

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

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ



35

1990

PECULIARITIES OF DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON PIGMENTS IN THE EASTERN PART OF THE BLACK SEA IN EARLY SUMMER

Summary

The content of chlorophyll and pheophytin was studied in two dimensional groups of phytoplankton in the eastern part of the Black Sea in June-July, 1986. The contribution of these groups of phytoplankton to the total biomass was estimated both in the surface layer and in the euphotic zone depth. The share of small forms for oligotrophic regions was 40-55%, that for mesotrophic ones — 20-30% with the tendency to decrease in the euphotic zone depth. Pheophytin is shown to prevail in the large fraction of phytoplankton.

УДК 579(26)

Э. А. ЧЕПУРНОВА, Л. Г. ГУТВЕЙБ

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ПИКОЦИАНОБАКТЕРИЙ В БАКТЕРИОПЛАНКТОНЕ ТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ

На крупномасштабном полигоне в тропической Атлантике (12° с. ш.—1° ю. ш., 16° з. д.—32°30' з. д.) изучали закономерности распределения бактериопланктона и цианобактерий. Средняя биомасса бактериопланктона в слое 0—100 м составила 50,6 мг·м⁻³, цианобактерий — 9,9 мг·м⁻³. Максимальные концентрации суммарной биомассы бактериопланктона и цианобактерий обнаружены в районах прибрежного и океанического апвеллингов. В процентном выражении от суммарного количества бактериопланктона и цианобактерий доля цианобактерий на различных горизонтах водной толщи изменялась в среднем по полигону от 0,5 до 4,0% — по численности и от 4,7 до 23,4% — по биомассе.

Изучение биологической продуктивности открытых районов океана предусматривает получение характеристик количественного распределения всех компонентов структуры планктонного сообщества. В последнее время появился особый интерес к изучению планктонной пикофракции благодаря обнаружению в бактериопланктоне (методами люминесцентной и электронной микроскопии) множества (десятки и сотни тысяч в 1 мл воды) мелких автофлуоресцирующих клеток, отнесенных к хроококкоидным цианобактериям. По размерам и морфологии эти клетки похожи на бактериальные, но отличаются характерным желто-оранжевым свечением при возбуждении сине-фиолетовым светом в люминесцентном микроскопе [4, 5, 12, 15, 16]. Значимость этих организмов в планктонном сообществе оценивается очень высоко.

Судя по литературным источникам, при изучении микропланктона основное внимание исследователей было обращено на определение доли пикофракции в суммарном фитопланктоне [8, 13, 17, 18] или доли гетеротрофов в пикофракции [6], а также на изучение соотношения автотрофов и гетеротрофов в общем микропланктоне [7].

Информация о количественном содержании авто- и гетеротрофной компонент в суммарном бактериопланктоне была впервые получена нами [11].

В 47 рейс НИС «Михаил Ломоносов» (июнь — октябрь 1986 г.) в плане комплексного изучения динамически активной зоны тропической Атлантики были продолжены исследования по выяснению количественных соотношений между общим бактериопланктоном и цианобактериями.

Материал и методика. Закономерности распределения бактериопланктона и цианобактерий изучали на крупномасштабном полигоне, ограниченном с севера на юг 12° с. ш. — 01° ю. ш. и с востока на запад 16° з. д. — 32°30' з. д. (рис. 1).

Пробы воды для анализа отбирали со стандартных горизонтов (0,5—10, 20—25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 м) в основном до глубины

