

УДК 551.464.7:581.526.325 (261)

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИН ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ВОД  
ТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ ПО СКОРОСТИ ВЫНОСА  
БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗОНУ ФОТОСИНТЕЗА

В. В. Волковинский

В тропических районах открытого океана величина первичной продукции определяется главным образом скоростью поступления в зону фотосинтеза вод, богатых биогенными элементами.

Как известно (Wyrтки, 1962), скорость выноса биогенных элементов в зону фотосинтеза определяется скоростью вертикального движения воды и градиентом вертикального распределения биогенных элементов. Исходя из этого мы попытались рассчитать среднесезонные величины «потенциальной» первичной продукции для вод тропической Атлантики. «Потенциальная» первичная продукция — количество органического вещества (углерода), которое может образоваться при оптимальных условиях, без выедания, в результате полной ассимиляции биогенных элементов, вынесенных в зону фотосинтеза (Redfield et al., 1963).

Расчет потенциальной первичной продукции был выполнен по формуле

$$ПП = \frac{\Delta N}{\Delta Z} Wk, \quad (1)$$

где  $\frac{ПП}{\Delta N}$  — средняя для зоны фотосинтеза величина этой продукции в мг С/м<sup>3</sup> в день;  
 $\frac{\Delta N}{\Delta Z}$  — вертикальный градиент распределения биогенных элементов в слое их скачка в мг-атом/м<sup>3</sup> · м;

W — скорость вертикального движения вод в м в день (по Палию, 1967);

k — эквивалент для пересчета концентрации биогенных элементов в органический углерод: 1 мг-атом P ~ 1,15 г С и 1 мг-атом Si ~ 0,058 г С (Волковинский, 1967).

Для вычисления вертикальных градиентов распределения биогенных элементов использованы первичные данные, собранные международной экспедицией «Эквалант 1—3» (Data Report Equalant, 1965).

Величины вертикальных градиентов биогенов и величины скоростей вертикального движения вод были осреднены в пределах пятиградусных квадратов в исследуемых водах (20° с. ш. — 20° ю. ш.) по сезонам (июль—сентябрь и январь—март). По осредненным величинам с помощью формулы (1) вычислялись величины «потенциальной» первичной продукции, средние для фотического слоя (ПП мг С/м<sup>3</sup> в день). Полученные величины продукции были затем пересчитаны в величины продукции во всем фотическом слое (ПП' мг С/м<sup>2</sup> в день). При этом мы

исходили из следующих соображений. Как известно (Steemann-Nielsen, Jensen, 1957), для океанических вод существует обратная связь между продукцией во всем фотическом слое (ПП') и толщиной этого слоя (Т) (см. табл.).

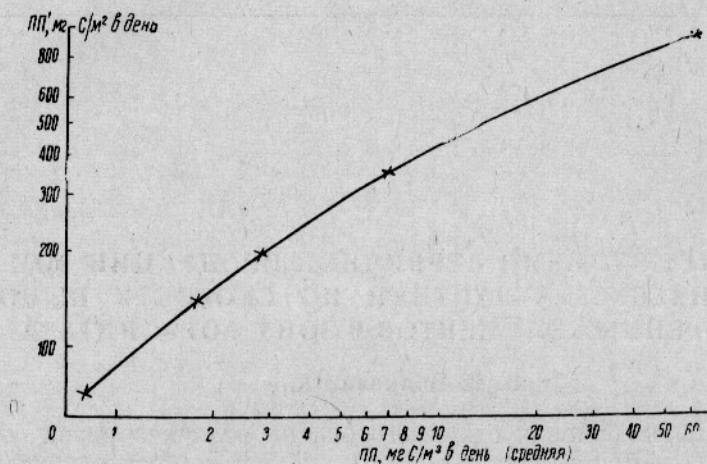


Рис. 1. Соотношение между величинами первичной продукции: во всем фотическом слое (ПП') и средними для этого слоя (ПП).

В приведенной таблице величины Т и ПП' были рассчитаны по данным Стимана-Нильсена (Steemann-Nielsen, Jensen, 1957), а величина ПП вычислены по формуле

$$ПП = \frac{ПП'}{Т} \quad (2)$$

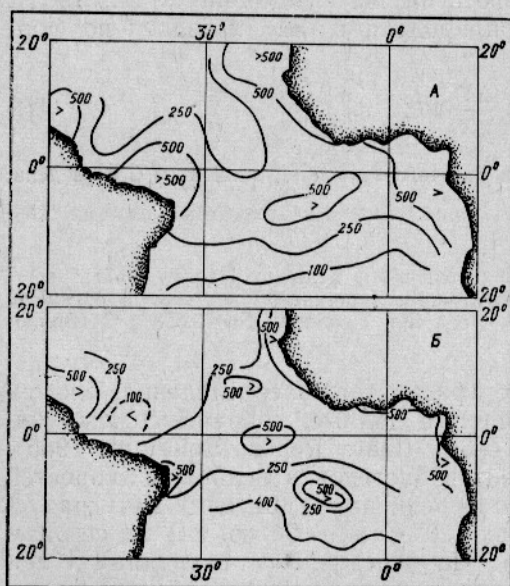


Рис. 2. Распределение величин «потенциальной» первичной продукции, мг С/м² в день: А — в холодный сезон (VII—VIII—IX), Б — в теплый сезон (I—II—III).

