

Том LXIV	<i>Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)</i>	1968
Том XXVIII	<i>Труды Азово-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (АзчерНИРО)</i>	

УДК 581.526.325 (267.52 + 267.1)

## СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА АДЕНСКОГО ЗАЛИВА И АРАВИЙСКОГО МОРЯ В ПЕРИОД ЗИМНЕГО МУССОНА

**М. С. Савич**  
*АзчерНИРО*

Изучение фитопланктонных организмов Индийского океана имеет почти столетнюю историю. Однако до 1958 г. исследованием растительного планктона занимались только зарубежные ученые. Клеве (Cleve, 1878), Карстен (Karsten, 1907), Менон (Menon, 1945), Чако (Chacko, 1950), Прасад (Prasad, 1958), Субрахманан (Subrahmanyan, 1958, 1959) все внимание уделяли изучению качественного состава. Количество организмов определялось визуально, а если и проводился количественный учет, то он касался только отдельных видов.

В последние годы в связи с развитием отечественного рыболовства в Индийском океане возникла необходимость в исследованиях количественного развития и распределения фитопланктона. Фитопланктон — первое звено пищевой цепи: фитопланктон — зоопланктон — рыбы, поэтому его количественное изучение необходимо для выявления продуктивных зон, с которыми связаны места концентраций промысловых рыб.

Обширные работы в Индийском океане были проведены в 1959—1961 гг. научными группами Института океанологии АН СССР на экспедиционных судах «Витязь» и «Обь». Результаты этих исследований отражены в работах В. Г. Богорова и М. Е. Виноградова (1961), А. К. Гейнрих (1961), В. В. Зерновой (1962), И. Н. Сухановой (1962). Эти исследователи изучали в основном качественный состав и количественное развитие фитопланктона в связи с распределением водных масс в океане.

С ноября 1961 г. в северо-западной части Индийского океана морские экспедиционные исследования ведет Азово-Черноморский научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии, чтобы определить возможности развития в этом водоеме отечественного рыболовства. Комплексными рыбохозяйственными исследованиями были охвачены Аденский залив, район о. Сокотра и Оманское побережье (рис. 1).

О фитопланктоне Аденского залива и западной части Аравийского моря имеется мало сведений. Известно, что прибрежные воды Аравии, Сомали и Аденского залива богаты планктоном. Исследования, прове-

денные в 31-м рейсе экспедиционного судна «Витязь» в период зимнего муссона, показали, что интенсивная вегетация фитопланктона наблюдалась в районе мыса Гвардафуй. В 33-м рейсе большое количество фитопланктона было обнаружено в южной части Аденского залива. Воды, омывающие юго-восточное побережье Аравийского полуострова, были бедны планктоном.



Рис. 1. Карта станций, выполненных первой научно-поисковой экспедицией АзчерНИРО в Индийском океане (ноябрь 1961—февраль 1962 гг.).

В статье изложены результаты обработки материалов первой экспедиции АзчерНИРО, проходившей в период зимнего муссона с ноября 1961 г. по февраль 1962 г.

Пробы фитопланктона собирали по стандартным горизонтам до глубины 200 м. За время работ экспедиции было собрано и обработано 343 батометрические пробы. В лабораторных условиях пробы отстаивали 15—20 дней, после чего их объем уменьшался в 20—40 раз. Сконцентрированные пробы обрабатывали количественным методом с подсчетом организмов в двух каплях по 0,1 см<sup>3</sup> каждая. Затем количество фитопланктона в пробе пересчитывалось на 1 м<sup>3</sup> воды.

Зимой в фитопланктоне обследованных районов было обнаружено 114 видов водорослей (52 рода), из которых: сине-зеленых — 1, кремнежгутиковых — 4, диатомовых — 67, динофлагеллят — 42.

