. Следовательно, чем больше органического вещества в осадках, тем больше содержится гуминовых и фульвовых кислот в самом органическом веществе (Бордовский, 1964, 1974; Романкевич, 1962 и др.).

Генезис гуминовых веществ. Гуминовые кислоты и фульвокислоты представляют собой соединения, образующиеся путем вторичного синтеза из осколков и продуктов трансформации вещества отмерших организмов (Манская, Дроздова, 1964; Кононова, 1963).

Гуминовые вещества, находящиеся в морских осадках, могут иметь двойное происхождение. Гуминовые вещества, которые образовались в условиях континентальных обстановок и были внесены в бассейн седиментации извне, принято называть аллохтонными. Гуминовые вещества, которые образовались в самом бассейне седиментации, называются автохтонными. В целом для Мирового океана доля аллохтонных (терригенных) гуминовых веществ в составе косного органического вещества должна быть небольшой, однако для отдельных водоемов поступление аллохтонных гуминовых веществ может быть довольно значительным. По Т. И. Горшковой (1962), таким бассейном, в который интенсивно поступают терригенные (из прилегающих болот) гуминовые вещества, является Балтийское море. Но даже и в тех бассейнах, в которых в целом роль аллохтонных гуминовых веществ невелика, возможны частные обстановки типа придельтовых, в органическом веществе осадков которых доля терригенных гуминовых веществ может быть значительной. Вопрос этот немаловажен в связи с тем, что по целому ряду показателей можно предполагать несколько меньшую трофическую ценность терригенных гуминовых веществ по сравнению с автохтонными.

Относительно процессов и условий образования гуминовых веществ в морских водоемах известно очень немного, но, по-видимому, можно говорить, что и автохтонные гуминовые вещества, находящиеся в донных осадках, имеют двойственную природу.

Часть гуминовых веществ, вероятно, образуется при спонтанном взаимодействии водорастворенных низкомолекулярных органических соединений, поступающих в морскую воду в виде прижизненных выделений гидробионтов, при лизисе отмирающих клеток, при растворении органической взвеси. Аналогичное спонтанное взаимодействие водорастворимых компонентов наблюдалось и по отношению к листьям

высших растений (Mangenot, Iacguen, 1964). Водорастворенные гуминовые вещества, в которых основная роль принадлежит фульвокислотам (Stuermer, Harvey, 1974), относительно высокомолекулярны, обладают большим количеством разнообразных функциональных групп и сорбционноактивны. Они сорбируются на глинистых минералах взвеси и вместе с ними осаждаются. Эксперименты (Rashid et al., 1972) показали, что из морских вод гуминовые кислоты сорбируются глинистыми минералами значительно (почти в 100 раз) активнее, чем из пресных вод. Вместе с тем, по некоторым данным (Богданов, Лисицин, 1968), органическое вещество океанических взвесей содержит сравнительно небольшое количество гуминовых кислот — около 10%. По-видимому, оценивая эти данные необходимо учитывать сравнительно небольшое содержание активных сорбентов — терригенного пелита — в составе взвесей открытой части океанов. Данные Т. А. Хачатуровой (1974) свидетельствуют, что количество гуминовых веществ во взвесах Каспийского моря (по визуальной окраске щелочных экстрактов) максимально в тех областях моря, где максимальна роль терригенного пелита во взвешенном веществе. И напротив, там, где во взвеси практически нет глинистых минералов, нет и гуминовых веществ.

Вторая категория автохтонных гуминовых веществ — это те, которые образуются в самом осадке при бактериальной переработке захороняющихся тканей исходных организмов и при участии бактериальных метаболитов, входящих в состав бактериальной слизи, как это происходит в почвах (Кононова, 1963). Эти процессы, по-видимому, имеют наибольшее значение в тех областях моря, где в осадок поступает значительное количество предельно «свежего», сохранившего тканевое строение вещества отмирающих организмов (литораль, прибрежные мелководные заливы и т. д.). Процессы трансформации вещества фитогидробионтов в гуминовые кислоты были описаны В. В. Вебером с соавторами (1956). Судя по данным Прат (Prat, 1968), эти процессы протекают достаточно быстро. В опытах в условиях соленой воды за 180 дней вещество исходной растительности трансформировалось в гуминовые вещества на 20%. Подобный генезис, вероятно, имеют гуминовые вещества в осадках Перуанского района Тихого океана. В этих осадках, находящихся на небольших (около 50 м) глубинах, очень высокое (до 10%) содержание суммарного органического вещества, обусловленное высокой биопродуктивностью вод в зоне апвеллинга (Гершанович, Конюхов, Вебер, 1974).

