

УДК 579.581.526.325(269)

## СОСТОЯНИЕ МИКРОПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА (ФИТО- И БАКТЕРИОПЛАНКТОН) В ОСЕННИЙ ПЕРИОД НА МЕЛКОВОДЬЕ АРГЕНТИНСКИХ ОСТРОВОВ, АНТАРКТИКА.

С.А. Серегин, Ю.В. Брянцева, В.Д. Чмыр.

Институт биологии южных морей НАН Украины, 99011, г. Севастополь, пр-т Нахимова, 2  
e-mail [seregin@ibss.iuf.net](mailto:seregin@ibss.iuf.net)

**Реферат.** Биомасса и продукция бактерио- и фитопланктона измерены в окрестностях Украинской антарктической станции (УАС) Академик Вернадский в конце марта 1998 г. В составе “осеннего” фитопланктона архипелага Аргентинских островов отмечено 77 видов планктонных водорослей. По биомассе доминировали диатомовые, прежде всего, *Corethron criophylum*. По численности на половине станций преобладали флагелляты; массовыми были диатомовые (*Chaetoceros*, *Corethron*, *Fragilariopsis*) и, на некоторых станциях, кокколитофиты (*Coccolitina* sp.). Измеренная первичная продукция на поверхности, в среднем, составляла  $9,66 \pm 6,87$  мг С м<sup>-3</sup> сут<sup>-1</sup> (от 3,0 до 15,86), а рассчитанная –  $7,55 \pm 2,61$  мг С м<sup>-3</sup> сут<sup>-1</sup> (от 1,14 до 12,61). Средняя численность бактериопланктона находилась на уровне 0,5 млн. кл. мл<sup>-1</sup>. Продукция бактерий в поверхностном слое составляла, в среднем, 52% от уровня продукции фитопланктона.

**Стан мікропланктонного угруповання (фіто- і бактеріопланктон) в осінній період на мілинах Аргентинських островів, Антарктика.** С.О. Серьогін, Ю.В. Брянцева, В.Д. Чмир

**Реферат.** Біомаса та продукція бактеріо- і фітопланктону вимірювались в районі Української антарктичної станції (УАС) Академік Вернадський в кінці березня 1998 р. В складі “осіннього” фітопланктону архіпелагу Аргентинських островів було визначено 70 таксонів планктонних водоростей. По біомасі домінували діатомові, передусім, *Corethron criophylum*. На половині станцій чисельно переважали флагеляти; масовими були діатомові водорості (*Chaetoceros*, *Corethron*, *Fragilariopsis*), та на деяких станціях, кокколітофориди (*Coccolitina* sp.). Виміряна первинна продукція в поверхневому шарі води в середньому складала  $9,66 \pm 6,87$  мг С м<sup>-3</sup> доб<sup>-1</sup> (від 3,0 до 15,86), а розрахована –  $7,55 \pm 2,61$  мг С м<sup>-3</sup> сут<sup>-1</sup> (від 1,14 до 12,61). Середня чисельність бактеріопланктону знаходилась на рівні 0,5 млн. кл. мл<sup>-1</sup>. Продукція бактерій в поверхневому шарі складала в середньому 52% від рівня продукції фітопланктону.

**Microplankton (phyto- and bacterioplankton) during austral autumn in the coastal waters of the Argentina Islands Archipelago, Antarctica** by S.A. Seregin, Yu.V. Bryantseva, V.D. Chmyr

**Abstract.** Biomass and production of the bacterio- and phytoplankton were measured in the region of the Ukrainian Antarctic station Akademik Vernadsky at the end of March, 1998. There were marked 70 taxons of planktonic algae in the composition of the "autumnal" phytoplankton in the Argentina islands archipelago waters. Biomass dominated were *Bacillariophyceae*, and the first of all, *Corethron criophylum*. Flagellates were most abundantly at the half of stations; the diatom algae (*Chaetoceros*, *Corethron*, *Fragilariopsis*) were numerous and, at some stations, *Coccolitophoridae*, as well. Measured primary production in the surface waters, on the average, was  $9,66 \pm 6,87$  mg C m<sup>-3</sup> day<sup>-1</sup> (from 3,0 up to 15,86), and counted primary production –  $7,55 \pm 2,61$  mg C m<sup>-3</sup> day<sup>-1</sup> (from 1,14 up to 12,61). The mean number of bacterioplankton was at the level of 0,5 million cells ml<sup>-1</sup>. Contribution of bacterial production in the surface layer was, on the average, 52 % of the primary production of phytoplankton.

