

# ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



26  

---

1987

УДК 576.8.(26)

Э. А. ЧЕПУРНОВА, Л. Г. ГУТВЕЙБ, Г. В. ШУМАКОВА

## БАКТЕРИОПЛАНКТОН РАЙОНОВ ПОДНЯТИЙ ОКЕАНИЧЕСКОГО ДНА СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

При разработке проблемы рационального использования естественных ресурсов Мирового океана изучение биологической продуктивности морских и океанических вод имеет наиболее важное значение в оценке сырьевой базы рыбной промышленности. Особый интерес представляют районы поднятий океанического дна, отличающиеся сложной структурой динамических характеристик вод, способной оказать влияние на биологическую продуктивность района.

В 13-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» (июль—ноябрь 1982 г.) комплексными гидрологическими и гидрохимическими исследованиями были изучены особенности структуры пелагического сообщества организмов в районах поднятий океанического дна умеренной и тропической зон Северной Атлантики. В настоящей работе изучено горизонтальное и вертикальное распределения бактериопланктона, его продукционно-деструкционные характеристики на пяти полигонах в районах поднятий.

Микробиологические исследования в Северной Атлантике малочисленны и касаются в основном гетеротрофной микрофлоры, учитываемой методом проращивания мембранных ультрафильтров на белковой среде [7, 8]. Однако имеются отдельные сведения и о количестве общего бактериопланктона и величинах бактериальной биомассы в этом районе. Наиболее продуктивными являются зоны шельфов и банок, где биомасса в слое активного фотосинтеза (0—50 м) превышала  $300 \text{ мг} \times \text{м}^{-3}$  [1, 11].

Нами изучен бактериопланктон в районах поднятий океанического дна Северной Атлантики, включающих горы Добрая, Сложная, Майская (I полигон), Хекате (II полигон), Эрвинг и Крюнзе (III полигон), Метеор (IV полигон) и возвышенность Сьерра-Леоне (V полигон) (рис. 1).

Для характеристики количественного распределения бактериопланктона по акватории полигона и на различных глубинах водной толщи пробы воды отбирали 30-литровым пластмассовым батометром сплошной проточности типа Ван-Дорна. На отдельных станциях для отбора проб воды с глубин 250—1000 м использовали литровые пластмассовые батометры (сопровождающие зондирующий комплекс Исток-5). Пробоотборники стерилизовали спиртом.

Общее число бактерий учитывали методом прямого счета на мембранных ультрафильтрах «Сынпор-7» с размерами пор  $0,3 \text{ мкм}$ <sup>1</sup>. Через фильтры диаметром 10 мм фильтровали 5 мл воды. После фильтрации фильтры с осевшими на них бактериями фиксировали в парах формалина в течение суток. Перед окраской фильтры обессоливали на фильтровальной бумаге, смоченной дистиллятом, и высушивали при  $60^\circ\text{C}$  в течение 3—4 ч. Фильтры окрашивали в течение суток 10%-ным эритрозинном, приготовленным на 5%-ном карболовом растворе.

Численность бактерий учитывали под микроскопом МБИ-3 (увеличение 1350) с применением фазового контраста. Учет бактерий прово-

<sup>1</sup> В сборе и обработке материала принимали участие А. Н. Бучакчийская и С. В. Щербачук.

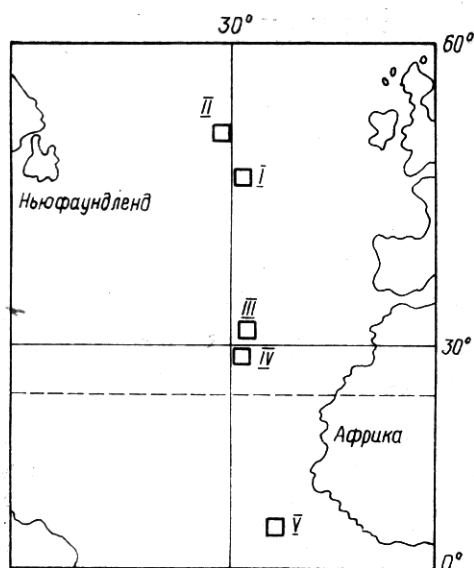


Рис. 1. Схема расположения полигонов (I—V)

