

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

32

1989

счет слизистого межклеточного вещества способствовали укрупнению агрегатов, облегчая их взаимную адгезию.

Подъем вод, содержащих большое количество метровых агрегатов детрита, и длительное их сохранение в приповерхностном слое несомненно редкое явление. Но оно заставляет предполагать, что ниже пикноклина в Средиземном море периодически возникают условия формирования крупных агрегатов детрита.

1. Лисицин А. П. Морской снег // Биохимия океана. — М.: Наука, 1983. — С. 270—275.

2. Лисицин А. П. Биодифференциация вещества в океане и осадочный процесс // Биодифференциация осадочного вещества в морях и океанах. — Ростов: Изд-во Ростов. ун-та, 1986. — С. 3—66.

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

Получено 02.02.87

V. S. LOGACHEV, V. E. ZAIKA

VISUAL INVESTIGATIONS OF DETRITUS AGGREGATES IN THE BLACK AND AEGEAN SEAS

Summary

Observations in the Black Sea (carried out from the underwater laboratory) at the depth of 100 m have shown that detritus aggregates 0.5-5 mm in size are usually flacky („marine snow“), those about 10-20 mm are like garland filaments, „cometoids“. The 2-4 mm aggregates prevail in the layer of 0-20 m (over the summer jump of density), those 4-6 mm long — in the layer of 20-50 m, 6-8 mm ones at the bottom below 50 m. The largest 50-100 cm aggregates are formed below the jump. The large aggregates may be found near the surface under cold waters rise. A 0.5-2.5 m long mass of medusiform detritus aggregates was observed in the Aegean Sea (in August.)

УДК 577.1.(262.5+262.4)

И. А. ДИВАВИН, Ю. П. КОПЫТОВ,
И. М. ЦЫМБАЛ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ КЛАССОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЧЕРНОМ И ЭГЕЙСКОМ МОРЯХ

Черное море считается одной из самых исследованных акваторий. Однако комплексное исследование биохимического состава растворенного и взвешенного органического вещества в Черном море практически не проводилось. Изучение биохимического состава морской воды, особенно степени полимерности таких компонентов, как белковые и углеводные соединения, может дать информацию об интенсивности деструкционных процессов органического вещества в море.

В отдельных регионах Черного моря и в сравнительном аспекте — Эгейского впервые было одновременно изучено содержание таких классов органики, как белки (БПС), углеводы (УПС), липиды (Л) и углеводороды (УВ), РОВ и ВОВ. Кроме того, во взвеси был определен состав БПС и резервных углеводов по молекулярным массам (4 фракции), выявлено количество структурных углеводов.

Работа выполнена в октябре—ноябре 1987 г. в 104-м рейсе нис «Академик Ковалевский». Были исследованы район филофорного поля Зернова (6 станций) с координатами 45°26'—45°50' с. ш. и 30°40'—31°46' в. д., побережье Крыма от Евпатории до Судака (4 станции), а также проведено по 3 станции в Черном (прибосфорский район, периферия и центральная часть западного круговорота) и в Эгейском (центральный район) морях.

Институт биологии
Южных морей АН УССР
БИБЛИОТЕКА
№ 4

Таблица 1. Характеристика СОВ центральных районов Черного и Эгейского морей

Район, глубина	СОВ	РОВ	ВОВ	Состав СОВ, %			
				УПС	БПС	Л	УВ
Черное море ЦР 0 м	2903±167	2429±145	474,1±46,1	81,1	2,9	9,4	6,6
		83,7	16,3				
		955±66	463,2±45,3				
≥200 м	1418±112	67,3	32,7	62,2	5,9	15,3	16,6
		1203±231	235,6±8,0				
		83,7	16,3				
Эгейское море 0 м	1438±236	1353±89	222,6±21,1	81,5	5,2	7,5	5,8
		85,9	14,1				
		1575±208					
≥200 м	1575±208			83,6	3,6	7,1	5,7

