

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

28
—
1988

А. Г. БЕНЖИЦКИЙ, А. П. ГОРДИЕНКО

КОНЦЕНТРАЦИЯ АТФ ПИКО- И НАНОПЛАНКТОНА В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

В настоящее время одним из важнейших вопросов в изучении экосистем открытых районов океанов является выяснение причин дисбаланса между первичной продукцией и гетеротрофной деструкцией в сообществах различной трофности [2, 3]. Возможно, одной из причин, вызывающих указанный дисбаланс, является недоучет пикопланктона — мельчайших фотосинтезирующих организмов размером 0,2—2,0 мкм [4—6].

Первые же исследования показали, что в олиготрофных водах океана на долю пикопланктона приходится 46% биомассы, 60% хлорофилла *a* и 30% аденозинтрифосфата (АТФ) [10, 11].

Цель данной работы — определение содержания АТФ двух размерных групп (0,2—2,5 и 2,5—80,0 мкм) микропланктона в различных по трофности районах Атлантического океана. Исследования проводились в 20-м рейсе нис «Профессор Водяницкий» в период с октября 1985 г. по январь 1986 г.

Материал и методика. Для определения АТФ пробы морской воды отбирали в светлое время суток с помощью 100-литрового батометра с 6—8 горизонтов в слое от поверхности до 150 м. Глубины отбора проб выбирались с учетом расположения слоя термоклина и максимума хлорофилла после предварительного зондирования измерительными комплексами «Исток» и «Флуориметр».

Для удаления мезопланктона отобранные пробы морской воды предварительно профильтровывались через газ с размером ячеек 80 мкм. Вслед за этим проводились фракционирование и концентрирование микропланктона одновременной фильтрацией через мембранные ультрафильтры различной пористости. Тем самым осуществлялось разделение микропланктона на размерные группы 0,2—2,5 мкм (пикопланктон) и 2,5—80,0 мкм (условно названную нанопланктон). Использованный методический прием предпринят для определения доли пикопланктона в общем пуле АТФ микропланктона. Фильтрация осуществлялась при разрежении не более 0,2 кгс·см⁻². Объем профильтрованной воды в различных исследованных районах океана составлял 0,5—1,0 л.

После завершения фильтрации из фракционированных групп микропланктона проводилось экстрагирование АТФ кипящим раствором ацетатного трис-буфера (0,02 М, рН 7,75) с 0,002 М раствором ЭДТА. Определение концентраций АТФ в экстрактах осуществлялось по хемилюминисцентной реакции [1].

Регистрация светового потока проводилась измерительным комплексом «Хемилюминометр ХЛМИЦ-01» фирмы «Свет» (чувствительность прибора 10⁻¹⁴ гАТФ/мл).

В проведенных исследованиях использовались реактивы «АТФ-стандарт» фирмы ЛКБ-Приборы (Швеция) и препарат — энзим люциферин-люциферазы фирмы «Кальбиохим» (США).

Результаты и обсуждение. Исследованная акватория охватывала обширный район Атлантического океана со сложной системой поверхностных течений. Три выполненных разреза пересекали основные потоки течений южноатлантического антициклонального круговорота — Южное Пассатное и Бразильское, фронтальную зону в районе схождения Бразильского и Фолклендского течений. Кроме того, станции разрезов располагались в водах Северного Пассатного течения и Межпассатного противотечения, в районе апвеллинга у мыса Кап-Блан (рис. 1).