дили в 20 полях зрения (на двух параллельных фильтрах), что обеспечило допущение ошибки результата не более  $\pm 20\%$  с вероятностью 95% [9]. Для перехода от количества клеток к биомассе определяли объемы бактериальных клеток на фильтрах с помощью винтового окуляр-микрометра. Объемы кокков вычисляли по формуле объема шара, палочек — по формуле объема цилиндра. Возможность изменения объема клеток при высушивании на фильтрах не учитывалась, так как они были отнесены к категории «мелких» (в среднем  $0,1 \text{ мкм}^3$ ), размеры которых находятся на границе разрешающей способности светового микроскопа, что не позволяет достоверно установить факт их усыхания [10].

Темпы размножения бактерий определяли по приросту количества клеток за сутки в склянках объемом 250—300 мл [5]. При постановке экспериментов пробы воды, взятые с различных глубин 30-литровым батометром Ван-Дорна, фильтровали через уплотненный бумажный фильтр («синяя полоса») для удаления планктона размером более  $1,0\text{--}2,5 \text{ мкм}$ . Фильтры, помещенные в фильтровальный прибор типа Зейтца, изготовленный из оргстекла, предварительно несколько раз промывали исследуемой пробой воды. Потери бактерий после фильтрации не превышали 2,0%.

Суточную удельную скорость роста бактерий рассчитывали исходя из их численности в начале ( $N_0$ ) и конце ( $N_t$ ) опыта по формуле

$$K = \frac{(\ln N_t - \ln N_0) 24}{t},$$

где  $t$  — время экспозиции (ч). Температурные поправки вводили, используя температурный коэффициент Вант-Гоффа  $Q_{10}=2,5$  [2].

Для расчетов бактериальной продукции ( $P$ ,  $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$ ) и деструкции ( $D$ ,  $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$ ) использовали уравнение из работ [3, 4, 6, 12]:

$$P = BK, \quad D = B[(a-1)K + b],$$

где  $B$  — биомасса бактерий в исходной нефильтрованной пробе воды ( $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$ );  $a=3,8$  — трофический коэффициент;  $b=0,65$  — коэффициент основного обмена.

Численность бактериального населения на полигонах I и II умеренной зоны Северной Атлантики на отдельных горизонтах превышала 3000 млрд кл.  $\cdot \text{м}^{-3}$ . Основная часть бактериального населения была сосредоточена в пределах слоя активного фотосинтеза (0—30 м). Величины биомассы бактериопланктона в этом слое колебались в пределах  $60\text{--}300 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$  (рис. 2). Заметное уменьшение биомассы бактерий отмечено на глубинах 40—50 м, на глубине 100 м величины составили менее  $100 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$  и продолжали уменьшаться с глубиной.

В пространственном распределении бактерий в слое активного фотосинтеза (0—30 м) на полигонах выявлена неоднородность, которая объясняется гидрологической структурой вод, характеризующейся на-

