

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

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

38

1991

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК
НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

ПРОВ 2010

Основан в 1980 г.

Выпуск 38

Киев НАУКОВА ДУМКА 1991

ЭКОСИСТЕМЫ ПЕЛАГИАЛИ

УДК 579:574.582(261)

А. Г. БЕНЖИЦКИЙ, А. П. ГОРДИЕНКО

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ АТФ ПИКО- И НАНОПЛАНКТОНА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТРАНСАТЛАНТИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА

Определена временная (суточная) изменчивость в распределении АТФ двух размерных групп микропланктона в поверхностном слое западной части трансатлантического полигона. Пространственная компонента (в единицах отклонения от «нормы») получена путем исключения среднесуточного тренда. При вычитенном тренде распределение АТФ пико- и нанопланктона имело четко выраженную пятнистую структуру. В целом локальные зоны максимумов АТФ двух размерных групп микропланктона располагались по периферии струи Межпассатного противотечения и были приурочены к линзе распресненных вод. Отмечено несовпадение локальных зон максимумов АТФ пико- и нанопланктона на акватории полигона, связанное, очевидно, с sukcesией микропланктонного сообщества. Оценена доля АТФ пикопланктона в общем пуле адеонитрифосфата микропланктона, равная в среднем 43% (предел колебаний 18—70%). По характеру вертикального распределения концентрации АТФ проведена типизация разрезов на полигоне.

Исследования динамически активных зон открытых районов океана, в которых создаются определенные условия для резкого повышения биологической продуктивности, являются в настоящее время традиционными, однако еще далекими от завершения. Полученные оценки роли различных групп организмов в функционировании сообществ динамически активных зон тропического океана со всей очевидностью показали необходимость разработки методологии скоординированных гидрофизических и гидробиологических исследований различных компонентов экосистемы в единых пространственном и временном масштабах со специальным вниманием к микро- и мезомасштабам [2, 3].

Цель данной работы — изучение мезомасштабного распределения (60 миль — в пространстве, недели — во времени) полей пико- и нанопланктона в динамически активных зонах тропической Северо-Западной Атлантики в связи с распределением основных гидрофизических харак-

Институт биологии
Южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 8112

© А. Г. Бенжицкий А. П. Гордиенко, 1991

теристик. В соответствии с поставленной задачей планировались работы по получению пространственных характеристик распределения АТФ пико- и нанопланктона, оценке вклада различных размерных групп микропланктона в формирование планктонных полей и типизации разрезов по связи с ними зон повышенных значений АТФ.

Исследования проводились в период 34-го рейса НИС «Академик Вернадский» (август — декабрь 1986 г.) в западной части трансатлантического полигона, расположенного в полосе от экватора до 12° с. ш.

Материал и методика. Пробы морской воды для определения содержания АТФ как показателя живой массы отбирали с помощью кассетного батометра с пяти горизонтов в слое до 100 м от поверхности. Отобранные пробы морской воды для удаления мезопланктона предварительно профильтровывали через сито с размером ячеек 80 мкм. Затем проводились фракционирование и концентрирование микропланктона одновременной и последовательной фильтрациями на мембранные ультрафильтры различной пористости. Таким образом осуществлялось разделение микропланктона на размерные группы 0,2—2,5 мкм (пикопланктон) и 2,5—80,0 мкм (условно названную нанопланктон). Исползованный методический прием предпринят для оценки пикопланктона в общем пуле АТФ микропланктона. Фильтрацию осуществляли при разряжении не более $0,2 \text{ кгс}\cdot\text{см}^2$. Объем профильтрованной воды в различных исследованных районах океана колебался от 0,3 до 0,8 л. Всего было собрано 816 проб. После завершения фильтрации производили экстрагирование АТФ фракционированных групп микропланктона кипящим раствором ацетатного трис-буфера (0,02 М, pH 7,75) с 0,002 М раствором ЭДТА [1]. Концентрацию аденозинтрифосфата в экстрактах определяли по хемилюминесцентной реакции с помощью измерительного комплекса хемилюминометр ХЛМ1Ц «Свет» (чувствительность прибора 10^{-14} г АТФ на мл) [13]. В исследованиях использовали реактивы «АТФ-стандарт» фирмы ЛКБ, приборы (Швеция) и препарат — энзим люциферин-люциферазы «Кальбиокем» (США).