Пробы отбирали 1-литровым батометром Нансена, воду фильтровали через газ с диаметром отверстий 100 мкм, затем через стекловолоконный фильтр с размером пор 0,8 мкм. В растворенном органическом веществе (РОВ) определяли содержание углеводов, липидов и углеводородов, белка. Методика определения растворенного белка приводится в настоящем сборнике в работе Ю. П. Копытова. Во взвешенном органическом веществе (ВОВ) исследовали содержание хлорофилла *a* [3], липидов и углеводородов, свободных аминокислот [7], резервных (экстрагируемых 0,5 Н, NaOH, 80 °С, 15 мин) и структурных (гидролизуемых 60%-ной H₂SO₄, 100 °С, 15 мин) углеводов, белка [4]. Все соединения углеводной природы определяли по методу [1], липиды с фосфованилиновым реактивом по методу [5], углеводороды методом ТСХ [2]. Фракционирование по молекулярным массам резервных углеводов и белка взвеси проводили на ацетатцеллюлозных мембранных ультрафильтрах фирмы «Сарториус» с номинальным размером пор 10 и 100 кД. Соответственно получали фракции с молекулярными массами <10 кД, 10–100, >100 кД. Свободные аминокислоты и моносахара, извлекаемые 80%-ным этанолом, условно принимали за соединения с молекулярной массой <1 кД. Под РОВ и ВОВ подразумевалась сумма органических веществ в растворе и взвеси в пределах определяемых классов соединений, под суммой органических веществ (СОВ) сумма РОВ и ВОВ.

Известно, что продуктивность Черного моря значительно выше Эгейского. Об этом, вероятно, свидетельствует большее содержание хлорофилла *a* в поверхностном слое центрального района (ЦР) Черного моря по сравнению с Эгейским (соответственно 0,57 и 0,18 мкг·л⁻¹),

Таблица 2. Характеристика РОВ и ВОВ центральных районов

Район, глубина	РОВ			
	УПС	БПС	Л	УВ
Черное море ЦР 0 м	2180±82,2	16,2±6,1	138,9±4,8	94,2±4,9
	89,7	0,7	5,7	3,9
	754±44	32,0±7,9	104,2±7,7	65,2±8,6
≥200 м	79,0	3,4	10,9	6,7
	1069±125	13,6±2,1	64,9±9,1	55,3±9,7
Эгейское море 0 м	88,9	1,1	5,4	4,6
	1227±152	12,0±1,9	66,1±5,5	48,4±4,1
	90,7	0,9	4,9	3,5
≥200 м				

а также более высокие концентрации СОВ. Здесь и в дальнейшем мы оперируем обработанными статистически средними показателями по описываемым районам. Диапазон концентраций СОВ в поверхностном слое ЦР Черного моря колеблется от 1920 до 4450 мкг·л⁻¹, тогда как в Эгейском этот интервал значительно уже (854—2360 мкг·л⁻¹). На глубинах 200 м диапазон концентраций СОВ в ЦР Черного моря составляет 588—2710, в Эгейском — 1055—2020 мкг·л⁻¹.

Как видно из табл. 1 средняя концентрация СОВ поверхностного слоя воды Черного моря более чем в 2 раза превышает содержание СОВ в Эгейском. На глубинах ≥ 200 м количество СОВ в Черном море снижается более чем вдвое, тогда как в Эгейском концентрация СОВ существенно не отличается от поверхностного слоя.

В составе СОВ в основном обращает на себя внимание увеличение с глубиной доли БПС, Л и УВ в Черном море, тогда как в Эгейском состав СОВ на разных горизонтах практически одинаков. Поскольку в составе СОВ РОВ составляет большую его часть, то концентрации РОВ и изменения на глубинах ≥ 200 м аналогичны изменениям СОВ.