Из диатомей в планктоне (особенно в Аденском заливе) доминировали крупные формы из рода *Rhizosolenia*, *Guinardia*, *Navicula*. Наиболее богатыми видами был род *Rhizosolenia* (13 видов), представленный формами: *Rh. stolterfothii*, *Rh. fragilissima*, *Rh. alata*, *Rh. cylindrus* и др. Наибольшая биомасса всех видов этого рода в 50-метровом слое вод Аденского залива достигала 212 мг/м<sup>3</sup>, а в районе о. Сокотра — 221 мг/м<sup>3</sup>, в Аравийском море — 821 мг/м<sup>3</sup>.

Кроме крупных форм, было обнаружено много мелких представителей из рода *Chaetoceros*, *Cyclotella*, *Thalassiosira*, *Nitzschia*.

Везде встречались виды *Chaetoceros* (9 видов) с наиболее высокой биомассой. Большие скопления их наблюдались возле мыса Рас-Хафун. В период наших исследований биомасса всех видов *Chaetoceros* в слое 0—50 м равнялась 1423 мг/м<sup>3</sup>, а на разрезе о. Масида — Бомбей (ст. 511) — 320 мг/м<sup>3</sup>.

В распределении рода *Nitzschia* (*N. seriata*, *N. delicatissima*) и

*Thalassiosira* наблюдалась та же закономерность, что и видов рода *Rhizosolenia*. В Аденском заливе они находились в небольших количествах, в Аравийском море плотность их увеличивалась. Заметную роль в планктоне в этот период играл род *Nitzschia* в районе о. Сокотра, где биомасса его в слое 0—50 м была равна 44 мг/м<sup>3</sup>. Еще большая плотность рода *Nitzschia* (64 мг/м<sup>3</sup>) наблюдалась в Аравийском море. Виды рода *Thalassiosira* присутствовали в планктоне всех трех районов, но наибольшая биомасса их была возле мыса Рас-Хафун (29 мг/м<sup>3</sup>) и Аравийском море (16 мг/м<sup>3</sup>). Как отмечают некоторые исследователи (Семина, 1962), *Thalassiosira* может появляться в Аравийском море в огромных количествах и преобладать в планктоне.

В отличие от диатомей, преобладающих в это время в планктоне, перидиниевые особого значения не имели и состояли из мелких наннопланктонных форм родов *Gymnodinium*, *Glenodinium*, *Gyrodinium*, *Peridinium*. Биомасса их в слое 0—100 м колебалась от 0,1 мг до 32,5 мг/м<sup>3</sup>, а численность — от 0,03 до 21,1 млн. кл/м<sup>3</sup>. Из перидиней наибольшим числом видов были представлены роды *Ceratium* (11 видов) и *Peridinium* (6 видов).

Другие систематические группы (сине-зеленые, кремнежгутиковые) были немногочисленны и встречались довольно редко. Сине-зеленые водоросли (*Oscillatoria*) концентрировались главным образом в Аденском заливе и в районе мыса Гвардафуй. Биомасса их не превышала 5 мг/м<sup>3</sup>.

Распределение указанных видов (в частности, диатомей) в исследуемый период было таким, что суммарный уровень биомасс в Аденском заливе, в районе о. Сокотра и Аравийском море был примерно одинаков. По средним показателям биомасс фитопланктон в этих трех районах находился почти на одном уровне. Биомасса изменялась в пределах от 176,5 до 240,8 мг/м<sup>3</sup> (табл. 1).

Таблица 1  
Средняя биомасса (мг/м<sup>3</sup>) и численность (млн. кл/м<sup>3</sup>)  
фитопланктона по районам в слое 0—25 м

Группы	Аденский залив	Район о. Сокотра	Аравийское море
Диатомовые . . . . .	185	225,5	172,5
	13,6	72,9	47,2
Перидиниевые . . . . .	7,3	13,3	3,6
	2,5	18,1	0,7
Прочие . . . . .	2,6	2,0	0,4
	0,4	0,6	0,1
Всего фитопланктона . . . . .	194,9	240,8	176,5
	16,5	91,6	48,0

Примечание. Числитель — биомасса, знаменатель — численность.