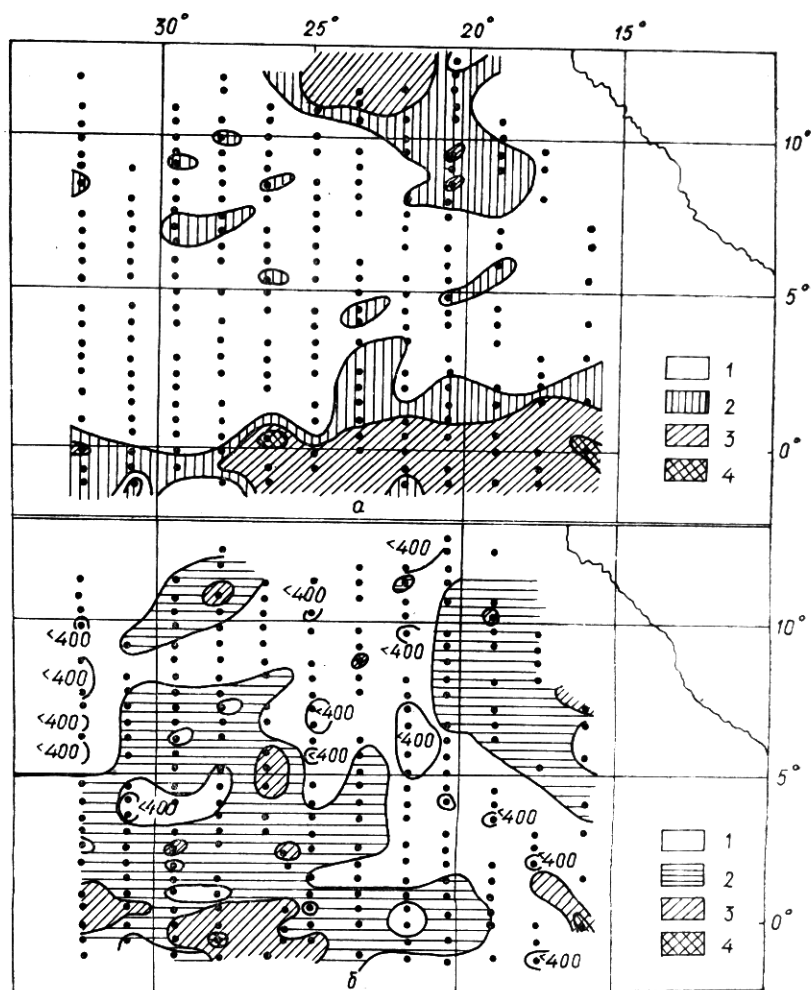


Рис. 2. Распределение численности цианобактерий (а) и бактериопланктона (б) в поверхностном слое на полигоне (в тыс. кл. мл⁻¹). Обозначения рис. 2 а: 1 — <20; 2 — 20—40; 3 — 40—80; 4 — >100. Обозначения рис. 2, б: 1 — 400—600; 2 — 600—800; 3 — 800—1000; 4 — 1000

Численность бактериопланктона в поверхностном слое (0 м) при колебаниях на отдельных станциях от 200 до 1103 тыс. кл. мл⁻¹ в среднем составила 605 тыс. кл. мл⁻¹. Количество клеток цианобактерий было еще более изменчивым (0,5—153 тыс. кл. мл⁻¹) при фоновой концентрации 20 тыс. кл. мл⁻¹ [3]. Области максимальных величин как бактериопланктона (800 тыс. кл. мл⁻¹), так и цианобактерий (50 тыс. кл. мл⁻¹) наблюдались вдоль экватора и в северо-восточном углу полигона (рис. 2). При этом пятна высоких концентраций бактериопланктона и цианобактерий располагались с некоторым смещением относительно друг друга, что может быть следствием перемещения вод по течению. Так, при движении южного пассатного течения на запад вдоль экватора максимум бактериопланктона сместился западнее относительно области высоких концентраций цианобактерий. Такую же картину смещения гетеротрофного пятна к юго-востоку по направлению Гвинейского течения вдоль Африканского побережья можно наблюдать на северо-востоке полигона. Районы подъема глубинных вод характеризовались вспышкой развития цианобактерий и низкими концентрациями бактериопланктона.

При вертикальном распределении бактериопланктона и цианобактерий на глубоководных станциях отмечалось уменьшение их количе-

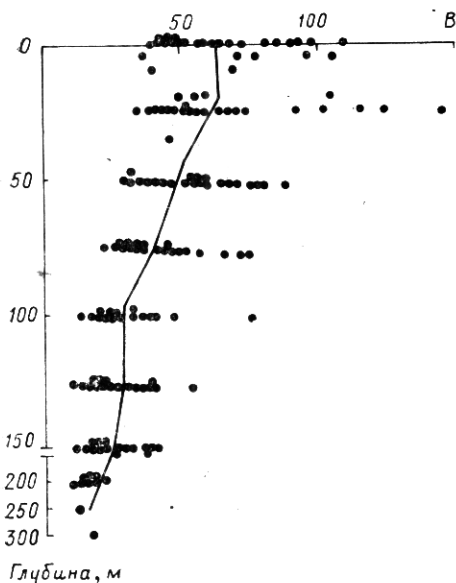


Рис. 3. Распределение бактериальной биомассы в толще вод на полигоне

33 (ст. 4971 и 4974) до $81 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (ст. 5144, табл. 1).

