

ПРОВ. 1201

ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

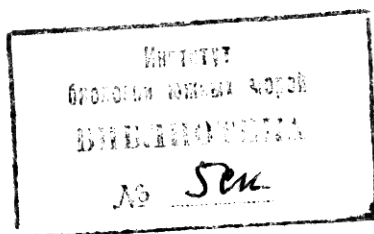
БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 39

ВОПРОСЫ ГИДРОБИОЛОГИИ ПЕЛАГИАЛИ
И ПРИБРЕЖНЫХ ВОД
ЮЖНЫХ МОРЕЙ



Л. В. Кузьменко

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В АРАВИЙСКОМ МОРЕ

Аравийское море расположено в зоне муссонной атмосферной циркуляции, что оказывает существенное влияние на его гидрологический, гидрохимический и биологический режимы. Здесь довольно четко выражены периоды зимнего и летнего муссонов, а также переходное время от одного к другому. В зависимости от муссонной циркуляции вод в верхних слоях отмечаются сезонные термоклины, верхняя граница которых в зимний период в открытых районах моря залегает на глубинах 75—100 м, а в переходное время к летнему — несколько выше. Летом и осенью она располагается на глубинах 20—25 м, а на шельфе Индии и Пакистана — 12—17 м [5].

В связи со слабой изученностью количественного распределения фитопланктона в Аравийском море в задачу наших исследований входило выявление закономерностей вертикального распределения фитопланктона в различные сезоны года в зависимости от океанографических факторов.

Материал для настоящей работы был собран во время 19-го рейса НИС «Михаил Ломоносов» (май—июль 1966 г.), советско-пакистанской экспедиции (январь—октябрь 1969 г.) и 5-го рейса НИС «Академик Вернадский» (февраль—март 1972 г.). Фитопланктонные пробы (всего 850) отбирались гидрологическими или шестилитровыми пластмассовыми батометрами на 190 станциях с горизонтов 0, 10, 25, 50, 75 и 100 м (в мелководных районах до дна), а также дополнительно у верхней границы слоя скачка плотности. Для изучения фитопланктона в нижележащих слоях на отдельных станциях пробы отбирались со стандартных горизонтов до 500 и 1000 м. Исследования проводились в северной части моря, на западном побережье Индии и в центральных районах моря. Пробы обрабатывались осадочным методом. Подсчитывалось количество клеток и вычислялась биомасса всех встреченных видов, групп водорослей и фитопланктона в целом.

В период зимнего муссона температура воды (22—24° С) в верхнем 75—100-метровом слое в результате интенсивного вертикального перемешивания почти не изменялась. В этом слое не отмечались также резкие скачки солености. В связи с этим растительный планктон в значительных количествах обнаруживался и в слоях глубже 25 м. На большинстве станций в рассматриваемом слое он распределялся довольно равномерно. Однако в некоторых районах основная его масса концентрировалась в слое 25—100 м. Наиболее характерными в этом отношении являлись воды северо-западной части моря, где средняя численность клеток растительного планктона в указанном слое была в 3—9 раз больше, чем в верхнем 25-метровом.

Такое распределение планктона обусловлено, по-видимому, высоким содержанием фосфатов в слое 40—100 м, возникшим в результате притока богатых биогенными элементами вод из Оманского залива, и местным циклоническим вихрем.

В переходное время от зимнего муссона к летнему (апрель) вертикальное распределение солености и температуры в общих чертах сохраняло те же закономерности, что и зимой, однако на отдельных станциях, особенно в зоне резкого свала глубин, верхняя граница температурного скачка залегала на меньших глубинах (40—50 м). Четкие закономерности в вертикальном распределении фитопланктона в весенний период не выявлены. В открытых водах северо-восточной части моря и на шельфе

Пакистана он распределялся относительно равномерно в исследованном слое, а на станциях у входа в Оманский залив максимальные количественные показатели отмечались для слоя 25—50 м.