Результаты и их обсуждение. Исследованная акватория полигона охватывала обширный район северо-западной части Атлантического океана со сложной пространственной структурой океанографических полей. Выполненные на полигоне разрезы пересекали водные массы Северного Пассатного течения и Межпассатного противотечения, локальные области вихревых образований и линзы пониженной солености. Анализ наблюдений, проведенных на полигоне в осенний период, показал сравнительную неоднородность распределения АТФ пико- и нанопланктона. Разброс величин в слое 0—100 м колебался в пределах от 0 до 53,15 (среднее значение $6,17 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$) и от 0,11 до 88,52 (среднее значение 7,28) $\text{нг}\cdot\text{л}^{-1}$ соответственно для пико- и нанопланктона.

При проведении исследований на крупномасштабном полигоне неизбежны отборы проб в различное время суток, что является существенной помехой при оценке пространственной неоднородности распределения планктона [4, 10]. В экспериментах на дрейфовых станциях в различных по трофности районах Атлантики были установлены периодические колебания концентрации АТФ в течение суток, зависящие от ряда абiotic и биотических факторов, главными из которых являются пищевая активность организмов — потребителей пико- и нанопланктона и сукцессионные изменения планктонного сообщества [5]. Поэтому для оценки горизонтальной неоднородности распределения на полигоне концентраций АТФ пико- и нанопланктона учитывали вариабельность, вносимую временной переменной. Для этого, согласно оригинальной статистической модели [4], все полученные величины концентраций АТФ разделяли на 12 групп, в каждую из которых объединяли наблюдения, выполненные в период от 12 до 14, от 14 до 16, от 16 до 18 ч и т. д. Значения АТФ внутри каждой группы принимались как статистически однородные и осреднялись. Полученную зависимость

средних значений АТФ от времени суток интерпретировали как ход концентраций аденозинтрифосфата (среднесуточный тренд).

Поскольку съемка крупномасштабного полигона проводилась в два этапа, разделенных недельным промежуток времени, суточный ход концентрации АТФ устанавливали отдельно для западной и восточной акваторий полигона. По типу кривых (рис. 1, а), полученных с двухчасовым периодом сглаживания, можно сделать вывод о том, что суточные колебания АТФ пикопланктона на поверхности западной акватории полигона характеризовались двумя максимумами: первый, четко выраженный, наблюдался в период между 22—24 ч и второй — в период 4—6 ч. Максимум АТФ нанопланктона в этой части полигона наблюдался в период 2—4 ч. Размах колебаний АТФ пико- и нанопланктона составлял соответственно 48 и 84% ее среднесуточных величин.

В восточной акватории полигона на 0 м отмечался четко выраженный максимум АТФ двух размерных групп микропланктона в период между 2—4 ч (нанопланктон) и 8—10 ч (пикопланктон). Кроме того, еще один максимум АТФ нанопланктона наблюдался в период 14—16 ч (рис. 1, б). Размах варьирования в этой части полигона составлял 86 и 68% ее среднесуточных значений соответственно для пико- и нанопланктона. Следует отметить временную разобщенность максимумов АТФ пико- и нанопланктона для западной и восточной акваторий полигона. Так, в западной части суточный максимум АТФ пикопланктона наблюдался ранее такового нанопланктона, в восточной — наоборот. Установленная неоднородность хода суточных колебаний концентраций АТФ для западной и восточной акваторий полигона не позволила объединить все измерения указанных параметров в одну выборку и рассчитать единый тренд. Поэтому пространственную компоненту (в единицах отклонения от «нормы») получали путем исключения среднесуточного тренда соответствующей части полигона. При вычитенном тренде распределение концентраций АТФ пико- и нанопланктона имело четко выраженную структуру (рис. 2 и 3). Исследованная акватория полигона в его западной части характеризовалась как ультраолиготрофная, переходящая на востоке в олиготрофную. На этом сравнительно однородном фоне величин АТФ пико- и нанопланктона выявлялись зоны максимальных ее значений. Эти зоны максимумов наблюдались в пределах 44—48° и 40—42° з. д. и ограничивались по широте — северные максимумы 8—12°, южные — 2—6°. Северо-западный локальный максимум АТФ двух размерных групп микропланктона, очевидно, связан с выносом в данный район распресненных вод Амазонки. Северо-восточный локальный максимум приурочен к области подъема вод в районе циклонического круговорота. Юго-западный локальный максимум АТФ