Наблюдения, проведенные на акватории Атлантического океана в

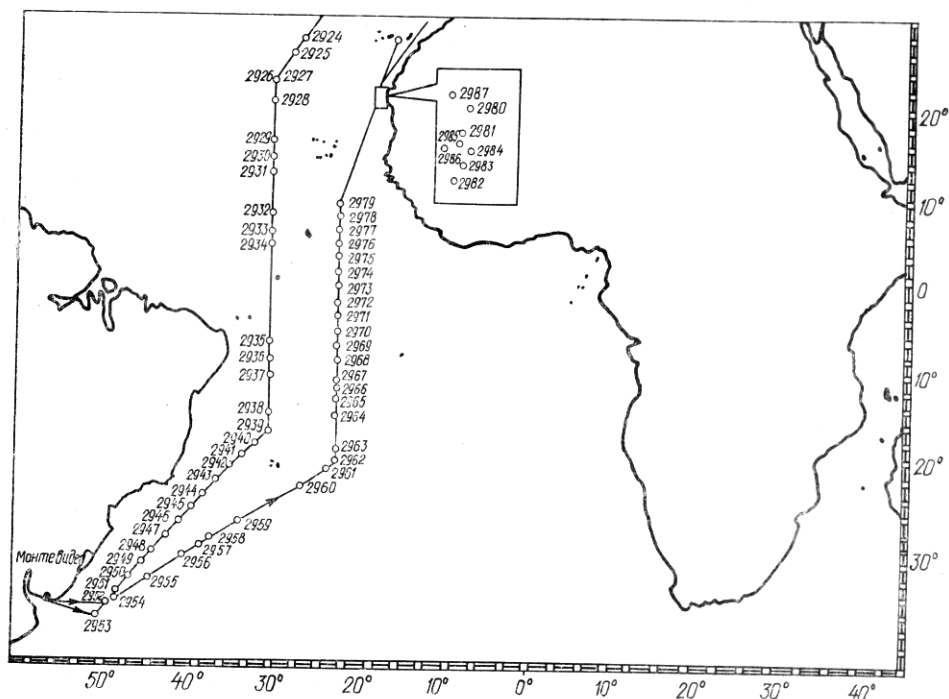


Рис. 1. Схема станций, выполненных в 20-м рейсе нис «Профессор Водяницкий»

зимнее время, показали значительную неоднородность количественного распределения АТФ пико- и нанопланктона. Прежде всего следует отметить общую закономерность в распределении концентраций АТФ, заключающуюся в постепенном снижении ее с востока на запад и с юга и севера к центральной части южноатлантического антициклонального круговорота. Так, от африканского побережья до 30° з.д. в слое 0—100 м содержание АТФ пико- и нанопланктона уменьшилось в среднем в 8 и 20 раз соответственно. Южнее 12° ю. ш. в районах с постепенным опусканием конвигирующих вод — почти в 60 раз.

Отмеченное в исследованных районах океана распределение АТФ двух размерных групп микропланктона хорошо согласуется с распределением биогенных элементов, определяющих общую биологическую продуктивность. Концентрация биогенных элементов в поверхностном 100-метровом слое Атлантического океана постепенно уменьшалась в направлении с востока на запад и от экватора к югу [7, 9].

Концентрация АТФ пико- и нанопланктона в слое 0—100 м варьировала в широких пределах, составляя в разных районах 0—554,5 и 0,3—1004,2 нг·л⁻¹ соответственно.

В продуктивных водах Межпассатного противотечения и в районе апвеллинга у мыса Кап-Блан отмечались максимальное содержание АТФ двух размерных групп микропланктона (в среднем 167,2; 344,0 и 114,5; 247,8 нг·л⁻¹ соответственно для пико- и нанопланктона) (таблица). Большое содержание АТФ пико- и нанопланктона наблюдалось в потоке Южного Пассатного течения и фронтальной зоне схождения Бразильского и Фолклендского течений. В струе Бразильского течения, характеризующегося более низкой биологической продуктивностью, концентрация АТФ пико- и нанопланктона была на порядок ниже и в среднем составляла 10,3 и 29,2 нг·л⁻¹ соответственно.

Минимальное содержание АТФ двух размерных групп микропланктона наблюдалось в наименее продуктивных водах центральной части южноатлантического антициклонального круговорота (1,3 и 2,5 нг·л⁻¹ — среднее содержание пико- и нанопланктона соответственно).

**Концентрация АТФ (нг·л⁻¹) пико- и нанопланктона
в различных районах Атлантического океана**

Место отбора проб	Количество проб	Пикопланктон		Нанопланктон	
		Пределы колебаний	Среднее	Пределы колебаний	Среднее
Северное Пассатное течение	36	2,4—137,2	17,0	7,1—36,9	14,4
Межпассатное противотечение	46	40,0—329,3	167,2	57,3—1004,2	344,0
Южное Пассатное течение	70	17,1—322,3	126,0	21,5—425,7	151,3
Бразильское течение	96	0,3—60,6	10,3	0,1—125,0	29,2
Фронтальная зона схождения Бразильского и Фолклендского течений	86	1,6—554,5	135,5	11,8—450,2	154,5
Апвеллинг в районе мыса Кап-Блан	62	34,3—288,1	114,5	71,2—510,7	247,8
Халистатика Южноатлантического антициклонического круговорота	102	0—12,0	1,3	0,5—15,2	2,5

В поверхностном 90-метровом слое Северного Пассатного течения концентрация АТФ пикопланктона в среднем составляла 17,0 нг·л⁻¹, нанопланктона — 14,4 нг·л⁻¹.

