

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

28
—
1988

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

Основан в 1980 г.

Выпуск 28

КИЕВ НАУКОВА ДУМКА 1988

ЭКОСИСТЕМЫ ПЕЛАГИАЛИ

УДК 581.526.325 (267)

О. К. ВОРОНОВА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ ФИТОПЛАНКТОНА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ

Изучение гидрологических характеристик тропического энергоактивного полигона (ТЭП), расположенного напротив устья Амазонки между 17° с. ш. и 2° ю. ш. и 35° и 57° з. д., составило основу 32-го рейса нис «Академик Вернадский». Одной из задач общей программы исследований явилось изучение пространственно-временной изменчивости поля пигментов фитопланктона. Это связано с оценкой первично-продукционных процессов и выявлением основных факторов, формирующих неоднородность распределения фитопланктона в данном районе.

Материал и методика. В настоящей работе представлены результаты определения содержания пигментов — хлорофилла и феофитина *a* на 200 станциях первой и второй съемок Амазонского полигона в июне—августе 1985 г. во время 32-го рейса нис «Академик Вернадский».

Сбор проб с поверхности осуществлялся судовым насосом производительностью 600 л/мин, а со стандартных горизонтов (5, 10, 20, 50, 75, 100, 150, 200 и 250 м) — с помощью автоматической кассеты батометров зондирующего комплекса «Исток-МГИ-4201».

Пробы объемом 500—1000 мл фильтровали через мембранные фильтры «Сынпор» с диаметром пор 0,6 мкм при разряжении 0,2 атм. Пигменты экстрагировали из фильтров 90%-ным раствором ацетона в течение 20—24 ч в темноте при 4°C . Затем фильтры тщательно растирали и дериваты осаждали центрифугированием при 1,5 тыс. *g* в течение 15 мин.

Концентрацию пигментов в элюате измеряли методом, основанном на уравнивании Гиббса [4]. Флюоресценцию регистрировали прибором, изготовленным Н. В. Салданом на базе ФЭК-56 в отделе экологической физиологии водорослей Института биологии южных морей АН УССР. Источником возбуждения флюоресценции служила лампа СВД-120а, свет подавался в кювету с раствором пигментов через два первичных светофильтра СС-8. В качестве вторичного использовали светофильтр КС-17. Фотоумножитель ФЭУ-51 получал питание от стабилизирующего выпрямителя ВС-22. Данные с ФЭУ снимали с помощью лампового вольтметра В7-26. Прибор калибровали по хроматографически чистому хлорофиллу *a*.