**Key words:** phytoplankton, bacterioplankton, biomass, production, Antarctica.

### 1. Введение

Прибрежные воды Антарктического полуострова относятся к наиболее продуктивным районам Южного океана (Huntley et al., 1991). По “производству” первичного органического вещества во время весенне-летнего “цветения” фитопланктона они не уступают самым продуктивным водам мирового океана. К концу южного лета (конец февраля - начало марта) наблюдается резкий спад показателей обилия фитопланктона. Весенне-летней стадии сезонной сукцессии планктонного сообщества вод региона Антарктического полуострова и прилегающих островных архипелагов уделено достаточное внимание исследователей (Karl et

al., 1991; Aristegui et al., 1996; Basterretxea, Aristegui, 1999; Bird, Karl, 1999). Переходная стадия от лета к зиме освещена гораздо менее подробно. В водах пролива Герлаха первичная продукция в верхнем 50-метровом слое к началу 3-й декады марта (1987 г.) уменьшалась на порядок по сравнению с периодом летнего “цветения” (Holm-Hansen, Mitchell, 1991), а доля бактериальной биомассы, наоборот, возрастала ~ в 4 раза (Karl et al., 1991). Для вод более южного побережья Антарктического полуострова, в том числе, района Аргентинских островов, нам известны лишь данные о зимнем уровне продуктивности фито- и бактериопланктона (Kottmeier, Sullivan, 1987). В настоящем сообщении приводятся данные о численности, биомассе и систематическом составе фитопланктонного сообщества, величинах первичной и бактериальной продукции, а также концентрации бактерий в межостровных водах вблизи Антарктического полуострова (архипелаг Аргентинских островов) в конце сезонной сукцессии.

## 2. Материалы и методы.

Сборы материалов проведены в ходе 2-ой Украинской морской антарктической экспедиции 19-21 марта 1998 года на мелководье архипелага Аргентинских островов в окрестностях станции Академик Вернадский (о. Галиндез). Исследования проводились как составная часть комплексной экологической съемки. Всего выполнено 10 станций, размещение которых в межостровном пространстве приведено на рис. 1.

Пробы воды отбирали из поверхностного и придонного слоев 7-литровым батометром Нискина с борта малого плавсредства.

Измерение первичной продукции (PP) производили радиоуглеродным методом Стимана-Нильсена (Steeemann Nielsen, 1952). Для определения использовался радиоуглерод-бикарбонат отечественного производства, очищенный от примесей специальной обработкой. Радиоактивность измеряли на установке ПП-16.

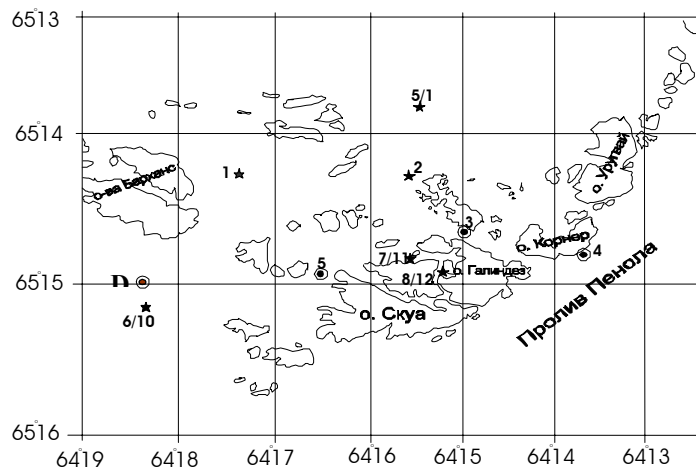


Рис. 1. Схема расположения станций сбора биологических проб в районе УАС Академик Вернадский:

- ★ с определением численности фито- и бактериопланктона;
  - ⊕ с определением продукции фито- и бактериопланктона.
- По оси абсцисс – градусы и минуты западной долготы.  
По оси ординат - градусы и минуты южной широты.

