

5774
940

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ

1871



9

1982

ЭКОСИСТЕМЫ ПЕЛАГИАЛИ

УДК 581.526.326.

М. И. РОУХИЯЙНЕН, М. И. СЕНИЧЕВА, Р. К. БОЧАРОВА

ФИТОПЛАНКТОН ЮГО-ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКИ

В июле-августе 1976 г. в экспедиции на НИС «Михаил Ломоносов» проведены исследования фитопланктона юго-западной Атлантики. Был выбран район субполярного фронта, отличающийся сравнительно слабой изученностью биологических параметров. Между тем крупномасштабные фронты в этом секторе южноатлантического антициклонально-го круговорота обуславливают зоны повышенной биологической продуктивности.

Гидрологическая структура исследованного района определяется системой трех течений — Фолклендского, Бразильского и Западного дрейфа. При этом выполнен широтный разрез по $42^{\circ}30'$ ю. ш. между $52^{\circ}00'$ — $59^{\circ}00'$ з. д. и меридиональный — по $43^{\circ}30'$ з. д., от $46^{\circ}00'$ до $27^{\circ}00'$ ю. ш. (рис. 1). В районе широтного разреза с северо-востока входит струя Бразильского течения — субтропические водные массы с повышенными температурой и соленостью. По обе стороны от них располагаются субантарктические воды: с запада — струя Фолклендского течения, с востока — течение Западного дрейфа. Меридиональный разрез пересекал субантарктические воды течения Западного дрейфа и зону действия Бразильского течения. Фронтальная область, разделяющая субантарктические и субтропические воды на этом разрезе, выявлена между $42^{\circ}00'$ и $38^{\circ}30'$ ю. ш.

Сложность гидрологического режима исследованного района определила неоднородность всех параметров структуры биологического поля, в том числе и фитопланктона, поэтому изложение данных проводится по водным массам: субтропические воды Бразильской ветви, субантарктические воды Фолклендского и течения Западных ветров, а также трансформированные или смешанные водные массы.

Видовая и размерная структура. В составе растительного сообщества обнаружено около 250 видов, относящихся прежде всего к диатомовым (Bacillariophytae), перидиниевым (Pygrophytae), золотистым (Chrysophytae), преимущественно кокколитофоридам (Coccolitineae) и в меньшей мере силикофлагеллатам (Silicophlagellatae) а также хризомонадовым (Chrysomonadineae) и зеленым (Chlorophyta). Кроме того, встречены мелкие жгутиковые водоросли, регистрируемые суммарно.

Анализ обилия видов в водах различного происхождения позволяет отметить, что по широтному разрезу большее их число установлено в бразильских водах. Так, на двухсуточной ст. 2336 (I полигон) широтного разреза обнаружено 114 видов; на ст. 2360 (II полигон), выполненной в смешанных водах, — 66; а в районе влияния фолклендских вод, ближе к прифронтальной области, на ст. 2369 (III полигон) — 77 видов (табл. 1).

Западнее по меридиальному разрезу бразильские воды также характеризовались большим видовым разнообразием в сравнении с трансформированными и водами течения Западного дрейфа. Здесь на су-

точной станции 2394 встречено 49 видов, в водах течения Западного дрейфа — 40, а в трансформированных, по наблюдениям на разовых станциях и, следовательно, при меньшем числе проб — 34 вида.

Несмотря на то что для бразильских вод обычно характерны перидиниевые и кокколитофориды [1], в период настоящих исследований преобладали диатомовые водоросли. Вполне возможно, что в рассматриваемый сезон они принесены сюда из районов, подверженных действию

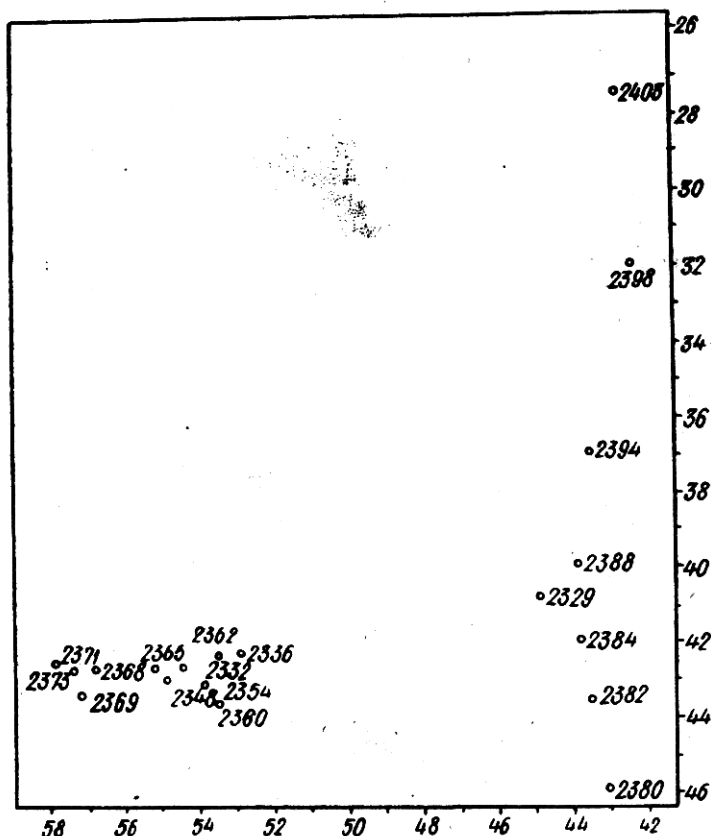


Рис. 1. Схема станций.

