

Таблица 3. Доля трофических группировок в потоке энергии, протекающем через сообщество, %

Группа	Проба									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грунтофаги	83,7	100	78,1	92,8	52,5	54,2	61,3	82,9	100	92,3
Сестонофаги	4,0	—	21,9	7,2	42,5	45,7	38,7	6,5	—	7,7
Плотоядные	13,2	—	—	—	5,0	—	—	11,0	—	—

зообентоса); 2) малые биомассы, при относительно высокой плотности поселения бентоса; 3) малые размеры донных животных (средняя масса экземпляра 0,08 г, а максимальная — 2,10 г); 4) отсутствие в бентосе некоторых таксонов (Coelenterata, Tanaidacea, Cymacea) и редкая встречаемость Amphipoda, Mollusca, Chordata; 5) преобладание в фауне детритофагов. Фауна западного участка прибосфорского района имеет типичные черты оппортунистических популяций. Они ориентированы не на создание максимальной биомассы, а на максимальную продуктивность [6]. Свойства видов-оппортунистов дают преимущества при существовании в условиях спонтанно возникающих изменений в гидрологии и гидрохимии под действием проникновения средиземноморских вод.

1. Киселева М. И. Состав и распределение бентоса в прибосфорском районе Черного моря // Водообмен через Босфор и его влияние на гидрологию и биологию Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1969. — С. 233—255.
2. Киселева М. И. Бентос рыхлых грунтов Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1981. — 165 с.
3. Киселева М. И., Славина О. Я. Количественное распределение макробентоса у побережья Кавказа // Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях. — Киев: Наук. думка, 1966. — С. 78—90.
4. Кучерук Н. В., Савилова Т. А. Количественная и экологическая характеристика донной фауны шельфа и верхнего склона района североперуанского апвеллинга // Бюлл. МОИП. Отд. биол. — 1985. — 90, вып. 6. — С. 59—70.
5. Песечко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — М.: Наука, 1980. — 268 с.
6. Пианка Э. Эволюционная экология. — М.: Наука, 1981. — 360 с.

Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского
АН Украины, Севастополь

Получено
30.03.91

T. V. MIKHAILOVA

STRUCTURE OF TEREPELLIDE-OPHIURE BIOGENOSIS IN THE BOSPORUS REGION OF THE BLACK SEA

Summary

Structure of the bottom fauna of the shelf in the western part of the Bosphorus region is studied. The terebellide-ophiure biocenosis at the depth of 86 m is described in detail.

УДК 551.3.051 (262.5):551.464

Л. Н. КИРЮХИНА

ГУМИНОВОЕ ВЕЩЕСТВО ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВАСТОПОЛЬСКИХ БУХТ

Гуминовое вещество в донных осадках севаستопольских бухт подвержено антропогенному воздействию. Концентрация гуминовых кислот, гуминов и увеличение степени гумификации органического вещества происходит наряду с накоплением битумоидов, углеводов, липидов. Гуминовые кислоты (на их долю приходится от 1/3 до 1/2 C_{org}) характеризуются алифатической структурой, восстановленностью, небольшой молекулярной массой и высоким углеводородным потенциалом.

© Л. Н. Кирюхина, 1992

Таблица 1. Содержание углерода в донных осадках

Акватория	Глубина, м	Массовая доля C _{орг} , %	C _{гк}		Массовая доля C _{гум} , %
			Массовая доля, %	Массовое отношение к C _{орг} , %	
Бухты					
Севастопольская	5—20	5,31	2,04±0,02	38,4	2,88
Южная	11—12	7,99	2,75±0,64	34,4	3,12
Артиллерийская	8—18	4,82	0,99±0,55	20,5	1,41
Устья бухт					
Севастопольской	11—16	4,07	0,95±0,08	23,3	1,23
Карантинной	14—16	3,32	1,83±0,40	55,1	1,39
Стрелецкой	8—20	5,62	1,83±0,15	32,0	1,79
Камышовой	7—12	4,15	1,12±0,32	26,9	1,97
Северо-западный район Черно-					
го моря	120—1230	3,29	1,39±0,52	42,3	1,78
Анатолийское побережье	135—2230	2,24	0,72±0,40	32,1	0,96
Индийский океан	5500	—	0,11±0,02	—	—