Параллельно с таким биохимическим процессом гумификации тканевого материала, протекающим аналогично тому, как это описано М. М. Кононовой по отношению к корням люцерны (Кононова, 1963), в осадках, возможно, происходит и спонтанное взаимодействие соединений, растворенных в иловых водах. Такой путь генезиса гуминовых веществ в осадках допускают Ниссенбаум с соавторами (Nissenbaum et al., 1972).

Элементный состав и структура гуминовых веществ в донных осадках. Сравнительно недавно предполагалось, что гуминовые кислоты и фульвокислоты являются соединениями, имеющими строго фиксированное химическое строение. Однако обширные исследования гуминовых веществ, содержащихся в различных природных объектах — осадках, породах, почвах, природных водах, горючих ископаемых и т. д., — показали, что гуминовые вещества, в сущности, являются своеобразной формой существования органических соединений вне живой материи и могут существенно варьировать по своим химическим показателям.

Любой конкретный препарат гуминовых веществ всегда представляет собой достаточно сложную и гетеромолекулярную смесь соединений. Поэтому все суждения о химическом строении гуминовых веществ, основанные на исследовании их препаратов, относятся к условным среднестатистическим (для данных конкретных смесей) соединениям и отражают наиболее общие черты химического строения отдельных соединений, присутствующих в данной смеси (препарате гуминовых веществ). Поэтому обобщенным химическим параметрам, характеризующим строение гуминовых веществ, свойственна достаточно широкая вариабельность, и все приведенные ниже данные о химических характеристиках гуминовых веществ следует принимать с учетом этого обстоятельства.

Таблица 1

Элементный состав гуминовых кислот (в %) донных осадков
(по литературным данным)

Бассейн	C	H	N	O+S
Каспийское море	59,2	4,9	3,8	32,1
	55,1	6,2	5,9	32,8
Черное море	58,4	5,1	3,7	32,8
	55,7	6,3	5,6	32,4
Берингово море	54,8	6,3	3,0	35,9
	59,3	6,1	3,1	36,9
	52,3	6,9	3,8	37,0
	49,2	7,2	2,8	40,8
Перуанский район Тихого океана	54,7	6,5	5,1	37,7
	58,1	6,7	5,9	29,9
Прикалifornийский район Тихого океана	53,7	6,4	3,9	36,0
	51,8	6,6	5,2	36,4
	54,1	6,5	4,5	34,9
	52,3	6,1	4,7	36,9
	51,7	6,1	4,6	37,6
	58,9	5,9	6,3	28,9
Индийский океан	50,1	6,8	4,4	38,7
	51,4	6,7	3,9	38,0
	47,2	5,3	2,2	45,3

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что показатели элементного состава гуминовых кислот варьируют в сравнительно нешироких пределах.

Таблица 2

Элементный состав гуминовых веществ (в %) в почвах, морской воде и донных осадках

Вещество	C	H	N	O+S	Источник
Гуминовые кислоты					
почв	52—62	3—5,5	3,5—5	30—33	Кононова, 1963
осадков	47—59	5—7	2—6,5	29—41	По табл. 2
морских вод	56,7	6,8	5,7	30,8	Гончарова, Страдомская, Дацко, 1965
Фульвокислоты					
почв	44—49	3,5—5	2—4	44—49	Кононова, 1963
морских вод	50,0	6,8	6,4	36,8	Stuermer Harvey, 1974

Углерод составляет 47,2—59,2%, водород — 4,9—7,2%, азот — 2,2—6,3%. Вариации в составе гуминовых кислот могут иметь множественную природу. На различиях в элементном составе могут сказываться и неидентичность используемых разными авторами методов выделения и очистки. Вместе с тем данные пределы, по-видимому, достаточно объективно характеризуют весь спектр естественных вариаций элементного состава гуминовых кислот в морских осадках и могут быть использованы для некоторых сопоставлений и расчетов.

В табл. 2 приведены данные об элементном составе гуминовых веществ в донных осадках, в морской воде и в почвах. Сравнение элементных составов водорастворенных гуминовых веществ и гуминовых веществ в морских осадках, на наш взгляд, подтверждает предположение об их родстве. В литературе иногда высказывается мнение, что гуминовые кислоты морских осадков отличаются от гуминовых кислот почв значительно более высоким содержанием азота. Сопоставление (см. табл. 2) показывает, что по этому признаку различий между почвенными гуминовыми кислотами из морских осадков практически нет.