р. Амазонки. К тому же в составе тех диатомей, у которых известно географическое распространение, встречено 38% видов тропического происхождения. Сюда относятся *Schröderella delicatula*, *Bacteriastrium delicatulum*, *B. hyalinum*, *Thalassiosira subtilis*, *Dactiliosolen mediterranea*, *Planctoniella sol*, *Hemiaulus sinensis*, *H. hauckii*, *Thalassiothrix frauenfeldii*, *Th. mediterranea*, *Guinardia flacida*, ряд видов рода *Chaetoceros* и др. Тропические формы обнаружены преимущественно в бразильских и смешанных водах. Однако наряду с тропическими около 30% составили виды-космополиты (*Chaetoceros debilis*, *Ch. socialis*, *Ch. compressus*, *Ch. curvisetus*, *Skeletonema costatum*, *Rhizosolenia alata*, *Rh. stiliformis*, *Rh. fragilissima*, *Nitzschia delicatissima* и др.). Данный комплекс видов преобладал также в бразильских и смешанных водах не только в районе широтного разреза, но и западнее, в районе меридионального разреза с ослабленным влиянием бразильских вод.

Фолклендские воды характеризовались меньшим видовым разнообразием в сравнении с другими водными массами. Так, на самой приближенной к шельфу станции (2373) найдено всего 25 видов, в том числе 8 диатомовых. Это преимущественно пеннатные формы, куда относятся

виды родов *Nitzschia* (*N. seriata*, *N. pungens*, *N. delicatissima* и др.) и *Thalassionema nitzschioides*. Встречены также некоторые виды рода *Thalassiosira*. По мере удаления в океан к прифронтальной области между фолклендскими и бразильскими водами возросло общее число не только видов, но и диатомовых водорослей. Так, на ст. 2369 диатомовых насчитывалось уже 17 видов. Видимо, как результат влияния бразильских вод здесь появились и тропические формы: *Chaetoceros peruvianus*, *Schöderella delicatula*, *Thalassiosira subtilis*, *Thalassiothrix mediterranea*.

Что касается перидиниевого планктона, то общее число видов оказалось таким же, как и диатомовых водорослей. Однако если принять во внимание суточные станции с равным числом наблюдений, то оказывается, что в смешанных водах (ст. 2360) набор видов перидиниевых был несколько меньше, чем в фолклендских (ст. 2369) и бразильских (ст. 2336), где их насчитывалось соответственно по 36 и 31. Без достаточных сведений о географическом распределении отдельных форм этой группы трудно установить, какой комплекс преобладал в тех или иных водных массах. Однако можно утверждать, что такие тропические виды, как *Ceratium kofoidi*, *C. longirostrum*, *Oxytoxum caudatum*, *Ox. laticeps*, *Ox. parvum*, *Ox. tessellatum*, *Peridinium*, *tuba* *P. minutum*, встречены в бразильских либо в смешанных водах. Некоторые из них найдены в прифронтальной области между фолклендскими и бразильскими водами (ст. 23—69), что, видимо, также является результатом действия Бразильского течения. В районе исследования встречены и космополитичные формы, как *Exuviaella compressa*, *Ceratium fusus*, *C. tripos* и др. Однако наиболее часто встречаемыми видами перидиней во всех водных массах были *Glenodinium paululum*, *G. wulfii*, *Peridinium trochoideum*, *Exuviaella cordata* и *Oxytoxum variabile*, из криптонад — *Hyllea fusiformis*.

Кокколитофориды в исследованном районе как одна из массовых групп (47 видов), но уступающая по числу видов двум выше рассмотренным, в видовом отношении преобладали в бразильских и фолклендских водах. Но в последнем случае можно говорить только о прифронтальной области (ст. 2369), где число видов достигло 18, на двух других станциях (2373 и 2371), расположенных ближе к шельфу, найдено всего лишь по три вида. Наиболее часто встречаемым был арктобореальный вид *Coccolithus huxleyi*. Такие тропические формы, как *Rhabdosphaera stilibera* и *Syracosphaera pulchra*, встречены только в районе влияния бразильских вод по меридиональному разрезу.

При анализе видовой структуры планктонной флоры исследованного района установлено, что в фолклендских и бразильских водах в массе имеются неопределенные клетки явно растительного происхождения, овальной формы, уплощенные, серовато-зеленого цвета, размером $7-8 \times 10-12$ мкм. Даже при просмотре «живой» капли в поле зрения иногда насчитывали десятки таких клеток. При этом в фолклендских водах, на ст. 2371, они обнаруживались от поверхности до глубины 200 м, в бразильских, на ст. 2368, — от 10 до 200 м, а на ст. 2365 — только на глубине 500 м, т. е. от фолклендских к бразильским водам их находили в более глубоких слоях. Не исключено, что это споры каких-то макрофитов и распределение их по вертикали является результатом переслоенности вод, взаимодействующих в этом районе. Фолклендские воды по мере удаления от берега вливаются в струю вод Западного дрейфа и, опускаясь, подстилают поверхностные воды бразильского происхождения, унося с собой элементы флоры. В трансформированных водах (ст. 23—60) отмечено «цветение» воды хризофитовой водорослью субантарктического происхождения — *Phaeocystis pouchetii*.

Известно что, в полях «цветения» воды этим видом исключается развитие зоопланктона. Видимо, поэтому ихтиофауна в районе рас-

Таблица 1. Число видов фитопланктона по группам

Группа водорослей	Широтный						
	Фолклендские			Бразильские			
	2373	2371	2369	2362	2365	2368	2336
Диатомовые	8	16	17	14	13	4	58
Перидиниевые	12	12	36	9	6	19	31
Кокколитофориды	3	3	18	6	8	5	22
Силикофлагеллаты	1	2	3	—	1	1	1
Зеленые	1	1	3	—	1	1	2
Хризомонадовые	—	—	—	—	—	—	—
Всего	25	34	77	29	29	30	114
Массовые виды	Coccolithus huxleyi, Coccolithus leptoporus, Hyllea fusiformis, Gymnodinium spp.			Schroderella delicatula, Chaetoceros debilis, Ch. socialis, Ch. affinis, Nitzschia seriata, Ditylum brightwelli, Coccolithus huxleyi			

смаатриваемого полигона характеризовалась крайней бедностью, а повышенные величины сестона определялись развитием именно *Ph. pouchaetii*, образующего в сетных пробах плотный зелено-бурый осадок. Этот вид, в массе развивающийся в северных морях, в небольшом количестве был обнаружен и на апвеллинге у юго-западного африканского шельфа.

