УДК 551.464

ОРГАНИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛЬНАЯ ВЗВЕСЬ НЕКОТОРЫХ МОРЕЙ СРЕДИЗЕМНОМОРЬЯ

Д. М. ВИТЮК, В. М. ЧИСТЕНКО

(Институт биологии южных морей АН УССР, Севастополь)

Определено соотношение органических и минеральных веществ в 64 пробах морской взвеси, собранных в 1967 г. в Адриатическом, Ионическом, Лигурийском морях и проливах Отранто и Корсиканском. Доля органических соединений в исследованной взвеси изменялась в пределах 4,93—86,46%. Преобладала взвесь с содержанием 40—70% органического вещества. Концентрация взвешенного органического вещества колебалась в пределах 0,01—2,69 *мг/л*.

Соотношение минеральных и органических соединений как одна из основных характеристик морской взвеси обусловливается многими факторами, к числу которых относятся географическое положение, удаленность от берегов, горизонт отбора проб, глубина места, влияние речного стока, эоловых выносов и течений, степень дисперсности, а также природа суспендированных частиц и связанная с ней их адсорбционная способность и пр.

Среди факторов, определяющих количество и состав морской взвеси, особое место занимают биологические процессы. Так, в результате интенсивного фотосинтеза органического материала одноклеточными водорослями, с характерными для них сезонностью развития и периодической сменой видового состава, в верхних слоях воды могут накапливаться огромные количества взвеси, состоящей почти целиком из фитопланктона. Как видно из табл. 1, количественное соотношение минеральных и органических соединений в одноклеточных водорослях меняется от вида к виду в широких пределах. Известно, что в кокколитофоридах и радиоляриях преобладают карбонаты, в диатомовых — кремний. Сухое вещество клеток мелких жгутиковых состоит преимущественно из органического материала, а в клетках некоторых видов Hetoceros [10] содержание органического вещества не превышает 25%.

Количественное соотношение органических и минеральных веществ (*орг/мин*) фитопланктонной взвеси в значительной степени зависит от видовой принадлежности организмов, преобладающих в данный момент в ее составе. Скопления биофильтраторов, фекалии которых зачастую содержат много органического вещества, развитие и миграции зоопланктона, икрометание также оказывают значительное влияние на состав взвеси.

В настоящей работе рассматривается взвесь преимущественно Адриатического моря, а также взятая на отдельных станциях в Ионическом и Лигурийском морях, в проливах Отранто и Корсиканском (рис. 1). Материал собран в октябре—ноябре 1967 г. во время 61-го рейса нис «Академик А. Ковалевский».

Всего проанализировано 64 пробы, собранные на 21 станции, из них 47 — на 16 станциях Адриатического моря, 6 — на двух станциях Лигурийского моря, 4 — на одной станции Ионического моря. В проливах Отранто и Корсиканском проведено по одной станции; в первом взято 4 пробы, во втором — 3. Пробы брали 12-литровым

металлическим батометром на горизонтах, близких к стандартным гидрологическим, как правило, по всей глубине. включая придонный слой. С поверхности воду брали эмалированным ведром.

Тотчас после взятия пробу пропускали сквозь капроновое сито с ячейками 100—110 *мк*, затем фильтровали под вакуумом через мембранный ультрафильтр «сынпор»

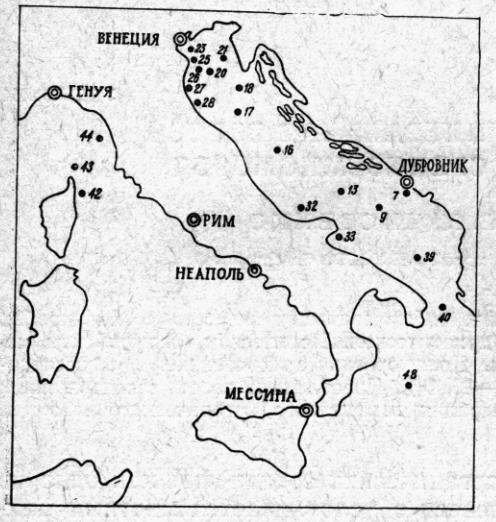

Рис. 1. Станции отбора проб (схема).