Концентрации пигментов (мг/м^3) рассчитывали по формулам

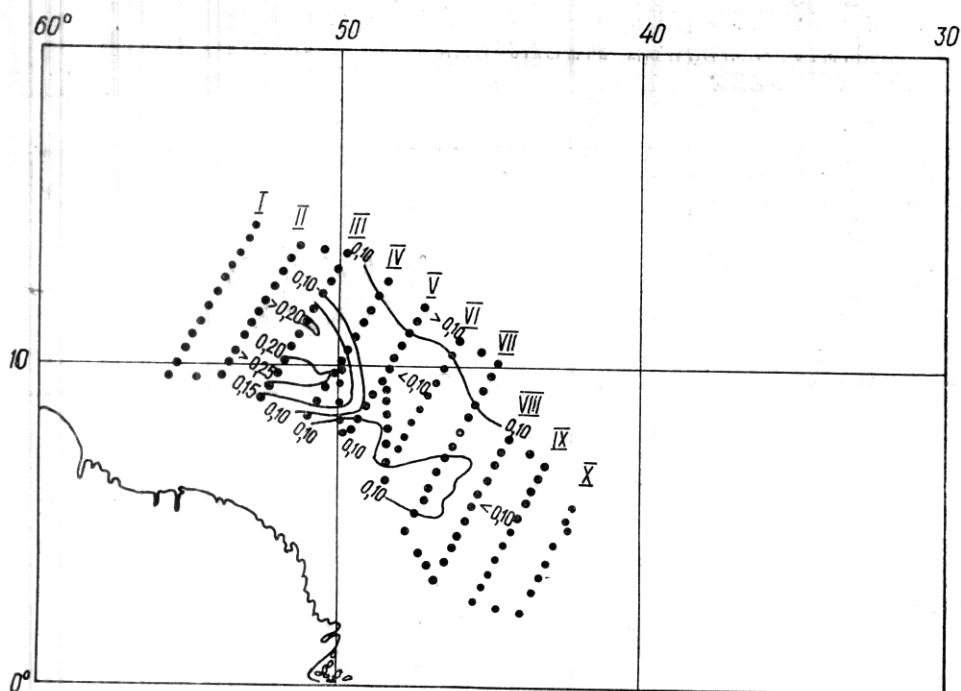


Рис. 1. Распределение концентраций хлорофилла a (мг/м^3) в поверхностном слое Амазонского полигона (I съемка). Здесь и на рис. 5 римскими цифрами обозначены номера галсов

$$C_{\text{хл.}} = \frac{[0,0123 \cdot (\Phi_0 - \Phi_a)] \cdot v}{V},$$

$$C_{\text{феоф.}} = \frac{[0,0123 \cdot (2,32 \cdot \Phi_a - \Phi_0)] \cdot v}{V},$$

где Φ_0 — величина флуоресценции экстракта пигментов до подкисления его 4%-ным раствором HCl ; Φ_a — величина флуоресценции после подкисления; v — объем элюата, мл; V — объем профильтрованной пробы, л; 0,0123 — коэффициент пропорциональности, найденный по калибровочной прямой; 2,32 — «кислотный фактор», величина, постоянная для данного прибора.

Результаты и обсуждение. При первой съемке полигона было установлено, что в поверхностном слое ТЭП концентрация хлорофилла a составляла 0,046—0,263 мг/м^3 . По полигону пигмент распределялся относительно равномерно в концентрациях ниже 0,1 мг/м^3 (рис. 1). Такие концентрации хлорофилла позволяют охарактеризовать поверхностные воды ТЭП как низкопродуктивные [1]. В северо-западной части полигона концентрация пигментов была более высокой. Так, в 3-м галсе с северо-востока на юго-запад концентрация хлорофилла увеличивалась от 0,1 до 0,26 мг/м^3 . По направлению к экватору содержание пигментов снижалось и в юго-восточной части падало до 0,05 мг/м^3 . Такое различие концентраций хлорофилла в поверхностном слое соответствует распределению в нем солености и силикатов. Наиболее высокие концентрации пигмента были отмечены в областях с самыми низкими значениями солености и максимальным содержанием силикатов.

Для оценки мезомасштабной неоднородности пространственного распределения фитопланктона в поверхностном слое полигона пробы для определения содержания пигментов отбирали на ходу судна через каждые 20 мин при постоянной скорости 12—14 узлов. Данные каждых шести проб усредняли и для средних значений находили величины дисперсии. Наибольшие отклонения от среднего отмечены в областях с