Как видно из табл. 2, в РОВ УПС составляет от 79 до 90,7%. В поверхностном слое процентное содержание УПС в исследованных морях не отличается друг от друга. На глубинах ≥ 200 м в Эгейском море доля УПС не изменяется, а в Черном снижается на 10%. Процентное содержание БПС в поверхностном слое в Эгейском море значительно выше, чем в Черном, но с увеличением глубин до 200 м и более имеет тенденцию к уменьшению, тогда как в Черном море содержание БПС возрастает почти в 5 раз. По процентному содержанию Л и УВ в поверхностном слое Черное и Эгейское моря мало отличаются друг от друга, но если в Эгейском море доля этих компонентов органического вещества, как и БПС, снижается на глубинах ≥ 200 м, то в Черном наоборот, их доля значительно увеличивается: Л более чем в 2 раза, УВ — в 1,7 раза. Таким образом, в сероводородной зоне Черного моря наблюдается значительное повышение процентного содержания в составе РОВ БПС, Л и УВ, хотя концентрации этих компонентов РОВ, кроме БПС, уменьшаются.

Концентрации ВОВ в Черном и Эгейском морях на поверхности и на глубинах ≥ 200 м одинаковы, но в Черном море они в 2 раза превышают их величины в Эгейском. Доля УПС в составе ВОВ с увеличением глубины отбора проб до ≥ 200 м, в Черном море по сравнению с Эгейским уменьшается, как и концентрации, более значительно (8,8 и 3,2%). На долю резервных УПС в составе суммарных в Черном море приходится 61, а в Эгейском — 70—71%, остальное количество составляют структурные углеводы, то есть лабильных соединений УПС в Эгейском море несколько больше.

Черногси Эгейского морей, мкг·л⁻¹/%

Сумма УПС	ВОВ				
	В том числе от суммы УПС		БПС	Л	УВ
	резервные	структурные			
171,9±18,9	105,5	66,4	67,2±7,1	133,3±6,3	97,9±6,1
36,6	61,4	38,6	14,3	28,3	20,8
128,4±13,1	78,3	50,1	52,0±7,7	113,3±10,4	169±9,7
27,8	61,0	39,0	10,9	24,6	36,7
102,4±13,5	71,8	30,6	61,0±3,2	42,6±3,2	28,9±7,7
43,6	10,1	29,9	26,0	18,1	12,3
89,5±11,8	63,6	25,9	45,8±8,1	45,4±4,1	40,8±15,8
40,4	71,7	28,9	20,7	20,5	18,4

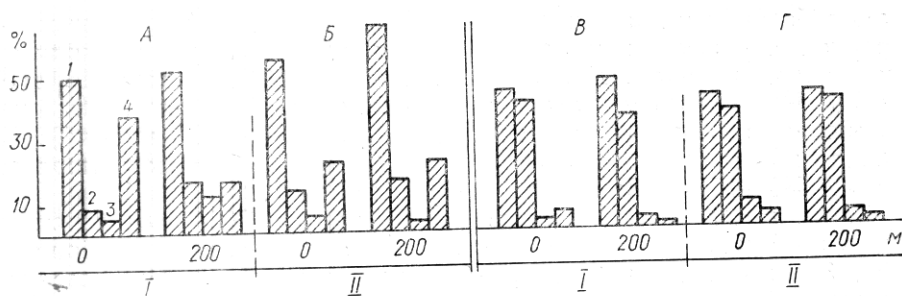


Рис. 1. Содержание фракций БПС ВОВ (А, Б) и резервных УПС (В, Г) в Черном (I) и Эгейском (II) морях:

1—4 — фракции с молекулярной массой соответственно <1 , 1—10, 10—100, >100 кД

Концентрации БПС ВОВ обоих морей в поверхностном слое и на глубине ≥ 200 м достоверно не различаются. С увеличением глубины происходит примерно одинаковое ($15 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$) их снижение. Происходит также снижение и процентного содержания БПС, но количество этих соединений в составе ВОВ в Эгейском море почти в 2 раза выше.

Концентрации Л на разных глубинах в Черном и Эгейском морях достоверно не различаются, но в Черном они в 3 раза, или на 10—14%, выше.

Самые заметные различия были обнаружены в содержании УВ ВОВ. Концентрации последних в Черном море в 3,5—4 раза превышают соответствующие концентрации в Эгейском. В обоих морях на глубинах ≥ 200 м происходит увеличение концентраций и процентного содержания УВ ВОВ, но в Черном море более значительно. В Эгейском море комплекс Л+УВ составляет 30—40, в Черном — 50—60%. Повышенное содержание УВ и Л в ЦР Черного моря по сравнению с Эгейским, очевидно, связано с динамикой водных масс, приводящих к концентрированию гетерогенных примесей в халистазе западного циклонического круговорота. Аналогичные явления отмечались и другими авторами [6].