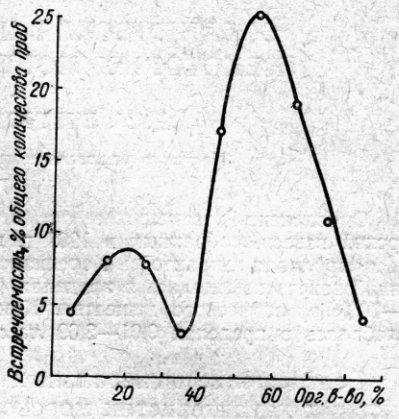

Рис. 2. Встречаемость взвеси с различным содержанием органического вещества.

диаметром 60 *мм*, с размерами пор 0,3—0,5 *мк*. Осадок на фильтре промывали дистиллированной водой для удаления солей морской воды и высушивали при 50—60° С. Вес сухого осадка находили по разности между весом фильтра с осадком и без него. Сухой осадок, отнесенный к объему профильтрованной воды, принимали за содержание взвешенного вещества (*мг/л*). (Данные о содержании взвешенного вещества в исследованных районах и о его распределении в Адриатическом море опубликованы ранее [3].)

Таблица 1

Содержание органического вещества в некоторых массовых видах фитопланктона

Вид	Органическое вещество, % к сухому весу	Источник
Chlamydomonas depeyperata	79,2—80,7	[5]
Ch. minima	73,4—73,9	
Chroomonas acuta	88,7—90,9	
Chlorella vulgaris	75,1—75,2	
Ch. ellipsoidea	79,9	
Pontosphaera huxleyi	44,2—49,9	
Cerataulina bergonii	48,78	[6]
Chaetoceros lauderi	37,23	
Leptocylindrus danicus	38,40	
Sceletonema costatum	46,29	
Gymnodinium wulffii	71,00	
Мелкие жгутиковые	77,22—81,25	
Microcystis aeruginosa	94,19	[2]
Noctiluca miliaria	82,16	
Nitzschia seriata	55,89	
Melosira granulata	42,80	
Coscinodiscus jonesienus	31,10	

Таблица 2

Содержание водной взвеси и ее состав по наблюдениям нис «Академик А. Ковалевский» в 1967 г.

№ станций	Глубина места, *м*	Горизонт, *м*	Содержание взвеси, *мг/л*			Соотношение органических и минеральных веществ	Карбонаты (в пересчете на $CaCO_3$), % к взвеси
			общее	органической	неорганической		
			Адриатическое море				
7	45	25	0,14	0,04	0,10	0,40	4,75
9	1210	0	0,22	0,12	0,10	1,20	0,75
		100	0,08	0,01	0,07	0,14	13,00
		500	0,22	0,10	0,12	0,83	2,94
		1000	0,12	0,03	0,09	0,33	5,09
		1170	0,10	0,07	0,03	2,33	21,00
13	185	0	0,46	0,32	0,14	2,29	3,00
		25	0,32	0,18	0,14	1,29	13,28
		50	0,41	0,28	0,13	2,15	5,71
		100	0,36	0,22	0,14	1,57	7,00
		180	0,28	0,19	0,09	2,11	13,80
16	105	0	0,57	0,41	0,16	2,56	11,33
		25	0,49	0,34	0,15	2,27	3,00
		50	0,40	0,31	0,09	3,44	3,75
		100	0,21	0,11	0,10	1,10	3,60
17	63	0	0,17	0,08	0,09	0,89	4,50
		25	0,27	0,13	0,14	0,93	1,00
		60	0,32	0,13	0,19	0,68	3,84
18	40	0	0,18	0,12	0,06	2,00	3,27
		25	0,12	0,04	0,08	0,50	1,40
		38	0,43	0,24	0,19	1,27	6,16
20	35	0	0,35	0,28	0,07	4,00	0,24
		25	0,46	0,10	0,36	0,28	4,57
21	35	0	0,22	0,13	0,09	1,44	0,20
		25	0,37	0,20	0,17	1,18	5,00
23	25	0	0,55	0,41	0,14	2,92	0,84
		25	0,94	0,81	0,13	6,23	8,06
25	31	0	0,38	0,10	0,28	0,36	7,00
		29	0,56	0,35	0,21	1,66	1,13
26	33	0	0,35	0,21	0,14	1,50	13,88
		31	1,43	0,69	0,74	0,93	1,56
27	28	0	0,62	0,49	0,13	3,77	0,75
		26	18,10	2,69	16,15	0,17	10,84
28	20	0	0,30	0,03	0,27	0,11	11,14
		20	2,55	0,32	2,23	0,14	4,04
32	115	0	0,75	0,33	0,42	0,79	10,86
		25	1,17	0,87	0,30	2,90	4,22
		50	0,53	0,23	0,30	0,77	9,27
		100	0,39	0,18	0,21	0,86	10,47
33	42	0	0,35	0,18	0,17	1,06	5,12
		10	0,40	0,07	0,33	0,21	2,70
		25	0,51	0,42	0,09	4,67	1,42
		40	1,42	0,40	1,02	0,39	6,85
39	1100	0	0,38	0,22	0,16	1,38	4,52
		100	0,70	0,37	0,33	1,12	1,75
		500	0,48	0,33	0,15	2,20	3,33
		1000	0,53	0,34	0,19	1,80	1,73