Из других групп растительного планктона повсюду в небольшом количестве встречены силикофлагеллаты *Distephanus speculum*, *D. crux*, различные представители мелких жгутиковых водорослей и отдельные сферические клетки 3—5 мкм в диаметре, являющиеся, по всей вероятности, спорами грибов, так как аналогичные клетки встречались в массе на гифах. Из зеленых найдены единичные *Meringosphaera* sp., *Pterosperma* spp, и *Poroopila dubia*.

Что касается размерного состава суммарного фитопланктона, то во всех водных массах в исследуемый сезон по численности преобладали клетки с условным диаметром 5—20 мкм (табл. 2). Наибольшая средняя численность этой размерной группы, как и суммарного фитопланктона, в пределах обоих разрезов выявлена в трансформированных водах. По биомассе трудно выделить преобладающую размерную группу. Можно лишь сказать, что абсолютные ее значения по всем размерным группам (от 5,1 мкм и более) в районе, приближенном к шельфу (широтный разрез), выше, чем в более восточном — в пределах меридионального разреза. На широтном разрезе средняя биомасса как для субтропической, так и для субантарктической водных масс по отдельным размерным группам составляла 3—13 мг/м³. Только в трансформированных водах биомасса размерной категории 20,1—50 мкм достигала 83 мг/м³. Эта величина получена за счет упомянутой диатомеи *Schroderella delicatula*, которая составила на ст. 2348 (в слое 0—100 м) биомассу 295,6 мг/м³. В пределах меридионального разреза биомасса клеток с условным диаметром >5 мкм по выделенным размерным группам изменялась в пределах 0,3—4,8 мг/м³.

Средний диаметр клетки оказался наиболее высоким (21,2 мкм) в водах Бразильской ветви в районе широтного разреза. В фолклендских водах он составил 18,0, а в трансформированных — 14,0 мкм. В районе меридионального разреза этот показатель в целом был ниже (9,0—12,5 мкм).

Количественная характеристика. Предварительная оценка количества фитопланктона в исследованном районе дана по материалам, по-

в различных водных массах юго-западной Атлантики

разрез				Меридиональный разрез									Всего
Трансформированные				Западный дрейф		Трансформированные			Бразильские				
2348	2354	2360	2332	2380	2382	2384	2329	2388	2394	2398	2403		
24	12	31	2	7	3	7	1	12	9	16	12	79	
11	13	24	13	21	12	15	15	13	18	15	16	81	
3	3	8	8	10	9	9	12	7	18	22	18	47	
2	1	1	—	—	1	2	—	1	2	1	—	5	
—	—	1	2	2	0	1	—	—	2	1	—	5	
—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
40	29	66	25	40	25	34	28	33	49	55	46		
Coccolithus huxleyi, C. leptoporus, Oxytoxum variabile, Schröderella delicatula, Chaetoceros affinis, Peridinium throchoideum				Coccolithus huxleyi, Oxytoxum variabile, Gymnodinium paululum		Coccolithus huxleyi, C. leptoporus, Oxytoxum variabile, Glenodinium paululum			Coccolithus huxleyi, Hyllea fusiformis, Thalassionema nitzschoides, Nitzschia delicatissima, Rhizosolenia stouterfortii				

лученным в рейсе при подсчете организмов в «живой» капле [2]. После этого проведена обработка фиксированных проб отстойным методом и в итоге получены суммарные величины, состоящие из количества мелких жгутиковых, которые учтены при подсчете в «живой» капле и остальных групп водорослей, выявленных при обработке фиксированных проб (табл. 3). Оказалось, что абсолютные величины, выявленные при просмотре «живой» капли, а также суммарные, близки между собой. Исключение составила ст. 2360, выполненная в трансформированных водах, где при анализе «живой» капли обнаружена колония *Phaeocystia pouchaetii*, определившая высокую численность, не сравнимую с полученной в дальнейшем с суммарной. При обработке фиксированных проб получены более низкие численность и биомасса, чем в двух предыдущих вариантах.

В настоящем изложении используются суммарные величины для различных водных масс, наблюдаемых в исследуемом районе.

В пределах широтного разреза наибольшее количество фитопланктона выявлено в трансформированных водах. Средняя численность и биомасса для этой зоны составили 34 млн. кл и 101,3 мг/м³. Максимальные величины (44,2 млн. кл и 331,7 мг/м³) получены на ст. 2348. Фолклендские, а также воды Бразильского течения на рассматриваемом разрезе характеризовались в среднем соответственно 13 млн. и 18,4 млн. кл/м³, биомассой 15,2 и 24,1 мг/м³. Зональность биологической продуктивности в пределах рассматриваемого разреза по численности фитопланктона определялась мелкими жгутиковыми и диатомовыми водорослями, которые, например, в трансформированных водах составили соответственно 51,8 и 37,4% суммарной (табл. 4). По биомассе здесь преобладали только диатомовые водоросли, составившие 96% суммарной. Это прежде всего *Schröderella delicatula*, а также *Chaetoceros socialis*. Повышенным количеством фитопланктона характеризовались бразильские воды, где преобладали те же группы водорослей. Перидиниевые и кокколитофориды во всех водных массах в равной мере характеризовались меньшими средними величинами, изменявшимися от 1,3 млн. до 2 млн. кл и от 1 до 6 мг/м³.