При изучении вертикального распределения цианобактерий на глубоководных станциях максимальное их количество было обнаружено на 0 и 25 м (26,1 и $27,3 \text{ тыс. кл} \cdot \text{мл}^{-1}$ соответственно), на 100-метровой глубине величины уменьшились более чем на порядок (рис. 4). Размеры клеток на различных горизонтах заметно отличались. Так, в подавляющем большинстве случаев на глубинах 75 и 100 м клетки цианобактерий зрительно отличались от встречаемых на других горизонтах, т. е. были крупнее и ярче. Как видно из табл. 2, основную массу цианобактерий составляли клетки менее 1 мкм^3 , самые мелкие клетки ($< 0,5 \text{ мкм}^3$) встречались в большем количестве (75,0%) в поверхностном горизонте, самые крупные ($> 2,0 \text{ мкм}^3$) — на 50 и 75 м (25,6 и 27,5% соответственно). Средний для слоя 0—100 м объем клеток цианобактерий равнялся $0,6 \text{ мкм}^3$. В соответствии с достаточно высоким количеством клеток на 50-метровой глубине ($21,7 \text{ тыс. кл} \cdot \text{мл}^{-1}$) и

ства ниже эвфотической зоны. Численность бактерий на отдельных станциях на 25 м достигала $1159\text{—}1459 \text{ тыс. кл} \cdot \text{мл}^{-1}$ (ст. 4914, 5003, 5186) при средней концентрации клеток на этом горизонте ($650 \text{ тыс. кл} \cdot \text{мл}^{-1}$). Ниже эвфотической зоны численность бактерий составляла $100\text{—}400 \text{ тыс. кл} \cdot \text{мл}^{-1}$.

Максимум бактериальной биомассы (при среднем объеме клеток $0,1 \text{ мкм}^3$) отмечен на 25 м и составил в среднем $65 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ в сыром весе (рис. 3). Эта величина мало отличалась от полученной на поверхности ($64 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), а на 100-метровой глубине наблюдали уменьшение бактериальной биомассы до $29 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, т. е. в 2,2 раза. Средняя биомасса бактериопланктона в слое 0—100 м составила $50,6 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ при колебаниях на отдельных станциях от

Таблица 1. Распределение численности (N) и биомассы (B) бактериопланктона и цианобактерий в слое 0—100 м на глубоководных станциях

Номер станции	Бактериопланктон		Цианобактерии		Номер станции	Бактериопланктон		Цианобактерии	
	$N \cdot 10^3, \text{ мл}^{-1}$	$B, \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$	$N \cdot 10^3, \text{ мл}^{-1}$	$B, \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$		$N \cdot 10^3, \text{ мл}^{-1}$	$B, \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$	$N \cdot 10^3, \text{ мл}^{-1}$	$B, \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$
4914	694	69	7,9	5,9	5008	372	37	22,2	8,1
4917	442	44	11,4	7,8	5020	531	53	14,0	10,4
4925	669	67	23,3	7,5	5026	486	49	23,4	10,2
4928	618	62	55,5	19,2	5030	368	37	14,9	6,0
4933	478	48	37,4	24,7	5041	639	64	20,1	15,8
4938	502	50	29,7	20,2	5051	465	47	17,6	10,4
4955	429	43	25,9	17,8	5065	336	34	5,5	3,0
4961	531	53	8,7	7,9	5097	452	45	12,9	11,0
4965	444	44	13,8	8,4	5126	428	43	6,3	3,3
4971	329	33	23,2	7,3	5132	364	36	7,7	4,5
4974	333	33	10,7	4,8	5139	773	77	5,7	5,1
4976	413	41	24,6	6,8	5144	806	81	28,5	17,2
4988	434	43	16,0	9,8	5149	574	57	25,8	20,5
4991	411	41	8,7	5,2	5186	775	78	16,7	11,1
4995	476	48	10,6	4,7	5193	512	51	15,5	8,4
5003	679	68	20,3	6,7	5208	450	45	12,8	8,2