Продолжение табл. 2

№ станций	Глубина места, *м*	Горизонт, *м*	Содержание взвеси, *мг/л*			Соотношение органических и минеральных веществ	Карбонаты (в пересчете на $CaCO_3$), % к взвеси
			общее	органической	неорганической		
			Пролив Отранто				
40	900	0	0,21	0,12	0,09	1,33	4,44
		50	1,27	0,44	0,83	0,53	0,31
		100	0,23	0,12	0,11	1,09	23,83
		500	0,40	0,18	0,22	0,81	0,61
			Корсиканский пролив				
42	60	0	0,36	0,18	0,18	1,00	5,66
		25	0,68	0,42	0,26	1,61	2,66
		50	0,60	0,35	0,25	1,40	3,24
			Лигурийское море				
43	94	0	0,41	0,20	0,21	0,95	1,39
		25	0,17	0,09	0,08	1,13	0,66
		50	0,50	0,23	0,27	0,85	1,52
		94	0,74	0,04	0,70	0,05	13,80
44	46	0	0,17	0,09	0,08	1,12	0,69
		25	0,42	0,04	0,38	0,10	3,30
			Ионическое море				
48	2200	100	0,57	0,34	0,23	1,48	2,00
		500	0,61	0,39	0,22	1,77	2,66
		1500	0,11	0,01	0,10	0,10	6,50
		2000	0,59	0,46	0,13	3,31	4,00

В табл. 2 приведены результаты анализа взвеси, выполненного непосредственно на мембранных ультрафильтрах по специально для этой цели разработанному методу.

Мембрану вместе с высушенным на ней осадком разрезали на четыре равных сектора; два из них, обращенные друг к другу вершинами, использовали для параллельных определений остатка от прокаливания; другие два — для определения CO_2 карбонатов. Остаток от прокаливания определяли сжиганием в платиновых микротиглях при 900—950° С (температура, при которой достигается полная диссоциация карбонатов). Для определения CO_2 карбонатов, последние разлагали серной кислотой при нагревании. Выделившуюся углекислоту количественно улавливали титрованным раствором гидроокиси бария из газового потока, циркулирующего по замкнутому кругу. Непрореагировавший остаток гидроокиси бария титровали 0,01н. раствором соляной кислоты. Сумму остатка от прокаливания и CO_2 карбонатов принимали в качестве минеральной части взвеси. Органическую часть вычисляли по разности. По количеству углекислоты карбонатов находили суммарное содержание углекислых солей в пересчете на $CaCO_3$.

Как следует из приведенных данных (см. табл. 2), доля органических соединений в составе взвешенного вещества исследованных районов осенью 1967 г. изменялась в широких пределах:

Адриатическое море	7,62—86,46%
прол. Отранто	9,44—58,07%
» Корсиканский	50,85—61,19%
Лигурийское море	4,93—55,30%
Ионическое море	12,14—78,24%.