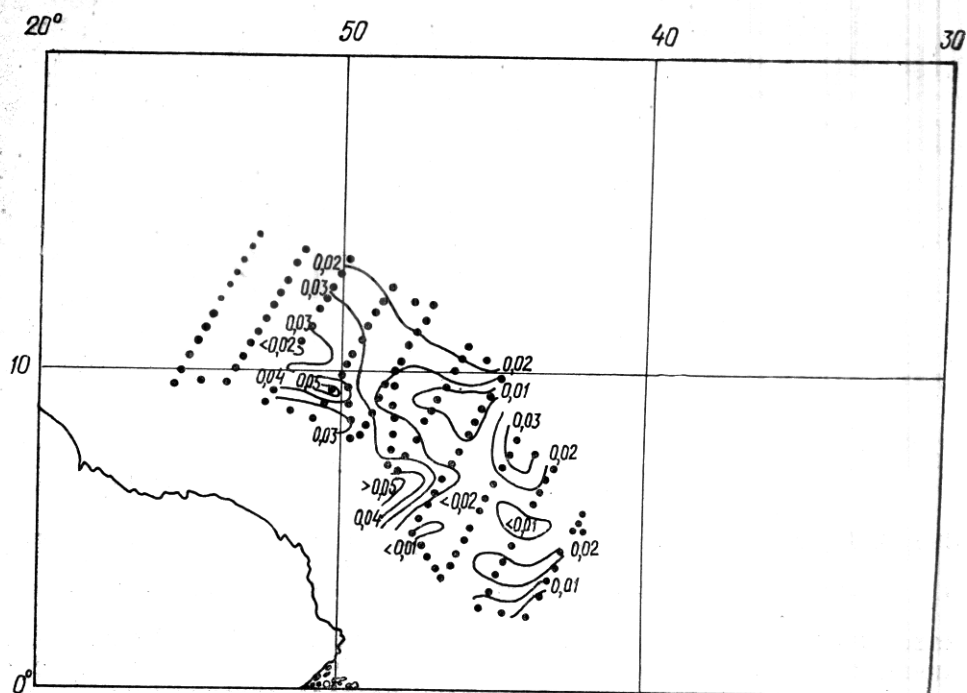


Рис. 2. Распределение величин дисперсий концентраций хлорофилла *a* на поверхности ТЭП (I съемка)

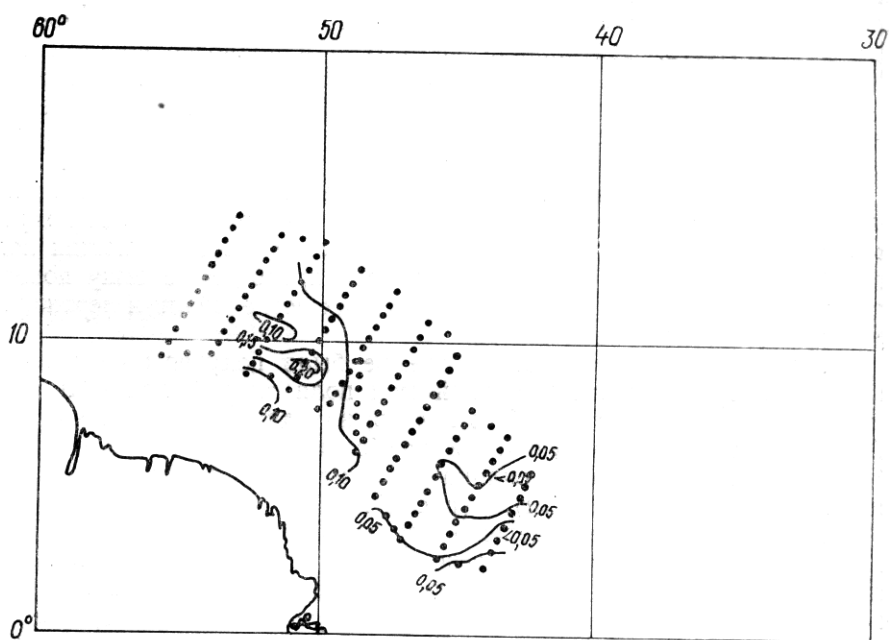


Рис. 3. Распределение концентраций феофитина «а» (мг/м^3) в поверхностном слое ТЭП (I съемка)

большей концентрацией хлорофилла. Это свидетельствует о том, что мезомасштабная неоднородность достигает максимума в районах наибольшего распределения (рис. 2).

При изучении поверхностного слоя Амазонского полигона определяли также содержание феофитина *a*. Установлено (рис. 1, 3), что большим абсолютным значениям концентраций хлорофилла соответ-