По распределению БПС и УПС по молекулярным массам можно судить о степени деструкции этих соединений. Как видно из рис. 1, а, содержание наиболее высокополимерных белковых фракций с молекулярной массой свыше 100 кД на поверхности и на горизонтах ≥ 200 м в Черном море существенно выше, чем в Эгейском. Вероятно, это свидетельствует о некотором преобладании деструкционных процессов БПС над продукционными в Эгейском море по сравнению с Черным, что подтверждается также более высоким содержанием в Эгейском море низкомолекулярной фракции БПС с молекулярной массой <1 кД. Общей тенденцией для обоих морей является повышение степени деструкции БПС с увеличением глубин до уровня ≥ 200 м. Такая же тенденция снижения степени полимерности с глубиной наблюдалась и в отношении резервных УПС (рис. 1, б).

Значительный интерес представляют районы шельфа Черного моря, в частности, вдоль крымского шельфа (КШ) и район филофорного поля Зернова (ФПЗ). Последний привлекает внимание спецификой — наличием нефтяных буровых вышек, водоросли филофоры, а также выносом в этот регион речных стоков. Побережье южного Крыма обращает на себя внимание высокой степенью урбанизации и в связи с этим возможностью большого количества промышленных и бытовых стоков.

Данные, характеризующие количественный и качественный состав органического вещества морской воды на ФПЗ и КШ, представлены в табл. 3 и 4.

Диапазон концентраций СОВ на поверхности в районе КШ колеблется от 2260 до $6790 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$, а на ФПЗ от 2130 до $4480 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$. В придонном слое эти величины составляют соответственно 1970—6750 и 1690—5390 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$. Наиболее высокие концентрации СОВ (свыше

Таблица 3. Характеристика СОВ филофорного поля Зернова и крымского шельфа

Район, глубина	СОВ	РОВ	ВОВ	Состав СОВ, %			
				УПС	БПС	Л	УВ
		$\frac{\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}}{\%}$					
ФПЗ	0 м	2846 ± 163	2333 ± 140	84,8	4,2	6,7	4,3
	16—38 м	2973 ± 318		83,3	4,7	5,2	6,8
КШ	0 м			91,1	2,1	3,9	2,9
	15—35 м			89,9	2,2	4,2	3,8

6000 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$) были выявлены в районе Севастополя, за счет чего возросли и средние показатели содержания СОВ на КШ по сравнению с ФПЗ. Средние концентрации СОВ КШ без учета севастопольской станции составляют 2480 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$ на поверхности и 2300 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$ в придонном слое и достоверно не отличаются от данных по ФПЗ. Как видно, содержание СОВ на КШ и на ФПЗ практически одинаковы на поверхности и в придонном слое, что связано с относительно малыми глубинами и активным перемешиванием водных масс. Содержание хлорофилла *a* в силу этих же причин практически одинаково во всем слое 0—36 м и на ФПЗ в 3—4 раза превышает его концентрации на КШ (2,64—2,58 и 0,72—0,63 $\text{мкг} \cdot \text{л}^{-1}$ соответственно). Содержание хлорофилла *a* на ФПЗ является наиболее высоким по Черному морю, что, как и высокие концентрации СОВ, является дополнительным подтверждением высокой продуктивности этого района.

Содержание РОВ, как и СОВ, на КШ больше, чем на ФПЗ, но это также объясняется высокими концентрациями ОВ в районе внешнего рейда бухты Камышовой (Севастополь).

Состав СОВ ФПЗ отличается от КШ большим процентным содержанием БПС, Л, УВ. Общей тенденцией для этих регионов Черного моря является увеличение доли УВ в придонном слое.

Состав РОВ по концентрациям и процентному содержанию основных компонентов на ФПЗ и КШ отличается друг от друга незначительно в придонном слое и на поверхности.