Пробы фитопланктона, предварительно сгущенные методом обратной фильтрации через ядерный фильтр с порами 1 мкм, фиксировались глутаральдегидом с конечной концентрацией 1%. Обработку проводили в счетной камере Нажотта объемом 0,2 мл под световым микроскопом при увеличении 15×10 и 15×20. Для каждого из видов, определенных в пробе,

рассчитывали численность ( $N_{\text{phyto}}$ , млн. кл  $\text{м}^{-3}$ ), средний объем клетки ( $V_{\text{cell phyto}}$ ,  $\text{мкм}^3$ ) и “сырую” биомассу ( $B_{\text{phyto}}$ ,  $\text{мг м}^{-3}$ ) по методике, описанной в работе (Брянцева, 1996).

Первичная продукция фитопланктона в поверхностном слое моря (1м) рассчитывалась по уравнению:  $P = (C_{C1} \cdot N1 \cdot \mu w1 + C_{C2} \cdot N2 \cdot \mu w2 + \dots + C_{Cx} \cdot Nx \cdot \mu wx) \cdot 1,3$ , где  $P$  – валовая продукция ( $\text{мг С м}^{-3} \text{сут}^{-1}$ ),  $C_{C1} \dots C_{Cx}$  – среднее содержание углерода в клетках видов фитопланктона данной пробы,  $\text{pg С клетка}^{-1}$ ;  $N1 \dots Nx$  – число клеток каждого вида в  $1 \text{ м}^3$  воды;  $\mu w1 \dots \mu wx$  – удельная скорость роста данного вида водорослей; 1,3 – коэффициент поправки на дыхание (30 %) (Daneri et al., 1992).

Содержание углерода  $CC$  в клетках фитопланктона рассчитывалось по уравнению (Menden-Deuer, Lessard, 2000). Для различных таксономических групп фитопланктона использовали значения коэффициентов, приведенные в работах: для диатомовых – (Montagnes, Franklin, 2001), для остальных – (Menden-Deuer, Lessard, 2000). Величина удельной скорости роста разных видов фитопланктона рассчитывалась по уравнению К.М. Хайлова с соавторами (Хайлов и др., 1992).

Численность бактерий ( $N_{\text{bac}}$ ,  $10^3 \text{ ml}^{-1}$ ) определяли методом прямого счета на мембранных фильтрах "Sartorius", окрашенных эритрозином. Объем фильтруемой воды - 5 мл; диаметр пор фильтра - 0,2  $\text{мкм}$ . Микроскопию фильтров проводили с масляной иммерсией на микроскопе "Biolar" поляризационно-интерференционным методом при общем увеличении 1250.

Продукция бактериопланктона ( $P_{\text{bac}}$ ,  $\text{мг С м}^{-3} \text{д}^{-1}$ ) определена тритий–тимидиновым методом в соответствии с (Fuhrman, Azam, 1980). Использовали 10 нМ концентрацию метил- $[^3\text{H}]$ -тимидина (Amersham). Время инкубации составляло 0,5 – 6 часов. Расчет коэффициентов перевода скорости накопления тимидина в количество клеток провели по результатам одновременных измерений исследуемых параметров в ходе 3–суточного эксперимента по динамике численности бактерий в предварительно профильтрованной поверхностной воде. Для расчета использовали так называемый “кумулятивный” метод регрессии (BjØrgensen, Kuparinen, 1991). Средняя величина коэффициента составила  $3,17 \times 10^{18}$  клеток на 1 моль тимидина (Чмыр, Серегин, 2002). Радиоактивность фильтров измерена на радиометре Rack-Beta-1200.

### 3. Результаты и обсуждение

В целом, в составе фитопланктона исследованной акватории было зафиксировано больше 70 видов и форм микроводорослей, из них: 47 – диатомовых, 12 – перидиниевых, 9 – золотистых, а также неидентифицированные флагелляты. По численности доминировали флагелляты, представители диатомовых (родов *Chaetoceros*, *Fragilariopsis*, *Licmophora*) и различные кокколитофориды (табл. 1). Общее количество видов на станциях варьировало от 5 до 26, причем, в придонном слое их количество возрастало по сравнению с поверхностью.