По данным гидрологического и гидрохимического отрядов экспедиции на широтном разрезе, максимальное содержание биогенов отмечено в фолклендских водах, т. е. в районе пониженной интенсивности развития фитопланктона. Здесь количество, например, фосфатов в поверхностном слое на отдельных станциях равнялось 35—55 мкг/л. Минимальное

Таблица 2. Размерный состав фитопланктона по условным диаметрам клеток (d , мкм) в различных водных массах юго-западной Атлантики по численности (Ч, млн. кл/м³) и биомассе (Б, мг/м³) в слое 0—100 м

Водные массы	Станция	d < 5		d = 5,1-10		d = 10,1-20		d = 20,1-50		d > 50		Средний d
		ч	б	ч	б	ч	б	ч	б	ч	б	
Широтный разрез												
Фолклендские	2373	0,3	0,02	2,0	0,5	1,5	2,7	0,2	2,0	0,01	2,0	16,0
	2371	0,06	0,002	1,7	37,3	2,3	4,4	1,6	18,0	0,08	5,8	27,0
	2369	4,8	0,2	8,8	1,6	2,0	4,1	0,3	3,8	0	0	11,0
Среднее	—	1,72	0,074	4,1	13,1	1,93	3,7	0,7	8,0	0,02	2,6	18,0
Бразильские	2362	0,08	0,006	1,0	0,3	1,0	1,5	1,0	5,8	0,03	7,8	21,0
	2365	0,012	0,0005	1,9	39,2	1,0	1,4	1,0	10,1	0	0	29,0
	2368	0,02	0,0004	2,0	0,7	1,3	4,7	0,2	6,8	0	0	19,0
	2336	0,09	0,005	13,0	1,3	4,8	7,5	2,0	22,2	0,06	11,0	16,0
Среднее	—	0,05	0,0029	4,4	10,3	2,0	3,7	1,0	11,2	0,02	4,7	21,2
Трансформированные	2348	0,04	0,026	6,3	1,3	10,4	21,3	17,0	295,6	0,08	12,2	13,0
	2354	0,05	0,003	4,4	0,9	2,0	3,0	0,4	8,6	0,1	12,0	19,0
	2360	9,2	0,46	7,7	11,8	2,7	10,0	3,2	24,9	0,02	2,7	16,0
	2332	0,7	0,034	3,0	0,4	1,7	1,9	0,3	2,2	0	0	11,0
Среднее	—	2,49	0,13	5,3	3,6	4,2	9,0	1,4	82,8	0,05	6,7	14,7
Меридиональный разрез												
Западный дрейф	2380	0,5	0,028	2,0	0,5	1,7	2,0	0,2	2,2	0	0	13,0
	2382	0,6	0,025	3,0	0,8	2,3	2,2	0,2	2,4	0	0	12,0
Среднее	—	0,5	0,26	2,5	0,6	2,0	2,1	0,2	2,3	0	0	12,5
Трансформированные	2384	0,02	0,01	1,0	0,3	1,6	3,0	0,2	3,0	0	0	16,0
	2329	4,7	0,085	6,2	1,8	4,0	5,0	0,4	2,7	0	0	11,0
	2388	0,15	0,009	4,0	2,4	5,8	6,6	0,3	3,3	0	0	13,0
Среднее	—	1,62	0,047	3,7	1,5	3,8	4,8	0,3	3,0	0	0	13,3
Субтропические умеренной зоны (бразильские)	2394	0,2	0,01	1,8	0,4	1,0	1,5	0,1	1,2	0	0	12,0
	2398	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2403	22,0	0,011	4,6	0,8	0,8	1,2	0,2	1,8	0	0	6,0
Среднее	—	1,2	0,01	3,2	0,6	0,9	1,3	0,3	1,5	0	0	9,0

Таблица 3. Численность (Ч, млн. кл/м³) и биомасса (Б, мг/м³) суммарного фитопланктона в слое 0—100 м в различных водных массах юго-западной Атлантики

Водные массы	Станция	Мелкие жгутико- вые по „живой“ капле		Другие группы по фиксированным пробам		Суммарный фитопланктон	
		Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
Широтный разрез							
Фолклендские	2373	12,0	2,7	4,0	7,1	16,0	9,8
	2371	6,0	0,8	4,8	28,8	10,8	29,6
	2369	3,7	0,5	8,1	6,0	11,5	6,5
Среднее	—	7,2	1,33	5,6	13,9	12,7	15,3
Бразильские	2362	10,8	1,0	3,0	15,3	13,8	16,3
	2365	10,8	1,1	4,0	12,0	14,8	13,1
	2368	4,8	0,5	8,0	12,3	12,8	12,8
	2336	13,8	3,4	19,0	65,9	32,8	69,3
Среднее	—	10,0	1,5	8,5	26,3	18,55	27,87
Трансформированные	2348	8,8	1,3	31,1	331,0	39,9	332,3
	2354	27,0	4,3	7,1	26,0	34,1	30,3
	2360	23,6	2,0	17,2	60,8	40,8	62,8
	2332	11,0	1,5	5,1	5,2	16,1	6,7
Среднее	—	17,4	2,2	15,1	105,7	32,7	108,0
Меридиональный разрез							
Западный дрейф	2380	2,8	0,4	4,0	3,8	6,8	4,2
	2382	1,3	0,3	3,1	4,7	4,4	5,0
Среднее	—	2,0	0,35	3,5	4,25	5,6	4,6
Трансформированные	2384	2,5	0,4	2,5	6,0	5,0	6,4
	2329	19,2	2,0	10,3	9,3	29,2	11,3
	2388	0	0	6,0	10,0	6,0	10,0
Среднее	—	7,23	0,8	6,26	8,4	13,4	9,23
Бразильские	2394	3,1	0,2	5,8	3,5	8,9	3,7
	2398	1,7	0,1	—	—	—	—
	2403	2,5	0,2	6,0	2,5	8,5	2,7
Среднее	—	2,2	0,16	5,9	3,0	8,7	3,15

их содержание (5—10 мкг/м³) обнаружено в бразильских водах, где количество фитопланктона было повышенным.

Восточнее, на меридиональном разрезе, количество фитопланктона в целом было значительно меньше. Однако и здесь более продуктивными оказались трансформированные воды, где суммарная численность фитопланктона в среднем для зоны составила 13,5 млн. кл и 9,2 мг/м³. В течении Западного дрейфа, а также в субтропических водах умеренной зоны, где проявляется влияние бразильских вод, средняя численность составила соответственно 5,5 и 8,7 млн. кл, биомасса 4,7 и 3,8 мг/м³. В пределах этого разреза по численности преобладали кокколитофориды (1,7—4,6 млн. кл/м³) и мелкие жгутиковые водоросли (2,0—7,2 млн кл/м³). Однако основную биомассу составляли кокколитофориды (1,0—4,8 мг/м³) и перидиниевый планктон (1,1—2,8 мг/м³).

