

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ  
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

---

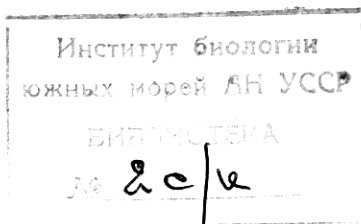
# Экология моря

---

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ  
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1980 г.

Выпуск 5



КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1981

южно-африканские и атлантические виды полихет, личинки которых, видимо, приносятся подповерхностными водами.

1. Канев В. Ф., Нейман В. Г., Парин Н. В. Индийский океан. — М.: Мысль, 1975. — 284 с.
2. Лапин В. И., Рубинштейн И. Г., Федоров В. В. Закономерности распределения макробентоса на банке Сая-де-Малья. — В кн.: Тез. докл. II Всесоюз. конф. по биологии шельфа (Севастополь, 1978 г.). Киев: Наук. думка, 1978, т. 2, с. 64.
3. Моисеев П. А. Промысловая продукция Мирового океана и ее использование. — В кн.: Океанология. Т. 2. Биологическая продуктивность океана. М.: Наука, 1977, с. 289—314.
4. Муромцев А. Н. Основные черты гидрологии Индийского океана. — Л.: Гидрометеиздат, 1959. — 403 с.
5. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 725 с.
6. Руководство по методам химического анализа морских вод. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 208 с.
7. Шепард Ф. П. Морская геология. — Л.: Недра, 1976. — 488 с.
8. Шкиндер-Морякова В. К. Некоторые результаты гидробиологических наблюдений в районе банки Джорджес в 1960—1961 гг. — Тр. Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 1963, вып. 10, с. 19—23.
9. Decker A. D. Observations on the Ecology and Distribution of Copepoda in the Marine Plankton of South Africa. — Commer. and Ind., 1964, N 49, p. 43—56.
10. Rochford D. J. Distribution of Banda intermediate Water in the Indian Ocean. — Austral. J. Mar. Freshwater Res., 1966, 17, p. 61—76.
11. Shor Y. Y., Pollard D. D. Seismic investigations of Seychell and Say-de-Malha banks, north-west Indian Ocean. — Science, 1963, 192, p. 42—48.

Севастопольское экспериментально-конструкторское бюро по подводным исследованиям «Азчеррыба»

Поступила в редколлегию  
05.06.79

V. V. KOLODNITSKY

# EFFECT OF BOTTOM GEOMORPHOLOGY ON THE SESTON DISTRIBUTION OVER THE SAJA-DE-MALJA BANK (THE INDIAN OCEAN)

## Summary

26 complex stations with hydrological, hydrochemical and hydrobiological observations were fulfilled during December 1977-January 1978 in the region of the Saja-de-Malja bank.

The results of the data obtained analyses made it possible to determine the effect of the bank relief peculiarities on the seston distribution. The relief effect resulted in a peculiar water dynamics immediately over the bank differing from water dynamics in the surrounding water area. The rise of subsurface, more saline and biogen enriched waters to the uplift surface is distinguished in the region of the southern slope. The inflow of heterogenous waters provides the presence of the elevated productivity zone displaced towards the south-eastern slope.

УДК 551.352.261

Л. В. КУЗЬМЕНКО, Л. М. СЕРГЕЕВА

## ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ТРОПИЧЕСКИХ РАЙОНОВ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

Широко применяемые в гидробиологической практике радиоуглеродный и кислородный методы позволяют получить суммарные величины продукции для смешанных популяций природного фитопланктона. Продукция же отдельных видов при этом остается неизвестной. В последнее время, однако, появились методики, с помощью которых можно

измерить продукцию клеток фитопланктона, относящихся к различным систематическим группам, и выяснить роль отдельных видов водорослей в продуцировании первичного органического вещества [4, 17]. Первичная продукция тропических районов Индийского океана в летний период измерялась различными авторами [3, 5, 6, 14], но вклад разных групп водорослей в продукцию вообще не исследовался или определялся косвенно по соотношению величин биомассы фитопланктона и общей первичной продукции [7].

В настоящей работе нами сделана попытка оценить значение отдельных видов водорослей в общей продукции естественного фитопланктона.