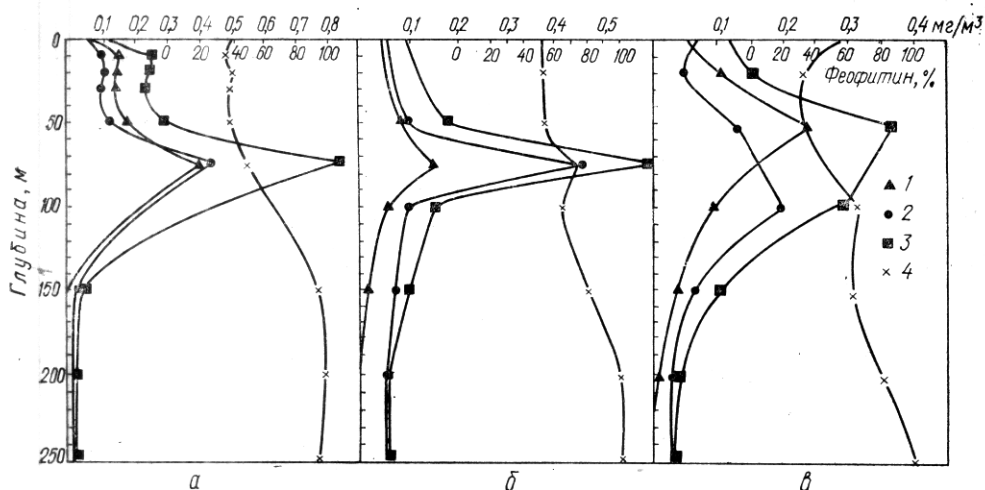


Рис. 4. Вертикальное распределение концентрации (мг/м^3) пигментов на отдельных станциях полигона (а, б, в):

1 — хлорофилл а, 2 — феофитин, 3 — сумма пигментов, 4 — феофитин (% суммы пигментов)

ствовали большие абсолютные значения концентраций феофитина: это, по-видимому, связано с тем, что зонам повышенной продуктивности соответствует и более высокий уровень распада органического вещества [7].

В вертикальных составляющих поля пигментов на четырех станциях первой съемки Амазонского полигона содержание хлорофилла было максимальным в слое 50—100 м и к 200—250 м снижалось до следовых количеств. Содержание феофитина в подповерхностном слое (10—20 м) было ниже, чем в поверхностном, и составляло соответственно 28—36 и 32—48% суммы хлорофилла и феофитина. С увеличением глубины наблюдалось плавное увеличение концентрации феофитина, и в слое 200—250 м его содержание доходило до 98% (рис. 4, а).

Повторную съемку полигона начали через неделю после окончания первой в обратном направлении. Данный этап состоял из более подробных исследований горизонтальных и вертикальных составляющих поля фитопланктона. На всех станциях 12 галсов проводили съемку поверхностного слоя, а на I, III, IV, V, X, XII галсах исследовали и вертикальные составляющие поля пигментов.

При повторной поверхностной съемке были получены результаты, аналогичные предыдущим. Основной фон поля хлорофилла был ниже $0,1 \text{ мг/м}^3$, но на станциях 4- и 5-го галсов, находящихся напротив устья р. Амазонки и характеризующихся наибольшим распреснением и самой высокой концентрацией силикатов, отмечалось увеличение содержания хлорофилла до $0,265 \text{ мг/м}^3$ (рис. 5).

Попытка связать распределение концентраций пигментов с динамикой поверхностных вод и с зарегистрированными в районе полигона квазистационарными вихрями не дала положительных результатов, так как отмеченные в районе исследований вихревые образования обоих знаков никаким образом не идентифицировались на картах распределения пигментов.

По-видимому, большее влияние на увеличение содержания хлорофилла в поверхностном слое данной акватории имеет сток амазонских вод, богатых привносом биогенных элементов. На это указывало совпадение расположения на полигоне наибольших концентраций хлорофилла и пресных трансформированных вод, характеризующихся повышенными по сравнению с основным фоном концентрациями силикатов. Индекс цветности вод показал, что наиболее мутные и темные воды соответствовали более продуктивным районам полигона. При отборе