Содержание биогенов на меридиональном разрезе в целом было также ниже, чем на предыдущем, и уменьшалось с севера на юг. В субтропических водах умеренной зоны фосфаты в поверхностном 100-метровом слое практически не обнаруживались, тогда как в водах течения Западного дрейфа их количество составляло 15—20 мкг/л.

Следовательно, пространственное распределение фитопланктона на обоих разрезах не соответствовало гидрохимической структуре исследуемых районов. Видимо, фосфаты не являлись лимитирующим фактором. Экологический резерв по этому ингредиенту, например в фолк-

Таблица 4. Численность (Ч, млн. кл/м³) и биомасса (Б, мг/м³) доминирующих групп в различных водных массах юго-западной Атлантики по фиксированным пробам

Водные массы	Станция	Передининовые		Кокколитофориды		Диатомовые	
		ч	б	ч	б	ч	б
Широтный разрез							
Фолклендские	2373	1,2	1,0	1,0	0,5	1,3	4,3
	2371	1,4	5,3	1,1	2,1	2,2	21,2
	2369	1,5	3,4	3,6	1,4	0,4	1,6
Среднее	—	1,3	3,2	1,9	1,3	1,3	9,0
Бразильские	2362	0,2	1,9	1,0	0,6	1,6	12,4
	2365	0,2	0,2	1,7	1,0	1,9	10,3
	2368	6,0	8,7	4,7	2,0	0,3	1,1
	2336	0,5	2,6	1,7	1,0	15,8	60,2
Среднее	—	1,7	3,3	2,2	1,1	4,9	21,0
Трансформированные	2348	0,8	6,8	0,6	0,3	33,3	323,0
	2354	1,3	11,0	3,5	1,0	2,1	11,7
	2360	1,1	2,0	0,6	12,0	15,4	53,0
	2332	2,0	2,8	2,5	1,0	0,1	0,02
Среднее	—	1,3	5,6	1,8	3,5	12,7	96,9
Меридиональный разрез							
Западный дрейф	2380	1,4	2,0	1,6	1,3	0,2	1,4
	2382	2,0	2,1	1,7	0,9	0,2	0,9
Среднее	—	1,7	2,05	1,65	1,1	0,2	1,1
Трансформированные	2384	0,7	2,4	1,3	1,6	0,4	1,2
	2329	2,0	3,6	5,7	5,7	0	0
	2388	2,0	2,4	6,7	7,4	0,5	1,9
Среднее	—	1,5	2,8	4,5	4,9	0,3	1,0
Бразильские	2394	0,6	1,0	1,9	1,2	0,2	0,6
	2398	—	—	—	—	—	—
	2403	1,4	1,0	4,4	1,6	0,7	0,6
Среднее	—	0,5	1,0	3,2	1,4	0,45	0,6

лендских водах, а также в водах течения Западного дрейфа, был достаточно высок и не сопутствовал повышенному количеству фитопланктона. Если судить по величинам насыщения кислородом фотической зоны, то почти по всему району его содержание (в %) свидетельствовало об относительно низком уровне развития планктонных водорослей в период исследования. В большинстве точек наблюдалось недонасыщение кислородом, и только на отдельных станциях перенасыщение составляло 1—2%. Не исключено, что недонасыщение кислородом фотической зоны на отдельных станциях могло быть связано с подъемом глубинных вод.

Полученные величины численности и биомассы фитопланктона для этого района, по-видимому, следует считать далеко не максимальными. Известно, что у берегов Патагонии весенняя вспышка происходит в ноябре, осенняя — в марте [1]. Наши исследования проводились в июне — начале июля, т. е. в период начала зимнего минимума, когда биогенные элементы в известной мере уже восстановлены, а до весенней вспышки осталось еще около 3 мес. Возможно, по этой же причине величины, полученные в период настоящих исследований, оказались несколько ниже показателей экспедиции «Метеор» в 1925—1927 гг [4]. Если по ее результатам средняя численность, например для фолклендских вод, приводится равной 35 млн. кл, а для вод течения Западного дрейфа —

33 млн. кл/м³, то по нашим данным она составила соответственно 12 млн. и 6 млн. кл/м³, т. е. оказалась ниже в 2,9 и 5,5 раза.

Вертикальное распределение. В исследованной части циркуляционной системы, как в наиболее динамичном районе, пространственная структура гидрологических и биологических показателей крайне изменчива. В результате сильного дрейфа судна все серии одной и той же суточной станции выполнялись в различных условиях. Поэтому вертикальное распределение фитопланктона рассматривается только по отдельным сериям, выполненным в более типичных районах. По широтному разрезу для характеристики фолклендских вод взята первая серия ст. 2369, для бразильских вод более типичной оказалась вторая серия ст. 2336, вертикальное распределение фитопланктона в трансформированных водах рассматривается по результатам первой серии наблюдений на ст. 2360. В пределах меридионального разреза воды течения Западного дрейфа, а также субтропические воды умеренной зоны характеризовались по результатам первой серии наблюдений соответственно на ст. 2380 и 2394, трансформированные — по разовым наблюдениям на ст. 2384.

В фолклендских водах, распространяющихся до глубины 200 м и характеризующихся пониженными температурой и соленостью, основная масса фитопланктона концентрировалась в слое 0—50 м (рис 2, а). Так, на глубине 50 м численность растительных клеток составила 14 млн/м³, на глубине 100 м она снизилась до 1,8 млн., хотя биомасса здесь по сравнению с 50-метровым слоем оставалась неизменной. Некоторое повышение численности обнаружено на глубине 200 м за счет мелких жгутиковых водорослей, учтенных при просмотре «живых» неконцентрированных проб. Максимальное скопление фитопланктона (42,2 млн. кл, 20,5 мг/м³) выявлено на глубине 10 м, что соответствовало повышенному насыщению воды кислородом. Так, если на поверхности он составил 100,4%, то в области фитопланктонного пика, т. е. на глубине 10 м, зарегистрировано перенасыщение кислородом на 2,6%.