**Материал и методика.** Во время 4-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» (июнь—август 1978 г.) на трех полигонах (01°00'N; 55°00'E — I полигон, 01°30'N; 68°45'E — II, 04°23'N; 77°04'E — III полигон), расположенных в приэкваториальных тропических районах Индийского океана, радиоуглеродным методом [15] с применением трековой радиоавтографии [17] были выполнены измерения величин первичной продукции для поверхности океана и во всем слое фотосинтеза.

Воду с различных горизонтов отбирали шестилитровым пластиковым батометром. Слянки с пробами воды объемом 250 мл после добавления в них 1 мл раствора  $\text{NaHC}^{14}\text{O}_3$  (удельная активность 20 мкКи·мл<sup>-1</sup>) экспонировали в течение 6—12 ч светлого времени дня *in situ* на тех же глубинах, с которых отбирали воду. Одновременно слянки с пробами воды экспонировались и в палубном инкубаторе с проточной морской водой и светофильтром, задерживающим 50% света. В период экспериментов ежечасно с помощью люксметра Ю-16 измеряли освещенность на палубе. Для определения продукции отдельных видов водорослей, их численности и биомассы параллельно со слянками для измерения общей продукции *in situ* и на тех же горизонтах экспонировали слянки с пробами воды объемом 1 л, в каждую из которых добавляли по 4 мл раствора  $\text{NaHC}^{14}\text{O}_3$ . Вследствие малой численности клеток фитопланктона в литровых пробах, как показала их дальнейшая обработка, пробы с разных горизонтов, сгущенные до 10 мл, были объединены в одну, из которой готовили препараты с радиоавтографами растительных клеток, рассчитывали количественные показатели для отдельных видов и всего фитопланктона. Препараты готовили согласно методике, описанной в работе [1], и более поздним рекомендациям [12]. Препараты покрывали эмульсией типа «МА» (НИИХимфотопроект).

**Результаты и обсуждение.** Величины первичной продукции, измеренные для поверхности океана на трех полигонах, оказались довольно низкими (0,064—0,084—0,120 мг С·м<sup>-3</sup>·день<sup>-1</sup>), а для слоя фотосинтеза они были примерно одинаковыми (0,082—0,081—0,062 г С·м<sup>-2</sup>××день<sup>-1</sup>). Аналогичные данные для этих же районов были получены и ранее [14].

Вертикальное распределение величин первичной продукции, количественных показателей развития фитопланктона и биогенных элементов представлено на рис. 1. Как видно, в исследованном районе океана отмечались очень низкие величины первичной продукции для верхнего 20—40-метрового слоя при сравнительно высоких значениях численности и биомассы растительного планктона. Объясняется это тем, что, например, на I полигоне диатомовая водоросль *Thalassiosira excentrica* давала до 60% общей биомассы в этом слое, тогда как ее продукция не превышала 1,3% суммарной (таблица). Максимальные значения первичной продукции (0,685—3,386 мг С·м<sup>-3</sup>·день<sup>-1</sup>) получены на различных глубинах в слое 40—90 м. При этом, лишь на глубине 62 м, над слоем температурного скачка [11], совпадали максимумы первичной продукции и биомассы фитопланктона, основу которого составляли

виды из родов *Gymnodinium*, *Coscinodiscus*, *Coccolithus*. Методом трековой радиоавтографии установлено, что эти виды давали здесь до 73% общей продукции. На II и III полигонах основу численности фитопланктона в верхнем 20-метровом слое составляла синезеленая водоросль *Oscillatoria thiebautii*, которая, по данным трековой радиоавтографии, не продуцировала первичное органическое вещество (таблица).