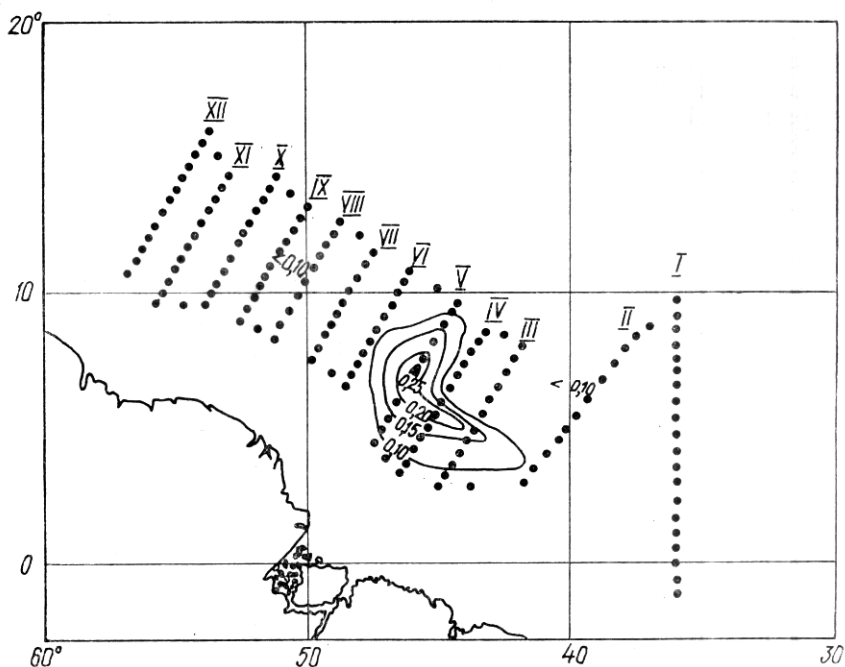


Рис. 5. Распределение концентраций хлорофилла a ($\text{мг}/\text{м}^3$) в поверхностном слое Амазонского полигона (II съемка)

проб для определения видового состава водорослей было установлено, что доминирующими видами в линзах распресненных вод являлись водоросли, относящиеся к родам *Ceratium* и *Coscinodiscus*. Характерной особенностью этих родов является крупный панцирь из силикатов. Однако вряд ли следует считать, что кремний в данном районе является элементом, лимитирующим развитие фитопланктона. Фоновое содержание кремния даже в наиболее бедных им частях исследованной акватории составляло 3—5 $\text{мкг-ат}/\text{л}$, при максимальных — до 39 $\text{мкг-ат}/\text{л}$

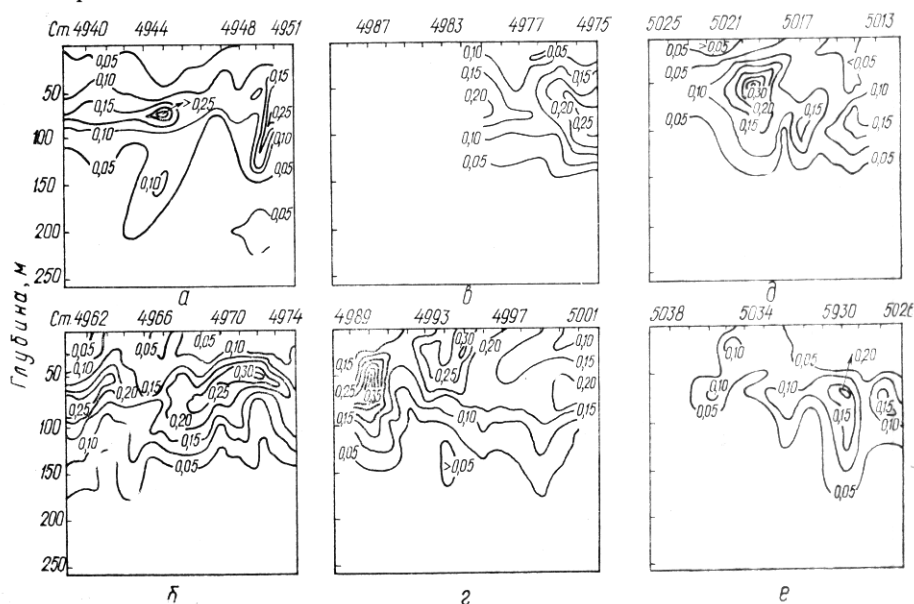


Рис. 6. Вертикальные разрезы шести галсов Амазонского полигона (хлорофилл a дан в $\text{мг}/\text{м}^3$):