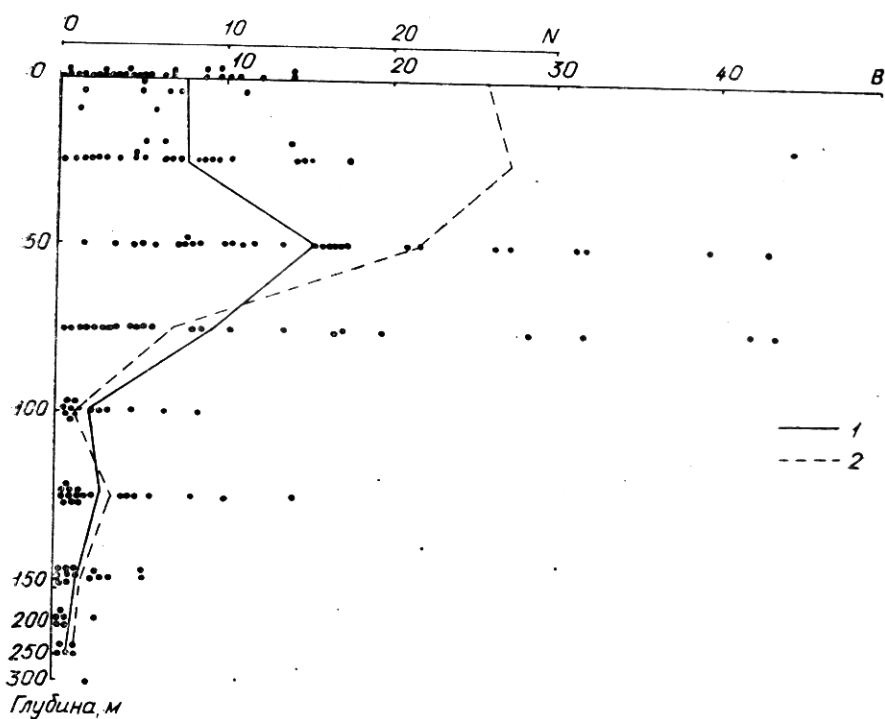


Рис. 4. Распределение численности (N , тыс. кл.·мл⁻¹) (2) и биомассы (B , мг·м⁻³ сырой массы) (1) цианобактерий в толще вод на полигоне

довольно крупными размерами клеток (0,87 мкм³) здесь по осредненным для полигона данным получена максимальная биомасса цианобактерий — 15,6 мг·м⁻³ (рис. 4). Средняя для слоя 0—100 м величина биомассы цианобактерий составила 9,9 мг·м⁻³ при колебаниях на отдельных станциях от 3,0 (ст. 5065 в центре полигона) до 20,5 и 24,7 мг·м⁻³ (ст. 5149 и 4933 на экваторе, табл. 1).

В процентном выражении от суммарного бактериопланктона доля цианобактерий на различных горизонтах водной толщи изменялась в среднем по полигону от 0,5 до 4,0% — по численности и от 4,7 до 23,4% — по биомассе (рис. 5). На отдельных станциях на глубине 50 и 75 м процентное содержание биомассы цианобактерий составляло около 50% (ст. 4933, 4955, 4938, 5149, рис. 6).

Полученные в 47 рейсе НИС «Михаил Ломоносов» данные о распределении бактериопланктона и цианобактерий отвечают общепринятому представлению о закономерностях пространственного распределения в океане организмов планктонного сообщества. Так, основной максимум бактериопланктона располагается у верхней границы термоклина и хорошо коррелирует с максимумом мутности, биолюминесценции и биомассы фитопланктона. В тропической зоне Атлантики максимум в развитии фитопланктона отмечен в верхнем 25- и 50-метровом слое, где и создаются наиболее благоприятные условия для гетеротрофного бактериопланктона. Здесь по результатам наших исследований были зафиксированы максимальные концентрации бактериальной биомассы.

Таблица 2. Соотношение размерных групп цианобактерий (v , мкм³) на разных горизонтах водной толщи, %

Горизонт, м	Размерная группа, $v_{\text{ср}}$	<0,5	0,5—1,0	1,0—2,0	>2,0
0	0,29	75,0	20,0	2,5	2,5
50	0,87	35,9	20,5	18,0	25,6
75	1,34	25,0	30,0	17,5	27,5
125	0,78	46,7	13,3	26,7	13,3