**Первичная продукция и биомасса отдельных видов фитопланктона  
из тропических районов Индийского океана**

| Отделы, виды водорослей       | Объем<br>клеток,<br>мкм <sup>3</sup> | Биомасса,<br>мг·м <sup>-3</sup> | Первичная продукция                      |      | Коеффициент<br>П/Б |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|------|--------------------|
|                               |                                      |                                 | мг С·м <sup>-3</sup> ·день <sup>-1</sup> | %    |                    |
| <b>I полигон</b>              |                                      |                                 |                                          |      |                    |
| <b>Bacillariophyta</b>        |                                      |                                 |                                          |      |                    |
| Nitzschia sp. <sub>1</sub>    | 100                                  | 0,52                            | 0,255                                    | 6,5  | 7,0                |
| Cyclotella sp.                | 200                                  | 0,15                            | 0,071                                    | 1,8  | 7,1                |
| Nitzschia sp. <sub>2</sub>    | 400                                  | 1,08                            | 0,325                                    | 8,3  | 4,2                |
| Fragilaria oceanica           | 400                                  | 0,16                            | 0,067                                    | 1,7  | 6,1                |
| Chaetoceros curvisetus        | 500                                  | 0,20                            | 0,039                                    | 1,0  | 2,7                |
| Chaetoceros sp.               | 1200                                 | 0,30                            | 0,110                                    | 2,8  | 5,5                |
| Thalassionema nitzschioides   | 1400                                 | 1,55                            | 0,216                                    | 5,5  | 1,9                |
| Pseudonitzschia delicatissima | 2000                                 | 0,96                            | 0,125                                    | 3,2  | 1,8                |
| Chaetoceros peruvianus        | 3000                                 | 1,67                            | 0,220                                    | 5,6  | 1,8                |
| Gyrosigma sp.                 | 10000                                | 2,20                            | 0,118                                    | 3,0  | 1,1                |
| Thalassiosira excentrica      | 26000                                | 4,70                            | 0,051                                    | 1,3  | 0,2                |
| Rhizosolenia cylindrus        | 70000                                | 1,20                            | 0,024                                    | 0,6  | 0,4                |
| Thalassiosira sp.             | 81000                                | 6,60                            | 0,067                                    | 1,7  | 0,2                |
| Coscinodiscus sp.             | 100000                               | 12,00                           | 0,188                                    | 4,8  | 0,3                |
| <b>Pyrrophyta</b>             |                                      |                                 |                                          |      |                    |
| Gymnodinium sp.               | 3900                                 | 7,43                            | 1,383                                    | 35,3 | 1,1                |
| <b>Chrysophyta</b>            |                                      |                                 |                                          |      |                    |
| Coccolithus huxleyi           | 300                                  | 1,69                            | 0,600                                    | 15,3 | 2,2                |
| Syracosphaera sp.             | 700                                  | 0,39                            | 0,063                                    | 1,6  | 1,0                |
| Оливково-зеленые клетки       | 14                                   | 0,01                            | 0                                        | 0    | 0                  |
| <b>III полигон</b>            |                                      |                                 |                                          |      |                    |
| <b>Bacillariophyta</b>        |                                      |                                 |                                          |      |                    |
| Chaetoceros curvisetus        | 500                                  | 1,65                            | 0,248                                    | 12,0 | 2,2                |
| Cyclotella sp.                | 700                                  | 0,02                            | 0,006                                    | 0,3  | 6,0                |
| Nitzschia sp.                 | 700                                  | 0,01                            | 0,024                                    | 1,2  | 0,1                |
| Pleurosigma sp.               | 2000                                 | 0,44                            | 0,048                                    | 2,3  | 1,6                |
| Pseudonitzschia delicatissima | 2000                                 | 0,12                            | 0,063                                    | 3,0  | 7,7                |
| Leptocylindrus danicus        | 3600                                 | 0,52                            | 0,065                                    | 3,1  | 1,8                |
| Thalassiothrix mediterranea   | 4500                                 | 0,14                            | 0,048                                    | 2,3  | 5,3                |
| v. pacifica                   |                                      |                                 |                                          |      |                    |
| Thalassiosira excentrica      | 14000                                | 2,16                            | 0,030                                    | 1,4  | 0,2                |
| Thalassiosira sp.             | 39500                                | 11,20                           | 0,089                                    | 4,3  | 0,1                |
| Rhizosolenia alata f. indica  | 126000                               | 12,00                           | 0                                        | 0    | 0                  |
| <b>Pyrrophyta</b>             |                                      |                                 |                                          |      |                    |
| Gymnodinium simplex           | 800                                  | 1,71                            | 0,505                                    | 24,3 | 1,8                |
| Exuviaella cordata            | 1000                                 | 0,32                            | 0,028                                    | 1,4  | 0,5                |
| Gymnodinium najadeum          | 2000                                 | 2,11                            | 0,091                                    | 4,4  | 0,3                |
| Gymnodinium sp.               | 6000                                 | 1,77                            | 0,102                                    | 4,9  | 0,3                |
| <b>Cyanophyta</b>             |                                      |                                 |                                          |      |                    |
| Oscillatoria thiebautii       | 475                                  | 2,26                            | 0                                        | 0    | 0                  |
| <b>Chrysophyta</b>            |                                      |                                 |                                          |      |                    |
| Coccolithus huxleyi           | 300                                  | 1,31                            | 0,459                                    | 22,2 | 2,2                |
| Dictyocha fibula              | 1000                                 | 0,10                            | 0,001                                    | 0,1  | 0,1                |
| Syracosphaera mediterranea    | 2000                                 | 2,06                            | 0,240                                    | 11,5 | 0,7                |
| Coccolithus sibogae           | 14100                                | 2,16                            | 0,026                                    | 1,3  | 0,1                |
| Оливково-зеленые клетки       | 14                                   | 0,01                            | 0                                        | 0    | 0                  |