В период летнего муссона наблюдался совершенно иной характер распределения температуры и фитопланктона по вертикали. Так, на шельфе Пакистана положение верхней границы температурного скачка на глубинах 12—17 м свидетельствовало о повсеместном подъеме вод.

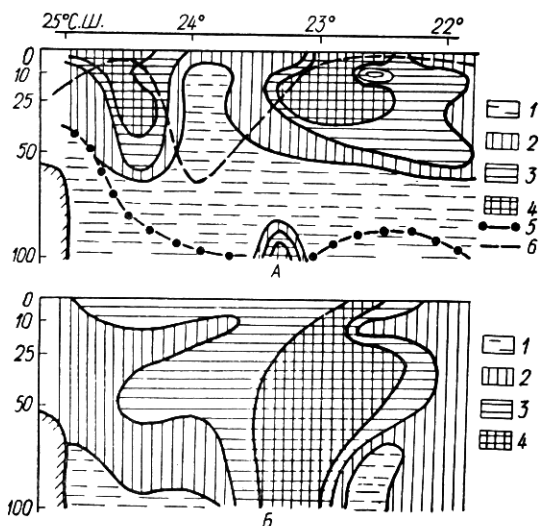


Рис. 1. Вертикальное распределение фитопланктона в зимний период на разрезе мыс Шахид — открытое море.

А — численность, млн. кл./м³: 1 — меньше 100; 2 — 100—150; 3 — 150—200; 4 — больше 200; 5 — верхняя граница скачка плотности; 6 — изопфосфата 20 мг/м³. Б — биомасса, мг/м³: 1 — меньше 100; 2 — 100—500; 3 — 500—1000; 4 — больше 1000.

С удалением от берега верхняя граница скачка опускалась до глубины 25—30 м. В верхнем 10—25-метровом слое концентрировалась основная масса фитопланктона (до 80—90% всей численности и биомассы). Лишь в центральной зоне антициклонического круговорота и на шельфе западной Индии, где отмечалось более глубокое залегание термоклина, растительный планктон обнаруживался в значительных количествах во всем верхнем 75-метровом слое, с максимумами на различных глубинах.

В осенний период концентрация растительного планктона в слое 0—25 м проявлялась еще четче по всей исследованной акватории моря. Исключение составляла сравнительно не-

большая зона в районе устья р. Инда, где температурный скачок был сглажен в результате сброса холодных речных вод. Фитопланктонные организмы здесь в значительных количествах встречались до 50-метровой глубины.

Анализ распределения фитопланктона в толще вод сделан на примере двух разрезов наиболее типичных для исследований акватории моря. Один из них выполнен в северной части моря от берегов Пакистана (мыс Шахид — открытое море), другой — от побережья западной Индии (порт Бомбей — открытое море).

На разрезе в северной части моря зимой основная масса клеток фитопланктона была сконцентрирована в верхнем 50—75-метровом слое. Доминирующими по численности на всех станциях были диатомовые водоросли, главным образом из рода *Nitzschia*, составлявшие 50—80% общей численности растительного планктона. Заметную роль также играли представители родов *Chaetoceros*, *Bacteriastrium*, *Thalassiosira*, *Thalassiothrix*. Общая биомасса складывалась в основном за счет крупных форм диатомовых водорослей, таких как *Rhizosolenia alata* Btw., *Rh. calcaravis* M. Schultze, *Rh. imbricata* Btw. var. *shrubsolei* (Cl.) Schröd., *Rh. styliformis* Btw., *Rh. bergonii* H. Perag., а также перидиние *Amphisolonia bidentata* Schröd., составляющей на отдельных горизонтах до 50—70% всей биомассы. Вблизи берега (на первых трех станциях) максимальные величины биомассы наблюдались для поверхности, а в открытом море — на различных горизонтах слоя 25—100 м. Высокие количественные показатели (до 300 млн кл./м³, 2000 мг/м³) развития фитопланктона выявлены в районе, где богатые биогенными элементами воды (бо-

лее $20 \text{ мг } P/\text{м}^3$) подходили к поверхности (рис. 1). В мелководной зоне наибольшие величины для основных групп водорослей зарегистрированы в поверхностном слое. В глубоководных районах высокая концентрация диатомовых и кокколитофорид отмечалась на всех горизонтах верхнего 100-метрового слоя, а перидиниевых — глубже 25 м.

