

**УРОВЕНЬ  
ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ  
КАК ФАКТОР  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ГЕТЕРОТРОФНОГО ПЛАНКТОНА  
В АНТАРКТИКЕ В ПРЕДЗИМНИЙ  
ПЕРИОД**

*В.Д. Чмыр*

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

*Рассматривается продуктивность вод в шельфовых районах у побережья Антарктического полуострова и в пелагиали западной Антарктики по результатам исследований, проведенных во время Украинских антарктических экспедиций в марте-апреле 1998 г. и в марте 2002 г. Дана оценка первичной продукции в сезонном аспекте в исследованных во время этих экспедиций акваториях и для Южного океана в целом как основы функционирования экосистемы Антарктики.*

В связи с обилием промысловых объектов, в частности, криля, сложилось представление о высокой продуктивности антарктических вод. Однако, прямые измерения показывают, что биомасса (Хл А) и продукция фитопланктона (ПП) в пелагиали Южного океана скорее находятся на уровне, близком к олиготрофным водам: около  $50 \text{ мг Хл А м}^{-2}$  и  $0,1 - 0,3 \text{ г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$  ПП [1-4]. Поскольку низкая продукция наблюдается при высоких концентрациях солей азота и фосфора и достаточной инсоляции, этот феномен, характерный также для обширных участков Тихого океана, получил название "самого большого биологического парадокса".

Объяснение парадокса было получено в связи с работами, показавшими лимитирующую роль микроэлементов и, в частности, железа в развитии фитопланктона в пелагических водах Тихого и Южного океанов [2, 5].

В то же время в шельфовых водах антарктических морей, в достаточной степени обогащенных микроэлементами, были обнаружены довольно высокие значения биомассы фитопланктона (более  $100 \text{ мг Хл А м}^{-2}$ ) и ПП (более  $600 \text{ мг С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ ). Это относится и к водам, окружающим Антарк-

тический полуостров и Южные Шетландские о-ва [1], где высокие значения ПП наблюдаются на протяжении почти всего антарктического лета. Высокие значения ПП отмечены также в обширных (шириной в сотни км), хотя и менее долговечных, продуктивных зонах у кромки тающих льдов.

Измерения ПП, выполненные радиоуглеродным методом во время Украинских антарктических экспедиций в марте-апреле 1998 г. и в марте 2002 г. в атлантическом секторе Антарктики (АЧА) приходится на предзимний период, когда продуктивность резко падает. Тем не менее, по итогам наших исследований описанные различия продуктивности водных масс в прибрежных районах и в пелагиали достаточно четко прослеживаются.

Проведенные в марте-апреле 1998 г. измерения ПП в пелагиали АЧА показали очень низкие значения ПП как для поверхностного слоя, так и в целом для слоя фотосинтеза.

По результатам шести измерений ПП в поверхностном слое на полигоне в районе о. Мордвинова, выполненных 24-26 марта, были получены значения от 2,44 до 8,55 (среднее 4,71)  $\text{мг С м}^{-3} \text{ сут}^{-1}$ .

На съёмке у Южных Оркнейских о-в, выполненной 27 марта - 10 апреля, в поверхностном слое получены значения в пределах 1,14-13,94 (в среднем 5,40)  $\text{мг С м}^{-3} \text{ сут}^{-1}$ . При условной прозрачности по диску Секки 13-17 м глубина слоя фотосинтеза (1% от поверхностной освещённости) в этих водах в среднем была около 51 м. Интегральные значения ПП в слое фотосинтеза по измерениям на 8 ст-х составляли здесь 118-188 (в ср. 132)  $\text{мг С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ .

Ещё ниже значения ПП, измеренные 12-13 апреля вдали от островов, в проливе Дрейка. Здесь, на разрезе по  $55^\circ$  з.д. (вблизи  $57^\circ$  и  $60^\circ$  ю.ш.) были получены интегральные значения ПП в слое фотосинтеза 75 и 86  $\text{мг С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ .

Более высокие значения ПП получены 19-20 марта 1998 г. в межостровных проливах у побережья Антарктического п/ва. Вблизи о. Галиндез, где расположена полярная ст-я "Академик Вернадский" условная прозрачность составляла 12 м, а глубина слоя фотосинтеза достигала дна (38 м). Здесь были получены значения ПП в поверхностном слое от 7,45 до 21,70 (ср. 15,86)  $\text{мг С м}^{-3} \text{ сут}^{-1}$ .