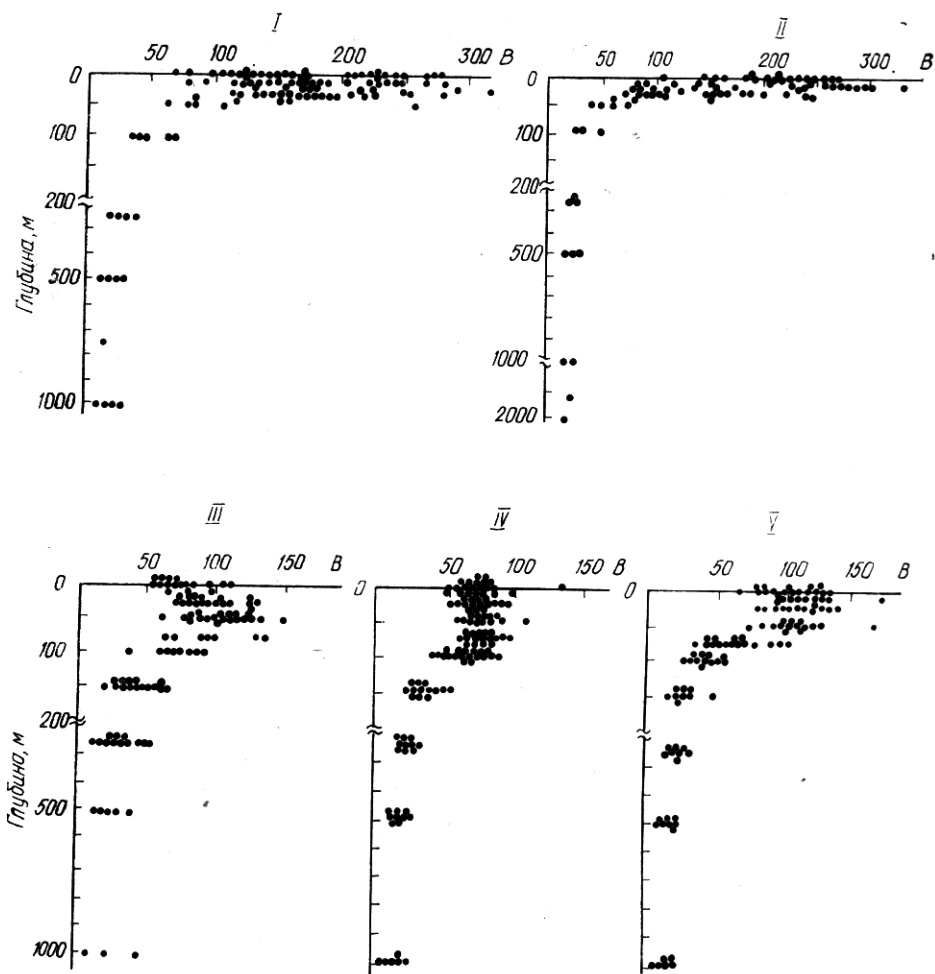


Рис. 2. Распределение бактериальной биомассы (сырая масса,  $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$ ) в толще вод на полигонах I—V

личием зон подъема и опускания вод, вызванных топографией дна (рис. 3).

В западной части полигона I показатели плотности бактериального населения были заметно выше, чем в восточной. Область повышенного развития бактериопланктона (свыше  $2000 \text{ млрд кл.} \cdot \text{м}^{-3}$ ) занимала значительную территорию к северу и юго-западу от горы Добрая (ст. 1784). Максимальные величины обнаружены над вершиной горы и к юго-западу от нее (ст. 1781) —  $2586$  и  $2531 \text{ млрд кл.} \cdot \text{м}^{-3}$  соответственно.

К востоку от горы Добрая высокие концентрации бактерий обнаружены только над вершиной горы Майская (ст. 1772) и на ст. 1777, расположенной к северо-западу от нее ( $2210$  и  $2345 \text{ млрд кл.} \cdot \text{м}^{-3}$  соответственно). На остальной части I полигона при фоновой концентрации бактерий порядка  $1500$ — $1700 \text{ млрд кл.} \cdot \text{м}^{-3}$  локализовались участки относительно пониженной концентрации бактериопланктона. Наименьшая плотность бактериального населения в слое  $0$ — $30 \text{ м}$  ( $975 \text{ млрд кл.} \cdot \text{м}^{-3}$ ) зафиксирована на ст. 1775 у восточного края полигона.

Распределение бактериопланктона по полигону II в слое  $0$ — $30 \text{ м}$  было довольно равномерным. Пятна повышенной концентрации бактерий были обнаружены над западным (на ст.  $1804$ — $2554 \text{ млрд кл.} \cdot \text{м}^{-3}$ ) и восточным (на ст.  $1806$ — $2500 \text{ млрд кл.} \cdot \text{м}^{-3}$ ) склонами горы Хекате, Непосредственно над вершиной горы отмечено понижение численности бактерий —  $1713 \text{ млрд кл.} \cdot \text{м}^{-3}$ , и самые низкие величины (менее  $1500 \text{ млрд кл.} \cdot \text{м}^{-3}$ ) наблюдались на севере полигона (ст. 1797 и 1799).