Между величинами ПП' и ПП получено соотношение (рис. 1), а затем по нему выведена связывающая эти две величины формула, по которой и был выполнен пересчет величин ПП в величинах ПП':

$$ПП' = ПП^{0,63} \quad (3)$$

Результаты расчетов нанесены по сезонам на карты

Связь между толщиной фотического слоя и величинами первичной продукции ПП' и ПП

Толщина фотического слоя (Т), м	Первичная продукция	
	ПП', мгС/м³ в день	ПП, мгС/м³ в день
19	1000	52,7
57	340	6,0
70	200	2,9
78	140	1,8
89	70	0,8

(рис. 2). Рассчитанные по фосфатам величины продукции соответствуют величинам, полученным с помощью радиоуглеродного метода (Волковинский, 1969). Из рис. 2 видно, что в холодный сезон (VII—VIII—IX) продуктивные районы занимают большую площадь, чем в теплый (I—II—III). По наблюдениям АтлантНИРО (Чмыр, 1969; Берников и др., 1966) именно в холодный сезон в этих водах наблюдаются максимальные величины первичной продукции, а также биомассы планктона (главным образом рачков).

Распределение продуктивных районов, представленное на рис. 2, в общих чертах сходно с распределением продуктивных районов, установленным на основании данных, полученных при использовании радиоуглеродного метода (Волковинский, 1969а), а также — с характером распределения районов с повышенным уровнем пересыщения вод растворенным кислородом (Волковинский, 1969б).

Величины первичной продукции, рассчитанные аналогичным методом по вертикальным градиентам кремния, оказались в несколько раз меньше, чем по градиентам фосфатов. Это несоответствие можно объяснить гораздо меньшим содержанием кремния, наблюдавшимся на глубинах нахождения слоя скачка, на которых вычислялись вертикальные градиенты биогенных элементов. Кроме того, предпринятые ранее некоторыми авторами попытки вычислить другими методами продукцию и «урожай» фитопланктона по содержанию кремния (Соопер, 1933; Hart, 1942) тоже не увенчались успехом: полученные ими величины были также в несколько раз меньше, чем вычисленные по содержанию фосфатов. Вероятно, кремний — этот «полубиогенный» элемент — мало пригоден для подобного рода расчетов, а его роль в биохимическом цикле нуждается в дальнейшем изучении (возможно, что выбранный нами из литературных источников эквивалент для пересчета кремния в углерод занижен в два-три раза).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Берников Р. Г., Виноградова Л. А., Грузов Л. Н., Палий Н. Ф., Седых К. А., Сухорук В. И., Чмыр В. Д., Федосеев А. Ф., Яковлев В. Н. Продуктивные зоны экваториальной Атлантики. В сб. «Второй Международный океанографический конгресс». Изд-во «Наука», 1966.
- Волковинский В. В. Применение двухслойной системы для расчета первичной продукции морских вод. «Океанология», Т. 7. Вып. 6, 1967.
- Волковинский В. В. Первичная продукция Южной Атлантики. «Мировое рыболовство», № 1. Изд. ЦНИИТЭИРХ, 1969а.
- Волковинский В. В. Гидрохимические и гидробиологические аспекты изучения тропической Атлантики. «Мировое рыболовство», № 11. Изд. ЦНИИТЭИРХ, 1969б.
- Палий Н. Ф. Зоны дивергенций и конвергенций поверхностных течений тропической Атлантики. Тр. АтлантНИРО. Т. 18, 1967.
- Чмыр В. Д. Сезонная изменчивость величин первичной продукции в восточной части экваториальной Атлантики. В сб. «Научная конференция по тропической зоне Мирового океана». Океанографическая комиссия АН СССР. Изд. ВИНТИ, 1969.
- Cooper L. H. N. Chemical constituents of biological importance in the English Channel, Nov. 1930 — Jan 1932, 1—2. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 18, 1933.
- Data Report Equalant 1—3. Nat. Oceanogr. Data Center. Wash. 1965.
- Hart T. J. Phytoplankton periodicity in antarctic surface waters, Discovery Rep., v. 21, 1942.
- Redfield A. C., Ketchum B. H., Richards F. A. The influence of organisms on the composition of sea water. In: «The Sea», 2, 1963.
- Steemann-Nielsen E., Jensen A. Primary oceanic production. Galathea Rep., v. 1, 1957.
- Wyrčki K. The oxygen minima in relation to ocean circulation. Deep-Sea Res., v. 9, 1962.

## SUMMARY

Based on the data sampled by the International Expedition Equalant 1—3, calculations have been made of the primary production values of the tropical Atlantic waters from the amount of phosphates and silicon carried out daily to the zone of photosynthesis. The calculation results for two seasons are plotted on the maps. The production values calculated from the amount of phosphates transported to the photosynthetic zone agree well with the data obtained by the  $C^{14}$  method. The distribution of productive waters, as determined from phosphates and from the oxygen oversaturation, has proved to be identical. Production values calculated from silicon appear to be several times lower than those calculated from phosphates.