Минимальное значение *орг/мин* — 0,08, что соответствует содержанию органического вещества 7,62%, — обнаружено в пробе на глубине 100 *м* (ст. 9 Адриатического моря), максимальное — 6,38, или 86,46% органического вещества — в воде придонного слоя на глубине 25 *м* (также Адриатическое море, ст. 23). При отмеченном широком диапазоне изменения величины *орг/мин* в исследованном районе преобладала взвесь, в которой этот показатель колебался в сравнительно узких пределах — от 40 до 70% органического вещества. Колебание в таких пределах наблюдалось в 39 случаях, что составляет 60,9% общего числа проанализированных проб.

Кривая встречаемости проб взвеси с различным содержанием органического вещества (рис. 2) свидетельствует о наиболее частой (25% общего числа проб) встречаемости взвеси с 50—60% органического вещества и наиболее редкой (3,1% общего числа проб) — взвеси с 30—40% органического вещества. Встречаемость взвеси с содержанием органического вещества менее 10% и более 80% одинакова: 4,7%.

Лабильность коэффициента *орг/мин* взвеси отмечалась в литературе неоднократно. Так, М. В. Кленова [4], окрашивая карболовым раствором эритрозина осадки на фильтрах с порами диаметром около 5 *мк*, а затем просветляя фильтры канадским бальзамом, подсчитывала раздельно количество органогенных и минеральных частиц взвеси. По данным этого автора, коэффициенты *орг/мин* во взвеси Атлантического океана колебались в пределах 0,5—4,4, что соответствует 33,33—81,48% органогенных частиц. Ю. А. Богданов [1] находил во взвеси Тихого океана от 0,26 до 46,77% органического вещества. А. П. Лисицын [7], определяя содержание органического углерода в пробах взвеси, каждая из которых была выделена из 100—150 *т* воды, установил, что доля органического вещества во взвеси Индийского океана колебалась в пределах 2,82—37,68% (пересчитано нами путем умножения величины содержания $C_{орг}$ на коэффициент 2). Колебания содержания органического вещества взвеси в относительно узких пределах (5,48—18,75%) отмечены для зал. Голландского Вадден зее [13].

Приведенные данные указывают на то, что величина отношения *орг/мин* во взвеси, как правило, не стабильна. В общем случае она изменяется в широких пределах, которые, однако, могут сужаться, и в некоторых случаях взвесь с ограниченной амплитудой колебания коэффициента *орг/мин* преобладает.

В Адриатическом море в большинстве случаев наблюдалось уменьшение величины *орг/мин* по направлению от поверхности ко дну. Вместе с тем на отдельных промежуточных горизонтах она возрастала, что, по-видимому, связано с локальным развитием фитопланктона и, возможно, с интенсификацией бактериальной жизни. На некоторых станциях (9, 13, 18, 23, 25) отмечено резкое увеличение содержания органического вещества взвеси в воде придонных и близких ко дну слоев. Это может быть связано со взмучиванием ила движением воды, а также с характером биоценозов бентоса. Влияние бентосных организмов на взвесь может сказываться двояким образом: с одной стороны, они выделяют в воду метаболиты, которые затем адсорбируются на высоко развитой поверхности взешенных частиц; с другой — многие моллюски (например, синдесмия, кардиум и др.) в процессе передвижения и питания активно взмучивают поверхностный слой грунта [8, 9], создавая над ним облако суспензии, обогащенной органическим веществом ила. (Согласно литературным данным [14], биоценозы синдесмии и других двустворчатых моллюсков характерны для Адриатического моря.)

Что касается величин концентрации взвешенного органического вещества, то они также колебались в широких пределах. В Адриатическом море минимальное значение содержания органического вещества взвеси в воде составляло 0,01, максимальное — 2,69 *мг/л*. В девяти пробах оно находилось в пределах 0,01—0,09 *мг/л*, в четырех пробах — превышало 0,50 *мг/л*, в одной — 1 *мг/л*. В большинстве же проб (34 из 47) содержание взвешенного органического вещества колебалось между 0,10 и 0,50 *мг/л*. Такого же порядка концентрации беззольного органического вещества сестона (0,17 и 0,19 *мг/л*) были обнаружены в Адриатическом море летом 1960 г. [11]; более высокие (0,38—2,18 *мг/л*) — констатированы в Черном море [12]. В Ионическом величины содержания органического вещества во взвеси колебались в пределах 0,01—0,46 *мг/л*, в

Лигурийском — 0,04—0,23 *мг/л*, в проливах Отранто и Корсиканском — соответственно 0,12—0,44 и 0,18—0,42 *мг/л*.