Количество фитопланктона в акватории островов характеризовалось относительно низкими значениями численности на поверхности (табл. 2): от 1,7 до 27,7 млн. кл  $\text{м}^{-3}$ . Биомасса на одной станции достигала 100,77  $\text{мг м}^{-3}$ , на остальных была значительно ниже. Основу биомассы составляла диатомовая водоросль *Corethron criophilum*. Доминирование этого вида отмечалось и для других регионов Антарктики (Ратькова, 1987). На двух станциях доминировали виды *Pleurosigma elongatum* и *Fragilariopsis antarctica*. В придонном слое воды, при возрастании количества видов и общей численности фитопланктона, биомасса его заметно снижалась, прежде всего, за счет уменьшения численности вида *Corethron criophilum*.

Основными компонентами, приводящими к неравномерности условий среды рассматриваемого региона, являются изрезанность береговой кромки, рельеф дна, отличающийся резкими перепадами глубин (от 4 до 50 м), изменчивость течений (в зависимости от направления ветров), приливно-отливные явления и, как результат, пространственно-временная неоднородность гидрохимических характеристик. По вертикали водного столба в исследуемый период времени еще сохранялась выраженная стратификация в виде двухслойной структуры с разделом вод на глубине 30–35 метров (Бондарь, Орлова, 1998).

В соответствии с преобладанием разных видов на отдельных станциях и горизонтах, варьировала и фаза сукцессионного процесса. Большая часть обследованной акватории

характеризовалась IV стадией развития фитоценоза с преобладанием по численности мелких флагаеллят (станции 1а, 2ABS, 4ABS, 5ABS, 6/10). Круглогодичное доминирование нанопланктонных флагаеллят как по численности, так и по углеродной биомассе отмечено для прибрежных вод островов Антарктики (Korczynska, 1996). На остальных станциях фитопланктон находился на I и лишь на станции 8/12 – на II стадии сукцессии.

Таблица 1. Состав фитопланктона в прибрежных водах Аргентинских островов (район Академик Вернадский) в марте 1998 г.

Станция	Слой, м	Доля флагаеллят		Доминирующие виды (кроме флагаеллят) и их вклад в суммарное обилие			
		N,%	B,%	по численности	%	по биомассе	%
1а	0	34,5	1,0	Coccolitina sp.	10,3	Corethron criophylum	72,2
2ABS	0	79,1	7,3	Chaetoceros sp.	7,6	C. criophylum	81,6
3ABS	0	38,7	1,2	Fragilariopsis sp.	45,2	C. criophylum	97,1
4ABS	0	36,8	2,6	Coccolitina sp.	23,7	C. criophylum	76,6
5ABS	0	51,9	1,9	Coccolitina sp.	41,8	C. criophylum	94,4
5/1	0	19,6	0,18	F. sublinearis	16,7	C. criophylum	97,0
	у дна			Licmophora sp.	14,7	C. criophylum	97,0
6/10	0	18,3	0,36	F. curta	35,1	C. criophylum	64,5
	у дна			F. curta	47,6	Pleurosigma elongatum	42,4
7/11	0	3,1	0,33	F. antarctica	71,2	F. Antarctica	58,5
	у дна			F. antarctica	83,9	F. antarctica	64,8
8/12	0	-	-	C. criophylum	50,0	C. criophylum	90,3
	у дна			C. criophylum	25,0	C. criophylum	74,6

По сравнению с почти аналогичными по срокам исследованиями 1997 года (Иванов, 1998), когда в районе УАС было зарегистрировано всего 22 внутривидовых таксона диатомовых водорослей, видовое разнообразие фитопланктона в 1998 году было заметно богаче. Биомасса фитопланктона оказалась выше, в среднем, в 1,7 раза, а общая численность (в том числе, за счет учета флагаеллят) – более, чем в 20 раз.