В более глубоких слоях (90—150 м) по числу клеток в фитопланктоне I—III полигонов доминировали очень мелкие (2—3 мкм) оливково-зеленые клетки, систематическая принадлежность которых не установлена. Эти клетки так же, как и *Oscillatoria thiebautii* в верхних слоях, не синтезировали углерод в процессе фотосинтеза. Содержание биогенных элементов [10] в воде верхнего 80-метрового слоя в районах исследования было сравнительно невысоким, поэтому не установлена связь между ними и величинами первичной продукции. Однако значительное увеличение концентрации биогенных элементов, особенно фосфатов, на III полигоне в слое 40—80 м оказало заметное влияние на фотосинтетическую активность фитопланктона в этом слое.

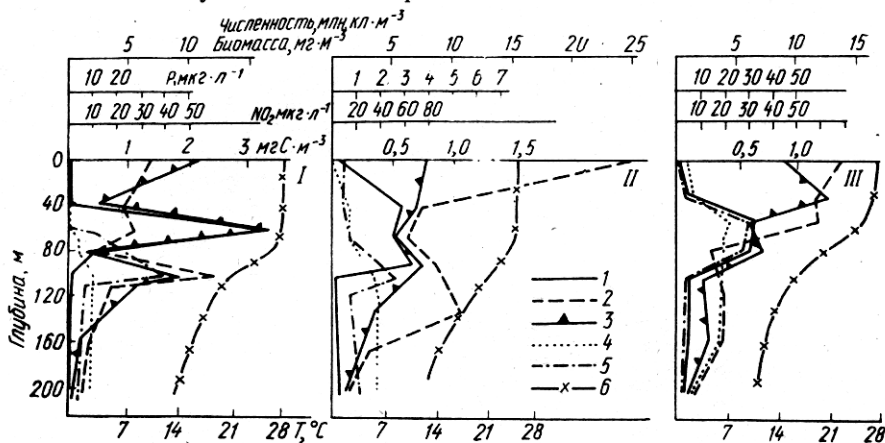


Рис. 1. Вертикальное распределение первичной продукции (1), численности (2), биомассы (3) фитопланктона, фосфатов (4), нитритов (5) и температуры (6) на I, II и III полигонах

Очень высокая естественная освещенность (до  $0,98 \text{ кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1}$ ) во время экспериментов, вероятно, угнетающе действовала на фитопланктон и его фотосинтетическую активность. Мы не смогли рассчитать первичную продукцию для проб фитопланктона, взятых из слоя фотосинтеза (кроме 0 м), экспонировавшихся в палубном инкубаторе. Только на III полигоне при освещенности вдвое слабее ( $0,45 \text{ кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1}$ ) была измерена продукция фитопланктона ( $0,060 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{день}^{-1}$ ), которая оказалась такой же, как и определенная *in situ*. Максимальная первичная продукция ( $0,790 \text{ мг С} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{день}^{-1}$ ) в пробах из инкубатора отмечалась для глубины 30 м, а измеренная *in situ* ( $0,610 \text{ мг С} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{день}^{-1}$ ) — на 50 м. По-видимому, в тропических районах океана при малой численности фитопланктона и высокой естественной освещенности измерение величин первичной продукции в слое фотосинтеза следует проводить *in situ*.