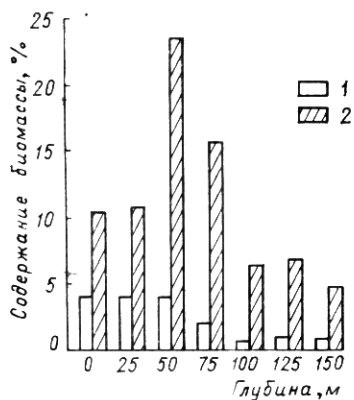


Рис. 5. Процентное содержание цианобактерий в суммарном бактериопланктоне по численности (1) и биомассе (2) на различных глубинах водной толщи

Рядом авторов [14, 17] показано, что цианобактерии наиболее эффективно используют зеленый свет (530 нм) и поэтому в большом количестве встречаются в нижних слоях эвфотической зоны в условиях 1%-го уровня освещенности. Наряду с этим существует мнение, что вертикальное распределение цианобактерий в меньшей степени зависит от освещенности, а более связано с характером перемешивания вод и обеспеченностью солями [9, 10].

При сравнении наших данных с результатами исследований в Атлантике [6, 17] обнаруживается определенное сходство: в процентном выражении от суммарного бактериопланктона доля цианобактерий была невелика; области интенсивного развития цианобактерий наиболее часто встречались в экваториальной зоне; максимумы численности цианобактерий и гетеротрофных бактерий не были приурочены к определенной

глубине и представляли различные сочетания в зависимости от гидрохимических и гидрологических характеристик района.

Однако если величины минимальных показателей численности цианобактерий укладываются в пределы, приводимые в работах [6, 17], то максимальные величины, зафиксированные нами в исследуемый период, были значительно выше.

Несмотря на то, что распределение численности цианобактерий по глубинам отличалось разнообразием, максимальная биомасса этих микроорганизмов обнаружена на 50, реже — на 75 м. На этих глубинах они защищены от конкурирующего воздействия крупного фитопланктона и обеспечены достаточным количеством биогенов для продуциро-

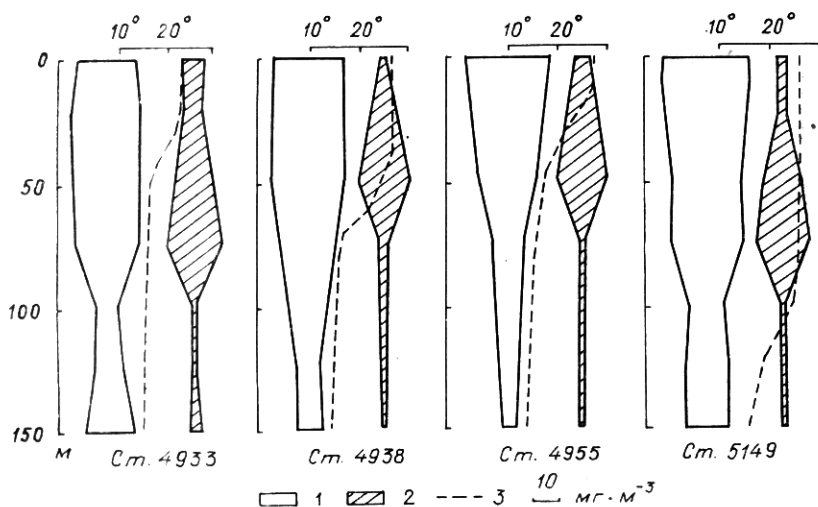


Рис. 6. Вертикальное распределение биомассы бактериопланктона (1) и цианобактерий (2) на отдельных станциях полигона; 3 — температурная кривая

вания биомассы. Таким образом, присутствие цианобактерий ощущается наиболее заметно в нижних слоях эвфотической зоны, где они могут составить существенное добавление к гетеротрофной биомассе бактериопланктона.

1. Безбородов А. Л., Абакумова Т. П., Ляшенко С. В. Фосфаты в водах северной части тропической Атлантики // Океанол. исслед. в вост. части атлант. троп. энер-