Сопоставление распределения фитопланктона по глубинам с гидрологической структурой позволяет отметить, что слой повышенной его концентрации находится над верхней границей температурного скачка, охватывая глубины от 50 до 100 м. В пределах этих глубин температура изменилась на 3,79° С. Колебания солености выражались в сотых или тысячных промилле, и наиболее существенно они проявлялись также на глубине от 50 до 80 м, после чего начиналось постепенное ее повышение. Однако непосредственно под максимумом фитопланктона на глубине 20 м отмечено также слабое повышение температуры. Вполне возможно, что это и послужило причиной скопления фитопланктона на глубине 10 м.

В трансформированных водах до глубины 50 м проявлялось действие субтропических вод. По данным наблюдений отряда гидрологии и гидрохимии Морского гидрофизического Института АН УССР температура от поверхности до глубины 22 м несколько повышалась, затем до 55 м произошло резкое ее снижение (рис. 2, в). Колебания солености в связи с переслоенностью вод исследованной толщи наблюдались чаще. Численность клеток фитопланктона повышалась на поверхности (79,0 млн./м³) и более значительно — на глубине 45 м (125,2 млн). т. е. в слое температурного скачка и над ним. Пики биомассы получены на глубинах 25 и 80 м. Увеличение насыщения воды кислородом отмечено у поверхности и на глубинах 22—37 м, т. е. в области повышенной численности и биомассы фитопланктона. Судя по количеству растительного планктона, а также по потреблению фосфатов и нитратов, трофогенным следует считать поверхностный 50-метровый слой. Так, если количество фосфатов на глубине 33 м составило 15, то уже на глубине 75 м оно увеличилось до 23 мкг/л. Нитраты в поверхностном 20-метро-

вом слое содержались в количестве 52—84 мкг/л, на глубине 37 м оно возросло до 163, а на глубине 55 м — уже до 246 мкг/л.

В водах бразильского происхождения вертикальная структура фитопланктона заметно отличалась от рассмотренной выше. Основная численность (140,8 млн. кл/м³) растительного планктона за счет мелких

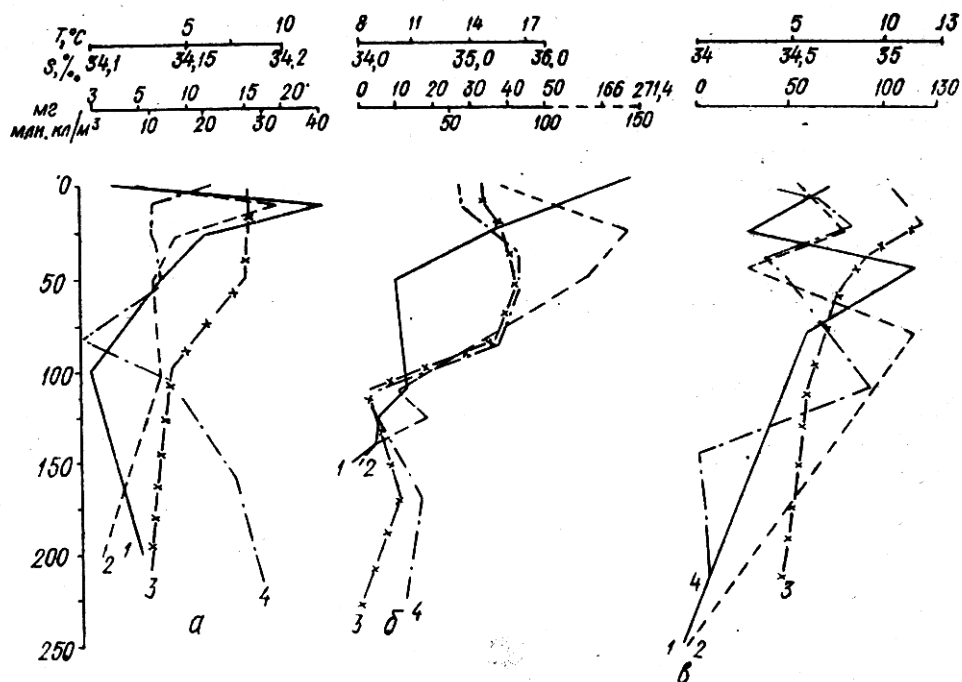


Рис. 2. Вертикальное распределение фитопланктона в районе широтного разреза (43°30' ю. ш., между 52°00' и 59°00' з. д.).

Воды: фолклендские, ст. 2369 (а), бразильские, ст. 2336 (б) и трансформированные, ст. 2360 (в); 1 — численность клеток; 2 — биомасса; 3 — температура; 4 — солёность.

клеток диатомей, таких, как *Chaetoceros socialis* и *Ch. curvisetus*, зарегистрирована у поверхности, после чего уже до глубины 50 м она резко падает. Максимальная биомасса (271,4 мг/м³) фитопланктона получена на глубине 25 м исключительно за счет относительно крупной диатомеи *Schröderella delicatula* при относительно низкой суммарной численности (рис. 2, б). Такое распределение фитопланктона обусловлено ходом температуры и солёности. Под поверхностным максимумом числа клеток отмечен слой скачка этих ингредиентов (10—35 м), толщина трофогенного слоя ограничивалась более выраженными градиентами гидрологических характеристик между субтропическими и подстилающими субантарктическими водными массами в слое 85—110 м. Содержание фосфатов в слое повышенной концентрации фитопланктона изменялось в пределах 8,7—15 мкг/л, на глубине 100 м оно возросло до 44 мкг/л. Количество нитратов резко возросло начиная с глубины 84 (81 мкг/л) до 112 м (265 мкг/л). Наличие максимумов фитопланктона не сопровождалось повышением насыщения кислородом, по всей водной толще зарегистрировано недонасыщение.