На разрезе от берегов Индии (рис. 2) также наблюдалось общее повышение показателей количественного развития фитопланктона от бере-

га к центральным районам моря, где в системе циклонического круговорота отмечался подъем глубинных вод. По всему разрезу основная масса растительного планктона концентрировалась в верхнем 50—75-метровом слое. Клетки довольно равномерно распределялись в этом слое почти на всех станциях данного разреза. Менее равномерным было вертикальное распределение биомассы, хотя в целом наиболее высокие ее показатели также характерны для слоя 0—75 м. На рассматриваемом разрезе доминировали диатомовые водоросли, составлявшие до 80% всей численности и биомассы фитопланктона. Наиболее интенсивно здесь развивались представители родов *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Thalassiothrix*, *Bacteriastrium*. Перидиниевые, кокколитофориды и синезеленые, по сравнению с диатомовыми, были малочисленны. Максимальные количественные показатели фитопланктона (до 773 млн. кл., $3754 \text{ мг}/\text{м}^3$) отмечались в центральной зоне циклонического круговорота, где концентрация фосфатов на поверхности достигала $20 \text{ мг } P/\text{м}^3$. Таким образом, здесь довольно четко проявлялась зависимость между вертикальным распределением суммарного фитопланктона и биогенными элементами. Как уже указывалось, диатомовые доминировали на всех горизонтах с максимумами на различных горизонтах верхнего 75-метрового слоя, наибольшее число клеток синезеленых водорослей выявлено в слое 0—10 м, а перидиниевые довольно равномерно распределялись во всей исследованной толще с незначительным максимумом на глубине 10 м.

В период зимнего северо-восточного муссона на разрезе от Аравийского полуострова до порта Бомбей основная масса растительного планктона концентрировалась в слое 0—75 м [1, 2]. У западных берегов Индии в вертикальном распределении фитопланктона наблюдались такие же закономерности, как и в период наших исследований. Примерно в том же районе выявлены сравнительно высокие показатели (до $500 \text{ мг}/\text{м}^3$) развития фитопланктона в слое 25—50 м, а по мере приближения к берегу биомасса уменьшалась до $40 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Для открытых вод Аравийского моря во время зимнего муссона концентрация фитопланктона в верхнем 50—75-метровом слое отмечалась и ранее [3].

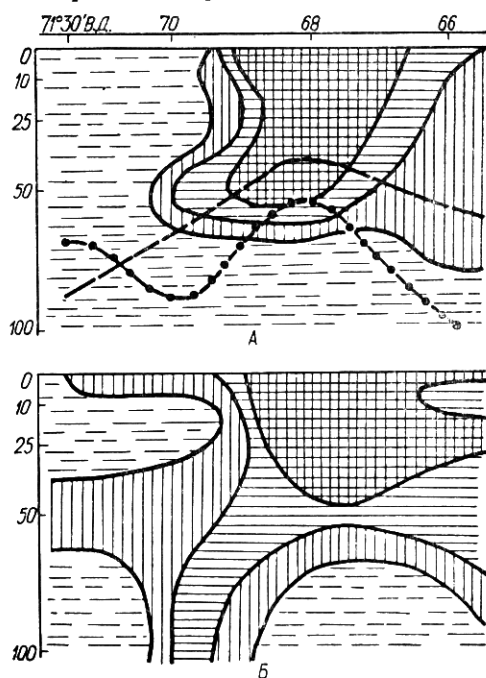


Рис. 2. Вертикальное распределение фитопланктона в зимний период на разрезе порт Бомбей — открытое море. Условные обозначения те же, что на рис. 1.