Доля АТФ пикопланктона в общем пуле АТФ микропланктона в водах Южного Пассатного течения составляла 44%, в потоке Межпассатного противотечения — 41, во фронтальной зоне — 46, в водах апвеллинга — 33, в струе Северного Пассатного течения — 48, в Бразильском течении — 38 и халистатической области круговорота — 46%.

При анализе графических данных о вертикальном распределении АТФ, на исследованных разрезах, отмечались совпадения локальных зон повышенного ее содержания для пико- и нанопланктона в водах Южного Пассатного и Бразильского течений, в потоке Межпассатного противотечения и в районе апвеллинга (рис. 2, 3 и 4). Совпадали также зоны минимального содержания АТФ двух размерных групп микро-

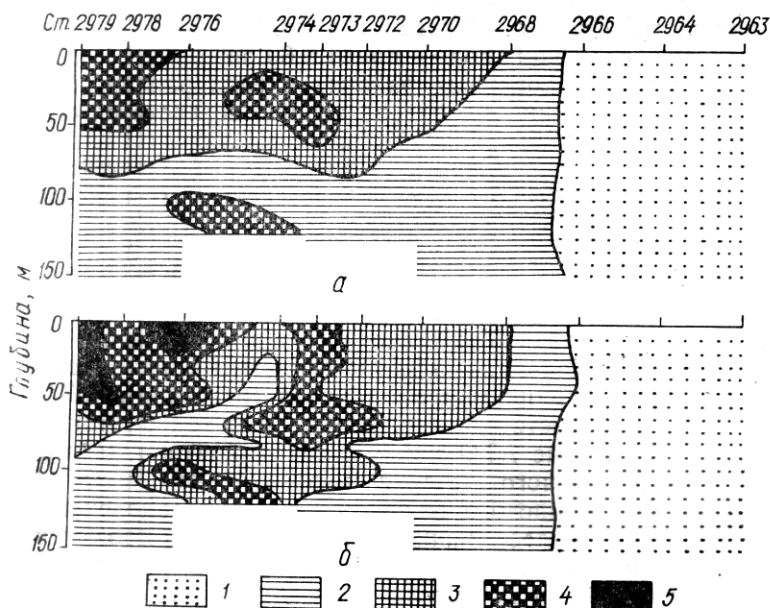


Рис. 2. Вертикальное распределение концентрации АТФ пико- (а) и нанопланктона (б) в потоке Межпассатного противотечения, Южного Пассатного течения и халистатике Южноатлантического антициклонического круговорота:

1 — меньше 10 нг·л⁻¹; 2 — 10—100; 3 — 100—200; 4 — 200—500; 5 — больше 500 нг·л⁻¹

планктона в халистатической области южноатлантического антициклонического круговорота (рис. 2). В то же время во фронтальной зоне схождения Бразильского и Фолклендского течений наблюдалось несовпадение локальных зон повышенных концентраций АТФ пико- и нанопланктона. Так, зоны максимума АТФ пикопланктона располагались на глубинах 25—80 м (ст. 2954 и 2956), 130—150 м (ст. 2960), а зоны ее максимума для нанопланктона — на глубинах 0—45 м (ст. 2954 и 2956) и на 80—100 м (ст. 2958) (рис. 5). Несовпадение зон максимумов АТФ двух размерных групп микропланктона наблюдалось также в потоке Северного Пассатного течения (рис. 6).

В водах Южного Пассатного и Бразильского течений, а также в потоке Межпассатного противостояния максимум концентрации АТФ пикопланктона на 50% станций располагался ниже пика концентрации АТФ нанопланктона; совпадение их максимумов наблюдалось на 25; 25 и 35% станций соответственно. Во фронтальной зоне пики АТФ пикопланктона отмечались ниже пиков АТФ нанопланктона на 90% станций. В районе апвеллинга расположение максимумов АТФ двух размерных групп микропланктона выглядело следующим образом: пики АТФ пикопланктона находились ниже пиков АТФ нанопланктона на 15% станций и совпадали на 43% станций. В центральной части круговорота — соответственно на 17 и 50%. В водах Северного Пассатного течения на 40% станций расположение максимумов АТФ пикопланктона отмечалось ниже и на 60% — выше максимумов ее величин для нанопланктона (рис. 7).