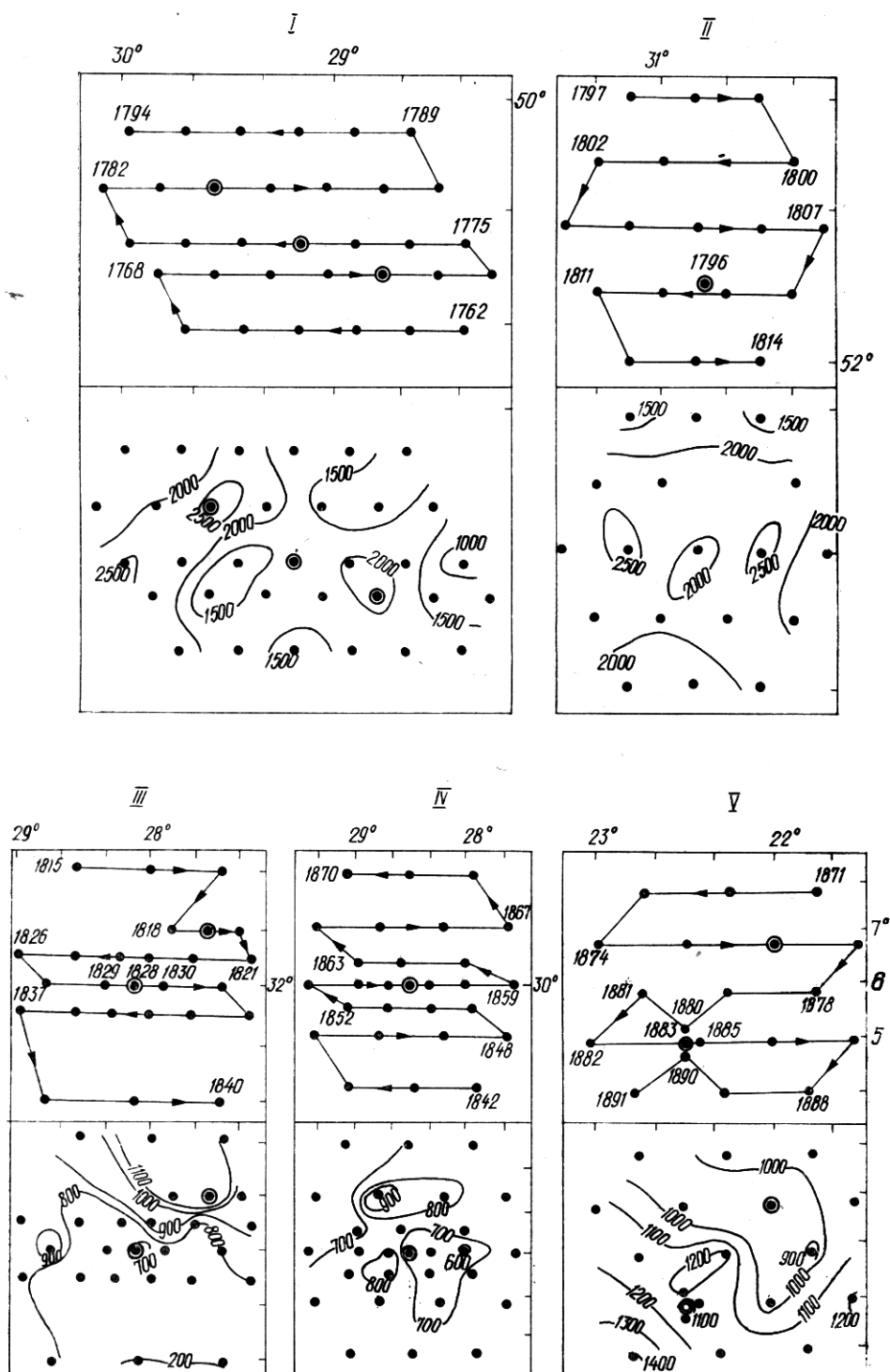


Рис. 3. Схема расположения станций и распределение численности бактерий (млрд кл.  $\text{м}^{-3}$ ) на полигонах I—V в слое 0—25 м. В кружке обозначены вершины поднятий

Для характеристики интенсивности бактериальных процессов на полигонах I и II были поставлены эксперименты в условиях корабельной лаборатории (при атмосферном давлении и температуре  $>20^\circ\text{C}$ ) с пробами воды, отобранными на различных глубинах водной толщи. При