В период летнего юго-западного муссона совершенно меняется характер вертикального распределения фитопланктона. Верхняя граница температурного скачка располагалась на глубине 12—25 м. В связи с этим на большинстве

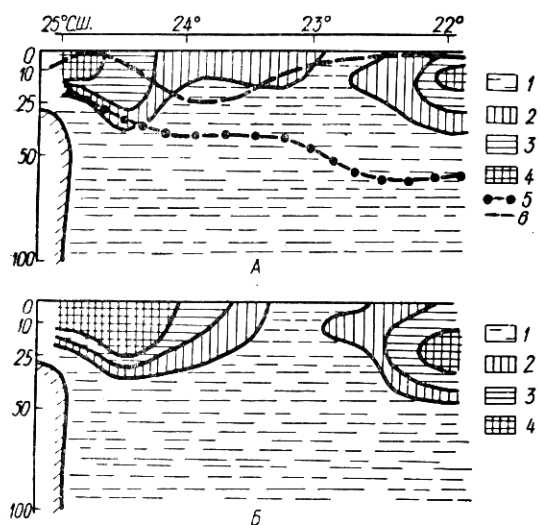


Рис. 3. Вертикальное распределение фитопланктона в летний период на разрезе мыс Шахид — открытое море.

А — численность, млн. кл/м³: 1 — меньше 25; 2 — 25—50; 3 — 50—100; 4 — больше 100; 5 — верхняя граница скачка плотности; 6 — изопфосфата 20 мгР/м³; Б — биомасса, мг/м³: 1 — меньше 100; 2 — 100—200; 3 — 200—500; 4 — больше 500.

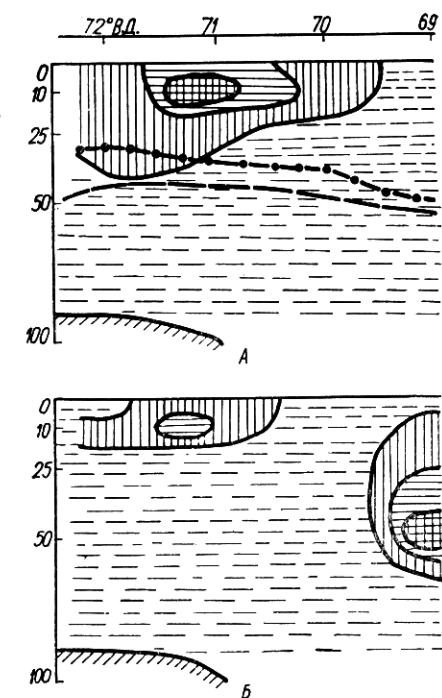


Рис. 4. Вертикальное распределение фитопланктона в летний период на разрезе порт Бомбей — открытое море. Условные обозначения те же, что на рис. 3.

станций трофогенный слой ограничивался горизонтом 25—30 м. На разрезе от берегов Пакистана (мыс Шахид — открытое море) числен-

Вертикальное распределение фитопланктона на станции (21°57' с. ш., 63°00' в. д.), (численность, млн. клеток на 1 м³ — числи