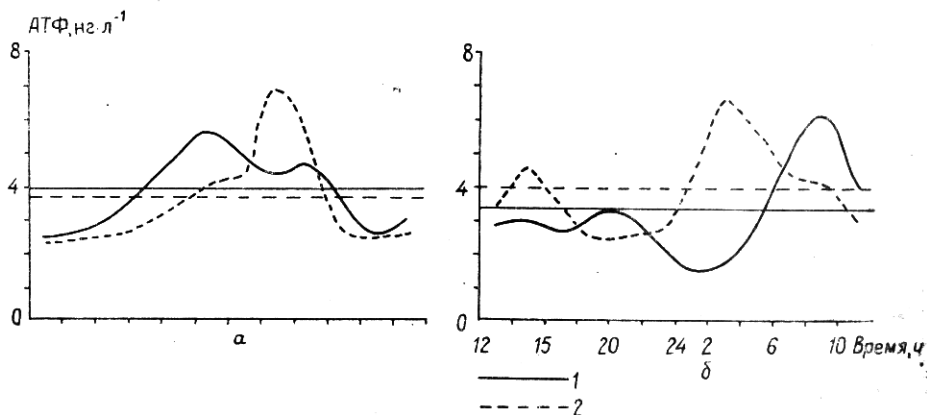


Рис. 1. Временная (суточная) изменчивость АТФ пико- (1) и нанопланктона (2) в поверхностном слое западной (а) и восточной (б) частей трансатлантического полигона

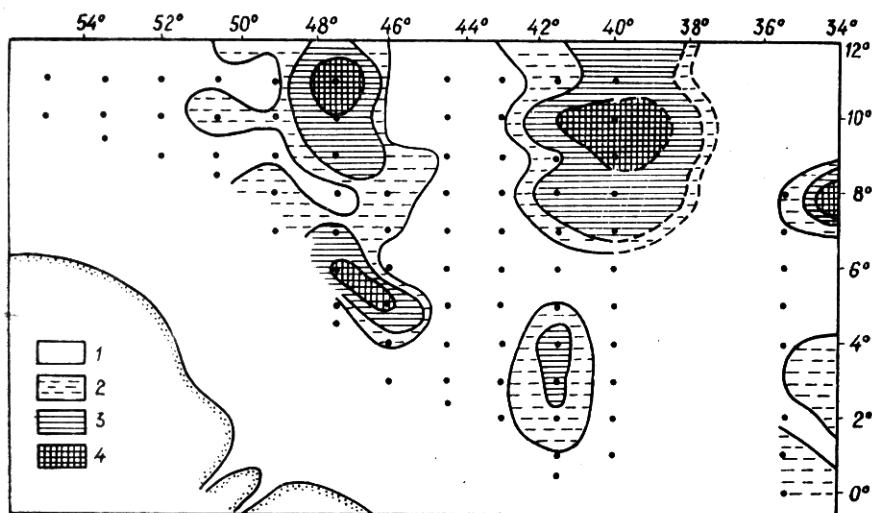


Рис. 2. Схема распределения АТФ пикопланктона на поверхности трансатлантического полигона (концентрация АТФ дана с учетом среднесуточного тренда, $\text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$):
1 — 0 — (-10); 2 — 0-3; 3 — 10; 4 — более 10

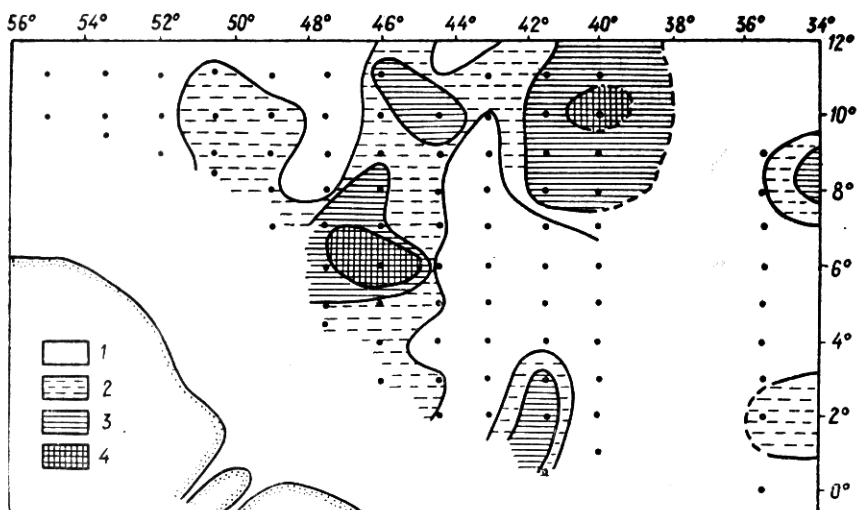


Рис. 3. Схема распределения АТФ нанопланктона на поверхности трансатлантического полигона (концентрация АТФ дана с учетом среднесуточного тренда, $\text{нг} \cdot \text{л}^{-1}$). Обозначения те же, что и на рис. 2