**Продукционно-деструкционные характеристики бактериопланктона  
на полигонах в районах поднятий океанического дна Северной Атлантики**

| Горизонт, м | Средняя температура, °C | Число измерений | Пределы колебаний величин |                       |                       |
|-------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
|             |                         |                 | K, сут <sup>-1</sup>      | P, мг·м <sup>-3</sup> | D, мг·м <sup>-3</sup> |
| I полигон   |                         |                 |                           |                       |                       |
| 0           | 15,3                    | 12              | 0,10—0,37                 | 16—93                 | 94—337                |
| 10          | 15,4                    | 5               | 0,08—0,19                 | 12—63                 | 123—334               |
| 30          | 13,9                    | 5               | 0,00—0,22                 | 0—36                  | 102—222               |
| 50          | 12,9                    | 1               | 0,37                      | 38                    | 106                   |
| 100         | 12,2                    | 1               | 0,28                      | 13                    | 56                    |
| 250         | 11,0                    | 1               | 0,22                      | 6                     | 38                    |
| 500         | 7,3                     | 2               | 0,10—0,16                 | 3—2                   | 16—17                 |
| 750         | 5,8                     | 1               | 0,20                      | 4                     | 17                    |
| 1000        | 4,2                     | 1               | 0,08                      | 1                     | 17                    |
| II полигон  |                         |                 |                           |                       |                       |
| 0           | 13,7                    | 7               | 0,05—0,22                 | 13—58                 | 179—259               |
| 10          | 13,7                    | 1               | 0,08                      | 23                    | 224                   |
| 30          | 10,3                    | 1               | 0,15                      | 17                    | 97                    |
| 50          | 9,4                     | 1               | 0,23                      | 28                    | 98                    |
| 100         | 8,3                     | 1               | 0,14                      | 4                     | 33                    |
| 250         | 5,9                     | 1               | 0,13                      | 3                     | 24                    |
| 500         | 4,5                     | 1               | 0,10                      | 2                     | 20                    |
| III полигон |                         |                 |                           |                       |                       |
| 0           | 23,7                    | 11              | 0,21—1,00                 | 12—77                 | 66—224                |
| 25          | 23,8                    | 4               | 0,23—0,80                 | 27—72                 | 153—249               |
| 50          | 22,7                    | 4               | 0,19—0,73                 | 23—62                 | 144—246               |
| 100         | 18,4                    | 4               | 0,12—0,75                 | 10—32                 | 70—115                |
| 250         | 15,9                    | 4               | 0,43—0,91                 | 14—26                 | 31—67                 |
| 500         | 12,6                    | 2               | 0,39—0,63                 | 14—16                 | 36—66                 |
| 1000        | 8,7                     | 2               | 0,07—0,31                 | 4—5                   | 20—39                 |
| IV полигон  |                         |                 |                           |                       |                       |
| 0           | 24,1                    | 9               | 0,21—0,91                 | 23—74                 | 106—214               |
| V полигон   |                         |                 |                           |                       |                       |
| 0           | 28,3                    | 9               | 0,27—0,86                 | 32—119                | 141—251               |

пересчете на температуру *in situ* оказалось, что удельная скорость роста бактериальной популяции ( $K$ ) на полигонах не превышала 0,37 сут<sup>-1</sup> (таблица). В пределах одного и того же горизонта (при одинаковой температуре воды) на разных станциях разброс величин удельной скорости роста достигал такого же размаха, как изменения этих величин по вертикали. Бактериальная продукция в поверхностном горизонте на полигоне I составила в среднем 45 мг·м<sup>-3</sup>·сут<sup>-1</sup> (при температуре воды 15,3—16,2 °С), на II полигоне — 32 мг·м<sup>-3</sup>·сут<sup>-1</sup> (при температуре воды 13,4—13,9 °С). Расчетные величины бактериальной деструкции для поверхностных вод I и II полигонов лежали в пределах 200 мг·м<sup>-3</sup>·сут<sup>-1</sup>. Резкое уменьшение величин бактериальной продукции и деструкции с глубиной (см. таблицу) объясняется значительным снижением численности бактерий.