Средние концентрации ВОВ на ФПЗ на 40—60% соответственно для поверхности и придонного слоя выше, чем на КШ, что, как уже указывалось, может объясняться речными стоками, особенно Дуная, а также наличием большого количества детрита как продукта жизнедеятельности макрофитов. В обоих регионах отмечается уменьшение в придонном слое доли УПС. Следует также отметить, что содержание резервных углеводов в составе УПС ВОВ везде практически постоянно и составляет 61—67%, что сопоставимо и с другими акваториями (ЦР и Эгейское море). Наиболее значительные различия по регионам выявлены в концентрации и процентном содержании УВ. Содержание последних на ФПЗ на поверхности и в придонном слое в 2 и более раз превосходят концентрации УВ на КШ. В обоих районах наблюдалось очень значительное увеличение концентрации и процентного содержания УВ по сравнению с поверхностью в придонном слое, что, вероятно, объясняется активным процессом седиментации УВ на частицах взвеси.

Повышенные концентрации БПС на ФПЗ связаны, возможно, с жизнедеятельностью макрофитов и речными стоками.

Как видно из рис. 2, сравниваемые регионы значительно различаются по фракционному составу БПС и резервных УПС. Так, например, на ФПЗ в составе обоих классов ОВ доминировали низкомолекулярные

Таблица 4. Характеристика РОВ и ВОВ филофорного поля

Район, глубина	РОВ			
	УПС	БПС	Л	УВ
ФПЗ	2138 ± 393	$18,3 \pm 1,5$	$112,1 \pm 9,1$	$64,1 \pm 19,0$
0 м	91,5	0,8	4,8	2,9
16—38 м	2190 ± 544	$16,7 \pm 0,6$	$86,1 \pm 3,1$	$60,5 \pm 13,4$
	93,0	0,7	3,7	2,6
КШ	3105 ± 1045	$18,6 \pm 1,8$	$88,2 \pm 18,1$	$74,0 \pm 18,7$
0 м	94,5	0,6	2,7	2,2
15—35 м	2952 ± 1045	$11,8 \pm 1,3$	$87,1 \pm 31,8$	$72,5 \pm 42,0$
	94,6	0,4	2,8	2,2

соединения с молекулярной массой <10 кД, в то время как на КШ протенны были представлены главным образом низко (<1 кД) и высоко (>100 кД) молекулярной фракциями, а в резервных УПС преобладали сахара с молекулярной массой 1—10 кД. Очевидно, эти отличия обусловлены разными условиями формирования ВОВ на этих акваториях и отражают сложившийся баланс между продукционно-деструкционными процессами, протекающими в этих регионах.

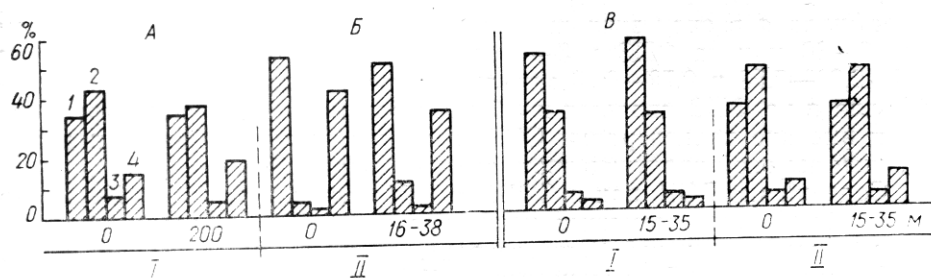


Рис. 2. Содержание фракций БПС ВОВ и резервных УПС на ФПЗ (I) и КШ (II). Остальные обозначения, как на рис. 1

Таким образом, проведенные исследования показали присутствие существенных региональных различий в составе и содержании основных классов РОВ и ВОВ, а также фракционного состава резервных углеводов и белков взвеси морской воды Черного и Эгейского морей. Установлено, что ЦР Черного моря по сравнению с таковым Эгейского моря отличается более высоким уровнем углеводородного загрязнения. В пределах Черного моря особый интерес представляет значительная степень загрязнения углеводородами морской воды шельфовой зоны, которая, с одной стороны, может служить местом развития марикультуры, с другой — является курортным районом всесоюзного значения.