Сильно колебалась численность клеток фитопланктона. В Аденском заливе, где преобладали крупные формы, численность их составляла 16,5 млн. кл/м<sup>3</sup>, в Аравийском море она увеличилась почти в три раза (48 млн. кл/м<sup>3</sup>). Наибольшей величины она достигала в районе о. Сокотра (91,6 млн. кл/м<sup>3</sup>) вследствие более интенсивного развития здесь мелких видов рода *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Thalassiosira*, *Exuviala*.

В обследованных районах средняя плотность перидиниевых водорослей, так же как и диатомовых, была наибольшей в районе о. Сокотра ( $13,3 \text{ мг/м}^3$ ). В Аденском заливе и Аравийском море она снизилась соответственно до  $7,3$  и  $3,6 \text{ мг/м}^3$ .

Как видно из рис. 2, распределение фитопланктона в обследованных районах было неодинаковым. В Аденском заливе наибольшие концентрации его отмечены в западной части (биомасса —  $203$  —  $527 \text{ мг/м}^3$ , численность —  $13,9$ — $56,3$  млн. кл./ $\text{м}^3$ ).

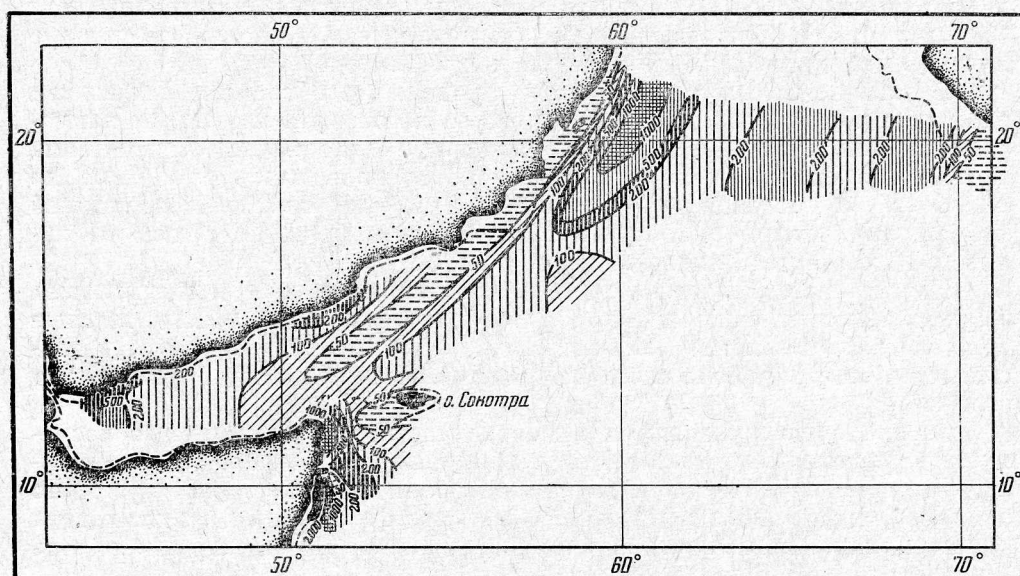


Рис. 2. Распределение фитопланктона в слое 0—25 м (биомасса в  $\text{мг/м}^3$ ).

Особенно интенсивно развивался фитопланктон в районе Адена, где в результате подъема вод в поверхностных слоях моря вдоль материковой отмели отмечалось большое содержание фосфатов (В. В. Серый, В. А. Химица, 1963). На восток от Адена величина биомассы в 25-метровом слое колебалась от  $118$  до  $79 \text{ мг/м}^3$ , а численность — от  $9,6$  до  $5,4$  млн. кл./ $\text{м}^3$ . Сравнительно высокая биомасса растительного планктона (более  $300 \text{ мг/м}^3$  в поверхностном горизонте, см. рис. 5, А) и содержание фосфатов (более  $20 \text{ мг/м}^3$ ) были отмечены в зоне циклонической циркуляции. Низкая биомасса (менее  $100 \text{ мг/м}^3$ ) обнаружена на станции 440, где, по литературным данным (В. В. Серый, В. А. Химица, 1963), отмечено пониженное содержание питательных солей.