Гуминовые вещества — это специфическая для донных осадков часть органики. Высокомолекулярные, темноокрашенные, растворимые в водных растворах щелочей, они формируются из фрагментов, продуктов трансформации отмерших организмов и прижизненных метаболитов. Определенный отпечаток на них накладывает антропогенный фактор. Цель работы — изучение гуминовых веществ донных осадков, подверженных постоянному прессингу аллохтонными материалами.

Материалы и методы. Пробы донных осадков собраны в период бентосной съемки 1988 г., проведенной в севастопольских бухтах в плане мониторинга. Для сравнения использовали результаты анализа проб донных осадков других черноморских регионов и океана. Всего проанализировано 55 проб.

Гуминовые кислоты выделены путем экстракции 0,1 н. NaOH при 100 °C после извлечения битумоидов и разрушения карбонатов. Элементный состав и углерод гуминов (той части гуминовых веществ, которые связаны с минеральной составляющей донных осадков) определены на CHN-анализаторе. Количественная и качественная характеристики гуминовых кислот получены аналитическим и расчетным путями [2]. Определены тип молекулярной структуры гуминовых кислот (f_c), степень их окисленности (f_o). После классификационной идентификации найдены простейшая формула и средняя минимальная относительная молекулярная масса гуминовых кислот. Алифатичность гуминовых кислот выражалась через подсчет атомного соотношения $H_{ат}/C_{ат}$. Оценка их углеводородного потенциала проведена по следующей формуле [1]: $F = [H - 2(O + N + S : C)]$.

Результаты и обсуждение. В состав гуминовых кислот входят гидрофильные соединения (углеводы, моносахара, уоновые кислоты) и гидрофобные компоненты (ароматические) [6]. Гуминовые кислоты способны связывать адсорбцией и молекулярным присоединением гидрофобные органические компоненты [7], в том числе и нефтяные остатки. Концентрация гуминовых кислот (1,83—2,75%) в исследованных донных осадках и степень гумификации органического вещества (32—55%) значительны в бухтах Южная, Севастопольская, Карантинная, Стрелецкая (табл. 1). Гуминовые кислоты накапливаются не столько в результате трансформации, сколько в связи с их происхождением, аллохтонной природой [8].

Судя по коэффициентам корреляции (табл. 2), количество гуминовых кислот связано с липо-протеиновым комплексом, что делает их частично похожими на морской гумус [5] (в последнем связь с углеводами нарушена). Связь прослеживается также с битумоидами и углеводородами. Она ослабевает в тех случаях, где накопление послед-

Таблица 2. Корреляционные коэффициенты r между гуминовыми и другими органическими компонентами

Органическое вещество	Массовая доля $C_{орг}$, %	Битумоид *		Углеводы *		Липиды	Белок	Углеводы
		I	II	I	II			
Гуминовые кислоты	0,88	0,67	0,55	0,66	0,54	0,66	0,54	0,22
Гумины	0,63	0,02	0,82	0,03	0,74	0,78	0,11	0,20

* I — менее 0,5 г/100 осадка; II — более 0,5 г.

них опережает преобразовательные процессы (количество битумоида и углеводов превышает 0,5 г/100 г). Наиболее тесная связь обнаружена с $C_{орг}$ ($r=0,88$), так как накопление органического углерода и гуминовых кислот в донных осадках бухт происходит параллельно. Степень гумификации органического вещества в этом случае не связана с концентрацией $C_{орг}$ ($r=0,23$). Гумины в загрязненных осадках тесно связаны с битумоидами, липидами, углеводородами.