пико- и нанопланктона также связан с районом еще одного циклонического круговорота, отмеченного на полигоне отрядом гидрологии и течений. В целом локальные зоны максимумов АТФ располагались на периферии струи Межпассатного противотечения. Известно, что подъем вод происходит в пределах узких локальных полос, всегда вытянутых вдоль границ зональных потоков, чередующихся с полосами погружения поверхностных вод на глубину [12]. В районах подъема вод создаются благоприятные условия (вынос фосфатов и других питательных солей), способствующие активному развитию планктона. Чередование локальных зон максимумов и минимумов АТФ двух размерных групп микропланктона по периферии струи Межпассатного противотечения хорошо согласуется с известной схемой распределения планктона в Тропической Атлантике [11].

Отмеченная в западной части полигона ультраолиготрофная зона приурочена к поступающим в этот район бедным питательными солями

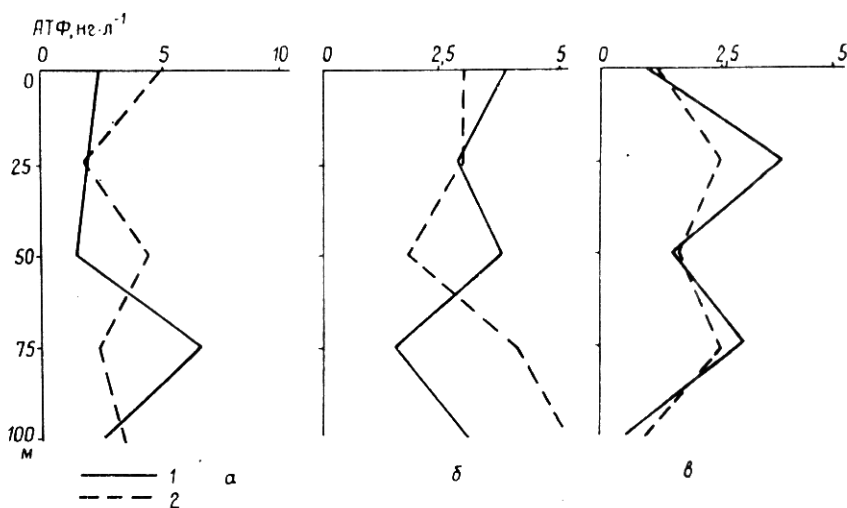


Рис. 4. Наиболее характерные примеры вертикального распределения пиков концентраций АТФ пико- (1) и нанопланктона (2):

а — максимум АТФ пикопланктона расположен ниже максимума АТФ нанопланктона; *б* — максимум АТФ пикопланктона расположен выше максимума АТФ нанопланктона; *в* — совпадение максимумов АТФ двух размерных групп микропланктона

водным массам Северного Пассатного течения (СПТ). По мере продвижения с востока на запад в потоке СПТ постепенно уменьшается концентрация биогенов, определяющих общую биологическую продуктивность [11]. Анализ графических данных пространственной неоднородности распределения АТФ показал несовпадение локальных зон максимумов пико- и нанопланктона. Очевидно, в олиготрофных водах по мере формирования сообщества микропланктона происходит изменение его различных структурных характеристик. На первых этапах развиваются мельчайшие водоросли и цианобактерии, составляющие основу пикопланктона. Затем, по мере старения сообщества, формируются условия, пригодные для развития более крупных форм микропланктона. Известна удивительная приспособляемость пикопланктона к крайне низким концентрациям таких жизненно важных элементов, как фосфор и азот, причем усваивают их эти мельчайшие организмы быстрее, чем более крупные клетки обычного фитопланктона [7, 8]. В связи с этим можно предположить, что в линзах распресненных вод и областях циклонических круговоротов, отмеченных на полигоне, содержание биогенов сравнительно низкое, но достаточное для развития локальных скоплений пикопланктона.