Субантарктические воды течения Западного дрейфа в пределах верхнего 150—160-метрового слоя характеризовались почти однородной температурой со значениями 8,6—8,7° (рис. 3, а). Повышенное количество фитопланктона (9 млн. кл, 8 мг/м³) отмечено на глубинах 25—50 м в области частых и слабых перепадов солёности. Кроме того, пик фитопланктона, особенно по биомассе, отмечен на 150-метровой глубине

в результате обнаружения ряда видов кокколитофорид, и прежде всего *Coccolithus huxleyi*. Более резкие изменения гидрологических характеристик наблюдались именно под этим скоплением фитопланктона. Судя по распределению фосфатов, наибольшее их потребление происходило в слое 0—150 м, где содержание изменялось в пределах 24—38 мкг/л.

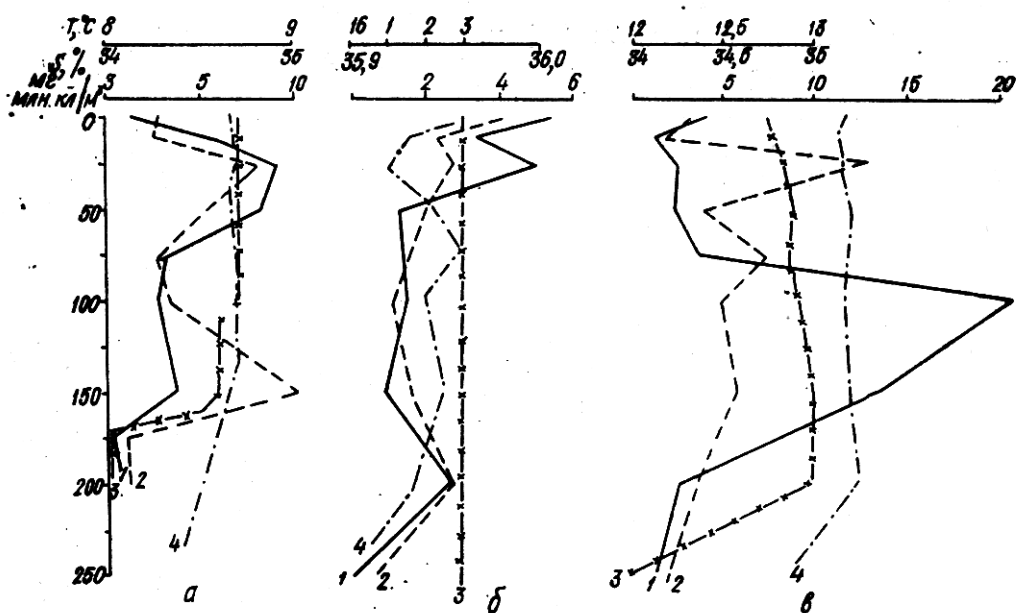


Рис. 3. Меридиональный разрез (43°30' з. д., между 46°00' и 27°00' ю. ш.). Воды: течения Западных ветров, ст. 2380 (а), бразильские, ст. 2394 (б) и трансформированные, ст. 2384 (в). Остальные обозначения такие же, как на рис. 2.

На нижележащем горизонте 200 м их количество возросло до 46, а на уровне 250 м — до 63 мкг/л и увеличивалось с нарастанием глубин. Наиболее резкие изменения в содержании нитратов отмечены ниже 175 м (146—217 мкг/л) — на глубине 235 м. Учитывая изложенные результаты, можно считать, что в водах течения Западного дрейфа наиболее биологически активный слой распространялся от 150 до 175. Как отмечено ранее, в целом в этом районе интенсивность развития фитопланктона была низкая, в результате чего во всей толще (даже в области максимальной концентрации фитопланктона) наблюдалось недонасыщение кислородом.

В трансформированных водах этого района по численности фитопланктона в соответствии с рисунком выявлен один максимум (20,6 млн. кл./м³) на глубине 100 м за счет мелких жгутиковых водорослей, учтенных в «живой» капле. Эта величина могла быть получена в результате большого коэффициента пересчета численности на 1 м³ воды. Если основываться на численности других групп водорослей, учтенных в отстойных пробах, то отмечается три повышения численности: на поверхности (4,0 млн.), на глубине 75 и 150 м (по 3,6 млн.). Все они определялись скоплением кокколитофорид, и прежде всего *Coccolithus huxleyi*. На этих же глубинах повышалась и биомасса, но наибольший ее пик (13 мг/м³) зафиксирован на глубине 25 м в результате обнаружения единственной клетки *Ryocystis* sp. Описанные изменения количества фитопланктона, как видно, происходили до глубины 200 м, до которой отмечено максимальное потребление фосфатов. В слое 0—200 м их содержание изменялось от 13 до 16, а на глубине 250 м оно возросло

вдвое и достигло 28 мкг/л. Температура и соленость в отмеченном слое изменились мало, тем не менее влияли на плотность, которая, в свою очередь, определяла наличие пиков, выявленных прежде всего по фиксированным пробам. Толщина наиболее деятельного слоя ограничивалась резкими изменениями температуры и солености, наблюдаемыми на границе между смешанными поверхностными и подстилающими субантарктическими водами с глубины 200 м.

В водах, подверженных влиянию Бразильской ветви, гомотермия сохранялась в пределах верхнего 250-метрового слоя. Соленость в этой толще изменялась мало (35,912—35,959‰) (рис. 3 б). Аналогичным образом менялась и условная плотность. Максимальная концентрация фитопланктона наблюдалась в поверхностном 50-метровом слое с пиком численности и биомассы на поверхности (5,3 млн., 4 мг/м³) и на глубине 25 м (5 млн., 2,7 мг/м³) у верхней границы одного из пикноклинов. Меньшее (2,7 млн. кл., 2,7 мг/м³) количество фитопланктона обнаружено на глубине 200 м в результате скопления кокколитофорид. Относительная гидрологическая однородность верхнего 250-метрового слоя, показанная измерениями температуры, проявлялась и в содержании нитратов. До отмеченной глубины на всех горизонтах они содержались в количестве 30 мкг/л, и только на глубине 314 м их количество возросло до 102 мкг/л. Для фосфатов значительное повышение также зарегистрировано после глубины 250 м. Процент насыщения кислородом исследованной толщи был ниже 100. В данном случае по потреблению биогенных элементов можно считать, что толщина трофогенного слоя распространялась до глубины 250 м.