Изложенное подтверждается элементарным составом гуминовых кислот (табл. 3). Количество углерода, водорода и азота в гуминовых кислотах донных осадков бухт повышенное (до 67,8% C; 10,4% H; 7,3% N), в то время как в гуминовых кислотах донных осадков других акваторий количество элементов не превышает 55,3% C; 8,09% H и 4,34% N. Полученное расчетным путем количество гетероатомов, которые в основном представлены кислородом [3], в осадках бухт в полтора—два раза ниже (14,5—30,1%), чем в открытом море (34,01—43,41%). Отношения $H_{ат}/C_{ат}$ свидетельствуют о цикличности и конденсированности молекул гуминовых кислот донных осадков бухт (1,53—1,93). Здесь же обнаружен высокий углеводородный потенциал ($F=1,14 \div 1,33$). Следует отметить, что два последних показателя заметно отличаются в гуминовых кислотах донных осадков северо-западного региона ($H_{ат}/C_{ат}=2,19$; $F=1,38$). Подсчитанные структурный индекс f_c и степень окисленности f_o позволяют отнести гуминовые кислоты бухт к алифатическим или алициклическим структурам, преимущественно слабоокисленным (табл. 4). Средней степени окисленности гуминовые кислоты характерны для открытого моря, сильноокисленные ароматические — для океана.

Простейшая формула и наименьшая относительная молекулярная масса (НММ), которая ограничивает нижний предел истинного значения относительной молекулярной массы и обозначает величину, кратную ей, свидетельствует, что гуминовые кислоты донных осадков бухт представляют собой полимеры аллохтонного происхождения с НММ 190—289. В молекулах гуминовых кислот глубоководных черноморских осад-

Таблица 3. Элементарный состав гуминовых кислот, %

Акватория	C	H	N	O	$H/C_{ат}$	F
Бухты						
Севастопольская	59,3±3,3	9,5±0,4	5,7±0,4	25,5±3,8	1,92	1,14
Южная	62,5±5,6	10,1±0,4	6,1±0,6	21,0±6,5	1,93	1,26
Артиллерийская	67,8±2,2	10,4±1,0	7,3±1,3	14,5±4,5	1,83	1,33
Устья бухт						
Севастопольской	61,8±6,6	9,4±0,8	6,2±0,2	21,6±4,2	1,82	1,14
Карантинной	57,4±0,2	8,6±1,7	5,6±1,2	28,4±0,2	1,80	0,8
Стрелецкой	63,6±0,3	6,5±3,3	4,7±1,9	22,9±0,3	1,53	0,84
Камышовой	56,0±3,8	7,6±0,9	6,3±0,8	30,1±5,0	1,64	0,62
Северо-западный район Черного моря	44,16	8,09	4,34	3,41	2,19	1,38
Анатолийское побережье	54,52	7,48	3,99	34,01	1,67	0,59
Индийский океан	55,3	3,52	1,35	39,83	0,76	—

Т а б л и ц а 4 Химические характеристики гуминовых кислот

Акватория	Класс природных соединений	Простейшая формула	НММ
Бухты			
Севастопольская	Алифатические слабоокисленные	$C_{12}H_{23}O_4N$	245
Южная	То же	$C_{12}H_{25}O_3N$	231
Артиллерийская	Алициклические слабоокисленные	$C_{11}H_{20}ON$	190
Устья бухт			
Севастопольской	То же	$C_{12}H_{21}O_4N$	243
Карантинной	Алифатические слабо- и среднеокисленные	$C_{12}H_{21}O_3N$	229
Стрелецкой	Алициклические слабоокисленные	$C_{16}H_{19}O_4N$	289
Камышовый	Алициклические среднеокисленные	$C_{11}H_{16}O_4N$	226
Северо-западный район Черного моря	Алифатические среднеокисленные	$C_{11}H_{25}O_9N$	316
Анатолийское побережье	Алициклические среднеокисленные	$C_{15}H_{26}O_7N$	332
Индийский океан	Ароматические сильноокисленные	$C_{16}H_{35}O_{25}N$	1001