Разделение микропланктона на две размерные группы позволило оценить долю АТФ пикопланктона в общем пуле аденозинтрифосфата, равную в среднем 43% (предел колебаний 18—70%). Это то количество АТФ, которое ранее не учитывалось в общем пуле микропланктона. Проведенный анализ вертикального распределения пиков концентраций АТФ пико- и нанопланктона показал, что максимум аденозинтрифосфата пикопланктона на 60% станций располагается ниже пика ее концентраций в нанопланктоне. Совпадение максимумов АТФ двух размерных групп микропланктона отмечалось на 34% станций (рис. 4, *а*—*в*). В целом максимальные величины АТФ пикопланктона наблюдались в слое 50—100 м, а в верхнем 0—50-метровом слое располагались максимумы АТФ нанопланктона. Полученные данные подтверждают ранее высказанное предположение о том, что пикопланктон относится к теневыносливым формам микропланктона [6, 8].

Анализируя материал о вертикальном распределении АТФ на разрезах, мы обнаружили значительные отличия в концентрациях этого параметра от разреза к разрезу. По характеру распределения АТФ (согласно методике [9]) проведена следующая типизация разрезов

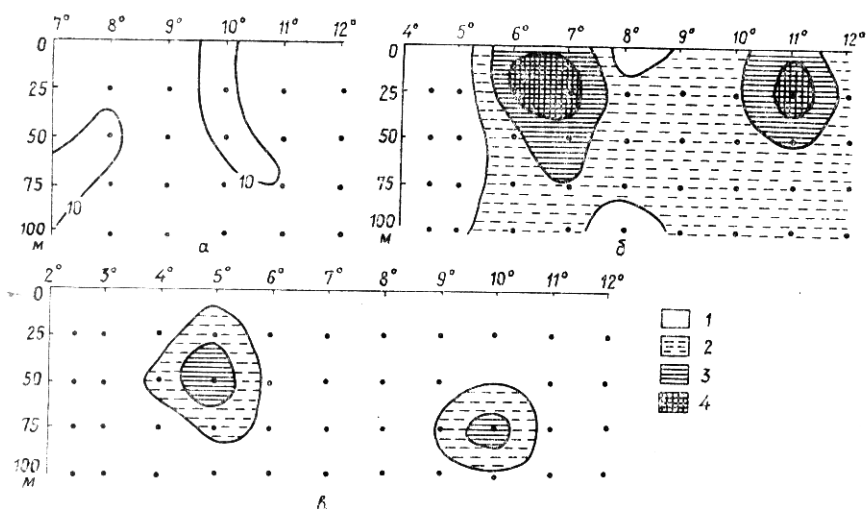


Рис. 5. Основные типы вертикальных профилей распределения концентраций АТФ на разрезах полигона (а — I тип распределения; б — II тип; в — III тип):
1 — меньше 10; 2 — 10—20; 3 — 20—30; 4 — больше 30 нг·л⁻¹

(рис. 5, а—в): I тип — распределение АТФ однородно во всем фотическом слое, зоны относительно пониженных ее значений отличались от фоновых на 1—3 абсолютные единицы концентраций (разрезы 23—27). Указанные разрезы приурочены к ультраолиготрофным водным массам Северного Пассатного течения; II тип — распределение АТФ носит мозаичный характер, области с повышенными концентрациями АТФ чередуются с областями пониженного ее содержания (разрезы 13, 14, 17, 21 и 22). Этот тип разрезов совпадает с районами расположения линз пониженной солености и приуроченности к областям зонального потока; III тип — промежуточный — на однородном фоне распределения АТФ наблюдаются локальные зоны повышенных ее концентраций, по-видимому, связанные с вихревыми образованиями синоптической или топографической природы (разрезы 18—20).

Приведенные предварительные данные по пространственному распределению АТФ двух размерных групп микропланктона характеризуют исследованную акваторию трансатлантического полигона в осенний период. Обсуждаемые зависимости и причины наблюдаемого мезомасштабного распределения полей пико- и нанопланктона являются предполагаемыми и требуют дальнейшей проверки и уточнения.

Выводы. 1. Определена временная (суточная) изменчивость в распределении АТФ двух размерных групп микропланктона в поверхностном слое западной части трансатлантического полигона. Отмечена временная разобщенность максимумов АТФ пико- и нанопланктона для западной и восточной акваторий полигона. 2. При вычтенном суточном тренде распределение АТФ пико- и нанопланктона имело четко выраженную пятнистую структуру. В целом локальные зоны максимумов АТФ двух размерных групп микропланктона располагались по периферии струи Межпассатного противотечения и были приурочены к линзе распределенных вод. 3. Отмечено несовпадение локальных зон максимумов АТФ пико- и нанопланктона на акватории полигона, связанное, очевидно, с сукцессией микропланктона. 4. Оценена доля АТФ пико-планктона в общем пуле аденозинтрифосфата микропланктона, равная в среднем 43% (предел колебаний 18—70%). 5. По характеру вертикального распределения АТФ проведена типизация разрезов на полигоне.