Для других районов Антарктики, сходных с исследованными по условиям, уровни первичного продуцирования существенно различаются по сезонам. Так, для пролива Герлаха средние для слоя фотосинтеза значения суточной первичной продукции изменялись от 139,3 мг С м<sup>-3</sup> в конце декабря, 43,0 - 36,3 – в январе-феврале, до 3,0 мг С м<sup>-3</sup> в марте (отдельно для поверхностного слоя значения будут, конечно, выше) (Holm-Hansen, 1991). В пике цветения продукция фитопланктона может достигать и столь высоких значений, как 0.8 г С м<sup>-3</sup> сут<sup>-1</sup> (для побережья о. Анверс) (Moline, 1996).

Неоднородность абиотических условий в водах архипелага Аргентинских островов отразилась и в варьировании величин первичной продукции в поверхностном слое на разных станциях. На двух станциях, где были получены относительно высокие значения измеренной продукции фитопланктона (15,32 и 15,86 мг С м<sup>-3</sup> сут<sup>-1</sup>), отмечены пониженные концентрации биогенных элементов (фосфатов, нитратов и кремния) и повышенные – насыщенности воды кислородом и рН (Бондарь, 1998), что указывает на интенсивное продуцирование водорослей. На всех остальных станциях первичная продукция, рассчитанная по формулам, колебалась в пределах 1,14-12,61 мг С м<sup>-3</sup> сут<sup>-1</sup>, составляя в среднем 7,55 ± 2,61 мг С м<sup>-3</sup> сут<sup>-1</sup>, что свидетельствует о затухающей активности фитопланктона на исследованной акватории.

На этом фоне резко выделяется самая мелководная (глубина всего 12 метров) ст. 7/11. Она располагалась в непосредственной близости от УАС и в зоне воздействия ее сточных вод, приводящих (локально) к обогащению придонных слоев биогенными элементами. Косвенно, об этом можно судить по высокой численности бактерий у дна (табл. 2). Световые условия мелководья даже в придонном слое обеспечивали активный фотосинтез. Возможно, по этим совокупным причинам, численность фитопланктона у дна, по сравнению с поверхностью, была

выше в 6, а биомасса – в 9 раз. Только на этой станции в массе развивался вид *Fragilariopsis antarctica*, который обусловил здесь максимальный для района уровень развития фитопланктона (табл. 2).

Таблица 2. Обилие и продукция фитопланктона и бактериопланктона на исследованных станциях.

Ст.№	Слой, м	N <sub>bac</sub> 10 <sup>3</sup> мл <sup>-1</sup>	P <sub>bac</sub> мг С м <sup>-3</sup> сут. <sup>-1</sup>	V <sub>cell phyto</sub> , 10 <sup>3</sup> μм <sup>3</sup>	N <sub>phyto</sub> , 10 <sup>6</sup> м <sup>-3</sup>	B <sub>phyto</sub> , м <sup>-3</sup>		PP, мг С м <sup>-3</sup> сут. <sup>-1</sup> :	
						мг	мг С	расчет.	измерен.
D 1	0	527,2±68,4	3,93	-	-	-	-	-	15,86±7,46
	40	193,2±46,2	0,11	-	-	-	-	-	-
ABS1	0	385,8±54,0	-	6,95	14,5	100,77	18,45	10.95	-
ABS2	0	436,3±71,1	-	2,76	27,7	76,358	12,98	6.54	-
ABS3	0	583,2±34,8	6,29	8,48	6,2	52,545	9,66	5.49	3,00±0,80
ABS4	0	470,0±52,7	3,84	1,61	3,8	6,105	1,29	1.14	4,47±0,35
ABS5	0	363,4±81,0	6,02	3,42	7,9	27,045	4,75	2.72	15,32±0,59
5/1	0	694,3±105,3	-	24,53	5,0	122,63	21,36	11.1	-
	У дна	311,8±63,5	-	11,99	5,2	62,341	10,95	-	-
6/10	0	514,8±42,6	-	43,86	3,3	144,74	25,28	12.61	-
	У дна	236,7±54,3	-	3,24	28,9	93,574	20,1	-	-
7/11	0	521,5±74,0	-	1,43	14,2	20,293	5,73	7.06	-
	У дна	481,7±69,6	-	2,26	83,1	188,18	54,52	-	-
8/12	0	473,3±65,5	-	73,72	1,7	125,32	21,73	10.33	-
	У дна	190,7±13,6	-	38,79	1,9	73,704	13,3	-	-