ков увеличивается высокомолекулярная составляющая — НММ 316—332; последняя становится основной в гуминовых кислотах океана (1001) (см. табл. 4). Показано [4], что высоко- и среднемолекулярные фракции преобладают в составе разложившейся смеси макрофитов и пеллет детрита, а терригенное органическое вещество поставляют низкомолекулярные составляющие. Сюда, по-видимому, можно причислить аллохтонные вещества углеводородного характера. В условиях загрязнения наименьшая молекулярная масса гуминовых кислот не связана с наличием липидов ($r = -0,79$), белка ($r = -0,66$), битумоидов ($r = -0,51$) и углеводородов ($r = -0,66$). Лишь углеводы имеют, судя по знаку, слабое влияние на формирование молекул гуминовой кислоты ($r = 0,44$).

Таким образом, гуминовые кислоты в донных осадках, подверженных углеводородному воздействию, накапливаются наряду с другими органическими компонентами: битумоидами, углеводородами, липидами. Увеличивается степень гумифицированности органического вещества. Гуминовые кислоты обладают преимущественно алифатической, реже алициклической структурой слабой степени окисленности, высоким углеводородным потенциалом и низкой молекулярной массой. Такие восстановленные, аллохтонной природы гуминовые вещества не могут служить источником питания для депозитофагов.

1. Грецкая Е. В., Корчагина Ю. И. Углеводородный генетический потенциал органического вещества морских глубоководных образований // Океанология. — 1987. — Вып. 6 (28). — С. 949—957.
2. Заславский Е. М. Методические подходы к изучению гуминовых веществ в морских осадках // Методы исследования органического вещества в океане. — М.: Наука, 1980. — С. 176—186.
3. Романкевич Е. А. Геохимия органического вещества в океане. — М.: Наука, 1977. — 256 с.
4. Шарнауд Н., Потапова Л. И., Бек Т. А., Щербаков Ф. А. Изменение состава гуминовых кислот в прибрежной зоне Белого моря // Биогеохимия приконт. районов океана: Тез. докл. Всесоюз. совещ. (Нальчик, 24—29 сент. 1984 г.). — М.: Б. и., 1984. — С. 52.
5. Harvey G. R., Boran D. A., Piotrowicz S. R., Weisel C. P. Synthesis of marine humic substances from unsaturated lipids. // Nature. — 1984. — 309, N 5965. — P. 244—246.
6. Kalinowski E., Blondeau R. Characterization of sedimentary humic acids fractionated by hydrophobic interaction chromatography // Mar. Chem. — 1988. — 24, N 1. — P. 29—37.
7. Khan S. U., Schnitzer M. The retention of hydrophobic organic compounds by humic acid // Geochim. et Cosmochim. Acta. — 1972. — 36, N 7. — P. 360—364.

8. *Nissenbaum A., Kaplan I. R.* Chemical and isotopic evidence for the in situ origin of marine humic substances // *Limnol. and Oceanogr.* — 1972. — 17, N 4. — P. 570—582.

Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского
АН Украины, Севастополь

Получено
16.11.90

L. N. KIRYUKHINA

HUMINE SUBSTANCE OF THE BOTTOM SEDIMENTS OF SEVASTOPOL BAYS

Summary

Bottom sediments subjected to constant pressing by allochthonous material possess higher content of humic acids ($C_{h.a.}$ 1.83-2.75% wt.), humines ($C_{hum.}$ 1.39-3.12% wt.), humified organic substance (humification degree 32.0-55.1%).

Humine compounds are accumulated parallel with bitumoid, lipids, hydrocarbons.

Element composition of humine acids includes to 67.8% C, 10.4% H, 7.3% N, 15.5% O. Humic acids have either aliphatic or alicyclic structure, low oxidization, prevalence of low-molecular compound and high hydrocarbon potential.