1. Бенжицкий А. Г. Опыт определения аденозинтрифосфата в микропланктоне Аравийского моря // Экология моря. — 1983. — Вып. 13. — С. 22—26.
2. Виноградов М. Е., Федоров К. Н. Изучение экосистем открытых вод юго-восточной части Тихого океана // Фронтальные зоны юго-восточной части Тихого океана. — М.: Наука, 1984. — С. 5—15.
3. Виноградов М. Е., Флинт М. В. Предисловие // Биол. основы промыслового освоения открытых районов океана. — М.: Наука, 1985. — С. 3.
4. Гольдберг Г. А. Теоретическая модель пространственно-временной структуры планктонных полей // Экологические системы в активных динамических зонах Индийского океана. — Киев: Наук. думка, 1986. — С. 79—89.
5. Гордиенко А. П., Бенжицкий А. Г. Изучение суточной динамики концентрации АТФ пико- и нанопланктона в Атлантическом океане / Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского АН УССР. — Севастополь, 1987. — 16 с. — Деп. в ВИНТИ 14.07.87, № 5054—В.
6. Заика В. Е. Вертикальное распределение автотрофного пикопланктона в Индийском океане и Средиземном море // Океанология. — 1986. — 26, вып. 2. — С. 282—287.
7. Крупаткина Д. К., Берлан Б., Маестрини С. Лидер первичной продукции — океан, а не суша // Природа. — 1985. — № 4. — С. 56—62.
8. Крупаткина Д. К. Оценка первичной продукции олиготрофных вод и метаболизм пикопланктона // Журн. общ. биологии. — 1988. — 49, № 5. — С. 618—629.
9. Кун М. С. Многолетние изменения формирования продуктивных зон в районе субарктического фронта северо-западной части Тихого океана // Биологические основы промыслового освоения открытых районов океана. — М.: Наука, 1985. — С. 166—174.
10. Пионтовский А. С., Гольдберг Г. А. Пространственно-временная структура поля мезопланктона слоя 0—150 м по данным тотальных лобов // Экология моря. — 1985. — Вып. 19. — С. 57—61.
11. Ханайченко Н. К. Абиотические условия развития планктона в тропической Атлантике // Планктон и биологическая продуктивность тропической Атлантики. — Киев: Наук. думка, 1971. — С. 17—66.
12. Ханайченко Н. К. Особенности циркуляции вод тропической Атлантики, определяющие характер биологической продуктивности океана // Тропическая зона Мирового океана и связанные с ней глобальные процессы. — М.: Наука, 1973. — С. 141—148.
13. Holm-Hansen O., Booth C. R. The measurement of adenosine triphosphate in ocean and its ecological significance // Limnol. Oceanogr. — 1966. — 11, N 4. — P. 510—519.

Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского АН УССР,
Севастополь

Получено 20.09.89

A. G. BENZHITSKY, A. P. GORDIENKO

DISTRIBUTION OF ATP-CONCENTRATIONS OF PICO- AND NANNOPLANKTON IN THE WESTERN PART OF TRANSATLANTIC POLYGON

Summary

When estimating horizontal heterogeneity of polygon distribution of ATP concentration of two dimensional groups of microplankton the variability introduced by the time variable was taken into account. That is why the spatial component (in the units of deviation from „norm“) was obtained by the exclusion of daily average trend. The distribution of ATP concentrations of pico- and nannoplankton under the subtracted trend was of strongly pronounced spotty structure. Local zones of ATP maxima of two dimensional groups of microplankton were, as a rule, distributed in the periphery of the jet of the Intertrade Wind countercurrent and were confined to the lense of unfreshened waters. As to the character of vertical distribution of ATP concentration the cross-sections on a polygon were typified (I type — ATP distribution is uniform in the whole photic layer; II type — ATP distribution is of mosaic character, the regions with its high values alternate with those of its low content; III type — intermediate — zones of ATP high values are observed against the uniform ground of its distribution. The ATP share of picoplankton has been estimated in the common pool of adenosine-triphosphate of microplankton which is 43% at an average (variation limits 18—70%).