Отдел водорослей	Зима (2.II 1969 г.)					Весна (4.III 1969 г.)				
	0 м	10 м	25 м	50 м	100 м	0 м	10 м	25 м	50 м	100 м
<i>Bacillariophyta</i>	128,8 463,2	181,9 473,0	224,2 661,8	234,1 712,3	279,0 1167,0	250,8 1164,6	253,8 1414,2	94,5 375,2	12,4 44,3	3,4 7,1
<i>Pyrrophyta</i>	12,4 120,2	8,9 197,6	16,2 416,8	18,6 312,5	37,6 1120,4	15,4 41,9	17,5 36,8	4,7 9,6	2,5 6,4	4,2 4,2
<i>Chrysophyta</i>	0,4 0,4	—	—	—	—	5,9 3,0	8,9 4,7	0,4 0,2	—	—
<i>Cyanophyta</i>	42,8 42,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Прочие	5,9 0,6	1,7 0,2	1,7 0,2	2,8 1,1	19,2 2,1	5,1 0,5	5,1 0,9	3,8 0,4	1,7 0,2	0,8 0,1
Всего	190,3 627,2	192,5 670,8	242,1 1078,8	255,5 1025,9	335,8 2389,5	277,2 1210,0	285,3 1456,6	103,4 385,4	16,6 50,9	8,4 11,4
Верхняя граница температурного скачка	115 м					48 м				

ность растительного планктона получена за счет диатомовых из родов *Rhizosolenia*, *Nitzschia*, *Thalassiothrix*. Лишь на некоторых станциях открытых районов моря, где встречался *Coccolithus huxley* (Lohm.) Kampt., повышалась роль кокколитофорид (до 40% всей численности). Биомасса фитопланктона всюду складывалась примерно в равной мере из диатомовых и перидиниевых водорослей. Максимальные количественные показатели развития всех групп водорослей наблюдались на поверхности или на глубине 10 м. Наиболее высокие значения для суммарного фитопланктона (139 млн. кл/м³, 1143 мг/м³) зарегистрированы на ближайшей к берегу станции (рис. 3), а с удалением от побережья в открытое море они снижались до 25 млн. кл/м³, 81 мг/м³. На последней станции данного разреза в результате местного подъема глубинных вод количество фитопланктона в верхнем 25-метровом слое возрастало до 87 млн. кл., 1094 мг/м³ при появлении в планктоне крупных видов рода *Rhizosolenia* и *Climacodium frauenfeldianum* Grun. Глубже 20 м численность и биомасса резко снижались, составляя в среднем 7 млн. кл/м³, 15 мг/м³.

Вертикальное распределение растительного планктона на разрезе порт Бомбей — открытое море определяли синезеленые и диатомовые водоросли. Основная их масса концентрировалась в верхнем 25—50-метровом слое (рис. 4). Численность синезеленых в открытых районах моря не превышала 8 млн., но по мере приближения к берегу возрастала до 171 млн. кл/м³. Количество же диатомовых, наоборот, уменьшалось по направлению к берегу. Вероятно, это связано с тем, что развивавшиеся в массе в прибрежной зоне синезеленые водоросли оказывали угнетающее воздействие на развитие диатомовых, максимальное количество которых отмечалось глубже 25 м, где синезеленая водоросль *Oscillatoria thiebautii* (Gom.) Geitl. встречалась единичными нитями. Особенно наглядно это проявлялось на последней станции, где максимальная величина биомассы (722 мг/м³) была получена для слоя 40—50 м за счет концентрации у верхней границы температурного скачка *Rhizosolenia stouterfothii* Н. Perag. На остальных станциях в слое 25—500 м фитопланктон был очень малочислен (2 млн. кл/м³, 9 мг/м³). На одной из станций данного разреза сборы проведены до глубины 1000 м, и во всей исследо-

выполненной в различные сезоны года в северной части Аравийского моря тель, биомасса, мг/м³ — знаменатель)