Максимальная продукция бактериопланктона в поверхностном слое наблюдалась в зонах с еще активным фотосинтетическим процессом (ст. D1, ABS5) и сочеталась с умеренно высокой численностью бактерий. Средний измеренный уровень суточной продукции бактериопланктона составлял  $5,02 \pm 1,32$  мг С м<sup>-3</sup> (3,84 – 6,29). По отношению к измеренной первичной продукции эта величина составляла 52% (от 25% до 210% на отдельных станциях). В придонном слое как численность клеток, так и, в особенности, их продукционная активность снижались. На ст. D1 (глубина около 40 м) наблюдалось резкое снижение продукции бактерий до ~ 3% от аналогичного показателя на поверхности.

Во время сезонной сукцессии планктонного сообщества вклад бактериальной продукции в общую микробиальную продукцию возрастает по мере развития и достигает максимальных относительных величин при затухании “цветения” фитопланктона. Это отражается и в увеличении относительной биомассы бактериопланктона. Так, для пролива Брансфилда вклад бактериальной биомассы возрастал, в среднем, от 8% общей микробиальной биомассы в январе (начало спада цветения) до 30-35% в марте (Karl et al, 1991). Причем, увеличение относительного вклада бактериальной биомассы происходит, в основном, за счет снижения биомассы фитопланктона (Holm-Hansen, Mitchell, 1991). Абсолютные показатели обилия и продукции бактериопланктона в этот период, обычно, стабилизированы на одном уровне (Karl et al, 1991). Таким образом, высокие значения отношения бактериальной и первичной продукции, зарегистрированные нами во второй половине марта 1998 года, свидетельствуют о

завершающей стадии сезонной сукцессии микропланктонного сообщества в акватории Аргентинских островов и переходе экосистемы в “осеннее” состояние.

### **Заключение и выводы**

В видовом отношении фитопланктон прибрежной акватории архипелага Аргентинских островов был представлен 60-ю видами микроводорослей при значительном доминировании диатомовых (47 видов). По сравнению с предыдущими исследованиями 1997 года список видов фитопланктона значительно расширен.

Исследованная акватория представляет собой неоднородную, в высокой степени изменчивую среду обитания. Это отразилось в сильной вариабельности между станциями как видового состава микроводорослей (от 5 до 26 видов на одной станции), так и количественных показателей обилия (общей численности и биомассы). Заметно варьировали и продукционные характеристики компонентов микробияльного сообщества: первичная продукция фитопланктона и гетеротрофная продукция бактериопланктона. Максимальная продукция бактерий в поверхностном слое наблюдалась в зонах с еще активным фотосинтетическим процессом. Большая же часть акватории характеризовалась затухающей фотосинтетической активностью фитопланктона и возрастанием относительного вклада вторичной продукции бактерий, которая, в среднем, для поверхностного слоя составляла 52% от первичной продукции.

Определенный вклад в вариабельность условий среды вносит антропогенный фактор: вблизи полярной станции зафиксирована “вспышка” численности диатомеи *Fragilariopsis antarctica* и повышенные концентрации бактерий в придонном слое вод.

В целом, анализ численного и видового состава фитопланктона, а также продукционной активности микроводорослей и бактерий в межостровной акватории Аргентинских островов свидетельствует об окончании летней фазы сезонной сукцессии и переходе планктонной экосистемы в “осеннее” состояние.

### **Литература**

**Бондарь С.Б., Орлова И.Г.** К вопросу об организации и отдельные результаты комплексного экологического мониторинга в районе антарктической станции Академик Вернадский // Бюл. Укр. антарк. центр. - 1998. - Вып.2. - С. 160-170.

**Брянцева Ю.В.** К методике расчета объема клеток фитопланктона // Труды ЮгНИРО. - 1996. - № 42. - С. 195-199.

**Иванов А.И., Миничева Г.Г.** Планктонные и бентосные водоросли района украинской антарктической станции Академик Вернадский // Бюл. Укр. антарк. центр. - 1998. - Вып.2. - С. 198-203.