Некоторое различие в видовом составе фитопланктона, приведенного в нашей работе и в статьях И. Н. Сухановой (1962) и В. В. Зерновой (1962), объясняется использованием различных орудий лова. Как уже отмечала Г. И. Семина (1962), в батометрических пробах число видов диатомей больше, чем в уловах сетей.

Для водных масс Аравийского моря характерна более ярко выраженная по сравнению с Аденским заливом пятнистость в распределении фитопланктона (см. рис. 2). Наиболее обильно развивался фитопланктон в зоне циклонической циркуляции, где фотический слой обогащался биогенами из подповерхностных вод. Количество фосфатов там было равно  $30$ — $34 \text{ мг/м}^3$  (В. В. Серый, В. А. Химица, 1963). В зоне, лежащей к западу от центра подъема вод (ст. 507), на стыке вод-

ных масс, идущих из Оманского залива, создавались благоприятные условия для развития водорослей, биомасса которых превышала  $1000 \text{ мг/м}^3$  (рис. 3). Восточнее этой зоны наблюдалось уменьшение количества фитопланктона, и величина биомассы его в слое 0—25 м колебалась от  $129 \text{ мг}$  до  $247 \text{ мг/м}^3$  (ст. 508—510), и лишь на периферии циклонической циркуляции количество планктона снова увеличивалось

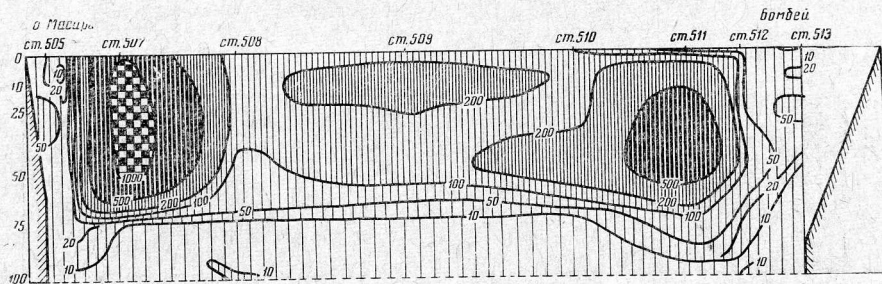


Рис. 3. Вертикальное распределение фитопланктона на разрезе о. Масира — Бомбей в декабре 1961 г. (биомасса в  $\text{мг/м}^3$ ).

(биомасса в 25-метровом слое была равна  $411 \text{ мг/м}^3$ ) (ст. 511, рис. 3). У индостанского шельфа, в районе Бомбея, величина биомассы не превышала  $40 \text{ мг/м}^3$  (ст. 513). Небольшое пятно с повышенной плотностью фитопланктона ( $287 \text{ мг/м}^3$ ) наблюдалось в прибрежной зоне мыса Рас-Фартак (см. рис. 2).