Лето (23.VIII 1969 г.)					Осень (24.X 1969 г.)				
0 м	10 м	25 м	50 м	100 м	0 м	10 м	25 м	50 м	100 м
29,9	22,2	6,4	0,8	0,5	7,7	10,7	7,7	0,4	0,4
79,6	63,6	8,2	6,5	4,2	19,8	54,5	35,6	0,7	0,7
8,9	15,4	7,2	1,7	1,2	5,1	4,2	4,2	3,4	2,6
13,1	22,6	15,8	2,6	3,4	6,7	14,4	19,6	5,6	7,2
0,4	—	—	1,7	—	—	0,8	0,4	—	—
0,2	—	—	0,8	—	—	0,4	0,3	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,4	1,7	3,4	2,9	1,2	1,7	2,5	2,9	0,8	0,4
0,3	0,2	0,3	0,3	0,8	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1
42,6	39,3	17,0	7,1	2,9	14,5	18,2	15,2	4,6	3,4
93,2	86,4	24,3	10,2	8,4	26,7	69,5	55,8	6,5	8,0
12 м					20 м				

ванной толще обнаруживался фитопланктон. На глубине 1000 м его количество составляло всего 0,8 млн. кл/м³, биомасса 4,5 мг/м³ за счет таких видов, как *Pseudonitzschia delicatissima* (Cl.) Heid., *Thalassionema nitzschioides* Crun., *Rhizosolenia alata* Btw., *Navicula* sp., *Thalassiosira* sp. и кокколитофориды *Coccolithus huxleyi* (Lohm) Kampt. Более подробное количественное распределение отдельных групп фитопланктона по вертикали представлено на станции, выполненной в различные сезоны года в северной части моря (см. таблицу).

В вертикальном распределении фитопланктона в Аравийском море можно выделить несколько основных типов. На индо-пакистанском шельфе независимо от сезонов максимумы фитопланктона отмечались на различных горизонтах верхнего 25-метрового слоя, что характерно также и для мелководных станций юго-западного побережья Индии [4]. В глубоководной зоне, как уже указывалось, зимой растительный планктон концентрировался в верхнем 50—75-метровом слое, где он распределялся равномерно или же с одним-двумя максимумами, и лишь на отдельных станциях максимальное его количество отмечалось глубже 75 м. В период летнего муссона на большинстве станций фитопланктон был сконцентрирован в верхнем 25-метровом слое с максимумами чаще всего на 10 и 25 м, глубже которых количественные показатели его развития резко снижались.

Таким образом, анализ вертикального распределения фитопланктона в различных районах моря показал, что наличие сезонного термоклина и глубина его залегания, содержание биогенных элементов являются одними из основных факторов, определяющих распределение растительного планктона в верхнем 100-метровом слое. В период зимнего муссона планктонные водоросли довольно равномерно распределялись до глубины 50—100 м, а летом слой температурного скачка чаще всего ограничивал зону интенсивного развития фитопланктона горизонтом 25 м. Подобные закономерности в вертикальном распределении суммарного фитопланктона получены и для вод Аденского залива [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Савич М. С. Состояние фитопланктона Аденского залива и Аравийского моря в 1963 г.— В кн.: Советские рыбохозяйственные исследования в Индийском океане и прилежащих водах (Труды ВНИРО, 64, и Труды АзЧерНИРО, 28). М., Пищепромиздат, 1968, 243—251.
2. Савич М. С. Некоторые закономерности вертикального распределения фитопланктона Аденского залива в зависимости от океанографических факторов.— Океанология, 1971, 11, 3, 471—474.
3. Суханова И. Н. О видовом составе и распределении фитопланктона в северной части Индийского океана.— Труды Ин-та океанологии АН СССР, 58, 1962, 27—39.
4. Subrahmanyam R. Studies on the phytoplankton of the west coast of India. Part I.— Proc. Ind. Acad. Sci. 50 (V), 3, 1959, 113—187.
5. Wirtki K. Oceanographic Atlas of the International Indian Ocean Expedition. National Science Foundation. Washington, 1971, 551.

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

Поступила в редколлегию
5.VII 1975 г.

УДК 581.526 : 591.524(262)

Л. В. Георгиева ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ТУНИССКОГО ПРОЛИВА

При изучении планктонного сообщества исследователи, чтобы определить его облик, прежде всего обращают внимание на видовой состав. В большинстве случаев ограничиваются списком видов, не отражающим