**Ратькова Т.Н.** Распределение фитопланктона в Австрало-новозеландском секторе Антарктики в январе-феврале 1976 и 1983 г.г. Биология океана, тез. докл. III съезда советских океанологов, Ленинград, 14-19 декабря 1987. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - С. 53-55.

**Хайлов К.М.** и др. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. - Киев: Наукова думка, 1992. - 280 с.

**Чмыр В. Д., Серегин С. А.** Продукция бактериопланктона в водах Антарктики в марте - апреле 1998 г. // Бюл. Укр. антарк. центр. - 2002. - Вып. 3. - С. 110-114.

**Aristegui J., Montero M.F., Ballesteros S. et al.** Planktonic primary production and microbial respiration measured by <sup>14</sup>C assimilation and dissolved oxygen changes in coastal waters of the Antarctic Peninsula during austral summer: implications for carbon flux studies // MEPS. - 1996. - 132:191-201.

**Basterretxea G., Aristegui J.** Phytoplankton biomass and production during late austral spring (1991) and summer (1993) in the Bransfield Strait // Polar. Biol. - 1999. - 21:11-22.

**BjØrnsen P.K., Kuparinen J.** Determination of bacterioplankton biomass, net production and growth efficiency in the Southern Ocean // Mar. Ecol. Prog. Ser. - 1991. - Vol. 71.- P. 185 - 194.

- Bird D. F.**, Karl D. M. Uncoupling of bacteria and phytoplankton during the austral spring bloom in Gerlache Strait, Antarctic Peninsula // *Aquat. Microb. Ecol.* - 1999. - 19:13-27.
- Daneri G.**, Iriarte A., Garcia V.M. et al. Growth irradiance as a factor controlling the dark respirations rates of marine phytoplankton // *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* - 1992. - Vol. 72. - P. 723-726.
- Fuhrman J. A.**, Azam F. Bacterioplankton secondary production estimates for coastal waters of British Columbia, Antarctica and California. // *Appl. Environ. Microbiol.* - 1980. - 39:1085-1095.
- Holm-Hansen O.**, Mitchell B.G. Spatial and temporal distribution of phytoplankton and primary production in the western Bransfield Strait region // *Deep Sea Res.* - 1991. - 38:961-980.
- Huntley M.**, Karl D.M., Niiler P. et al. Research on Antarctic coastal Ecosystem Rates (RACER): an interdisciplinary field experiment // *Deep Sea Res.* - 1991. - 38:911-941.
- Karl D. M.**, Holm-Hansen O., Taylor G.T. et al. Microbial biomass and productivity in the western Bransfield Strait, Antarctica during the 1986-87 austral winter // *Deep Sea Res.* - 1991. - 38:1029-1055.
- Kopczynska E.E.** Annual study of phytoplankton in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica // *Polish polar research.* - 1996. - Vol. 17, №3-4. - P. 151-164.
- Kottmeier S.T.**, Sullivan C.W. Late winter primary production and bacterial production in sea ice and seawater west of the Antarctic Peninsula // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* - 1987. - Vol. 36, No. 3, - P. 287-298.
- Menden-Deuer S.**, Lessard E.J. Carbon to volume relationship for dinoflagellates, diatoms, and protist plankton // *Limnol. Oceanogr.* - 2000. - Vol.45, № 3. - P. 569-579.
- Moline M.A.**, Prüzelin B.B. High-resolution time-series data for 1991/1992 primary production and related parameters at a Palmer LTER coastal site: implications for modeling carbon fixation in the Southern Ocean // *Polar Biology.* - 1996. - 17, № 1. - P. 39-53.
- Montagnes D.J.S.**, Franklin D.J. Effect of temperature on diatom volume, growth rate, and carbon and nitrogen content: Reconsidering some paradigms // *Limnol. Oceanogr.* - 2001. - Vol.46, №8. - P. 2008-2001.
- Steemann Nielsen E.** The use of radio-active carbon ( $^{14}\text{C}$ ) for measuring organic production in the sea // *Journ. du Conseil.* - 1952. - Vol. 18. - P. 117-140.