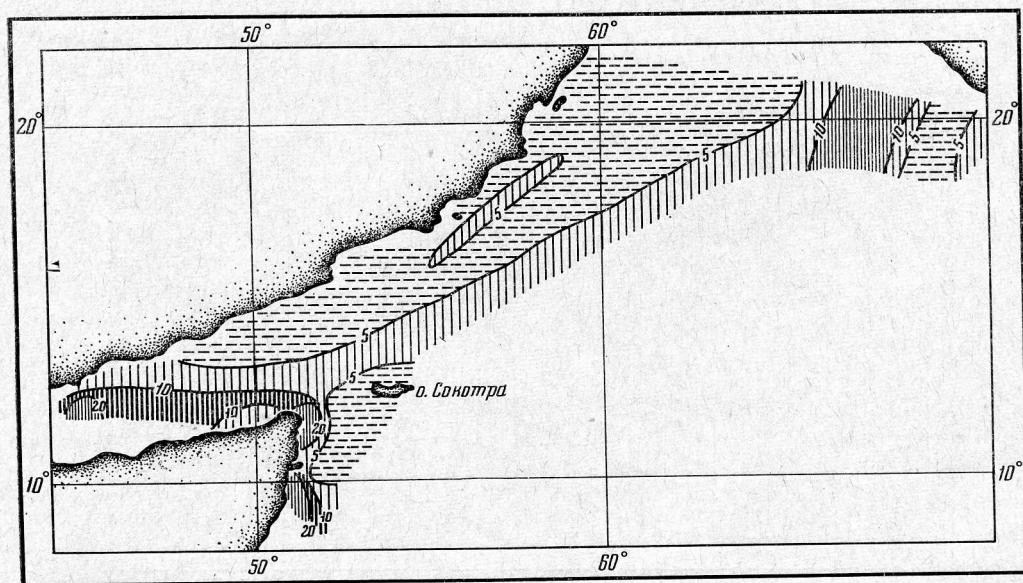
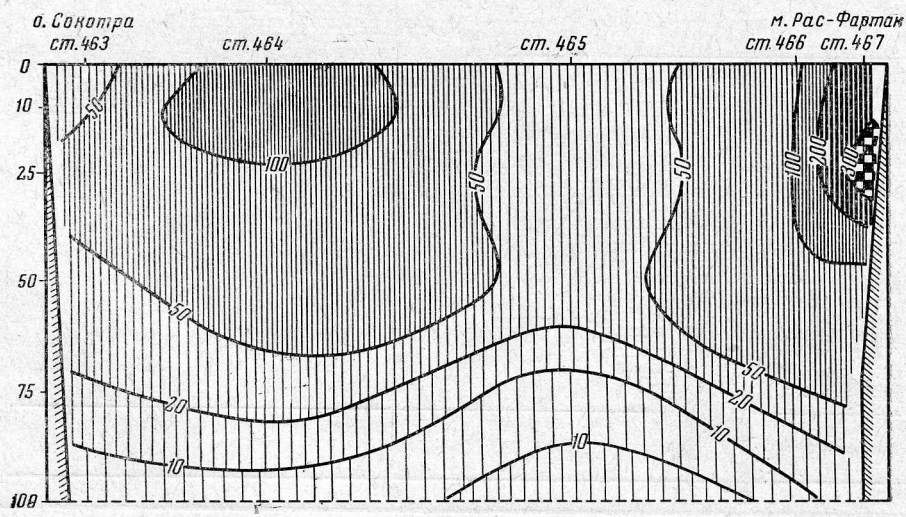
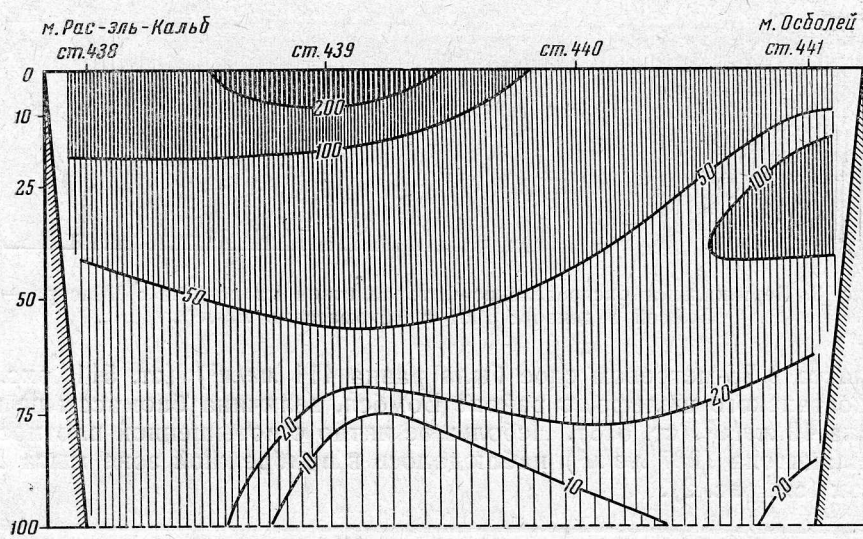


Рис. 4. Распределение перидиней в слое 0—25 м (биомасса в  $\text{мг/м}^3$ ).