Используя данные по численности суммарного фитопланктона, отдельных его видов, общей продукции и среднему числу треков на клетку, мы рассчитали относительную продукцию ( $R_i$ ) для каждого вида планктонных водорослей по формуле, предложенной В. Ваттом [17]:

$$R_i = \frac{\bar{G}_i \cdot N_i}{\sum (\bar{G}_i \cdot N_i)},$$

где  $\bar{G}_i$  — среднее число треков на клетку данного вида,  $N_i$  — количество клеток этого же вида в единице объема ( $\text{тыс} \cdot \text{кл} \cdot \text{л}^{-1}$ ). Абсолютные значения первичной продукции для каждого вида (в  $\text{мг С} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{день}^{-1}$ )  $P_i = R_i \cdot P$ , где  $P$  — общая первичная продукция (результаты расчетов приведены в таблице).

Анализ данных по вкладу каждого вида водорослей в общую продукцию показал, что на I полигоне почти весь углерод (до 92%) синтезировали клетки фитопланктона объемом до  $10^4$  мкм<sup>3</sup>, треть из которых менее  $10^3$  мкм<sup>3</sup>. На II и III полигонах первичную продукцию создавали также мелкие наннопланктонные формы, причем на клетки объемом до  $10^3$  мкм<sup>3</sup> приходилось 62% общей продукции. К этой группе планктонных водорослей относятся различные виды из родов *Gymnodinium* (до 35% общей продукции), *Chaetoceros* (12%), *Coccolithus*, *Syracosphaera* (11—22%), *Thalassionema*, *Nitzschia* (14%). При этом их биомасса составляла незначительную часть общей. Аналогичные данные получены ранее для северо-западной части Индийского океана [7] и различных районов Атлантики [4, 17]. Крупные клетки диатомовых водорослей, таких, как *Rhizosolenia cylindrus*, *Coscinodiscus* sp., *Thalassiosira* sp., по биомассе доминировали в фитопланктоне, однако продукция каждого из этих видов была очень низкой (см. данные таблицы) или, как, например, у *Rhizosolenia alata* f. *indica*, вообще не наблюдался синтез углерода во время экспериментов.

Рассчитав объемы клеток водорослей ( $V$ ), относящихся к различным систематическим группам, и среднее число треков на клетку каждого вида ( $Gi$ ), мы построили зависимость (рис. 2) числа треков на единицу объема клетки к общему ее объему, которая описывается уравнением

$$\frac{Gi}{V} = V^{-0,57}.$$

Согласно полученным данным (см. рис. 2), клетки фитопланктона, в основном диатомовые водоросли объемом более 2000 мкм<sup>3</sup>, значительно медленнее синтезируют органические вещества на единицу объема. Напротив, в клетках планктонных водорослей объемом 200—500 мкм<sup>3</sup> продукционные процессы протекают интенсивнее. Установлено, что в мелких клетках фитопланктона в среднем на единицу объема ассимилированного в процессе фотосинтеза углерода содержится больше, чем в крупных [13]. Однако содержание углерода в клетках одного объема существенно варьирует в зависимости от их видового состава [16].

Учитывая это, мы рассчитали содержание углерода на единицу биомассы, а затем и коэффициенты П/Б для каждого вида водорослей (см. таблицу). Наиболее высокие коэффициенты П/Б, как правило, получены для мелких клеток фитопланктона из родов *Nitzschia*, *Cyclotella*, *Chaetoceros*, *Fragilaria*, что отмечалось и для пресноводного фитопланктона [8, 9]. Принимая во внимание систематический состав растительного планктона и значимость той или иной группы водорослей в общей продукции, были получены средние коэффициенты П/Б для трех полигонов (1,2—1,9—0,8 соответственно).