Различия между этими двумя типами гуминовых кислот можно скорее видеть в средних содержаниях углерода и водорода. В гуминовых кислотах осадков в среднем меньше доля углерода и выше доля водорода. Эта особенность элементного состава гуминовых кислот морских осадков отражает несколько меньшую по сравнению с почвенными степень ароматизации углеродного скелета. О сравнительно низкой ароматичности морских гуминовых кислот свидетельствуют и данные инфракрасной спектроскопии (Пентина, 1973; Ishiwatary, 1969, 1973; Watanabe et al., 1973).

Кроме С, Н, N, S и О в гуминовых веществах содержатся и другие элементы, в том числе Р, Са, Fe, Si, Mg и многие микроэлементы. Количественные характеристики по содержанию фосфора в морских гуминовых веществах нам неизвестны. В почвенных гуминовых кислотах на долю фосфора приходится 0,2—0,7% (Орлов, 1974).

Гидролизуемость и гидролизуемые компоненты гуминовых веществ морских осадков. Часть структурных элементов макромолекул гуминовых веществ под действием минеральных кислот гидролизуются и переходят в раствор. По данным М. В. Стадниковой и М. Ф. Лобановой (1964), 25%-ной серной кислотой в раствор переводится 49—55% вещества морских гуминовых кислот. Гидролизуемость молекул фульвокислот из морских осадков, по нашим данным, не менее 45—50%. Данные свидетельствуют о том, что основная масса таких биологически важных элементов, как азот и фосфор, в гуминовых кислотах находится в гидролизуемом состоянии. При этом часть вещества является легко гидролизуемой. Так, при гидролизуемости 73% общего азота в гуминовых и фульвовых кислотах легко гидролизуемыми (т. е. отщепляемыми 2%-ной соляной кислотой) формами оказывается 60% гидролизуемого азота в гуминовых кислотах и 95% — в фульвокислотах (Кононова, 1963). Фосфор в гуминовых кислотах также на 80% представлен гидролизуемыми формами (Орлов, 1974).

Исследования гидролизатов гуминовых веществ показало присутствие в них аминокислот и углеводов. Спектр аминокислот, установленных в гидролизатах морских гуминовых кислот, достаточно широк (табл. 3).

Часть аминокислот не может быть синтезирована животными организмами. Это так называемые незаменимые аминокислоты. Если с этих позиций оценить спектр гуминовых аминокислот, то легко увидеть, что примерно половина аминокислот представлена незаменимыми и при этом почти в полном их перечне. По данным Дегенса с соав-

Аминокислоты, установленные в гидролизатах гуминовых кислот из морских осадков

Аминокислоты	Источник данных		Аминокислоты	Источник данных	
	Стадинова, Лобанова, 1964	Degens et al., 1964		Стадинова, Лобанова, 1964	Degens et al., 1964
Незаменимые			Гиостидин	—	+
Лязин	+	+	Глутаминовая кислота	+	+
Валин	+	+	Аспарагиновая кислота	+	+
Лейцин	+	+	Глицин	—	+
Тренин	+	+	Серин	—	+
Фенилаланин	+	+	α -Аланин	+	+
Метионин	—	—	β -Аланин	—	+
Триптофан	+	—	Тирозин	+	+
Заменимые			Цистин	+	—
Аспарагин	—	+	Пролин	+	+
Орнитин	—	+			

торами (Degens et al., 1964), на незаменимые аминокислоты приходится около половины массы аминокислот, входящих в структуру морских гуминовых кислот. Единичные анализы (Rashid, 1972) показывают, что общее количество аминокислот в гуминовых кислотах морских осадков составляет около 10% массы гуминовой кислоты. Однако эта величина, по-видимому, лежит где-то у нижнего предела содержания аминокислот в морских гуминовых кислотах. Нам неизвестны данные по содержанию аминокислот в фульвокислотах морских осадков, но, очевидно, их содержится не меньше, чем в почвенных фульвокислотах, содержащих 6—7% аминокислот (Орлов, 1974).

Исследования гуминовых веществ осадков Каспийского моря (Заславский, Аммосова, 1973) показали, что в гуминовых и фульвовых кислотах в качестве гидролизуемых структурных элементов содержатся значительные количества углеводов. В гуминовых кислотах на долю углеводов приходится до 25%, а в фульвокислотах — до 40%.