В 2002 г. съёмка была проведена 9-18 марта в западной части пролива Брансфилда. В поверхностном слое на акватории пролива получены значения ПП от 1,7 до 24,5 мг С м<sup>-3</sup> сут<sup>-1</sup>. Минимальные значения: 1,7 - 5,6 отмечены в южной части пролива - от о. Брабант на западе и далее вдоль полуострова на северо-восток. Зона более высокой продуктивности расположена в центральной и северной части пролива, где значения ПП превышают 10, достигая у о. Лоу 24,5 и у о. Десепшен 21,9. Высокая ПП обнаружена также в устье пролива Герлах - 22,6. Среднее для всей акватории съёмки значение ПП в поверхностном слое составило 8,9 мг С м<sup>-3</sup> сут<sup>-1</sup>.

Глубина слоя фотосинтеза на основной части акватории этой съёмки составляла около 40 м. Только в восточной части полигона, куда проникают прозрачные воды из моря Уэдделла, глубина фотического слоя достигала 60 м. Интегральные значения ПП в южной, менее продуктивной части пролива Брансфилда находились в пределах 75 - 134 мг С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>. В более продуктивной северной части её значения составляли 157 - 244. Среднее для акватории съёмки значение ПП в слое фотосинтеза было равно 144 мг С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>.

Чтобы дать представление о размахе сезонных и межгодовых колебаний продуктивности вод у побережья Антарктики, в таблице представлены осреднённые данные, полученные в 1986 - 1987 гг. по программе исследования экосистемы побережья Антарктики (RACER) в западной части пролива Брансфилда [1,6] в сопоставлении с данными, полученными во время нашей съёмки в марте 2002 г.

Согласно этим данным максимальные значения концентрации Хл А (6,5 мг м<sup>-3</sup> на поверхности и 291 мг м<sup>-2</sup> в слое 0 - 50 м) и ПП (2500 мг С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>) наблюдали в декабре. В январе эти значения уменьшились в 1,5 - 2 раза, а в феврале и марте соответственно в 5 - 6 и в

7 - 10 раз. Ассимиляционные числа (АЧ), рассчитанные по средним интегральным значениям Хл А и ПП, в декабре было равно 0,95, в январе 0,81, а в феврале и марте около 0,40 мг С мг Хл А<sup>-1</sup> час<sup>-1</sup>.

Полученные нами в марте 2002 г. значения были ещё существенно ниже: по Хл А - 0,71 против 1,20 мг м<sup>-3</sup> в марте 1987 г. в поверхностном слое и 32 против 50 мг м<sup>-2</sup> в

слое 0 - 50 м; по ПП - 144 против 250 мг С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup> в слое фотосинтеза. Менее существенные различия получены для интегральных в слое фотосинтеза АЧ - 0,46 в марте 2002 г. против 0,42 мг С мг Хл А<sup>-1</sup> час<sup>-1</sup> в марте 1987 г. Пониженной продуктивности в марте 2002 г. соответствуют более суровые климатические условия, особенно сильные шторма, ослабившие устойчивость верхнего перемешанного слоя.

Данные, приведенные в таблице, говорят о высокой продуктивности прибрежных акваторий в Антарктике на протяжении почти всего южного лета. В частности, в благоприятные годы среднее значение ПП в западной части пролива Брансфилда для всего вегетационного периода (около 150 суток) можно оценить как близкое к 1 г С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>, а его годовую продуктивность - примерно в 150 г С м<sup>-2</sup>.

Однако, средняя продуктивность Южного океана определяется «пустынными» пространствами пелагиали, составляющими около 10 % площади Мирового океана и характеризующимися острым дефицитом микроэлементов, лимитирующим фотосинтез при избытке солей азота и фосфора. Поэтому в целом для Антарктического бассейна ПП оценивается вдвое ниже средней для Мирового океана и составляет меньше 0,2 г С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>.

Тем не менее, высокие значения ПП во время весеннего цветения у кромки тающих льдов, видимо, в состоянии не

только обеспечить функционирование экосистемы Антарктики, но и экспортировать часть продукции за пределы Полярного фронта.