В районах поднятий океанического дна, расположенных в субтропической и приэкваториальной зонах Северной Атлантики (III, IV, V полигоны), плотность бактериального населения по сравнению с умеренной зоной уменьшилась почти вдвое. Максимальные величины бактериальной биомассы наблюдались в слое 0—100 м и достигали на отдельных горизонтах немногим более 150 мг·м<sup>-3</sup> (рис. 2). В среднем для слоя 0—100 м количество бактериальной биомассы составляло около 80 мг·м<sup>-3</sup>. Ниже эвфотического слоя эти показатели уменьшились в три-четыре раза.

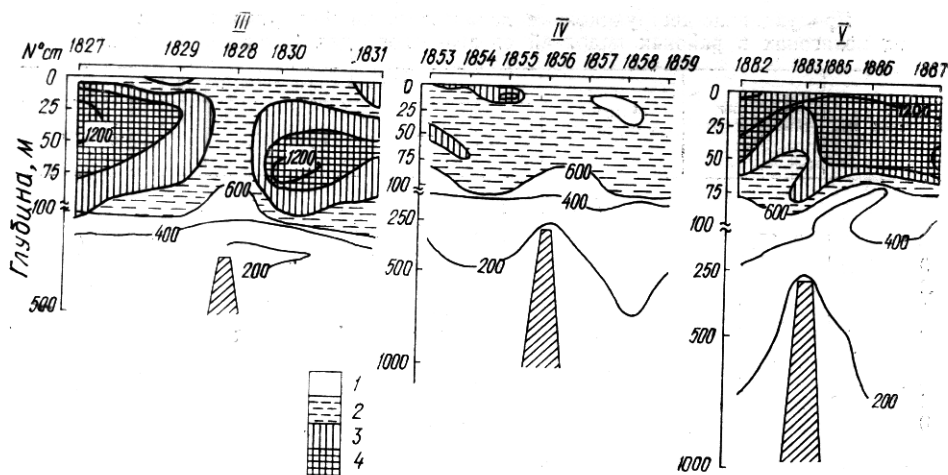


Рис. 4. Распределение численности бактерий на широтных разрезах через III—V полигоны:

1 — 600 млрд кл.·м<sup>-3</sup>, 2 — 600—800, 3 — 800—1000, 4 — >1000

Пространственное распределение бактерий на полигонах отличалось неравномерностью (рис. 3). Так, на III полигоне в слое активного фотосинтеза (0—25 м) пятно наименьшей численности бактерий было обнаружено над вершиной горы Эрвинг (рис. 3). На широтном разрезе через эту вершину наблюдалось проникновение обедненных бактериальной жизнью вод даже в поверхностные слои и распространение их в обе стороны от вершины. На периферии зоны подъема отмечено увеличение количества бактерий, особенно на глубинах 25—50 м (ст. 1827) и 75 м (ст. 1830), что указывает на опускание богатых жизнью поверхностных вод в нижележащие слои (рис. 4).

Область максимальной концентрации бактериопланктона (свыше 1100 млрд кл.·м<sup>-3</sup>) находилась на северо-востоке полигона III над горой Крюизе (ст. 1819).

На IV полигоне пятно минимальных концентраций бактерий также располагалось в районе поднятия океанического дна (гора Метеор, рис. 3). На широтном разрезе, пересекающем эту гору, отмечены подъем изолиний с пониженным содержанием бактерий к поверхности и распространение обедненных бактериальной жизнью вод на обширной территории к западу и востоку от вершины (рис. 4).

В пространственном распределении бактериопланктона на V полигоне выделялись две области: повышенного и относительно слабого развития бактериальной жизни. Область, характеризующаяся высокими показателями бактериальной численности в слое 0—25 м, располагалась в южной части полигона (рис. 3) и в общих чертах совпадала с зоной распространения теплых вод (по данным буксируемого измерительного комплекса «Кальмар»). Максимальные величины бактериальной биомассы были обнаружены на глубинах 10 м (170 мг·м<sup>-3</sup>) и 50 м (163 мг·м<sup>-3</sup>) на ст. 1891 и 1889 соответственно.

В направлении к северу практически по всей акватории V полигона численность бактерий постепенно уменьшалась, что, возможно, обусловлено подъемом вод, который был обнаружен на северо-востоке исследуемой акватории (по гидрологическим данным).