- гоактив. зоны. Матер. 47 рейса НИС «Михаил Ломоносов». — Севастополь, 1987. — 106 с. — (Рукопись деп. в ВИНТИ, № 6826 — В 87).
2. Планктон и биологическая продуктивность тропической Атлантики. — Киев: Наук. думка, 1971. — 278 с.
 3. Гутвейб Л. Г. Пространственное распределение фототрофного бактериопланктона (цианобактерий) в тропической Атлантике // Океанол. исслед. в вост. части атлант. троп. энергоактив. зоны. Матер. 47 рейса НИС «Михаил Ломоносов». — Севастополь, 1987. — (Рукопись деп. в ВИНТИ, № 6826. — В 87).
 4. Заика В. Е. Вертикальное распределение автотрофного пикопланктона в Индийском океане и Средиземном море // Океанология. — 1986. — 36, № 2. — С. 282—287.
 5. 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.
 6. Заика В. Е., Шевченко В. А., Булатов К. В., Малиночка И. И. Исследования фототрофного пикопланктона в тропической Атлантике // Пикофракция в составе планктона тропической зоны Атлантического океана. Матер. 20 рейса НИС «Профессор Водяницкий». — Севастополь, 1987. — 70 с. — Рукопись деп. в ВИНТИ, № 3798—В 87.
 7. Лопухин А. С. Аденозинтрифосфат как показатель роли размерных фракций фитопланктона в олиготрофных районах тропической Атлантики // Докл. АН СССР. — 1985. — 285, № 6. — С. 509—512.
 8. Микаэлян А. С. Пикофитопланктон субантарктических вод Тихого океана // Океанология. — 1987. — 27, № 5. — С. 818—825.
 9. Мокеева Н. П. Автотрофный пикопланктон в северо-восточной акватории тропической зоны Тихого океана // Там же. — 1988. — 28, № 3. — С. 478—482.
 10. Раткова Т. Н. Роль автотрофного пикопланктона в океане // Третий съезд советских океанологов. — Ленинград, 1987. — С. 51—53.
 11. Чепурнова Э. А., Гутвейб Л. Г. Количественное распределение и размерная структура фототрофного бактериопланктона (цианобактерий) в Средиземном море и Атлантическом океане // Океанология. — 1988. — 28, № 5. — С. 834—840.
 12. Davis P. G., Caron D. A., Johnson P. W., Sieburth J. McN. Phototrophic and aprochlorotic components of picoplankton and nanoplankton in the North Atlantic: geographic, vertical, seasonal and diel distributions // Mar. Ecol. Progr. Ser. — 1985. — 21, N 1—2. — P. 15—26.
 13. Fogg G. E. Picoplankton // Proc. Roy. Soc. London. — 1986. — B. 228, N 1250. — P. 1—30.
 14. Glover H. E., Keller M. D., Guillard R. R. L. Light quality and oceanic ultraphytoplankters // Nature. — 1986. — 319, N 6049. — P. 142—143.
 15. Johnson P. W., Sieburth J. McN. Chroococcoid cyanobacteria in the sea: A ubiquitous and diverse phototrophic biomass // Limnol. and Oceanogr. — 1979. — 24, N 5. — P. 928—935.
 16. Joint I. R., Pipe R. K. An electron microscope study of a natural population of picoplankton from the Celtic Sea // Mar. Ecol. Progr. Ser. — 1984. — 20, N 1—2. — P. 113—118.
 17. Murphy L. S., Haugen E. M. The distribution and abundance of phototrophic ultraplankton in the North Atlantic // Limnol. and Oceanogr. — 1985. — 30, N 1. — P. 47—58.
 18. Stockner J. G. Algal picoplankton from marine and fresh-water ecosystems: A multidisciplinary respective // Can. J. Fish. and Aquat. Sci. — 1986. — 43, N 12. — P. 2472—2503.

Ин-т биологии юж. морей

им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 12.12.88

E. A. CHEPURNOVA, L. G. GUTVEIB

QUANTITATIVE ESTIMATIONS IN THE CONTENT OF PICOCYANOBACTERIA IN THE BACTERIOPLANKTON OF THE TROPIC ATLANTICS

Summary

Regularities of bacterioplankton and cyanobacteria distribution were studied on the large-scale ground in the tropic Atlantics (12° N. L. — 1° S. L., 16° W. L. — 32°3' W. L.) during the 47th cruise of research vessel „Mikhail Lomonosov“ (June-October, 1986). The average biomass of bacterioplankton in a layer of 0-100 m made up 50.6 mg·m⁻³ that of cyanobacteria — 9.9 mg·m⁻³. The maximal values were observed in the regions of coastal and oceanic upwellings. The maximum of biomass was observed in the 25 m layer, that of cyanobacteria — in the 50 m layer. The share of cyanobacteria at different depths of water thickness, if expressed in percentage of the total quantity of bacterioplankton and cyanobacteria, varied on the average along the ground from 0.5 up to 4.0% by the quantity and from 4.7 up to 23.4% by biomass.