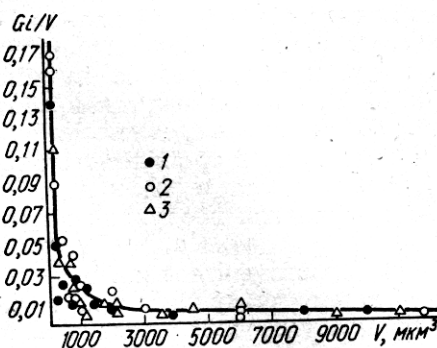


Рис. 2. Зависимость между числом треков на единицу объема ( $\frac{Gi}{V}$ ) и общим объемом клетки ( $V$ ) фитопланктона: 1 — на I, 2 — на II, 3 — на III полигоне.

**Выводы.** Сравнивая полученные нами данные по первичной продукции (0,064—0,120 мг С·м<sup>-3</sup>·день<sup>-1</sup> для поверхности океана), численности и биомассе фитопланктона (5—9 млн·кл·м<sup>-3</sup>, 4—6 мг·м<sup>-3</sup> в среднем для слоя 0—150 м) и коэффициенты П/Б (0,8—1,9) с таковыми же для различных типов вод Мирового океана [2], можно отнести

исследованные приэкваториальные районы Индийского океана по уровню первичной продуктивности к мезотрофным тропическим водам.

Как правило, не наблюдалось соответствия в распределении численности, биомассы фитопланктона и показателей его продуктивности в слое фотосинтеза, что связано с видовым составом и продукцией отдельных видов фитопланктона. Наиболее высоки численность и биомасса растительного планктона на II и III полигонах в верхнем 40-метровом слое, а максимальной первичной продукции глубже — в слое 40—90 м. Лишь на I полигоне в слое 40—80 м совпадали максимальные значения биомассы фитопланктона и первичной продукции.

Основными продуцентами первичного органического вещества были мелкие клетки перидиниевых, диатомовых водорослей и кокколитофориды. При доминировании по биомассе крупных диатомовых водорослей на некоторых глубинах вклад их в общую продукцию был очень мал. Синезеленые водоросли в верхних слоях и оливково-зеленые клетки в слое 90—150 м не синтезировали углерод.

Методом трековой радиоавтографии установлено, что с увеличением объема клеток уменьшается число треков на единицу объема, т. е. скорость накопления углерода в процессе фотосинтеза понижается.

1. Гутельмахер Б. Л. Радиоавтографический метод определения относительного значения отдельных видов водорослей в первичной продукции планктона. — Гидробиол. журн., 1973, 9, № 1, с. 103—107.
2. Кобленц-Мишке О. И., Ведерников В. И. Ориентировочное сопоставление первичной продукции и количества фитопланктона на поверхности океана. — Океанология, 1973, 13, № 1, с. 75—84.
3. Кобленц-Мишке О. И., Кабанова Ю. Г. О первичной продукции в северо-восточной части Индийского океана в период летнего муссона. — Тр. Ин-та океанологии, 1964, 65, с. 17—23.
4. Кондратьева Т. М. Роль отдельных видов и размерных групп планктонных водорослей в первичной продукции тропической зоны Атлантического океана. — Биология моря, Киев, 1977, вып. 42, с. 73—82.
5. Кузьменко Л. В. Первичная продукция в Аравийском море в период летнего муссона. — Океанология, 1968, 7, № 3, с. 461—465.
6. Кузьменко Л. В. Первичная продукция в северной части Аравийского моря. — Океанология, 1973, 13, № 2, с. 307—313.
7. Кузьменко Л. В. Соотношение между первичной продукцией и биомассой фитопланктона в Аравийском море. — Экология, 1975, № 5, с. 43—48.
8. Никулина В. Н. Опыт оценки влияния зоопланктона на фитопланктон олиготрофного озера. — Экология, 1977, № 1, с. 55—64.
9. Никулина В. Н., Гутельмахер Б. Л. Фотосинтетическая активность отдельных видов водорослей планктона оз. Кривого. — Экология, 1974, № 4, с. 101—104.
10. Тимощук В. И., Бурлакова З. П., Макеев Г. Н. Гидрохимическая характеристика биологически деятельного поверхностного слоя экваториальных вод Индийского океана. См. настоящий сб.
11. Тимощук В. И., Макеев Г. Н. Гидрологическая характеристика биологически деятельного поверхностного слоя экваториальных вод Индийского океана. — См. настоящий сб.
12. Knoechel R., Kalff J. Track autoradiography: a method for the determination of phytoplankton species productivity. — Limnol. and Oceanogr., 1976, 21, N 4, p. 590—596.
13. Mullin M. M., Sloan P. R., Eppley R. W. Relationship between carbon content, cell volume and area in phytoplankton. — Limnol. and Oceanogr., 1966, 11, N 2, p. 307—311.
14. Ryther J. H., Hall J. R., Pease A. K. et al. Primary organic production in relation to the chemistry and hydrography of the Western Indian Ocean. — Limnol. and Oceanogr., 1966, 11, N 3, p. 371—380.
15. Steemann Nielsen E. The use of radioactive carbon ( $C^{14}$ ) for measuring organic production in the sea. — J. Cons. Perm. int. explor. mer., 1952, 18, N 2, p. 117—140.
16. Strathman R. R. Estimating of organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. — Limnol. and Oceanogr., 1967, 12, N 3, p. 411—418.
17. Watt W. Measuring the primary production rates of individual phytoplankton species in natural mixed populations. — Deep-Sea Res., 1971, 18, N 3, p. 329—339.