На широтном разрезе через одну из вершин, расположенную в южной части полигона V (ст. 1883), наблюдалось поднятие глубинных вод, зафиксированное лишь в нижних слоях водной толщи не выше 50 м (рис. 4). Слой от поверхности до 50 м отличался повышенным развитием бактериальной жизни (более 1000 млрд кл.·м<sup>-3</sup>).

Максимальные величины удельной скорости роста бактерий на полигонах III—IV достигали 1,0·сут<sup>-1</sup>, что превышало активность роста



бактерий на I и II полигонах более чем в 2,5 раза (см. таблицу). Возрастание удельной скорости роста клеток в южных широтах объясняется значительным увеличением температуры воды (на отдельных горизонтах — на 10—15 °C). Однако расчетные величины бактериальной продукции и деструкции и характер их изменения по глубинам на северных (I и II) и южных (III—V) полигонах мало отличались между собой. Исходя из формулы расчета этих величин, продукционно-деструкционные показатели на I и II полигонах создавались за счет высоких величин бактериальной биомассы, на других полигонах — за счет более интенсивного размножения клеток.

Таким образом, бактериальное население районов поднятий океанического дна оказалось подверженным влиянию топографического фактора, проявившемуся через изменение гидрологических характеристик вод. В зонах подъема вод отмечено снижение микробиологических показателей. Участки максимального развития бактериопланктона располагались на периферии циклонических круговоротов и во фронтальных зонах.

1. Анищенко-Россова Э. Я. Бактериопланктон тропической и Северной Атлантики: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1974. — 31 с.
2. Винберг Г. Г. Интенсивность дыхания бактерий // Успехи соврем. биологии. — 1946. — 21, вып. 3. — С. 401—413.
3. Винберг Г. Г. Сравнительная оценка некоторых распространенных методов расчета продукции водных бактерий // Гидробиол. журн. — 1971. — 7, № 4. — С. 86—96.
4. Заика В. Е. О методах расчета продукции бактерий // Океанология. — 1967. — 7, вып. 3. — С. 527—533.
5. Иванов М. В. Метод определения продукции бактериальной биомассы в водоеме // Микробиология. — 1955. — 24, вып. 1. — С. 79—80.
6. Иерусалимский Н. Д. Основы физиологии микробов. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 242 с.
7. Крисс А. Е. Микробиологическая океанография. — М.: Наука, 1976. — 268 с.
8. Гидрологическая структура Атлантического океана, Норвежского и Гренландского морей по микробиологическим данным / А. Е. Крисс, И. Н. Мицкевич, И. Е. Мишустина, С. С. Абызов // Микробиология. — 1960. — 29, вып. 6. — С. 875—878.
9. Лебедева М. Н., Шумакова Г. В. К вопросу о достоверности данных, полученных методом прямого учета бактерий на фильтрах // Там же. — 1969. — 38, вып. 2. — С. 351—357.
10. Романенко В. И., Кузнецов С. И. Экология микроорганизмов пресных водоемов: (лаб. руководство). — Л.: Наука, 1974. — 194 с.
11. Россова Э. Я. Количественная характеристика бактериального населения Северо-Восточной Атлантики // Материалы рыбохоз. исслед. Сев. бассейна. — 1971. — Вып. 17. — С. 63—76.
12. Чепурнова Э. А. Интенсивность роста и обмена у морского бактериопланктона: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1977. — 26 с.

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

Получено  
13.12.84

E. A. SHEPURNOVA, L. G. GUTVEIB.  
G. V. SHUMAKOVA

## BACTERIOPLANKTON IN REGIONS OF SUBSURFACE ELEVATIONS IN THE NORTH ATLANTIC

### Summary

The total quantity and biomass of bacteria have been determined in five ranges of subsurface elevations regions in the North Atlantic at water depth from 0 to 1000 m by the method of count up on membrane ultrafilters. Productivity has been also determined by the gain of bacteria in dishes for 4 hours. Influence of the hydrological structure of waters on the bacterial population density has been found manifesting in a decrease of microbiological indices in areas of subsurface elevations and in their increase in the periphery of cyclonic cycles and in frontal areas. The bacterioplankton distribution in the studied aquatory reflected peculiarities of the geographical location of ranges. The bacterial productivity in the southern latitudes has increased respective to the water temperature elevation.