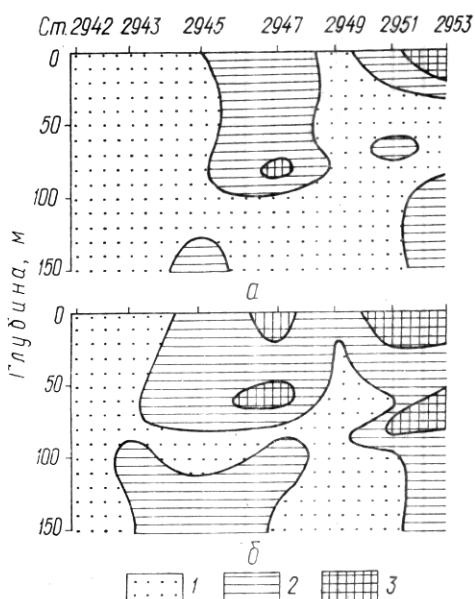


Рис. 3. Вертикальное распределение концентраций АТФ пико- (а) и нанопланктона (б) в потоке Бразильского течения: 1 — меньше 10 нг·л⁻¹; 2 — 10—50; 3 — 50—100 нг·л⁻¹

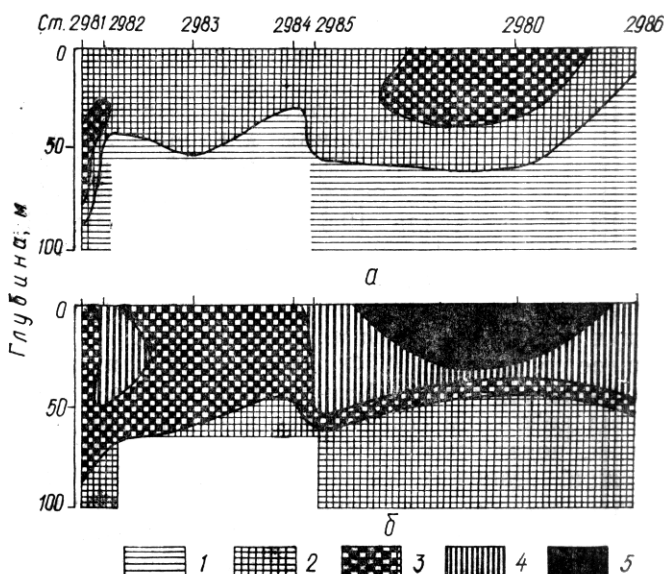


Рис. 4. Вертикальное распределение концентраций АТФ пико- (а) и нанопланктона (б) в районе апвеллинга у мыса Кап-Блан:

1 — меньше 100 нг·л⁻¹; 2 — 100—200; 3 — 200—300; 4 — 300—500; 5 — больше 500 нг·л⁻¹

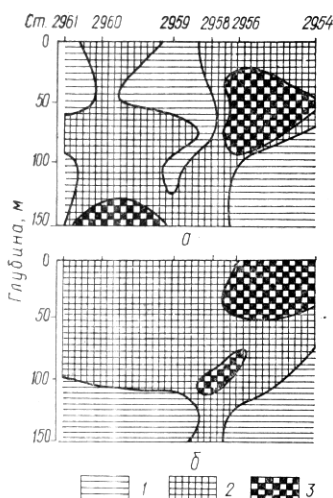


Рис. 5. Вертикальное распределение концентраций АТФ пико- (а) и нанопланктона (б) во фронтальной зоне схождения Бразильского и Фолклендского течений:

1 — меньше 100 нг·л⁻¹; 2 — 100—200; 3 — 200—300 нг·л⁻¹

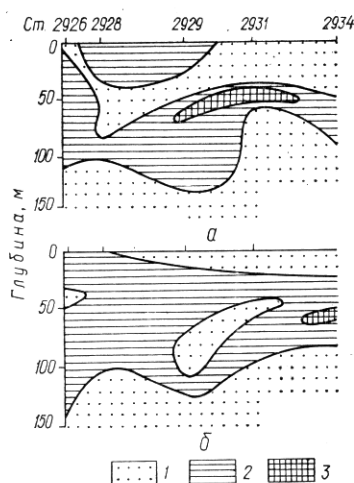


Рис. 6. Вертикальное распределение концентраций АТФ пико- (а) и нанопланктона (б) в потоке Северного Пассатного течения:

1 — меньше 10 нг·л⁻¹; 2 — 10—50; 3 — 50—100 нг·л⁻¹

Литературные данные о концентрации АТФ двух размерных групп микропланктона, используемые для сравнения, немногочисленны и получены в основном для районов Северной Атлантики. У побережья Северной Америки в поверхностном 90-метровом слое концентрация АТФ размерных групп 0,2—3,0 и 3,0—1000,0 мкм микропланктона в среднем составляла 43,6 нг·л⁻¹ (пределы колебаний 12—219) и 182,6 нг·л⁻¹ (пределы колебаний 16—502) соответственно [10]. В открытой части Северной Атлантики в слое 0—100 м содержание АТФ двух размерных групп микропланктона в среднем составляло 24,6 нг·л⁻¹ (пределы 6—73) и 56,3 нг·л⁻¹ (пределы 5—296) соответственно. Для размерной группы меньше 3 мкм доля концентрации АТФ в общем пуле АТФ микропланктона в среднем составляла 30% (пределы колебаний 3—80%).

Были проведены также исследования содержания АТФ в размерных группах 0,2—3,0 и 3,0—1000,0 мкм микропланктона на станции, расположенной между Азорскими островами и Испанией [8]. Концентрация АТФ микропланктона размером меньше 3 и больше 3 мкм в слое 0—100 м в среднем составляла 19,6 нг·л⁻¹ (пределы 16,7—33,7) и 85,1 нг·л⁻¹ (пределы 40,0—195,0) соответственно. Концентрация АТФ размерной группы 0,2—3,0 мкм в общем пуле АТФ микропланктона — 30%. Наблюдалось несовпадение по вертикали максимумов концентрации АТФ двух размерных групп микропланктона.

Максимальное содержание АТФ пико- и нанопланктона отмечалось на участках подъема вод у мыса Кап-Блан на прибрежном апвеллинге, возникающем под действием сгонных пассатных ветров и на океанических апвеллингах, появляющихся в результате дивергенций или поперечных циркуляций основных зональных течений. Малопродуктивные воды Бразильского течения, и особенно центральная часть халистатики круговорота, характеризовались наиболее низким содержанием АТФ пико- и нанопланктона. Следует подчеркнуть, что доля АТФ пикопланктона в общем пуле АТФ микропланктона составляла в разных районах океана от 33 до 48%. Основным по содержанию АТФ компонентом микропланктона оказался нанопланктон, в пространственном распре-