## PRIMARY PRODUCTION OF THE INDIAN OCEAN TROPICAL REGIONS

### Summary

Primary production measured *in situ* in the Indian Ocean tropical waters was for the surface not more than  $0.120 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$  and  $0.082 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$  in the photosynthesis layer. Quantitative indices of the phytoplankton development were here low as well ( $5-9 \text{ mln. cells} \cdot \text{m}^{-3}$  and  $4-6 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  at an average for the 0-150 m layer). The track radioautography method established that up to 90% of total production was created by small phytoplankton cells with up to  $10^4 \mu\text{m}^3$  in volume from *Gymnodinium Nitzschioides*, *Chaetoceros*, *Coccolithus* genera. The P/B coefficients for the studied region were 0.8-1.9. The exponential dependence is found between the number of tracks for the volume unit and the total volume of the phytoplankton cell.

УДК 574.63(26)

А. Г. БЕНЖИЦКИЙ

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕФТЯНЫХ АГРЕГАТОВ В ГИПОНЕЙСТАЛИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА В ИЮНЕ—СЕНТЯБРЕ 1978 г.

В гипонейстали (поверхностном слое 0—25 см) морей и океанов нефть встречается в растворенной и эмульгированной формах [11], а также в виде пленок и нефтяных агрегатов [10, 13]. Последние являются наиболее распространенной в морской воде формой нефти, особенно в районах продвижения танкеров [10]. Нефтяные агрегаты, представляющие собой твердые углеводороды парафинового ряда, формируются главным образом при отстое сырой нефти в танках нефтеналивных судов, а также из разлитой на поверхности моря сырой нефти [13, 16].

В настоящее время опубликовано значительное количество работ, посвященных изучению распределения нефтяных агрегатов на поверхности различных акваторий. Однако сведения о загрязнении этими контаминантами вод Индийского океана крайне ограничены. В доступной нам литературе удалось обнаружить несколько упоминаний об агрегатах нефти на поверхности этого океана. Впервые нефтяные агрегаты в Индийском океане были отмечены в нейстонных пробах в 1963 г. [14]. Значительное их количество было собрано в районе юго-восточнее Аравийского полуострова. Автор отметил, что высокая их плотность являлась следствием того, что нейстонные ловы проводили в местах прохождения танкерных маршрутов.

Проводя исследования поверхностного зоопланктона у западного побережья Индии (район штата Гоа) на станциях, расположенных в 20, 30 и 40 м от берега, индийские исследователи обнаружили нефтяные агрегаты в нейстонных пробах [17].

Выясняя источники поступления нефтяных агрегатов на пляжи Индостанского полуострова, С. Дживеди и А. Парулекар [15] осуществили сбор агрегатов с поверхности Индийского океана на станциях, расположенных у побережья и в открытом океане.

В 1974 г. во время 55 рейса НИС «Витязь» было собрано 180 проб нефтяных агрегатов в экваториальной области Индийского океана [5, 6].

В приведенных работах не дана количественная оценка распределения нефтяных агрегатов, приходящихся на единицу поверхности ис-