Прибрежные воды, которые в период зимнего муссона формируются в Оманском заливе и направляются вдоль аравийского материкового склона, были очень бедны планктоном. По мере удаления от берегов количество биогенов и фитопланктона увеличивалось. Низкие биомассы над континентальным склоном Аравии связаны, по-видимому, с опусканием более тяжелых вод оманского происхождения. Этому



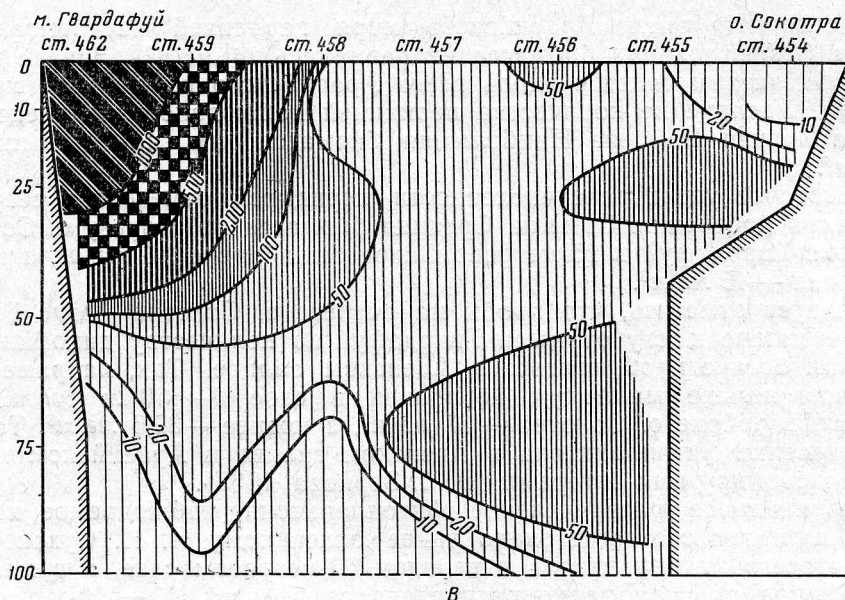


Рис. 5. Вертикальное распределение фитопланктона в середине ноября 1961 г. в Аденском заливе (А) в конце ноября на разрезе мыс Гвардафуй — о. Сокотра (В) и начале декабря на разрезе о. Сокотра — мыс Рас-Фартак в Аравийском море (Б) (биомасса в  $мг/м^3$ ).

способствует также нагонный эффект северо-восточного ветра. Концентрация фосфатов в оманской воде колебалась от 16 до 18  $мг/м^3$ , а биомасса фитопланктона не превышала 50  $мг/м^3$ .

В районе о. Сокотра условия для развития фитопланктона были благоприятными. Этот район характеризуется сложной динамикой вод (В. В. Серый, В. А. Химица, 1963). Здесь наблюдался интенсивный вертикальный водообмен, в результате чего верхние слои обогащались питательными солями. Наиболее богаты планктоном воды у северо-восточного побережья Сомали. Величина биомассы в 25-метровом слое составляла 1295  $мг/м^3$ , а численность — 431,2 млн.  $кл/м^3$ .

Южнее мыса Гвардафуй фитопланктона было еще больше. За весь период исследований биомасса растительного планктона в этом месте была самой высокой. В слое 0—40 м (дно) она равнялась 2243  $мг/м^3$ , а численность — 442,1 млн.  $кл/м^3$ . Ближе к о. Сокотра от этой области количество фитопланктона уменьшалось (менее 50  $мг/м^3$ ).