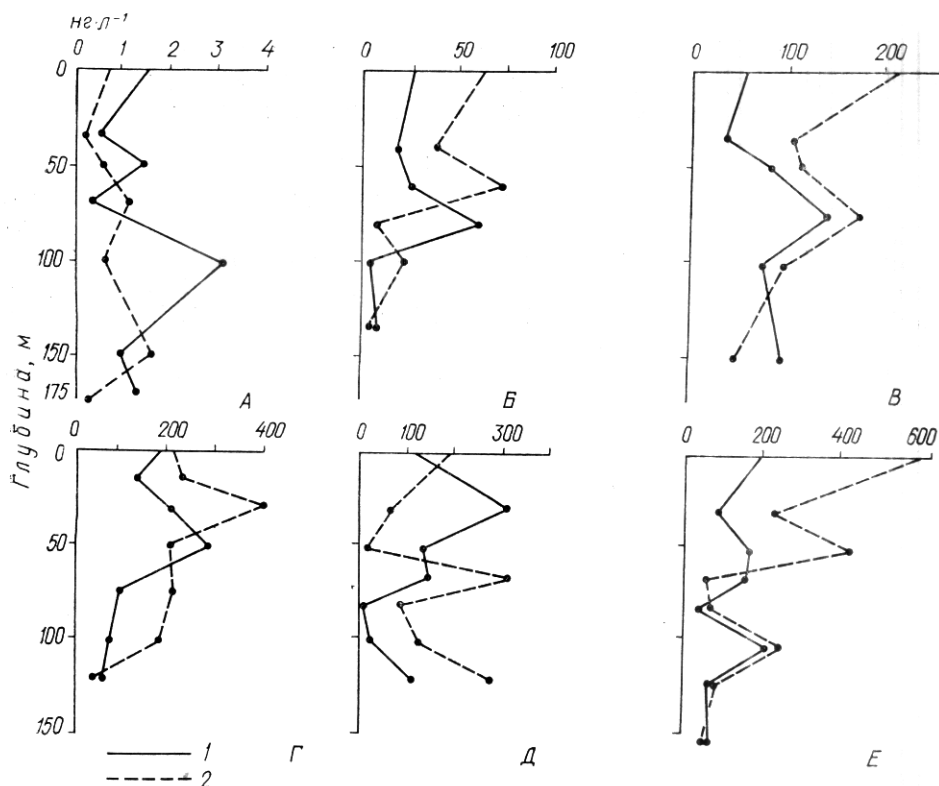


Рис. 7. Вертикальное распределение пиков концентраций АТФ ($\text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$) пико- (1) и нанопланктона (2) на различных станциях:

А — Ст. 2938, Б — 2947, В — 2961, Г — 2973, Д — 2974, Е — 2976

делении которого наблюдалась значительная неоднородность, связанная с тропностью вод.

1. Бенжицкий А. Г. Опыт определения аденозинтрифосфата в микропланктоне Аравийского моря // Экология моря. — 1983. — Вып. 13. — С. 22—26.
2. Виноградов М. Е., Шушкина Э. А. Некоторые аспекты изучения эпипелагиали океана // Биологические основы промышленного освоения открытых районов океана. — М.: Наука, 1985. — С. 8—20.
3. Грезе В. Н. Экосистемы Южной Атлантики и проблема энергетического баланса пелагического сообщества океана // Океанология. — 1982. — 22, вып. 5. — С. 996—1001.
4. Заика В. Е., Яшин В. А. Люминесцирующая пиковзвесь (0,2—2,0 мкм) в олиготрофных водах Средиземного и Черного морей // Докл. АН СССР. — 1984. — 275, № 6. — С. — 1514—1516.
5. Крупаткина Д. К., Берлан Б., Маестрини М. Лидер первичной продукции — океан, а не суша // Природа. — 1985. — № 4. — С. 56—62.
6. Мельников И. А. Пикопланктон // Там же. — 1984. — № 6. — С. 112—113.
7. Новоселов А. А., Шереметьева А. И. Гидрохимическая характеристика вод Южно-атлантического антициклонического круговорота // Биопродукционная система крупномасштабного океанического круговорота. — Киев: Наук. думка, 1984. — С. 26—41.
8. Сибурт Дж. М., Лавуа Д. Т. Нестандартный подход к оценке продуктивности гетеротрофов // Человек и биосфера. — 1979. — Вып. 3. — С. 43—50.
9. Ханайченко Н. К. Абиотические условия развития планктона в тропической Атлантике // Планктон и биологическая продуктивность тропической Атлантики. — Киев: Наук. думка, 1971. — С. 17—66.
10. Byrne C. M., Johnson K. M. et al. Dissolved carbohydrate and microbial ATP in the North Atlantic: concentration and interactions // Deep-Sea Res. — 1979. — 26, N 11 A. — P. 1267—1290.
11. Laws E. A., Redalje D. G., Haas L. W. et al. High phytoplankton growth and production rates in oligotrophic Hawaiian coastal waters // Limnol. Oceanogr. — 1984. — 29. — P. 1161—1169.

A. G. BENZHITSKY, A. P. GORDIENKO

**ATP CONCENTRATION OF PICO- AND NANOPLANKTON
IN DIFFERENT REGIONS OF THE ATLANTIC OCEAN**

S u m m a r y

Maximal values of the ATP concentration in pico- and nanoplankton were observed in the areas of water rise near c. Kap-Blan on the coastal upwelling arising under the action of trade winds and on the oceanic upwellings appearing due to divergences or transverse circulation of the basic zonal flows. The lowest values of pico- and nanoplankton ATP were typical of waters of low efficiency in the Brazil flow and especially of the central part of the South Atlantic anticyclone cycle.

The picoplankton ATP fraction in the total pool of microplankton ATP was from 33 to 48% in different regions of the ocean.