1. Агатова А. И., Полуяков В. Ф. Определение суммы углеводов в морской воде, взвеси и осадках с L-триптофаном // Методы исследования органического вещества в океане. — М.: Наука, 1980. — С. 115—121.
2. Копытов Ю. П. Новый вариант тонкослойной хроматографии липидов и углеводов // Экология моря. — 1983. — Вып. 13. — С. 76—80.
3. Методы биохимического анализа растений / Под ред. В. В. Полевого, Г. Б. Максимова. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. — 192 с.
4. Методы общей бактериологии / Под ред. Ф. Герхардта и др. — М.: Мир, 1984. — 472 с.
5. Рекомендации по определению биохимического состава различных форм органического вещества в морских водах. — М.: ВНИРО, 1983. — 36 с.
6. Симонов А. И., Затучная Б. М. Современное состояние исследований степени загрязнения и процессов самоочищения вод солоноватых морей // Загрязнение соло-

ВОВ					
Сумма УПС	В том числе от суммы УПС		БПС	Л	УВ
	резервные	структурные			
<u>270,3±23,3</u>	<u>171,6</u>	<u>98,7</u>	<u>102,3±5,2</u>	<u>76,9±11,2</u>	<u>54,9±18,1</u>
53,6	63,5	36,5	20,3	15,2	10,9
<u>280,7±31,8</u>	<u>189,0</u>	<u>91,7</u>	<u>122,6±9,8</u>	<u>69,7±3,9</u>	<u>140,3±16,0</u>
45,8	67,3	32,7	20,0	11,4	22,8
<u>218,2±17,6</u>	<u>134,2</u>	<u>84,0</u>	<u>58,1±8,7</u>	<u>53,9±11,7</u>	<u>28,5±6,8</u>
60,8	61,5	38,5	16,2	15,0	8,0
<u>201,4±26,3</u>	<u>131,4</u>	<u>70,0</u>	<u>64,2±3,7</u>	<u>62,0±13,0</u>	<u>60,6±15,3</u>
51,9	65,2	34,8	16,5	16,0	15,6

новатых морей. — Гдыня: Издательский центр Ин-та морского рыболовства, 1976. — С. 13—24.

7. Филиппович Ю. Б., Егорова Т. А., Севастьянова Г. А. Практикум по общей биохимии. — М.: Просвещение. 1975. — 318 с.

Ин-т биологии юж. морей

им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 03.02.88

I. A. DIVAVIN,
Yu. P. KOPYTOV, I. M. TSYMBAL

A COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF DISTRIBUTION OF THE BASIC CLASSES OF ORGANIC SUBSTANCES IN THE BLACK AND AEGEAN SEAS

Summary

The regions of Zernov's phyllophorous field, the Crimean shelf and the Black Sea western cycle as well as the Aegean sea were studied as to the composition and content of the basic classes (carbohydrates, proteins, lipids, hydrocarbons) of dissolved and suspended organic substances. Fractional composition of reserve carbohydrates and protein of the suspension was studied. Essential regional differences in quantitative indices of the studied areas were established from the majority of organics classes as well as from the destruction degree of reserve carbohydrates and proteins of the suspension.

УДК 551.464.38

А. А. БЕЗБОРОДОВ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ — МЕТАЛЛОВ С ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ В ОКЕАНСКОЙ ВОДЕ

Знание форм миграции металлов в океанской воде имеет важное значение для выяснения закономерностей многих биохимических процессов. Соотношение неорганических форм металлов в океанской воде хорошо известно благодаря термодинамическим расчетам [2, 8, 18, 19]. Экспериментально показано, что химические элементы в океане находятся также в форме комплексов с органическим веществом [4, 10, 13].

Для теоретической оценки соотношения между органическими и неорганическими формами металлов в океанской воде используют данные по константам устойчивости металлов с отдельными гуминовыми фульво- и аминокислотами [8, 11, 18]. Эти оценки показывают, что доля металлов в органической форме в морской воде очень мала, что противоречит многочисленным экспериментальным исследованиям [4,