Как показали исследования, проведенные в тридцать первом рейсе экспедиционного судна «Витязь» (В. Г. Богоров, М. Е. Виноградов, 1961), весь этот район (между мысом Гвардафуй и о. Сокотра) отличался повышенной продуктивностью (биомасса планктона в верхнем 100-метровом слое превышала 250  $см^3/1000 м^3$ ). Во время работ «Витязя» воды, богатые планктоном, ближе подходили к о. Сокотра, тогда как, по нашим данным, растительного планктона было больше в 12—20-мильной зоне у побережья Сомали.

В распределении перидиниевых водорослей наблюдалась та же картина, что и в распределении диатомовых водорослей (рис. 4). Основные скопления их наблюдались в Аденском заливе (с повышенными концентрациями в центральной части). Средняя биомасса планктона в слое 0—25 м была равна 7  $мг/м^3$ , а максимальная — 21  $мг/м^3$ .

В северной части Аравийского моря перидиной насчитывалось меньше (максимальная биомасса их равнялась  $14 \text{ мг/м}^3$ ). Зона с низкими биомассами тянется вдоль всего Аравийского побережья (менее  $5 \text{ мг/м}^3$ ). Увеличение количества перидиной наблюдалось недалеко от шельфа вблизи Бомбея. Наибольшая биомасса их не превышала  $13 \text{ мг/м}^3$ .

Некоторое увеличение численности перидиной отмечено у северо-восточного побережья Сомали. Средняя биомасса по разрезу о. Сокотра — мыс Гвардафуй в 25-метровом слое была равна  $15 \text{ мг/м}^3$ , а максимальная —  $45 \text{ мг/м}^3$ .

Следует отметить, что пробы на разрезе о. Сокотра — мыс Гвардафуй и также к югу от мыса Гвардафуй по количеству динофлагеллят были богаче проб, взятых в Аденском заливе. Так, например, в Аденском заливе максимум перидиной в слое 0—100 м составлял  $12 \text{ мг/м}^3$ , в районе о. Сокотра —  $17 \text{ мг/м}^3$ , а южнее —  $32,5 \text{ мг/м}^3$ . Такое распределение фитопланктона в Аденском заливе и Аравийском море отмечалось и другими авторами (В. В. Зернова, 1962).

Вертикальное распределение фитопланктона, наблюдаемое нами, в общих чертах соответствовало ранее описанному И. Н. Сухановой. Больше всего фитопланктона в верхнем 50-метровом слое, а в местах подъема вод он равномерно распределялся во всей 50—100-метровой толще воды (И. Н. Суханова, 1962).

На мелководных станциях (60—70 м) в районе Адена, выполненных первой экспедицией АзчерНИРО, где слой температурного скачка был выражен слабо, фитопланктон распределялся довольно равномерно от поверхности до дна. С увеличением глубин разница биомассы фитопланктона верхних и нижних слоев увеличивалась, наибольшее его количество было сосредоточено в 50-метровом слое. В местах подъема слоя температурного скачка фитопланктон концентрировался, как правило, в более узком поверхностном слое — 0—25 м (рис. 5, табл. 2). В местах выноса глубинных вод (см. рис. 3, ст. 507, 511) количество фитопланктона было довольно значительным и на глубине ниже 50 м ( $333 \text{ мг/м}^3$ ).

Таблица 2  
Вертикальное распределение фитопланктона (I,  $\text{мг/м}^3$ )  
и температуры (II, °C; в среднем по району)  
в Аденском заливе, в районе о. Сокотра  
и Аравийском море

Глубина, м	Аденский залив		Район о. Сокотра		Аравийское море	
	I	II	I	II	I	II
0	203	26,6	187	26,5	136	25,7
10	164	26,63	252	26,49	189	25,68
25	242	26,28	259	25,83	191	25,72
50	143	23,0	41	22,81	179	24,89
75	86	20,33	34	21,0	19	22,35
100	25	18,81	8	19,57	8	20,15

### Выводы

1. В северо-западной части Индийского океана в период действия северо-восточного муссона в планктоне преобладали диатомовые водоросли. Наиболее массовыми из них были *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Thalassiosira*. Перидининовых и сине-зеленых в планктоне было немного.