а — I галс, б — III, в — IV, г — V, д — X, е — XII галс

в районе залива красных вод. Скорее всего, комплекс биогенных элементов, поступающих со стоком Амазонки, и обеспечивал то увеличение концентрации пигментов, которое было зафиксировано в северо-западной части полигона при первой съемке и напротив устья Амазонки — при второй. Такое явление имеет место в районах выноса пресных вод в море [6]. Положительная корреляция содержания хлорофилла и силикатов в исследованных водах может свидетельствовать о наличии молодого развивающегося сообщества фитопланктона, не исчерпавшего ко времени исследования поступающих со стоком р. Амазонки биогенных элементов и силикатов. Известно, что в стареющих водах содержа-

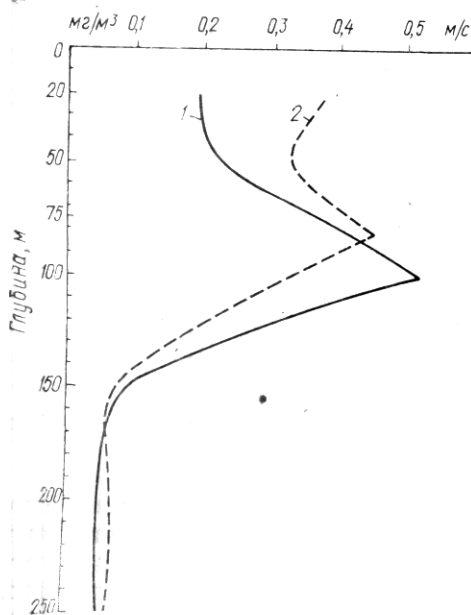


Рис. 7. Синхронная вертикальная съемка: концентрация пигментов (1, мг/м^3) и модуль вектора скорости течения (2, м/с) на ст. 4968

концентрации хлорофилла *a* в слое 0—100 м составляли 0,05—0,16 мг/м^3 . Эти данные свидетельствуют о том, что исследованный район является типично олиготрофным.

Согласно результатам первой и второй съемок хлорофилл *a* на глубине 250 м содержится в следовых количествах, а пигменты до 98—100% представлены феофитином. Кроме того, как и при первой съемке, содержание феофитинов в слое 10—50 м было несколько ниже (в процентном отношении) или равно их поверхностному содержанию (рис. 4). По-видимому, этот слой характеризуется наиболее оптимальными для жизнедеятельности фитопланктона условиями освещения. Как правило, почти на всех станциях ход кривых содержания феофитинов в слое 0—250 м был одинаков (рис. 4, а, б, в).

Исследование вертикальных разрезов 6 галсов, выполненных параллельно друг другу в направлении с юго-востока на северо-запад, показало, что через весь полигон в слое 60—100 м тянутся два «рукава» повышенной по сравнению с основным фоном концентрации хлорофилла (рис. 6). Вероятно, эти области пространственно могут совпадать с двумя струями подповерхностного Межпассатного противотечения, находящегося в районе Амазонского полигона, так как известно, что основной поток Межпассатного противотечения разделен на две самостоятельные струи [3]. Каждая из них имеет отчетливое ядро повышенной скорости [3]. Кроме того, меридиональный разрез полигона (1 галс второй съемки) пересекал экватор, захватывая струю течения

ные силикатов отрицательно коррелирует с численностью диатомовых водорослей и, наоборот, молодые воды характеризуются положительной корреляцией численности диатомовых и концентрации силикатов [5].