Таким образом, гуминовые вещества в морских осадках содержат трофически важные соединения, содержат их в значительных количествах и в отщепляемом (гидролизуемом) виде. Некоторые авторы предполагают, что аминокислоты и углеводы в гуминовых веществах находятся главным образом в виде полипептиднополисахаридных цепочек.

Усвояемость гуминовых веществ. В органогеохимической литературе гуминовые вещества нередко рассматриваются как абсолютно консервативные, устойчивые, практически не усвояемые организмами вещества, своеобразный «шлак».

Вместе с тем известно, что гуминовые вещества достаточно активно утилизируются микроорганизмами и именно поэтому могут играть столь большую роль в обеспечении плодородия почв. Опытами показано, что бактерии в первую очередь потребляют гидролизуемые структурные элементы гуминовых веществ — углеводы и аминокислоты, но могут подвергать деструкции и ароматические структурные элементы (Кононова, 1963).

Наличие легко (под действием 2%-ной соляной или 5%-ной серной кислот) гидролизуемых компонентов в гуминовых веществах, вероятное нахождение значительной части конституционных углеводов и аминокислот в виде полисахаридных и полипептидных фрагментов позволяет предполагать усвояемость гуминовых веществ и более высоко

организованными организмами. В опытах по питанию рачков *Pseudocalanus elongatus* (Печень—Финенко, Павловская, 1973) эффективность усвоения пищи (отношение количества усвоенной пищи к потребленной) была максимальной при питании именно растительным гумусом — 80%. Конечно, такая высокая эффективность усвоения гумуса обусловлена его относительно низкой калорийностью (по сравнению с живыми водорослями или свежим детритом), но важен сам факт усвоения рачками 80% вещества гумуса. И если в природе главным источником пищи гетеротрофов (не только бактерий) окажутся не биополимеры, а гуминовые вещества, то возможность их усвоемости окажется важнее низкой калорийности. Это особенно важно по отношению к гидробионтам, поскольку трофическая ценность (обогащенность углеводами и аминокислотами) морских гуминовых веществ в общем выше, чем гуминовых веществ почв, и гуминовые вещества играют исключительно большую роль в составе суммарного органического вещества донных осадков.

Выводы

Гуминовые вещества значительно обогащены аминокислотами и углеводами и одновременно составляют значительную часть суммарного органического вещества осадков. Вследствие этого основная масса углеводов и аминокислот в морских осадках находится не в свободном виде, не в виде биополимеров, а в виде структурных элементов гуминовых и фульвовых кислот.

В силу этого проблема трофической ценности органического вещества донных осадков, проблема усвояемости углеводов и аминокислот в осадках в значительной степени оказывается проблемой усвояемости структурных элементов гуминовых веществ. Гуминовые вещества, по-видимому, являются и практически единственными носителями биологически усвояемых форм фосфора, серы и микроэлементов в морских осадках. Возможно, какую-то экологическую роль играют и известные свойства физиологической активности гуминовых веществ.

Все это в совокупности дает основание рассматривать гуминовые вещества в морских осадках как исключительно важные в трофико-экологическом отношении природные соединения. Однако достигнутый к настоящему времени уровень знаний о геохимических закономерностях изменения концентраций гуминовых веществ в морских осадках, о химическом строении и свойствах гуминовых веществ пока еще явно недостаточен. Необходимы углубленные систематические исследования в этом направлении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Богданов Ю. А., Лисицин А. П. Распределение и состав взвешенного органического вещества в водах Тихого океана. — В кн.: Океанологические исследования. М., 1968, № 18, с. 75—155.

Бордовский О. К. Накопление и преобразование органического вещества в морских осадках. М., «Недра», 1964, с. 128.

Бордовский О. К. Органическое вещество морских и океанских осадков в стадии раннего диагенеза. М., «Наука», 1974, с. 104.

Накопление и преобразование органического вещества в современных морских осадках. М., Гостоптехиздат, 1956, с. 343. Авт.: В. В. Вебер, Т. Л. Гинзбург-Карапичева, Е. А. Глебовская, А. И. Горская, А. А. Захаров, Е. А. Манучарова, В. Л. Мехтиева, И. И. Ромм, В. Г. Савич, Н. Н. Талдыкина, Н. И. Фокина, И. А. Юркевич.

Гершанович Д. Е., Колюхов А. И., Вебер В. В. Органическое вещество в донных осадках Перуанского района Тихого океана. — В кн.: Органическое вещество в современных и ископаемых осадках. IV семинар. Тезисы докладов, М., 1974, с. 27—29.