2. Наиболее интенсивно развивался фитопланктон в местах подъема глубинных вод: циклоническом круговороте разреза о. Масира-Бомбей ( $1290 \text{ мг/м}^3$ , слой 0—25 м), неритической зоне побережья Сомали ( $2235 \text{ мг/м}^3$ ), в районе Адена ( $527 \text{ мг/м}^3$ ).

3. Средняя биомасса фитопланктона во всех трех исследованных районах была почти одинаковой (биомасса колебалась от 194,9 мг до 240,8 мг/м<sup>3</sup>). Средние показатели численности сильно колебались. В Аденском заливе, где доминировали крупные формы, численность была самой низкой (16,5 млн. кл/м<sup>3</sup>). В Аравийском море в районе о. Сокотра численность фитопланктона увеличивается (Аравийское море — 48, млн. кл/м<sup>3</sup>, район о. Сокотра — 91,6 млн. кл/м<sup>3</sup>) за счет мелких видов рода *Nitzschia*, *Chaetoceros*, *Thalassiosira*.

4. Максимальная биомасса фитопланктона, как правило, наблюдалась выше слоя температурного скачка. В мелководных же районах, где отмечалась гомотермия, вертикальное распределение растительного планктона было равномерным.

5. При сравнении наших материалов с данными В. В. Зерновой (1962) и И. Н. Сухановой (1962) оказалось, что общая тенденция распределения диатомовых и перидиниевых водорослей зимой 1960/61 г. и 1961/62 г. одинакова.

#### ЛИТЕРАТУРА

Богоров В. Г., Виноградов М. Е. Некоторые черты распределения биомассы планктона в поверхностных водах Индийского океана зимой 1959—1960 гг. Океанологические исследования, № 4, Изд. АН СССР, М., 1961.

Гейнрих А. К. Сезонные явления в планктоне Мирового океана. «Океанология», Т. 3, 1961.

Зернова В. В. Количественное распределение фитопланктона в северной части Индийского океана. Биологические исследования моря. Т. VIII. М., Изд. АН СССР, 1962.

Серый В. В., Химица В. А. К гидрологии и гидрохимии Аденского залива и Аравийского моря. «Океанология», № 6, М., Изд. АН СССР, 1963.

Суханова И. Н. О видовом составе и распределении фитопланктона в северной части Индийского океана. Биологические исследования моря. Т. VIII. М., Изд. АН СССР, 1962.

Семинна Г. Н. Фитопланктон центральной части Тихого океана на разрезе по 174° з. д. Биологические исследования моря. Т. VIII. М., Изд. АН СССР, 1962.

Cleve P. T. Diatoms from the West Indian Archipelago. Bih. svensk. Vetensk. akad. Handl. 5 (8), 1878.

Chacko P. J. Marine plankton from waters around the Krusadai Island-Proc. Indian Acad. Sci., 31 B. 1950.

Karsten G. Das indische Phytoplankton. Wiss. Ergebn. Dtsch. Tiefsee Exp. «Valdivia», Bd. 2, T. 2, Lief. 3. 1907.

Menon M. A. J. Observation on the seasonal distribution of the plankton of the Trivandrum Coast Proc. Ind. Acad. Sci. Vol. XXII, Sect. B, N 2, 1945.

Subrahmanyan R. Phytoplankton organisms of the Arabian Sea of the West coast of India. J. Indian Bot. Soc., N 4, 1958.

Subrahmanyan R. Studies of the phytoplankton of the west coast of India. Proc. Indian Acad. Sci., v. 50, Sect. N 3, 1959.

Prasad R. Plankton calendars of the inshore waters at Mandapam with a note on the productivity of the area.— Indian. J. Fish., v. 5, N 1, 1958.