Выводы. 1. В юго-восточной части Южной Атлантики доминировали диатомовые, перидиниевые и золотистые водоросли. Большим видовым разнообразием характеризовались бразильские воды.

2. Всюду по численности преобладали клетки с условным диаметром 5,1—20 мкм.

3. Показатели развития фитопланктона, полученные при просчете организмов в «живой» капле, а также при просмотре фиксированных проб, оказались близкими.

4. Наибольшие численность и биомасса фитопланктона получены в трансформированных водах. На широтном разрезе показатели в слое 0—100 м в среднем для зоны составили 34 млн. кл и 101,3 мг/м³, на меридиональном соответственно 13,5 млн. и 9,2 мг/м³. В первом случае численность определяли мелкие жгутиковые и диатомовые, биомассу — диатомовые водоросли. В районе меридионального разреза основную численность составляли кокколитофориды и мелкие жгутиковые водоросли, биомассу — кокколитофориды и перидиниевый планктон.

5. По широтному разрезу в фолклендских водах основная масса фитопланктона концентрировалась в слое 0—50 с максимумом (42,2 млн. кл., 20,5 мг/м³) на глубине 10 м. В трансформированных водах максимальная численность зарегистрирована у поверхности (79,0 млн.) и на глубине 45 м (125,2 млн.), биомасса повышалась на глубинах 25 и 80 м при сохранении толщины трофогенного слоя 0—50 м. В водах бразильского происхождения пик численности (140,8 млн) клеток фитопланктона отмечен у поверхности, биомассы (271,4 мг) — на глубине 25 м, нижняя граница наиболее активного биологического слоя проходила на глубине 80 м.

6. По меридиональному разрезу в субантарктических водах течения Западного дрейфа повышенное количество фитопланктона (9 млн. кл., 8 мг/м³) выявлено в слое 25—50 м, а также на 150-метровой глубине, толщина трофогенного слоя составляла 0—175 м. Трансформированные воды в районе меридионального разреза характеризовались одним поверхностным максимумом численности (20,6 млн), а на глубине 25 м — биомассы (13 мг/м³), трофогенный слой распространялся до 200 м.

В водах, подверженных влиянию Бразильской ветви, пики численности и биомассы выявлены на поверхности (5,3 млн. кл, 4 мг/м³), а также на глубине 25 м (5 млн. кл, 2,7 мг/м³), причем трофогенный слой вырос до 250 м.

1. Васильев Г. Д. Рыболовство в юго-западной Атлантике. — Калининград: Кн. изд-во, 1973 — 250 с.
2. Роухияйнен М. И., Белогорская Е. В. Некоторые особенности развития фитопланктона в морях Средиземноморского бассейна и Южной Атлантики. — Биология моря, Киев, 1979, вып. 49, с. 47—55.
3. Семина Г. И. Фитопланктон Тихого океана. — М.: Наука, 1974—237 с.
4. Hentschel E. Allgemeine Biologie des Südatlantischen Ozeans. — Berlin; Leipzig, 1936. — Lf. 1. 168 S.; Lf. 2/3, 44 S. — (Dtsch. Atlant. exped., «Meteor»; Bd. 11).

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редколлегию
05.03.80

M. I. ROUKHIYAINEN, M. I. SENICHEVA, R. K. BOCHAROVA

SOUTH-WESTERN ATLANTIC PHYTOPLANKTON

Summary

The research on south-western Atlantic phytoplankton carried out in July-August of 1976 resulted in revealing the predominance of diatoms, dinoflagellates and yellow-green algae. The greatest species diversity is found in the Brazilian waters, maximum quantities and biomass are registered in transformed waters between the subtropical Brazilian and subantarctic Falkland waters and the Western wind-drift current. In the section along 42°30' S. L. between 52°00' and 59°00' W. L. the trophogenic layer in the Falkland waters as well as in the transformed waters spread down to a depth of about 50 m, in the Brazilian waters — down to 80-100 m. In the 43°30' W. L. section from 46°00' to 27°00' S. L. the lower limit of the trophogenic layer deepened from 175 m in the waters of the Western wind-drift current to 250 m — in the waters influenced by the Brazilian branch.

УДК 591.524.12(262.21)

А. В. КОВАЛЕВ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В РАЗНЫХ ВОДНЫХ МАССАХ ТУНИССКОГО ПРОЛИВА

Через Тунисский пролив осуществляется интенсивный водообмен между западной и восточной частями Средиземного моря. Атлантическая вода поверхностным течением перемещается с запада на восток. Мощность слоя этой воды в проливе колеблется во времени и пространстве в основном от 25 до 200 м. В противоположном направлении, обычно на глубине от 100—200 м до дна, через пролив течет левантійская вода. Между этими водными массами залегает промежуточный слой, образующийся в результате смешения вод встречных потоков. Его мощность зимой может превышать 100 м. Расходы атлантического и левантійского течений значительно изменяются по сезонам. Но даже минимальные их показатели, как правило, близки к 1 млн м³/с. Из-за мелководности Тунисского пролива обмен глубинными средиземноморскими водами между западной и восточной частями моря практически не происходит [1, 12].

Отмеченные черты структуры вод в Тунисском проливе обуславливают особенности состава и характер вертикального распределения планктона в толще воды пролива. Высокая интенсивность водообмена через пролив влияет на биологическую структуру пелагиали не только прилегающих акваторий, но и всего Средиземного моря, о чем можно судить по обширной литературе, в частности, о составе и распределении зоопланктона.