Гончарова И. А., Страдомская А. Г., Дацко В. Г. К изучению окра-

шенных органических веществ, выделяемых экстракцией. — «Гидрохимические материалы», 1965, т. 40, с. 162—163.

Горшкова Т. И. Органическое вещество донных отложений Балтийского моря. — В кн.: Химические процессы в морях и океанах. М., 1962, с. 55—58.

Заславский Е. М., Аммосова Я. М. Состав органического вещества современных осадков Каспийского моря. — В кн.: Природа органического вещества современных и ископаемых осадков. М., 1973, с. 194—201.

Кононова М. М. Органическое вещество почвы. М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 314.

Манская С. М., Дроздова Т. В. Геохимия органического вещества. М., «Наука», 1964, с. 315.

Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв. М., Изд-во МГУ, 1974, с. 332.

Пентина Т. Ю. Гуминовые кислоты современных и позднечетвертичных осадков Каспийского моря. — «Труды ВНИГНИ», 1973, вып. 138, с. 201—213.

Печень-Финенко Г. А., Павловская Т. В. Живое и мертвое органическое вещество в питании *Pseudocalanus elongatus* из Черного моря. — В кн.: Материалы Всесоюзного симпозиума по изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов. Ч. 2. Киев, 1973, с. 169—170.

Романкевич Е. А. Органическое вещество в донных отложениях Тихого океана к востоку от Камчатки. — «Труды Океанографической комиссии», 1960, т. 10, вып. 2, с. 39—47.

Стадникова М. В., Лобанова М. Ф. К характеристике органического вещества прибрежных морских осадков. — В кн.: Среда и процессы нефтеобразования. М., 1964, с. 164—167.

Хачатурова Т. А. Взвешенные вещества Каспийского моря. М., ВНИРО, 1974, с. 59.

Degen's E., Hant J. Thermal stability of amino acid in recent and ancient sediments, humic acids and kerogen concentrates. „Int. Meeting on organic Processes in Geochemistry“, Paris, 1964, p. 28—30.

Ishiwatary R. An estimation of the aromaticity of a lake sediment humic acid by air oxidation and evaluation of it. „Soil. sci.“, 1969, vol. 107, № 11, p. 53—57.

Ishiwatary R. Chemical characterization of fractionated humic acid from lake and marine sediments. „Chem. Geol.“, 1973, vol. 12, № 2, p. 113—126.

Mangenot F., Jocquen F. Humification biologique et abiologique. „Trans. 8-th Internat. Congr. Soil. Sci. Buharesi“, 1964, vol. 3 Bucharest, s. a., p. 95—99.

Nissenbaum A., Baedecker M., Kaplan I. Studies on dissolved organic matter from interstitial water of a reducing marine fjord. „Adv. Org. Geochem. 1971. Oxford e. a. 1972, p. 427—440.

Prat S. Humification in salt waters. „Rev. roumanie biol. Ser. bot“, 1968, vol. 13, № 1—2, p. 131—133.

Rashid M. Amino acids associated with marine sediments and humic compounds and their role in solubility and complexing of metals. „Coll. Contrib. of Bedford Ist. Ocean“, 1972, vol. 5, p. 55—62.

Rashid M., Buchekley D., Robertson K. Interactions of a marine humic acid with clay minerals and a natural sediment. „Geoderma“, 1972, vol. 8, № 1, p. 11—27.

Stuermer D., Harvey G. Humic substances from seawater. „Nature“, 1974, vol. 250, № 5466, p. 480—481.

Watanabe Hiroshi, Kondo Tsutomu, Mizuno Atsuyuki. „J. Geol. Sos. Jap.“, 1973, vol. 79, № 1, p. 23—32.

To the problem of investigation of humic substances in marine sediments

E. M. Zaslavsky

SUMMARY

Chemical characteristics of humic substances from marine sediments are considered. Humic substances (humic and fulvic acids) are easily subject to hydrolysis (up to 50%). About 70% of total nitrogen and phosphorus are hydrolyzed. The hydrolyzates contain carbo-hydrates and amino acids including irreplaceable ones. Amino acids constitute not less than 7—10% of humic substances. Humic acids contain up to 25% of carbohydrates while fulvic acids contain up to 40%. Since humic substances are predominant (90%) in the total organic matter from bottom sediments the bulk (up to 80%) of carbo-hydrates and amino acids are present in sediments in the form of structural elements of humic substances. The latter, their hydrolyzed components in particular, are assimilated by both microorganisms and higher organized animals. It is very likely that humic substances from marine sediments are very important natural compounds on a trophic—ecological basis.