Параллельные измерения скорости процессов продукции и дыхания в планктонном сообществе, выполненные в сезон 1997-1998 гг. кислородным методом на разрезе по 170° з.д. от 53° до 65°-70° ю.ш. [7], показали, что к югу от Полярного фронта в декабре чистая (т.е. избыточная) продукция сообщества составляет около 1200 мг С м<sup>-2</sup> сут<sup>-1</sup>, в то время как аналогичные измерения в феврале - марте дают близкие значения процессов продукции и деструкции органического вещества.

Таблица - Средние значения количества хлорофилла А (Хл А), величин первичной продукции (ПП) и ассимиляционных чисел (АЧ) в проливе Брансфилда по данным различных авторов в продолжение вегетационного периода

Показатель	Авторы	месяц	месяц				
			XI	XII	I	II	III
Хл А Мг м <sup>-3</sup> 00 м	Holm-Hansen et al., [6]	1986-87	-	6,5	4,6	1,40	1,20
	Aristegui et al., [8]	1993	-	-	-	1,30	-
	Чмыр, Сысоев, [9].	2002	-	-	-	-	0,71
Хл А Мг м <sup>-2</sup> 0 – 50 м	Holm-Hansen et al., [6]	1986-87	-	291	176	58	50
	Aristegui et al., [8]	1993	-	-	-	35	-
	Чмыр, Сысоев, [9]	2002	-	-	-	-	32
ПП, Мг С м <sup>-2</sup> сут <sup>-1</sup>	Bodungen et al., [10]		880	-	-	-	-
	Holm-Hansen et al., [6]	1986-87	-	2500	1200	510	250
	Aristegui et al., [8]	1993	-	-	-	354	-
	Чмыр, наст. издание	2002	-	-	-	-	144
АЧ, мг С мг ХлА <sup>-1</sup> час <sup>-1</sup> , Среднее для фот-го слоя	Holm-Hansen et al., [6]	1986-87	-	0,95	0,81	0,39	0,42
	Aristegui et al., [8]	1993	-	-	-	0,73	-
	Чмыр, Сысоев, [9].	2002	-	-	-	-	0,46
АЧ, Среднее для Поверхностного слоя	Aristegui et al., [8]	1993	-	-	-	1,35	-
	Чмыр, Сысоев, [9]	2002	-	-	-	-	1,29

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Huntley M., Karl D.M., Niiler P., et al. Research on Antarctic Coastal Ecosystem Rates (RACER): an interdisciplinary field experiment. *Deep Sea Research*, vol. 38, 1991. – P. 911 – 941.

2. Волковинский В.В. Измерение первичной продукции в море Скотия. Труды ВНИРО, том 64, 1969. – С. 160 - 167.

3. Самышев Э.З. Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. – М.: Наука. – 1991. – 168 с.

4. Чмыр В.Д. Первичная продукция в водах Атлантической части Антарктики в предзимний период 1998 г. Бюлетень Українського Антарктичного Центру, вип. 4, 2002. – С. 141 - 142.

5. Martin J.H., Gordon R.M., Fitzwater S. Iron in Antarctic waters. *Nature*, vol. 345, 1990. – P. 156 – 158.

6. Holm-Hansen O., Mitchell B.G. Spatial and temporal distribution of phytoplankton and primary production in the western Bransfield Strait region. *Deep Sea Research*, vol. 38, 1991. – P. 961 – 980.

7. Dickson M-L., Orchardo J. Oxygen production and respiration in the Antarctic Polar Front region during the austral spring and summer. *Deep Sea Research II*, vol. 48, 2001. – P.4101-4126.

8. Aristegui J., Montero M.F., Ballesteros S. et al. Planktonic primary production and microbial respiration measured by C14 assimilation and dissolved oxygen changes in coastal waters of the Antarctic Peninsula during austral summer: implications for carbon flux studies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 132, 1996. – P. 191 -206.

9. Чмыр В.Д., Сысоев А.А. Первичная продукция в проливе Брансфилда в марте 2002 года. Украинський Антарктичний Журнал, N 2, 2004.- в печ.

10. Bodungen B., von, Smetacek V., Tilcer M. et al. Primary production and sedimentation during austral spring in the Antarctic Peninsula region. *Deep Sea Research*, vol. 33, 1986. – P. 177 - 194.