На ст. 27 и 28 в Адриатическом море наблюдалось резкое повышение относительного количества минеральных веществ во взвеси, по-видимому, обусловленное обильным выносом песчаных и глинистых частиц водами реки По.

Содержание карбонатов в составе взвешенного вещества исследованного района также изменялось в широких пределах. В пересчете на $CaCO_3$ во взвеси Адриатического моря их было обнаружено 0,20—21%, в прол. Отранто — 0,31—23,83%, Корсиканском — 2,66—5,66%, в Лигурийском море — 0,66—13,80%, Ионическом 2,00—6,50%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов Ю. А. 1965. Взвешенное органическое вещество в водах Тихого океана. «Океанология», **5**, 2.
2. Виноградова З. А. 1967. Некоторые аспекты биохимии зоопланктона. В кн.: «Биол. с.-з. части Черного моря» (7), изд-во «Наукова думка», К.
3. Витюк Д. М., Чистенко В. М. 1969. Содержание взвешенного вещества в водах Адриатического моря. В кн.: «Исслед. ин-та биол. южн. морей в Средиз. море в 1967 г.», изд-во «Наукова думка», К.
4. Кленова М. В. 1962. Взвешенные вещества в Атлантическом океане как индикатор строения водной толщи. «Тр. Ин-та океанол.», **56**, Изд-во АН СССР, М.
5. Ланская Л. А., Витюк Д. М., Рожанская Л. И. 1964. Некоторые данные о химическом составе морских планктонных водорослей. «Тр. Севастоп. биол. ст.», **17**, изд-во «Наукова думка», К.
6. Ланская Л. А., Пшенина Т. И. 1961. Содержание белка, жира, углеводов и золы в некоторых массовых планктонных водорослях Черного моря, выращенных в культурах. «Тр. Севастоп. биол. ст.», **14**, Изд-во АН СССР, М.
7. Лисицын А. П. 1964. Распределение и химический состав взвеси в водах Индийского океана. Результаты исследований по программе МГГ, 10, изд-во «Наука», М.
8. Нейферт А. В. 1967. Скорость фильтрации и прохождения пищевого комка у *Cardium edule*. В кн.: «Донные биоцен. и биол. бент. орган. Черного моря», изд-во «Наукова думка», К.
9. Романова Н. Н. 1963. Питание донных беспозвоночных Северного Каспия. Тр. ВГБО, **13**, Изд-во АН СССР, М.
10. Серенков Г. П., Пахомова М. В. 1959. Биохимическое исследование двух видов диатомовых водорослей. «Вестн. МГУ», 2.
11. Сущеня Л. М. 1961. Некоторые данные о количестве сестона в водах Эгейского, Ионического и Адриатического морей. «Океанология», **1**, 4.
12. Финенко З. З. 1965. Содержание органического вещества в сестоне Черного и Азовского морей. В сб.: «Исслед. планктона Черного и Азовского морей», изд-во «Наукова думка», К.
13. Postma H. 1954. Hydrography of the Dutch Wadden Sea. «Arch. Neerland. Zool.», 10.
14. Vatova A. 1949. La fauna bentonica dell'Alto e Medio Adriatico Nova thalassia, **1**, 3, Ed. Inst. di biol. marina per L'Adriatico, Venezia.

Поступила 1. VII 1970 г.

ORGANIC AND MINERAL SUSPENSION OF SOME MEDITERRANEAN SEAS

D. M. VITYUK, O. M. CHISTENKO

(Institute of Biology of Southern Seas, Academy of Sciences, Ukrainian SSR, Sevastopol)

Summary

The ratio of organic and mineral substances was determined in 64 samples of sea suspension collected in 1967 in the Adriatic, Ionian, Ligurian seas and the Otranto and Corsican straits. The portion of organic compounds in the suspension under investigation changed within the limits of 4.93—86.46%. The suspension with the content of 40—70% of organic substance predominated. Concentration of the suspended organic substance varied within the limits of 0.01—2.69 mg/l.