По данным анализа вертикальных составляющих поля пигментов до глубины 250 м максимум концентраций пигментов был зарегистрирован в слое 75—100 м. Лишь в отдельных случаях максимум располагался в слое 20—50 м. По-видимому, такое вертикальное распределение максимальных концентраций хлорофилла обусловлено толщиной термоклина и глубиной его расположения [3]. В большинстве случаев максимум хлорофилла в слое термоклина колебался в пределах 0,155—0,350 мг/м^3 . На двух-трех станциях максимум не превышал 0,05—0,075 мг/м^3 и только на двух станциях доходил до 0,4 и 0,7 мг/м^3 . Средние же величины

Ломоносова. Для течения Ломоносова характерна повышенная соленость вод. Стержень этого течения расположен в слое термоклина, где градиенты плотности и устойчивости велики. Поэтому ядро повышенной солености сохраняется на всем протяжении течения Ломоносова и отчетливо выражено во все сезоны, а глубина его залегания соответствует глубине залегания ядра максимальной скорости [2].

На вертикальных разрезах амазонского полигона ядра повышенной концентрации хлорофилла совпадали с ядрами повышенной солености и повышенных скоростей. Так, при синхронной съемке концентраций пигментов и модуля вектора скорости течения на одной из станций наблюдалась одинаковая картина вертикальных профилей этих параметров (рис. 7). Это дает основание считать, что скорости течений, проходящих через ТЭП, являются одним из важных факторов, влияющих на продукционные процессы в слое термоклина в данном районе, так как подъем биогенов с нижних горизонтов полигона, хотя и слабый, обусловлен вертикальными составляющими этих течений.

Выводы. Низкое содержание хлорофилла *a* ($>0,1$ мг/м³) на основной части поверхностного слоя Амазонского полигона характеризует его воды как типично олиготрофные. Повышенные концентрации хлорофилла (до $0,26$ мг/м³), отмеченные в распресненных участках полигона, свидетельствуют о положительном влиянии стока Амазонки на усиление первично-продукционных процессов в верхнем 20-метровом слое. Максимумы концентраций пигментов на горизонтах 50—100 м обусловлены залегающими в слое термоклина течениями, обогащающимися биогенами с нижних горизонтов полигона за счет своих вертикальных составляющих.

1. Кобленц-Мишке О. И., Ведерников В. И. Первичная продукция // Океанология. Биология океана. Биологическая продуктивность. — М.: Наука, 1977. — С. 183—208.
2. Ханайченко Н. К., Хлыстов Н. З., Жидков В. Г. О системе экваториальных противотечений Атлантического океана // Океанология. — 1965. — 5, вып. 2. — С. 222—229.
3. Хлыстов Н. З. Структура и динамика вод тропической Атлантики. — Киев: Наук. думка, 1976. — 164 с.
4. Gibbs C. E. Chlorophyll „b“ interferens in the fluorimetric determination of chlorophyll „a“ and phaeopigments // Austral. J. Mar. and Freshwater Res. — 1979. — 30, N 5. — P. 597—606.
5. Paashe E., Ostergren M. The annual cycle of plankton diatoms growth and silica production in the inner Oslofiord // Limnol and Oceanogr. — 1980. — 25, N 3. — P. 481—493.
6. Solorzano Lucia, Graham Brian. Surface nutritions, chlorophyll and phaeopigment in some Scottish Sea Lochs // J. Exp. Mar. Biol. and Ecol. — 1975. — 20, N 1. — P. 63—76.
7. Yentsch C. S. Distribution of chlorophyll and phaeopigment in the open ocean // Deep-Sea Res. — 1965. — 12, N 5. — P. 653—666.

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

Получено 09.06.86

О. К. VORONOVA

DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON PIGMENTS IN THE WESTERN PART OF THE TROPIC ATLANTIC

Summary

The space-time variability of the phytoplankton pigments' field in the tropic energy-active proving ground (TEPG) arranged opposite the Amazon river mouth between 17° N. L. and 2° S. L. and 35 and 57° W. L. has been studied. Results of these studies are presented in the paper. Two repeated surveys of the proving ground have revealed that chlorophyll content does not exceed 0.1 мг/м³ on the basic water area of the surface TEPG layer. It permits characterizing waters of the proving ground as oligotrophic ones. Higher chlorophyll concentrations up to 0.26 мг/м³ in the salinated plots of the TEPG testify to the effect of the Amazon river flow on intensification of the production processes in the surface 20-meter layer. The fields of the higher pigment concentration in the thermocline layer are confined to flows occurring in this layer.